

**TÜRKİYEDEKİ BAZI BARAJ HAZNELERİNDE KATI MADDE  
ÇÖKELMESİNİN İNCELENMESİ**

**RIYADH ASAAD**

**C.Ü  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ADANA**

---

**EYLÜL 1990**

Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. M.Salih KIRKGÖZ



Üye : Doç.Dr. Cengiz DÜNDAR



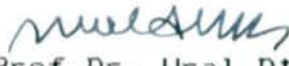
Üye : Yrd.Doç.Dr. Ahmet YÜCEER



Kod no : 425

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.



  
Prof.Dr. Ural DİNÇ  
Enstitü Müdürü

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÇİZELGE LİSTESİ .....	I
ŞEKİL LİSTESİ .....	II
ÖZ .....	IV
ABSTRACT .....	V
1. GİRİŞ .....	1
2. AKARSUDA KATI MADDE HAREKETİ .....	3
2.1. Çökelti Tanelerinin Özellikleri .....	3
2.1.1. Tane Büyüklüğü .....	3
2.1.2. Tane Şekli .....	4
2.1.3. Özgül Ağırlığı .....	4
2.1.4. Çökme Hızı .....	6
2.2. Çökelti Maddesinin Olusumu .....	8
2.3. Çökelti Tanelerinin Hareket Şekilleri ....	8
2.4. Çökeltinin Hesaplanması .....	10
2.4.1. Sürüntü Maddesi Miktarının Hesaplanması .....	10
2.4.2. Askı Maddesi Miktarının Hesaplanması	15
2.5. Çökeltinin Arazide Ölçülmesi .....	20
2.5.1. Askı Maddesinin Ölçülmesi .....	22
2.5.1.1. Örnek Alma Yöntemleri ...	22
2.5.1.2. Çökelti Konsantrasyonunun Hesaplanması .....	25
2.5.1.3. Askı Maddesinin Hesaplanması	25
2.5.2. Sürüntü Maddesinin Ölçülmesi .....	27
3. AKARSU HAZNELERDE KATI MADDE ÇÖKELMESİ .....	31
3.1 Giriş .....	31
3.2. Haznede Çökelti Birikiminin Hesabı .....	33
4. TÜRKİYE AKARSULARINDAKİ BAZI BARAJ HAZNELERİNDE KATI MADDE ÇÖKELMESİNİN İNCELENMESİ .....	40
4.1. Giriş .....	40
4.2. Hazne Hacminin Zamana Göre Değişimi .....	72

4.3. Haznede Biriken Çökelti Hacminin Yükseklikle Değişimi .....	76
4.4. Bazı Barajlar İçin Tutma Yüzdesi Hesabı .	76
5. SEYHAN BARAJ HAZNESİNDE KATI MADDE ÇÖKELMESİ İLE OLUŞAN TABAN PROFİLİNİN HESABI .....	87
5.1. Giriş .....	87
5.2. Haznede Su Yüzü Profili Hesabı .....	88
5.3. Haznede Taban Profilinin Hesabı .....	91
6. TARTISMA VE SONUÇLAR .....	99
ÖZET .....	101
SUMMARY .....	103
EK1 BİLGİSAYAR PROGRAMI LİSTESİ .....	105
EK2 PROGRAM KULLANIM KILAVUZU .....	113
EK3 PROGRAM ÇIKTISI .....	116
KAYNAKLAR .....	136
TEŞEKKÜR .....	138
ÖZGEÇMİŞ .....	139

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Çökelti Malzemesi Sınıflandırma Ölçülerinin Alt ve Üst Sınırları .....	5
Çizelge 2.2. Du Boys Formülü İçin $\phi$ ve $T_c$ Değerleri	14
Çizelge 3.1. $\alpha$ ve $K$ nın Kum, Silt, Kil İçin Değerleri	39
Çizelge 4.1. Sedimentasyon Ölçümleri Yapılan Barajlar Listesi .....	41
Çizelge 4.2. Baraj Haznelerinde Normal Su Kotu İçin Değişik Zamanlardaki Kapasiteleri ....	42
Çizelge 4.3. Bazı Baraj Haznelerinin Başlangıç Su Kapasitelerinin Zamana Göre Değişim Oranları .....	73
Çizelge 4.4. Baraj Civarındaki Akarsu Debileri (E.I.E.I).....	80
Çizelge 4.5. Örnek Bir İstasyon İçin Yıllık Askı Maddesi Hesabı .....	81
Çizelge 4.6. Bazı Barajlar İçin Ölçülen ve Hesaplanan Çökelti Maddesi Miktarı....	82
Çizelge 4.7. Brune Eğrisine Göre Bazı Barajlar İçin Başlangıç Tutma Yüzdesi Hesabı .....	83
Çizelge 4.8. Bazı Barajlar İçin Başlangıç ve Sonraki Tutma Yüzdesi .....	84

## SEKİL LİSTESİ

Sayfa

	Sayfa
Sekil 2.1. Sürüklenme Katsayısının Reynolds Sayısına Göre Değişimi .....	7
Sekil 2.2. Du Boys'un Sürüntü Maddesi Hareketi Modeli.....	12
Sekil 2.3. Yüksekliğe Bağlı Konsantrasyon Dağılımı	17
Sekil 2.4. Askı Maddesinin Yercekimi Ve Türbülans Difizyonu Etkisi Altındaki Hareketi ....	17
Sekil 2.5. $I_1$ Değerinin A Ve $\alpha$ Ya Göre Değişimi ...	21
Sekil 2.6. $I_2$ Değerinin A Ve $\alpha$ Ya Göre Değişimi ...	21
Sekil 2.7. Askı Maddesi Nümune Alma Aleti .....	23
Sekil 2.8. Derinlik-İntegrasyon Metodu İçin Akım Hızının Ve Konsantrasyon Ortalama Değeri	26
Sekil 2.9. Derinlik-İntegrasyon Metodunun Grafik Gösterimi.....	28
Sekil 2.10.Sürüntü Maddesi Debisinin Grafikselle Hesabı.....	30
Sekil 3.1. Baraj Haznesinde Çökelti Profili .....	32
Sekil 3.2. Hazne Tutma Yüzdesi İçin Brown Eğrisi ..	35
Sekil 3.3. Hazne tutma Yüzdesi İçin Brune Eğrisi ..	37
Sekil 4.1. ——— 4.23. Arasındaki Bazı Barajlar İçin Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi ...	44-66
Sekil 4.24. ——— 4.28. Arasındaki Bazı Barajlar İçin Hazne Kapasitesinin Zamana Göre Değişimi.....	67-71
Sekil 4.29.Bazı Barajlar İçin Hazne Kapasite Oranının Zamana Göre Değişimi .....	74
Sekil 4.30.Bazı Barajlar İçin Hazne Kapasite Oranının Zamana Göre Değişimi .....	75
Sekil 4.31.Çökelti Hacminin Yükseklikle Değişimi ..	77
Sekil 4.32.Seyhan Baraj Haznesinde Çökelti Hacminin Yükseklikle Değişimi .....	78
Sekil 4.33.Hazne Tutma Yüzdesinin Zamana Göre Değişimi.....	86

Sekil 5.1. Üniform Taneler İçin Hjulströmün Çökme Ve Erozyon Kriterleri .....	89
Sekil 5.2. Standart Adım Yönteminin Bir Kesitte Gösterilmesi .....	88
Sekil 5.3. Akarsu Kabarma Eğrisi .....	90
Sekil 5.4. Haznede Sürüntü Maddesi Hesabı .....	91
Sekil 5.5. Seyhan Baraj Haznesinde Hesaplanan Taban Profilleri, $d_{50} = 0,2$ mm .....	94
Sekil 5.6. Seyhan Baraj Haznesinde Hesaplanan Taban Profilleri, $d_{50} = 0,3$ mm .....	95
Sekil 5.7. Seyhan Baraj Haznesinde Hesaplanan Taban Profilleri, $d_{50} = 0,4$ mm .....	96
Sekil 5.8. Seyhan Baraj Haznesinde Hesaplanan Taban Profilleri, $d_{50} = 0,5$ mm .....	97
Sekil 5.9. Seyhan Baraj Haznesinde Ölçümlerle Blanan Taban Profilleri .....	98

## ÖZ

Bu çalışmada Devlet Su İşleri tarafından Türkiye'deki bazı baraj hazneleri için çeşitli zamanlarda yapılan sedimantasyon ölçüm sonuçları ile Elektrik İşleri İdaresi tarafından aynı barajlar civarındaki istasyonlardan elde edilen akarsu debileri ve çökelti maddesi ölçümleri temel data olarak kullanılmıştır.

Çökelti taşınım probleminin kısaca tanıtılmasından sonra eldeki mevcut prototip datası ile bazı baraj haznelerindeki katı madde çökmesi nedeniyle hazne hacminin zamana göre nasıl değiştiği incelenmiştir. D.S.İ. tarafından alınan ölçüm sonuçları, katı madde çökmesi nedeniyle bazı barajların hızlı bir şekilde hacim kaybetmelerine karşılık diğer bazı baraj haznelerinde ise aksine olarak hacim artması gözlenmektedir. Çökme nedeniyle hacim kaybına uğrayan baraj haznelerinde katı madde tutma yüzdesinin zamana bağlı olarak azaldığı bulunmuştur.

Seyhan baraj haznesinde katı madde çökmesi nedeniyle taban profilindeki değişimler teorik olarak incelenmiş ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Teorik olarak bulunan ve ölçümlerle elde edilen hazne taban profillerinin çökelti tane capına bağlı olarak birbirlerine yakın değerler aldığı görülmüştür.



## ABSTRACT

For some reservoirs in Turkey, the measurements for the deposition of sediment for different periods of time, collected by D.S.I., and the field data for discharge and suspended load at the stations of the reservoir region measured by E.I.E.I., are used as the basic information in this study.

After a brief introduction of the sediment transportation problem, using the existing prototype data the diminution of the reservoir capacity with time due to the sediment deposition is investigated. According to the measured data, obtained by D.S.I., it is found that some reservoirs are losing their capacity rather quickly, on the other hand, in some of them the capacity is increasing with time. In reservoirs which are subjected to the sediment deposition, the reservoir trap efficiency decreases with time.

The changes of the bed profile for Seyhan Reservoir due to the deposition of bed load are calculated analytically and the results are compared with the available field data. The results indicate that the computed and the real values for the bed profile are approximately similar to each other.

## 1. GİRİŞ

Cökelti hareketinin fiziksel mekanizması bir parçacık üzerine etkiyen hidrodinamik kuvvet ile bu parçacığın ağırlığına bağlıdır. Doğal veya suni kanallardaki akarsular, kanal yatağından ve yamaçlardan kum, çakıl ve hatta kaya parçalarını kopararak akıntı boyunca sürükleyebilir. Bu olay cökelti taşınımını veya sedimantasyon olarak bilinir.

Cökelti malzemesi kum, silt ve buna benzer ince taneli maddelerden oluşmaktadır. Bir çok cökeltinin taşınım özellikleri mükemmel olarak bilinmemekte, bu konudaki çalışmalar devam etmektedir. Genellikle cökelti malzemesi organik madde ihtiva etmez.

Akarsulardaki cökelti maddesi pratik olarak iki grup altında incelenir : Askı maddesi ve sürüntü maddesi. Bu şekilde taşınan madde miktarları, matematiksel ve deneysel olarak iki yolla bulunabilir. Cökelti miktarının gerek deneysel gerekse matematiksel yöntemlerle bulunması tam doğru sonuçlar vermemektedir. Çünkü sedimantasyon olayı çok karmaşık bir olaydır.

Hidrolik mühendisliğinde, en çok karşılaşılan ve en önemli problemlerden biri, baraj haznesinde katı maddelerinin birikmesi ve buna bağlı olarak barajın ömrünün kısalmasıdır. Bir barajın ekonomik ömrü, baraj haznesinde biriken katı madde miktarı ile doğrudan ilgilidir.

Bir barajın ekonomik ömrü ve verimliği haznenin kapasitesi düştükçe, yani cökelti depolandıkça, azalmaktadır. Bu nedenle baraj gövde yüksekliği planlanırken işletim süresi boyunca haznede cökelti

birikiminden olusacak ölü hacmin gözönüne alınması gerekmektedir.

Bir barajın ömrü, hazneye gelen cökelti miktarına, haznenin cökelti tutma yüzdesine, ve barajın büyüklüğüne bağlıdır. Barajın ekonomik olarak işletilebilmesi için çalışma süresi boyunca belirli aralıklarla haznedeki cökelti yüksekliğini tesbit etmek gerekmektedir. Yapılan bu derinlik ölçümleri yardımıyla haznede zamanla biriken cökelti miktarı tesbit edilir.

## 2. AKARSUDA KATI MADDE HAREKETİ

### 2.1. ÇÖKELTİ TANELERİNİN ÖZELLİKLERİ

Çökeltiiler kohezyonlu veya kohezyonsuz maddeler olmak üzere sınıflandırılabilir. Doğal akarsu yatakları ve yamaçları daha çok kohezyonsuz (yani granüler) malzemelerdir. Bu nedenle akarsu yataklarındaki ve yamaçlarındaki zemin tanecikleri arasında etkileşmenin olmadığı kabul edilebilir. Kohezyonsuz çökelti aşağıda verilen hidrolik özelliğe sahiptir.

#### 2.1.1. Tane Büyüklüğü

Çökeltinin tane büyüklüğü onun hareketi ve miktarı ile ilgili en önemli fiziksel faktördür. Bu büyüklük, bir parçacığın ne zaman ve nasıl hareket edeceğini ve ne zaman çökeceğini tayin eder. Bir haznenin kalan faydalı hacmi ve hazne içindeki kalan çökeltinin miktarı ve dağılışı şekli çökeltinin büyüklüğüne bağlıdır. Çökeltinin tane büyüklüğü parçacık çapının ölçümüne bağlıdır ,bu ölçümler aşağıdakilerden biri ile bulunabilir.

**Elek Çapı :** Bir elek içindeki bir delikten çökeltinin geçmeye başladığı deliğin kare boyutu elek çapıdır.

**Sedimentasyon Çapı :** Verilen bir parçacığın özgül ağırlığı ve düşme hızı ile aynı olan bir kürenin çapı sedimentasyon çapı olarak tanımlanır.

**Nominal Çapı :** Verilen bir parçacığın hacmine eşit aynı bir kürenin çapı nominal çapı olarak tanımlanır.

**Yüzev Çapı :** Verilen bir parçacığın yüzev alanına eşit bir kürenin çapı yüzev çapıdır.

Yukarıdaki ölçümlerden Elek Çapı ve Sedimentasyon Çapı pratik olduğu için daha çok kullanılmaktadır. Genel olarak kumlar elek analizi ile, silt ve kil sedimentasyon çaplarına göre sınıflandırılır. Çizelge 2.1 de A.B.D. Geophysical birliği tarafından verilen tane büyüklüğü sınıflandırılması görülmektedir.

### 2.1.2. Tane Şekli

Sadece çökelti taneciklerinin büyüklüğünün bilinmesi, onu tanımlamaya yetmez. Taneciklerin şekli, su yatağında bulunan tanecikleri hareket ettirebilecek ortalama akış hızını, parçacık çökme hızını, taşınım hareketini, ve yamac stabilitesini etkilemektedir. Bu özelliğin ölçümü iki yolla yapılabilir.

a) **Küresellik :** Seçilen bir kürenin yüzev alanının bu küreye eşdeğer hacimdeki bir parçacığın yüzev alanına oranıdır.

b) **Yuvarlaklık :** Bir parçacığın ortalama eğrilik yarıçapının parçacığın oluşturduğu en büyük dairenin yarıçapına oranıdır.

### 2.1.3. Özgül Ağırlığı

Çökeltinin özgül ağırlığı normal şartlarda çökeltinin kendi ağırlığının eşdeğer su hacminin ağırlığına oranı şeklinde tanımlanır. Birçok doğal çökelti için özgül ağırlık değeri yaklaşık 2.65 dir.

**Çizelge 2.1 Cökelti Malzemesi Sınıflandırma Ölçülerinin Alt ve Üst Sınırları**

Sınıf	Büyüklik (mm)	Sınıf	Büyüklik (mm)
Çok İri Kaya	4000 - 2000	İri Kum	1 - 0.5
İri Kaya	2000 - 1000	Orta Kum	0.5 - 0.25
Orta Kaya	1000 - 500	İnce Kum	0.25 - 0.125
Küçük Kaya	500 - 250	Çok İnce Kum	0.125 - 0.062
İri Taş	250 - 130	İri Silt	0.062 - 0.031
Küçük Taş	130 - 64	Orta Silt	0.031 - 0.016
Çok İri Çakıl	64 - 32	İnce Silt	0.016 - 0.008
İri Çakıl	32 - 16	Çok İnce Silt	0.008 - 0.004
Orta Çakıl	16 - 8	İri Kil	0.004 - 0.002
İnce Çakıl	8 - 4	Orta Kil	0.002 - 0.001
Çok İnce Çakıl	4 - 2	İnce Kil	0.001 - 0.0005
Çok İri Kum	2 - 1	Çok İnce Kil	0.0005 - 0.00024

#### 2.1.4 Çökelme Hızı

Çökelti malzemesi çökelme hızına bağlı olarak su içinde askıda kalabilir veya yamac ve su yatağına düşebilir. Çökelme hızı, durgun su içinde bir parçacığın eriştiği limit hızdır. Düşen parçacık için ağırlık ile sürüklenme direnci arasındaki denge aşağıdaki gibidir :

$$V (\gamma_s - \gamma) = \frac{1}{2} f C_D V_r^2 A \quad (2.1)$$

$$\frac{1}{6} \pi D^3 (\gamma_s - \gamma) = \frac{1}{2} f C_D V_r^2 \pi/4 D^2 \quad (2.2)$$

Burada D sedimantasyon çapı,  $V_r$  çökelme hızı ve  $C_D$  ise Sürüklenme katsayısı olup Reynolds sayısına ( $Re = V_r D / \nu$ ), parçacık şekline ve parçacık konsantrasyonuna bağlı bir sabittir.

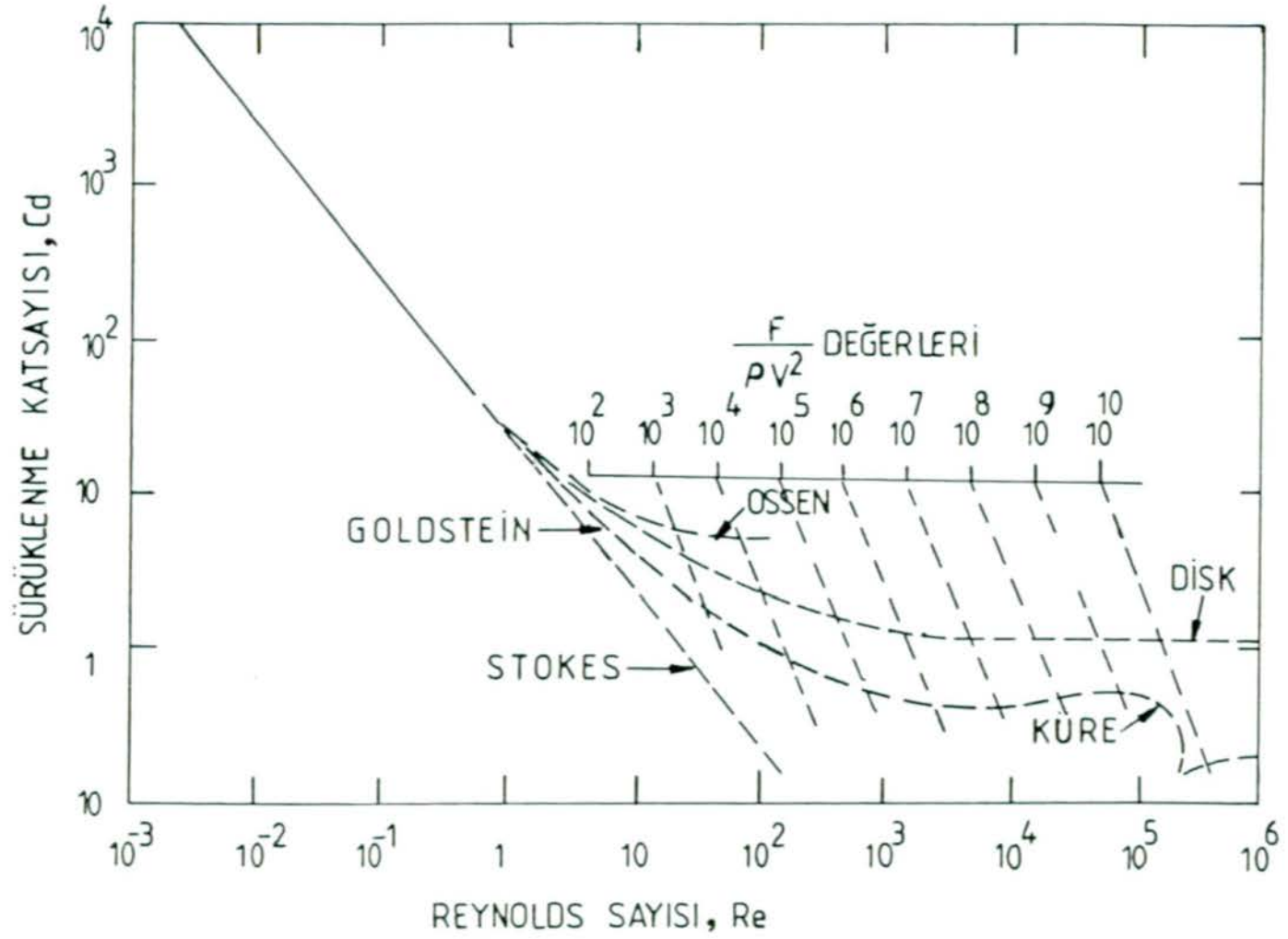
Denklem 2.2 den :

$$V_r = \sqrt{\frac{4 D g (\gamma_s - \gamma)}{3 C_D \gamma}} \quad (2.3)$$

Laminer akımda küresel parçacıklar için sürüklenme katsayısı Stokes formülü ile verilir :  $C_D = 24/Re$ .  $C_D$  ifadesinin Denklem (2.3) de yerine konulmasıyla, laminer akımda çökelme hızı aşağıdaki gibi yazılabilir :

$$V_r = \frac{g D^2 (\gamma_s - \gamma)}{18 \gamma} \quad (2.4)$$

Türbülanslı akım için, sürüklenme sabiti Şekil 2.1 de gösterilen parçacık şekillerinin ve  $Re$  nin fonksiyonu olarak deneysel eğrilerden belirlenmelidir. Parçacık konsantrasyonunun fazla olması çökelme hızını



Şekil 2.1 Sürüklenme Katsayısının Reynold's sayısına göre değişimi.



önemli derecede azaltır. Örneğin, parçacık düşerken çökelti içerisinde konsantrasyonu yüksek olan bölgeye girer, bunun sonucunda çökeltme hızı devamlı olarak azalır.

## 2.2. Çökelti Maddesinin Oluşumu

Çökelti parçacıkları akarsu havzasının su ile aşındırılması (tabaka erazyonu) yada akarsu yatağının su ile aşındırılması (yatak erazyonu) sonucu oluşur. Su ile taşınan bu parçacıklar sonuçta çökelişirler.

Akarsulardaki hareketli çökelti maddesi parçacıkların oluşumlarına bağlı olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılır :

a) Yıkama Malzemesi : Akarsu drenaj alanından yağmur erazyonu ile akarsulara taşınan malzemedir.

b) Yatak Malzemesi : Akarsuyun kendi yatağından aşındırılan parçacıklardır.

Pratikte yıkama malzemesi çapı 0.06 mm den veya  $D_{10}$  dan daha küçük parçacıklar olarak kabul edilirler.

## 2.3. Çökelti Tanelerinin Hareket Şekilleri

Nehir yatağındaki çökelti taneleri üzerine akıntı tarafından uygulanan kuvvet, akım hızının artışı ile yükselir. Bazı çökelti taneleri akım hızının belirli kritik şartlara ulaşması ile harekete başlarlar. Akım kritik şartları aştığında yatakta bulunan bazı parçacıklar hem kayarak hem de dönerek harekete koyulurlar. Bu şekilde oluşan hareket sürüntü maddesi hareketi olarak

adlandırılır. Sürüntü maddesinin parçacıkları yatağın hemen üzerinde taşınır. Akım hızı yükseldiğinde yatakta bulunan bazı çökelti taneleri küçük bir sıçrama hareketi yaparak yatağa tekrar geri döner. Tanelerin bu şekildeki sıçrama hareketi, akımın kaldırma kuvveti ve parçacıklar arasındaki çarpışmalar sonucunda oluşmaktadır. Çökeltinin sıçrama hareketi fazla önemli olmayıp mühendislik açısından ihmal edilebilir.

Yüksek akım hızlarında yatakta bulunan bazı parçacıklar aşındırılarak akım ortamına taşınırlar. Süspansiyon olarak taşınan bu tür parçacık hareketi askı maddesi hareketi olarak adlandırılır. Bu şekilde taşınan parçacık yükleri akım tarafından dolaylı olarak akarsu yatağına aktarılır. Askı maddesi olarak taşınan parçacıkların hızları hemen hemen akım hızına eşittir. Sudan daha ağır çökelti tanelerinin askıda taşınması tanecik çökeltme hızını dengeleyen ve yönü yukarı doğru olan türbülans etkisi ile oluşmaktadır.

Bu üç taşınım şeklini birbirinden ayırmak zordur. Sıçrama hareketini yatak taşınım hareketi kabul etmek mümkünmüdür : Akarsuda belirli taneler bazen sürüntü tanesi bazen de askı maddesi olarak hareket ederler. İkisi arasında kesin bir limit vermek zordur, fakat yaklaşık bir ölçü olarak süspansiyon içersinde hareket eden tanelerin büyüklüğü aşağıdaki bağıntı ile belirlenmektedir.

$$\frac{V^2}{gD} = 360 \quad (2.5)$$

Burada V akım hızı (m/s), g yerçekimi ivmesi (m/s) ve D tane çapıdır (m).

Çökelti ağırlığının hesaplanabilmesi için çökelti debisinin bilinmesi gerekmektedir. Çökelti debisi bir akım enkesitinden birim zamanda geçen çökelti ağırlığıdır.

Nehir regülasyonu ile ilgili mühendislik problemlerinde nehrin çökelti taşıma kapasitesinin bilinmesi gerekmektedir. Akım ve çökelti özelliklerinin fonksiyonu olarak çökelti debisinin belirlenmesinde tam bir teori mevcut değildir. Bu nedenle günümüzde daha çok taşınım mekanizması üzerine kurulmuş deneysel formüller kullanılmaktadır. Fakat çökelti taşınımının mekanizması tam olarak formüle edilemediğinden daha doğru hesapların yapılabilmesi çökeltinin arazide ölçülmesini gerekli kılmaktadır.

## **2.4. Çökeltinin Hesaplanması**

### **2.4.1. Sürüntü Maddesi Miktarının Hesaplanması**

Sürüntü maddesi hareketi karmaşık bir olaydır. Çünkü bu olay nehir yatağında iki farklı (katı+sıvı) akım ile ilgilidir. Bundan dolayı çökelti ve akım özelliklerinin fonksiyonu olarak sürüntü maddesi debisinin hesaplanması için çeşitli formüller elde edilmiştir. Düzenli üniform akım için çıkarılmış olan bu formüller deneysel sabitleri içermekte olup hassasiyet açısından birbirleri ile karşılaştırılmaları oldukça zordur. Sürüntü maddesi hesaplanması için verilen ilk ve önemli formüllerden biri aşağıda verilen Du Boys (1879) formülüdür.

#### **Du Boys formülü**

Bu formülün elde edilmesinde akarsu tabanındaki sürüntü maddesi hareketinin yükseklik ile doğrusal hız

değişimi gösteren tabakalar halinde oluştuğunu kabul etmiştir (Şekil 2.2). Buna göre sürüntü maddesinin ağırlık debisi :

$$G_s = \gamma_s A_s V_s \quad (2.6)$$

Burada  $G_s$  sürüntü maddesinin ağırlık debisi,  $\gamma_s$  sürüntü maddesinin özgül ağırlığı,  $A_s$  sürüntü maddesinin kesit alanı,  $V_s$  hareket halindeki sürüntü maddesinin ortalama hızıdır. Denklem (2.6) Şekil 2.2 yardımı ile aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$G_s = \gamma_s n \delta P \frac{(n-1) \Delta V}{2} \quad (2.7)$$

Burada  $P$  (ıslak çevre) =  $B$  (genişlik) geniş kanallar için ,  $n$  hareketli tabaka sayısı,  $\Delta V$  iki tabaka arasındaki hız farkıdır. Suyun tabanda oluşturduğu kayma gerilmesi  $\tau_0 = \gamma R \theta_0$  dir. Sürüntü maddesinin tabana uyguladığı kayma gerilmesi  $\tau_s =$  ağırlık x sürtünme katsayısı şeklindedir. Şekil 2.2 den

$$\tau_s = (\gamma_s - \gamma) n \delta L P C_r \quad (2.8)$$

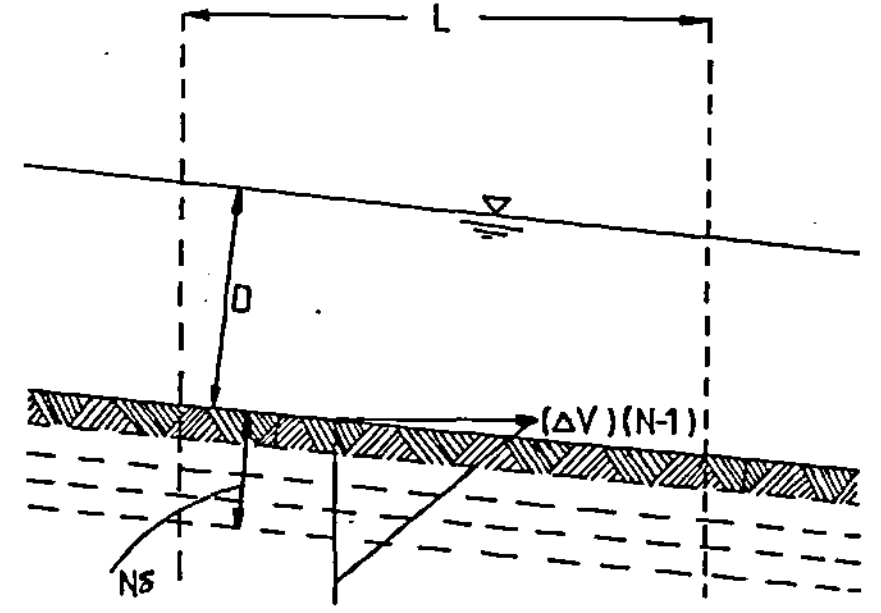
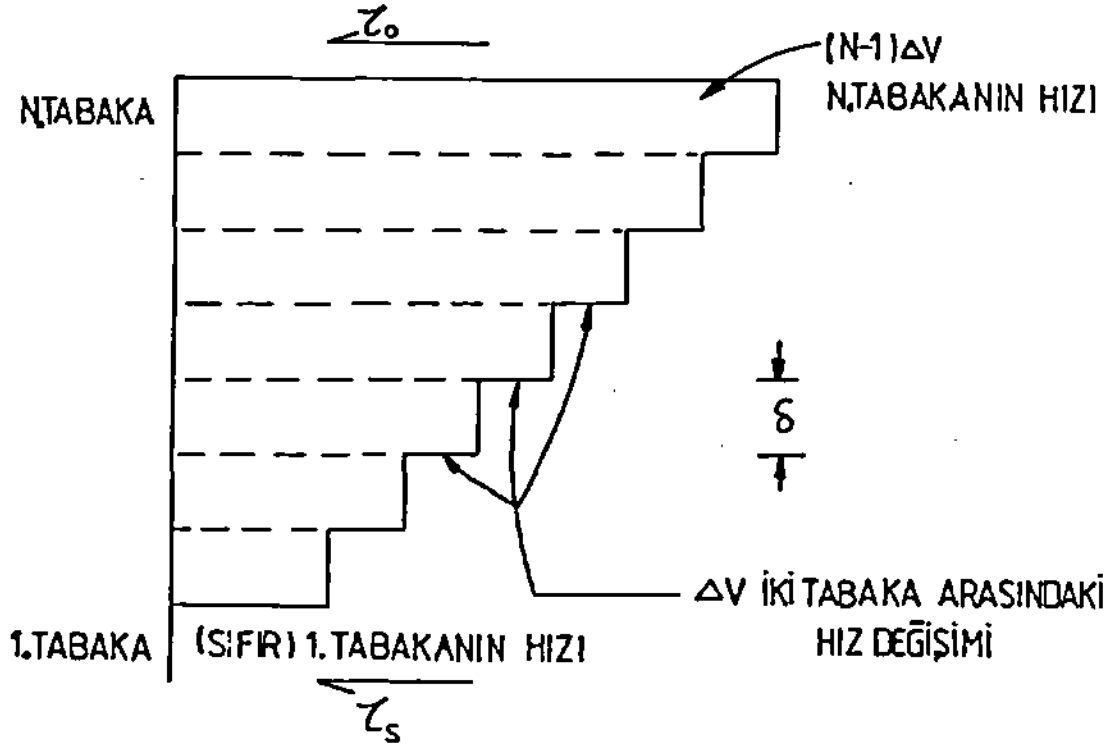
Burada  $C_r$  sürtünme katsayısıdır. Yatak üzerindeki hareketli suyun oluşturduğu kayma kuvvetinin sürtünme kuvveti ile dengede olduğunu varsayalım.

$$\tau_s = \tau_0 L P \quad (2.9)$$

$$(\gamma_s - \gamma) C_r n \delta L P = \tau_0 L P \quad (2.10)$$

$$\tau_0 = (\gamma_s - \gamma) n \delta C_r \quad (2.11)$$

Burada  $(\gamma_s - \gamma)$  su altındaki sürüntü maddesinin özgül ağırlığı,  $n \delta L p$  hareket eden sürüntü maddesinin hacmidir. Sürüntü



Şekil 2.2 Du Boys'un Sürtünü Maddesi Hareketi Modeli.

hareketinin başlangıcında  $n = 1$  ve  $\tau_0 = \tau_c$  ( $\tau_c$  kritik kayma gerilmesi) yazılarak (2.11) denkleminde:

$$\tau_c = (\gamma_s - \gamma) \delta C_r \quad (2.12)$$

Elde edilir denklem (2.11), Denklem (2.12) ile birleştirildiğinde  $n$  için  $n = \tau_0 / \tau_c$  elde edilir.  $n$  değeri denklem (2.7) de yerine konulduğunda:

$$G_s = P \left[ \frac{\gamma_s \delta \Delta V}{2} \left( \frac{\gamma}{\tau_c} \right)^2 \right] R_h S_o (R_h S_o - R_h c S_c) \quad (2.13)$$

bağıntısı elde edilir.

Birim genişlik için sürüntü maddesi debisi  $g_s = G_s / B$ , ve geniş kanallar için  $R_h \approx D$ ,  $P \approx B$  dir. Bu ifadeler kullanılarak Denklem (2.13) aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$g_s = \left[ \frac{s \delta \Delta V}{2} \left( \frac{\gamma}{\tau_c} \right)^2 \right] D_s (D_s - D_c S_c) \quad (2.14)$$

$$\phi = \left[ \frac{s \delta \Delta V}{2} \left( \frac{\gamma}{\tau_0} \right)^2 \right] \text{ şeklinde tanımlanırsa:}$$

$$g_s = \phi D_s \left( D_s - \frac{\tau_c}{\gamma} \right) \quad (2.15)$$

$\phi$  ve  $\tau_c$  değerleri Cizelge 2.2 de verilmiştir. Cizelge 2.2 deki  $\phi$  değerleri aşağıdaki formül ile yaklaşık olarak bulunabilir:

$$\phi = \frac{111000}{D_n^{3/4}} \quad (2.16)$$

Cizelge 2.2 Du Boys Formülü için  $\rho$  ve  $\tau_c$  Değerleri

Çapı (mm)	Sınıf	$\rho$ (N/m <sup>3</sup> - s )	$\tau_c$ (N/m <sup>2</sup> )
1/8	Ince Kum	82163300	0.77436
1/4	Orta Kum	49015200	0.82216
1/2	Kaba Kum	29377700	1.0277
1	Çok Kaba Kum	17438100	1.51048
2	Tanli Çakıl	10400020	2.46648
4		6268290	4.2542

#### 2.4.2 ASKI Maddesi Miktarının Hesaplanması

Askı maddesi , birçok nehirde sürüntü maddesinden daha önemlidir. Askı maddesi parçacıkları ile sürüntü maddesi parçacıkları zaman zaman birbirleri ile yer değiştirebilmektedirler.

Askı maddesindeki parçacıklar yerçekiminin etkisi ile aşağıya iner, buna karşılık su türbülansı yatak parçacıklarını su içersine doğru atmak ve burada tutmak ister.

#### Konsantrasyon Dağılımı

Askı maddesi debisinin hesabı için konsantrasyon dağılımının (c) bilinmesi gerekir. Konsantrasyon dağılımının yerçekimi etkisi ile yataktan yukarı doğru yükseklikle azalacağı beklenir. Şekil 2.3. Böylece matematiksel olarak (C) ile yükseklik arasındaki ilişki aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$C = F (y) \quad (2.17)$$

Akım ortamı içinde yatay bir birim alan düşünelim. Düzenli durumda, bu alandan yukarı ve aşağıya doğru olan katı madde taşınımı eşit olmalıdır. Yerçekiminin etkisi ile birim alandan birim zamanda aşağıya doğru geçen cökelti miktarını W.C ile gösterelim. Burada W cökeltinin düşme hızı, C ise bu bölgedeki ortalama cökelti konsantrasyonudur. Yukarıya doğru olan taşınım oranını hesaplamak için difüzyon teorisi kullanılabilir.

Konsantrasyon dağılımı yataktan yukarı doğru azaldığından düşey eksen boyunca  $dc/dy$  ile verilen bir konsantrasyon gradyanı mevcuttur. Türbülans difüzyonu ile



oluşan taşınım  $dc/dy$  ile orantılıdır ve matematiksel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\text{Türbülans difüzyonu} = - \epsilon_s \frac{dc}{dy} \quad (2.18)$$

Burada  $\epsilon_s$  kütle transfer sabiti olup negatif işaretlidir. Çünkü  $C$  değeri yataktan uzaklaştıkça azalmaktadır. Yukarı ve aşağı taşınım hızları birbirine eşitlendiğinde :

$$W \cdot c = - \epsilon_s \frac{dc}{dy} \quad (2.19)$$

bağıntısı elde edilir (Şekil 2.4).

Bu bağıntı daha da geliştirilmek istenirse,  $\epsilon_s$  ifadesi akım değişkenleri cinsinden yazılmalıdır.  $\epsilon_s$  ile  $\epsilon_m$  orantılı olsun, burada  $\epsilon_m$  momentum transfer sabitidir. Türbülanslı akımda, momentum transferi ile oluşturulan kayma gerilmesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

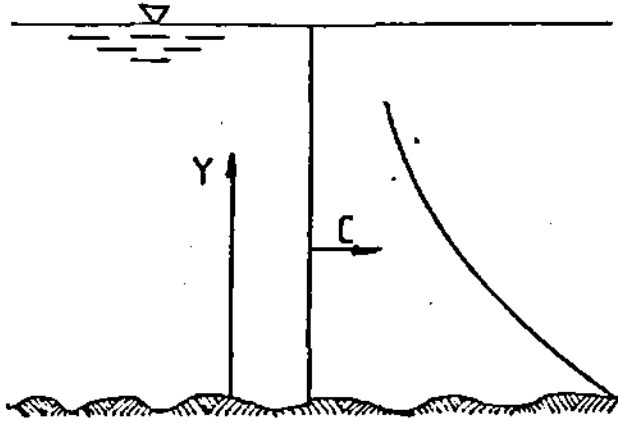
$$\tau_t = \int \epsilon_m \frac{dv}{dy} \quad (2.20)$$

Diğer taraftan, hidrolik kanunlarından :

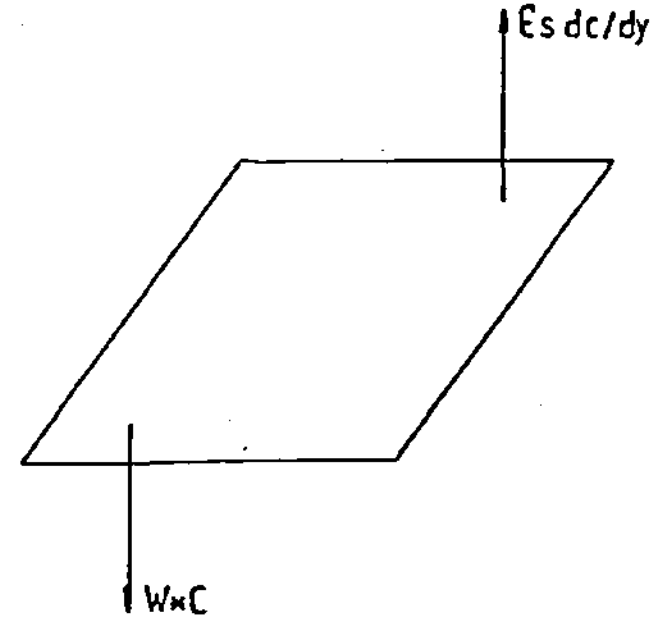
$$\epsilon_m I, \quad \epsilon_m \sqrt{V^2}$$

Yazılabilir. Burada  $I$  türbülansın ölçüsünü ve  $\sqrt{V^2}$  türbülansın şiddetini göstermektedir.

$\sqrt{V^2}$  ile  $dv/dy$  arasındaki ilişki ilk defa Prandtl tarafından (ALMEIAAKE, 1985) aşağıdaki gibi bulunmuştur.



Şekil 2.3 Yüksekliğe Bağlı Konsantrasyon Dağılımı



Şekil 2.4 Askı Maddesinin Yerçekimi ve Türbülans Difüzyonu Etkisi Altındaki Hareketi.

$$\sqrt{v^2} = I \frac{dv}{dy} \quad (2.21)$$

Sonradan Prandtl ve onun öğrencisi Van Karman I ile y arasındaki ilişkiyi aşağıdaki gibi göstermişlerdir:

$$I = ky \quad (2.22)$$

Burada k Karman evrensel karışma sabiti ve y sınıra olan uzaklıktır.

Yukarıdaki bağıntılar tekrar düzenlendiğinde Prandtl-Karman formülü elde edilir.

$$\tau_t = \int K^2 y^2 \left[ \frac{dv}{dy} \right]^2 \quad (2.23)$$

Denklem (2.23) den:

$$\frac{dv}{\sqrt{\tau_t/\rho}} = \frac{1}{K} \frac{dy}{y} \quad (2.24)$$

Yazılabilir. Sınırdaki  $\tau_t = \tau_0$  olduğu kabul edilip ve daha önceden bulunan  $v^* = \sqrt{\tau_0/\rho}$  (Kayma hızı) bağıntısı ve Karman'ın hesapladığı  $K=0,4$  değeri kullanılarak denklem (2.24) aşağıdaki sekile dönüştürülebilir.

$$\frac{dv}{dy} = 2.5 \frac{v^*}{y} \quad (2.25)$$

Kayma gerilmesi, h yüksekliğine sahip açık kanal akımından doğrusal olarak değişmektedir, bu nedenle :

$$\tau_t = \tau_0 \left(1 - \frac{y}{h}\right) = f V_*^2 \left(1 - \frac{y}{h}\right) \quad (2.26)$$

Yazılabilir .Yukardaki bağıntılardan yararlanarak  $\epsilon_m$  ve  $\epsilon_s$  için aşağıdaki ifadeler bulunabilir :

$$\epsilon_m = V_* K_y \left(1 - \frac{y}{h}\right) \quad (2.27)$$

$\epsilon_s$ ,  $\epsilon_m$  ile orantılı olduğuna göre:

$$\epsilon_s = \epsilon_m \beta = \beta V_* K_y \left(1 - \frac{y}{h}\right) \quad (2.28)$$

Yazılabilir. $\epsilon_s$  değeri Denklem(2.19)da yerine yazıldığında:

$$WC + \beta V_* K_y \left(1 - \frac{y}{h}\right) \frac{dc}{dy} = 0.0 \quad (2.29)$$

elde edilir. Bu denklemin integrali alındığında :

$$\frac{C}{C_a} = \left[ \frac{h-y}{y} \right]^{\alpha} \quad (2.30)$$

elde edilir.

Burada  $\alpha = \frac{W}{\beta K V_*}$  ,  $C_a$   $y=a$  daki referans konsantrasyonudur.

Askı maddesi taşınım debisi aşağıdaki integrasyonla hesaplanabilir:

$$q_w = \gamma_s \int_a^h C V dy \quad (2.31)$$

Yatağın çok yakınında, türbülans etkisi çökelti tanelerini su ortamı içinde tutmak için yeterince güçlü olmadığından, yukarıdaki konsantrasyon dağılımı için verilen ifade geçerli değildir. Bu nedenle Einstein  $a=2D$  kabul etmiştir.

Türbülanslı akımda pürüzlü sürtünme rejiminde hız dağılımı aşağıdaki gibi verilebilir (D.S.I., 1989) :

$$V = V^* 5.75 \log \left( 30.2 \frac{xy}{ks} \right) \quad (2.32)$$

Burada  $V^*$  kayma hızı =  $\sqrt{\tau_0/\beta}$ ,  $x$  :  $f(Ks/\delta)$ ,  $\delta$  vizkoz tabakanın kalınlığı,  $Ks$   $D_{90}$  (Pürüzlük katsayısı).

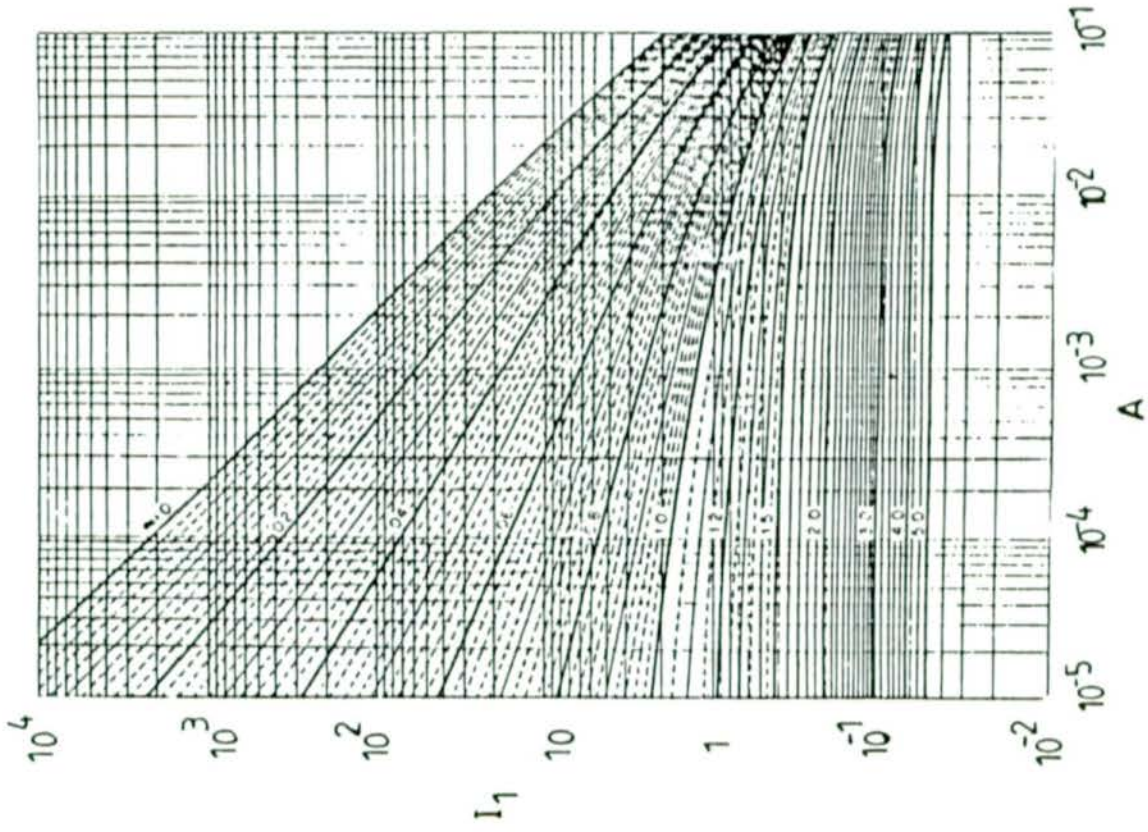
Denklemler 2.31 in integrali alındığındaki aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

$$q_w = 11.6 \gamma_s C_a V^* a [2.30 \log (30.2 h/ks) I_1 + I_2] \quad (2.33)$$

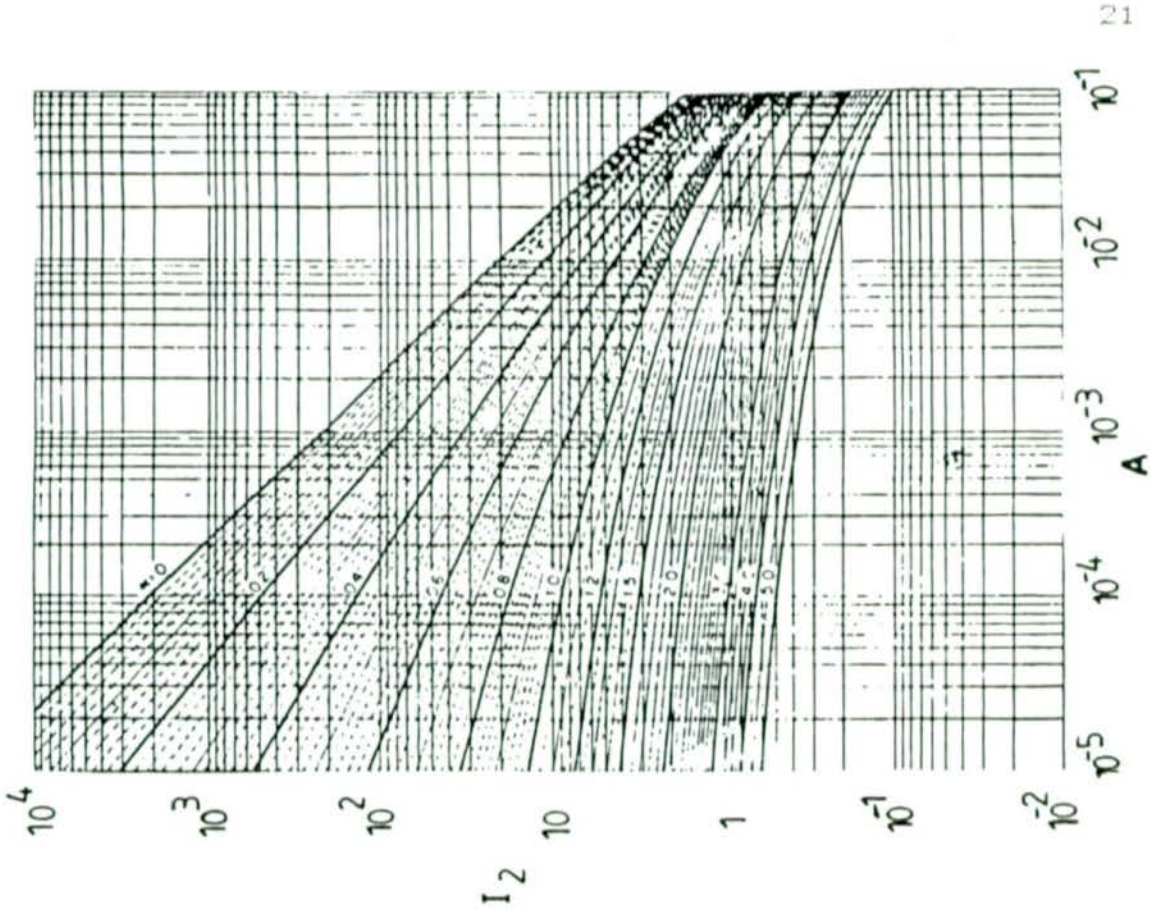
Burada  $I_1, I_2, \alpha$  ve  $A$  nin fonksiyonu olarak Einstein tarafından verilmiştir,  $A=a/h=2D/h$  dir. (şekil 2.5 ve 2.6)

## 2.5 Çökeltinin Arazide Ölçülmesi

Günümüzde çökelti miktarının tayininde kullanılan teorik hesaplamalar ile ölçüm metodlarının kesin değerler vermediği bilinmektedir. Çoğu zaman teorik hesaplar ile elde edilen çökelti miktarları tek kullanılabilir datalardır. Fakat mühendisler çökelti ölçümlerinin yapılabilirdiği yerlerde elde edilen dataların



Şekil 2.5  $I_1$  Değerinin  $A$  ve  $\alpha$  ya göre Değişimi.



Şekil 2.6  $I_2$  Değerinin  $A$  ve  $\alpha$  ya göre Değişimi

kullanılmasını tercih etmektedir. Çünkü bu datalar tasarım için sadece güvenilir değerler olmayıp aynı zamanda çeşitli akarsulardaki çökelti miktarlarının karşılaştırılmasına da yararmaktadır.

### **2.5.1. Askı Maddesinin Ölçülmesi**

Askı maddesinin hesaplanması için, hız değerinin ve konsantrasyon miktarının ölçülmesi gerekmektedir. Konsantrasyon hesabı aşağıdaki yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir.

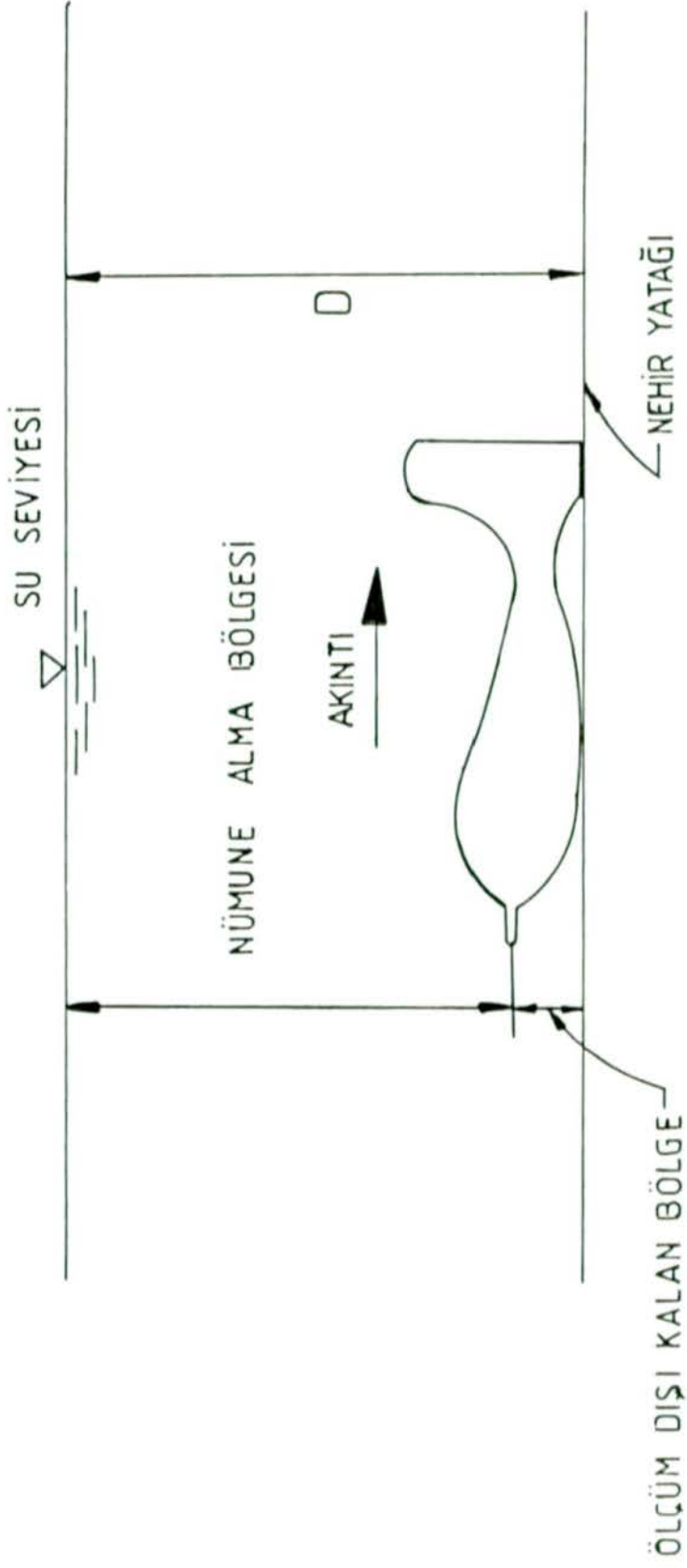
#### **2.5.1.1. Örnek Alma Yöntemleri**

##### **Derinlik Integrasyon Yöntemi**

Bu metotta örnek toplama aleti belirli bir hızda yatağa kadar gönderilir ve yukarı çekilir. Bu hız akım hızına bağlı olarak hesaplanır, öyleki, bir periyotta alet şişesi dolmalıdır. Böylece dikey bir kesitin ortalama konsantrasyonu hesaplanabilir. Eğer su derinliği 4,5 m'den daha düşük ise örnek toplama aletinin aşağı ve yukarı hareketi sabit hızda yapılır. Eğer su 4,5-9,0 m ise örnek aleti tek yönlü hareket ettirilir. Suyun derinliği 9 m'den daha fazla ise derinlik kısımlara ayrılarak herbir parça için ayrı ayrı nünuneler alınır. Bir aletin örnek alma hızı üretici firma tarafından verilmektedir. Bu metod ile aletin geometrisinden dolayı yatağa yakın bölgelerden nümune almak mümkün olmamakta ve bazı düzeltmeler gerekmektedir (Şekil 2.7).

Askı madde konsantrasyonunun ortalama değerini elde etmek için derin integrasyon aleti kullanılır. Bu





Şekil 2.7 Akıntı Maddesi Nümuneye Alanı Aleti.



şekildeki aletler özel bir metalden yapılmış olup balık biçimindedir, ve içerisinde cökelti su karışımını toplayacak bir şişe vardır. Günümüzde A.B.D'de US DH- 48 ve US DH-59 derinlik integrasyon aletleri kullanılmaktadır.

### Nokta Integrasyon Yöntemi

Bu metotta örnekler, düşey bir kesit boyunca bir noktadan alınır. Örnek alma aşağıdaki gibi olabilir.

#### a) Üç Nokta ile Integrasyon

Biri yüzeyden, biri ortadan, ve diğeri aşağıdan alınır. Ortalama Konsantrasyon aşağıdaki gibi hesaplanır :

$$C(\text{Ortalama}) = \frac{C(\text{Yüzey}) + C(\text{Aşağı}) + C(\text{Orta})}{3} \quad (2.34)$$

#### b) İki Nokta ile Integrasyon

Biri derinliğin %80 aşağısından diğeri ise %20 aşağısından alınır. Ortalama değer aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C(\text{Ortalama}) = \frac{3}{8} C_1 + \frac{5}{8} C_2 \quad (2.35)$$

Burada :

C1 derinliğin %80 aşağısındaki konsantrasyonu  
C2 derinliğin %20 aşağısındaki konsantrasyonu  
göstermektedir.

### 2.5.1.2. Cökelti Konsantrasyonunun Hesaplanması

Cökelti örneği alındıktan sonra, örneğin hacmi ve ağırlığı hesaplanır ve cökelti süzülerek bir fırın içerisinde kurutulup aşağıdaki bağıntılar kullanılarak C1 ve C2 hesaplanabilir.

$$C1 = \frac{W_s (g)}{V (l)} \quad (\text{süspansiyon birim hacminde bulunan katı madde ağırlığı}) \quad (2.36)$$

$$C2 = \frac{W_s}{W} \times 100 \quad (\text{süspansiyondaki yüzde katı madde miktarı}) \quad (2.37)$$

Burada

$W_s$  = Kuru Cökelti Ağırlığı (g) .

$V$  = Süspansiyon (Cökelti + Su) Hacmi (l)

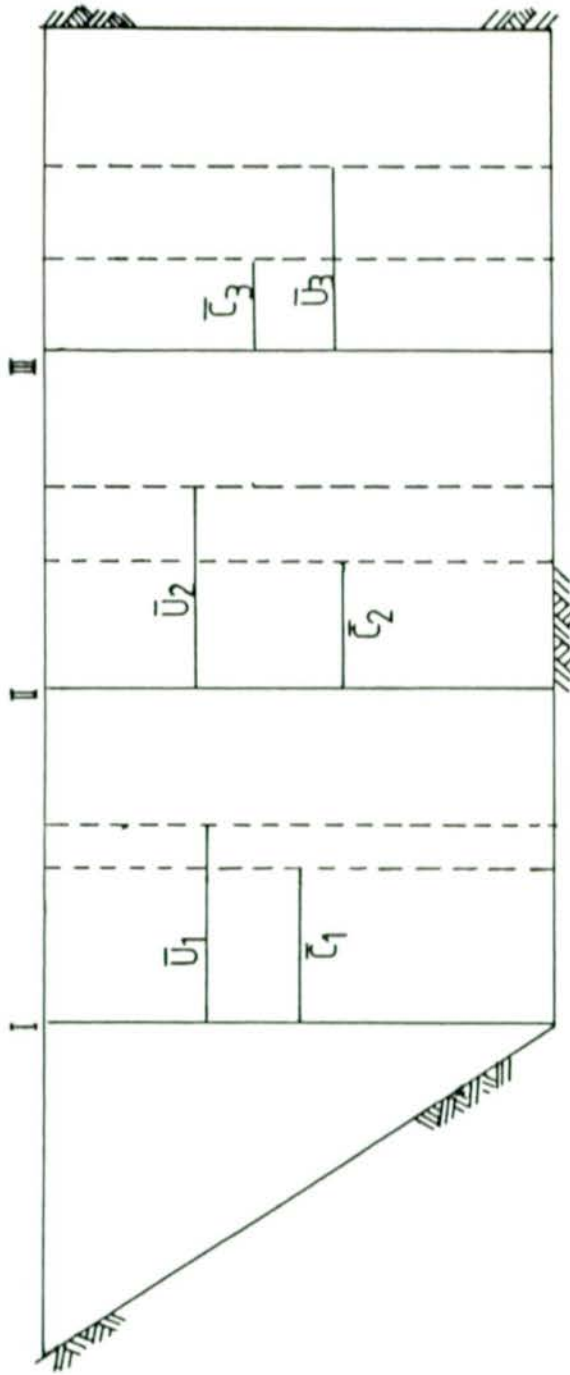
$W$  = Süspansiyon ağırlığı (g)

dir.

### 2.5.1.3. Askı Maddesinin Hesaplanması

Genellikle ırmaktan alınan örneklerdeki askı maddesi miktarını hesaplamak için grafik integrasyon metodu kullanılır. Bu amaçla akımın hız dağılımı ve bir kesitindeki askı maddesi konsantrasyonunun bilinmesi gerekmektedir. Bir kesitte konsantrasyon ve hız verilmiş ise, askı maddesi miktarı hesaplanabilir (Şekil 2.8). Derinlik integrasyon metodu ile, kesit boyunca birim genişlikli kesitten geçen askı maddesi miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir :

$$q_s = C1 U1 \quad (2.38)$$



Şekil 2.5. Derinlik-İntegrasyon Metodu için Ahm. Assmann ve Nosantrasyon Ortalama Değerleri.

Burada C1 ve U1 her kesitteki ortalama konsantrasyon ve ortalama hızdır. Sekil 2.9 da görüldüğü gibi tüm akarsu enkesiti için toplam askı maddesi miktarı grafik integrasyon metodu ile bulunabilir.

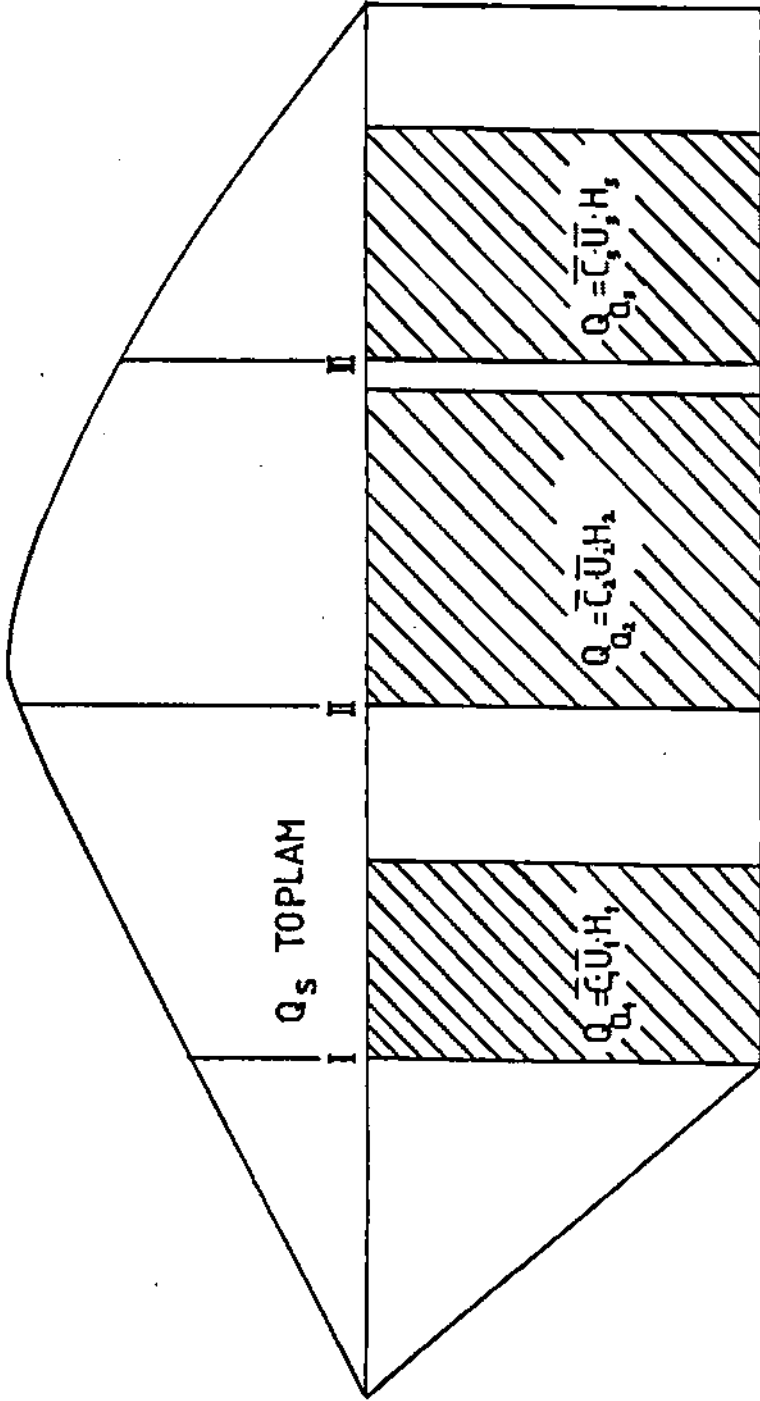
### 2.5.2. Sürüntü Maddesinin Ölçülmesi

Daha öncede belirtildiği gibi sürüntü maddesi, ırmağın tabanında kayarak, yuvarlanarak veya sıcrayarak hareket eden çökelti olarak tanımlanmıştır. Irmak içerisindeki sürüntü maddesi miktarı (tabanda hareket eden katı tanecikler) ırmak tabanına belirli bir süre için yerleştirilen bir alet yardımı ile ölçülebilir.

Çökelti maddesinin hareket ettiği yükseklik kesin olarak tanımlanamaz. Genellikle sürüntü maddesinin hareket ettiği minimum yükseklik, maksimum tane çapının iki katı olarak, ve maksimum hareket yüksekliği askı maddesi hareketinin başladığı minimum yükseklik olarak alınabilir.

Sürüntü maddesi aletlerinin çalışma sekline ve yapısına bağlı olarak : (a) sepet tipi (b) tepsi veya tava tipi ve (c) basınç farklı tip olmak üzere çeşitli tipler mevcuttur.

Sürüntü maddesi yakalayıcıları, nehirlerde veya kanallarda kullanılmadan önce dikkatli bir şekilde kalibre edilmelidir. Bu amaçla yakalayıcılar laboratuvarında kullanılan açık kanalların sonuna yerleştirilen ve sürüntü maddesinin kolaylıkla ölçülebildiği bir düzenek ile kalibre edilirler.



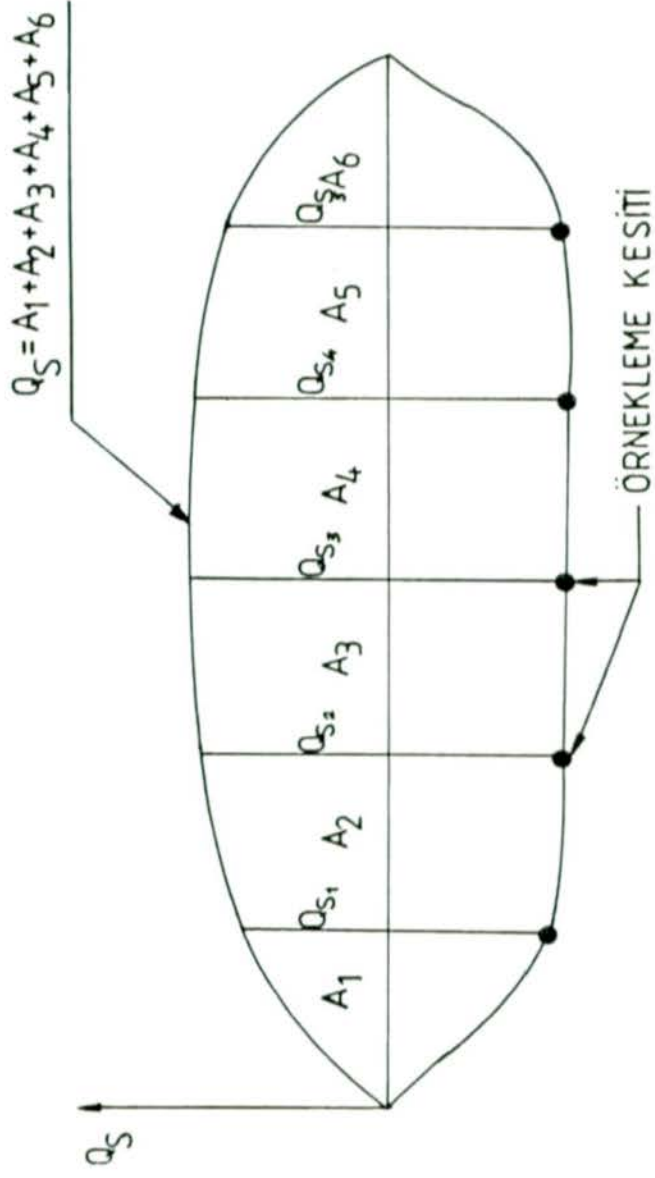
Şekil 2.9 Derinlik-İntegrasyon Metoduunun Grafik Gösterimi.

Sürüntü maddesi yakalama aletinin verimi, aletin yakalama süresi içerisinde tutmuş olduğu sürüntü maddesi ağırlığının, aynı süre içerisinde aletin konulduğu alandan geçen sürüntü maddesi oranına denir. Bu oran ideal halde (1) olabilir. Sepet tipi sürüntü maddesi yakalayıcılarının verimi 0.45, Tepsi tipi sürüntü maddesi yakalayıcılarının verimi ise 0.70 dir.

Alet eğer ırmak derin değilse bir cubuk yardım ile veya bir kayak ile yada ırmak üzerine kurulan teleferik yardımı ile ırmak içerisindeki bir yere yerleştirilir.

Bir kesitteki ölçüm noktaları 3 ile 10 arasında değişebilir. İrmaktaki akım düzenli olsa bile bir kesitte ölçüm yapılan noktalarda çökelti miktarı farklı olabilir. Toplayıcı sepet veya tavan hacminin 1/3 ü dolana kadar ölçme noktasında bekletilmelidir.

Alette toplanan çökelti kurutulularak ağırlığı ölçülür. Kuru ağırlık, çökelti ölçüm süresi ve aletin genişliğine bölünerek birim genişlikten birim zamanda geçen sürüntü maddesi debisi bulunur. İrmak yamaçlarında çökelti oranı sıfır akarsu enkesitinin ölçüm noktalarındaki çökelti değerleri Şekil 2.10 da görüldüğü gibi birleştirilerek toplam sürüntü maddesi debisi hesaplanabilir.



Şekil 2.10 Sırtlatı Medüesi Debisinin Grafiksel İncelme.

### 3. AKARSU HAZNELERİNDE KATI MADDE ÇÖKELMESİ

#### 3.1. Giriş

Nehirler kendinden daha derin olan doğal göl,deniz ve baraj arkasında yer alan bir hazneye girdiği zaman akımın hızı azalır böylece nehirde taşınan çökeltinin büyük bir kısmı veya tamamı nehirde veya hazne içinde çöker. Alüvyon nehirler için haznelerde depo edilen katı maddeler iki kısımda incelenebilir.

(1) **Hazne tabanında birikip**, çoğunlukla nehir çökeltisinin ince kısımlarından oluşan silt ve kil

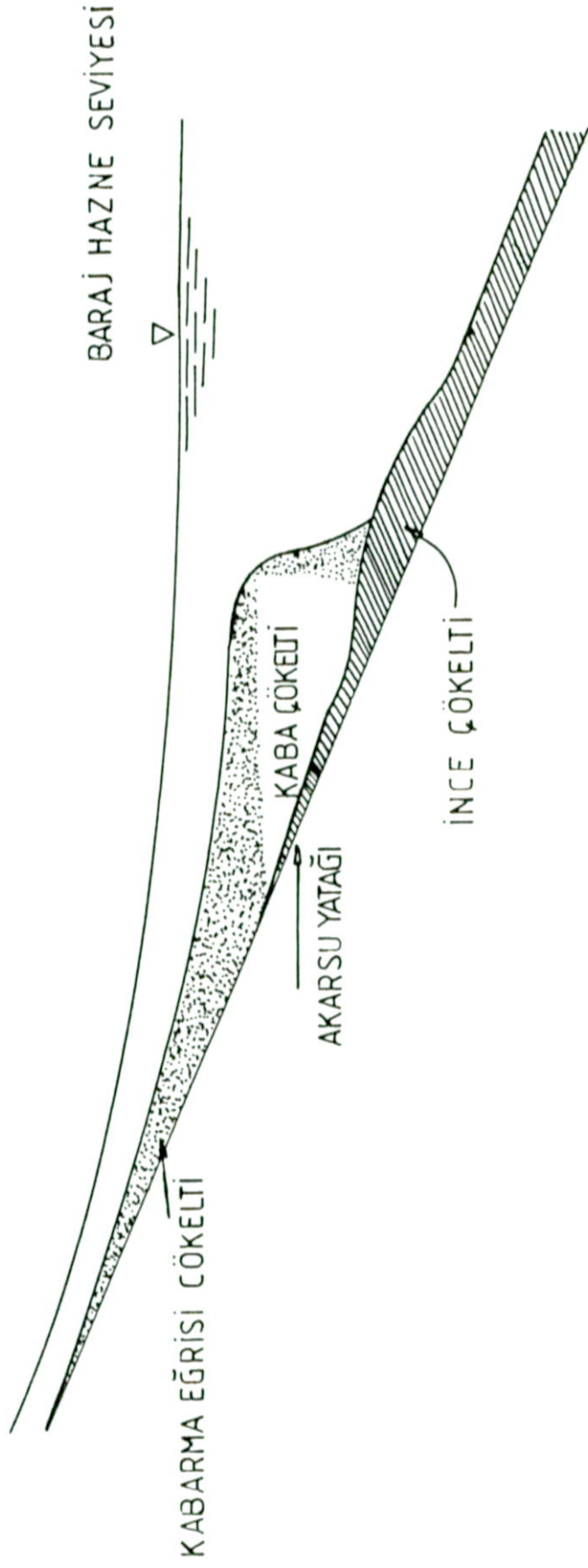
(2) **Delta olarak**, hazne ağzında oluşan ve çoğunluğu nehir çökeltisinin kaba kısımlarını ihtiva eden kum, çakıl ve az miktarda silt ve kil (Şekil 3.1).

Barajlar sulama, içme suyum sağlama, elektrik üretimi ve taşkın kontrolü gibi amaçlar için yapılır. Baraj haznesinin planlandığı zamandan daha önce dolması arzu edilmeyen bir durumdur. Sadece haznede biriken çökeltinin miktarı değil, bununla birlikte haznenin dolma zamanı taban profilinin alacağı şekil zamanın fonksiyonu olarak bilinmelidir.

Çökelti taşınımının analitik olarak incelenmesi birçok parametreleri içine alan karmaşık bir problemdir. Haznelerin kapasitelerinin ekonomik tasarımında teorik formüllerde çeşitli basitleştirmeler yapılarak çözüm elde edilmeye çalışılır.

Haznelerdeki sedimantasyon probleminin analizinde matematiksel ve fiziksel modellere ek olarak, sedimantasyon çalışmalarının sözkonusu olduğu bölgede





Şekil 3.1 Baraj Hazinesinde Çökelti Profili.

mevcut hazne ölçümlerinden yararlanılmalıdır. Bu tür çalışmalardan elde edilen bulgular genel çözümlerden bazı özel baraj problemlerinde faydalı sonuçlar verebilir.

Hazne sedimantasyonu hakkında ileri sürülen görüşlerle ilgili metodlar iki gruba ayrılabilir. Bunlardan birisi deneysel metodlar olup fiziksel işlemlerden elde edilen data analizinden çıkan sonuçlar üzerine kurulmuştur. İkincisi matematiksel metoddur ve haznedeki sedimantasyon ve hidrolik işlemlerinin analitik muamelesi üzerine kurulmuştur. Pratikte her iki metod birlikte kullanılmaktadır.

Mevcut matematiksel modeller için gerekli olan yoğunluğu teorik olarak mevcut olmadığından, deneysel yöntemler ile bulunmaktadır. Benzer şekilde günümüzde deneysel metodlarla akım ile taşınan çökeltinin parçacık büyüklüğü dağılımı ve sedimantasyon konsantrasyon deneysel olarak elde edilemediğinden bu bilgiler uygun matematiksel metodlar ile elde edilmektedir.

### **3.2. Haznede Çökelti Birikiminin Hesabı**

Haznede çökelen katı madde hacminin hesabı için pratikte kullanılan en önemli metod hazne tutma yüzdesini esas alan hesap şeklidir.

#### **Tutma Yüzdesi**

Tutma yüzdesi depo edilen çökeltinin hazneye giren toplam çökeltiye oranı olarak tanımlanır. Tutma yüzdesi haznenin depolama kapasitesi ile hazneye giren su miktarı arasındaki orana hazne ömrüne hazne taban profilinin şekline suyun haznedeki kullanım şekline çökelti

granülometrisine ve değişik şartlar altında ince çökeltinin davranışına bağlıdır.

Hacmi 12 300 000 m<sup>3</sup> ve bundan daha büyük olan haznelerde tutma yüzdesi %100 olduğu kabul edilmektedir. Bu hazneye giren tüm çökeltinin haznede tutulduğu anlamına gelmektedir.

Bazı küçük haznelerde, hazneye giren çökelti hazne boyunca taşınabilir. Bu durum özellikle haznenin dolusavak yardımıyla boşaldığı zamanlarda sözkonusudur.

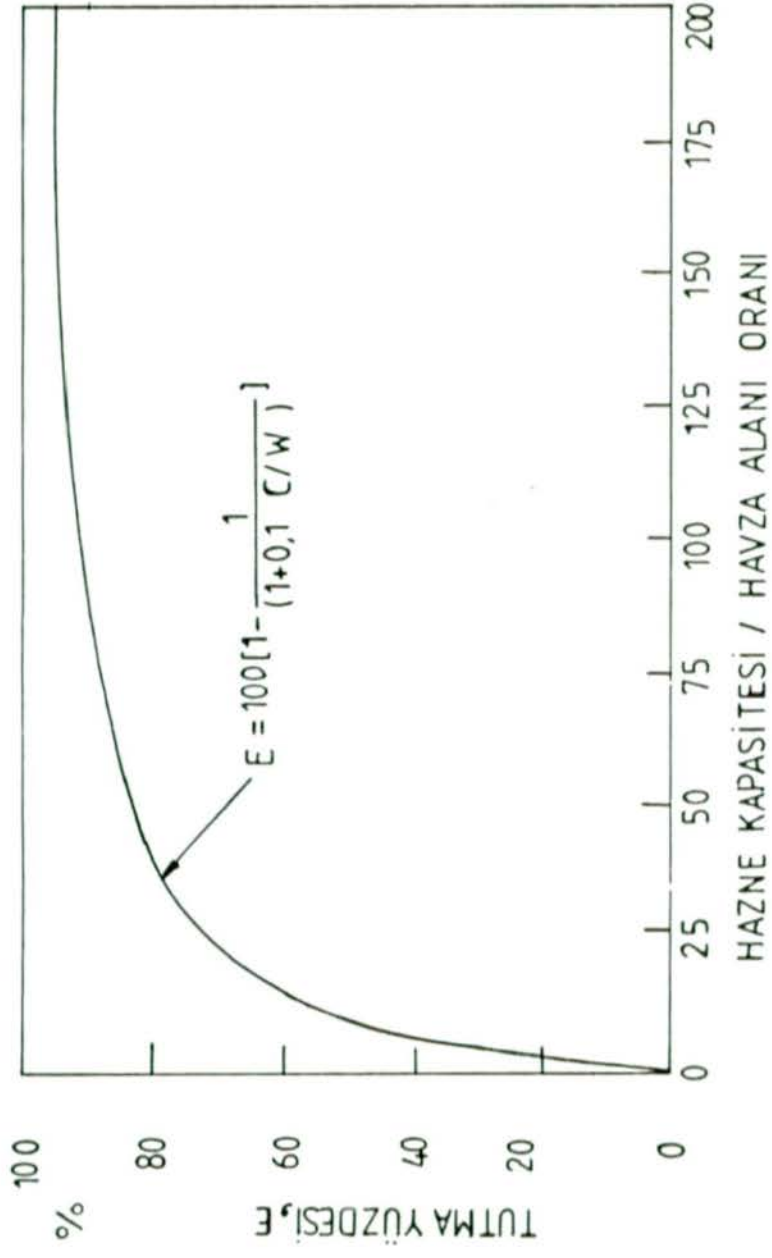
Hazneden geçen çökelti oranı, çökelti özelliklerine ve hazne boyunca oluşan akım hızına bağlıdır. Haznede akım hızının yüksek olduğu zamanlarda ince çökelti (silt ve kil) hazneden çıkacak kadar bir süre süspansiyon halinde kalabilir.

Şimdiye kadar tutma yüzdesi ile diğer faktörler arasındaki ilişki kurmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu konudaki Brune ve Allen (D.S.I., 1989) tarafından yapılan çalışmalar en eskileri arasında sayabiliriz. Brune haznede tutulan çökelti yüzdesi ile hazne kapasitesi / hazne alanı arasında bir grafik elde etmiştir.

C.B. Brown (D.S.I., 1989) hazne kapasitesi / havza alanı oranı (c/w) ile tutma yüzdesi arasındaki ilişkiyi Şekil 3.2 deki gibi bulmuştur. Bu şekildeki tutma yüzdesini veren eğrinin denklemi aşağıdaki gibi ifade edilebilir :

$$E = 100 [1 - 1 / (1 + 0.1 c/w)] \quad (3.1)$$

Burada E hazne tutma yüzdesi, c/w hazne kapasitesinin (acre-feet) havza alanına (mil<sup>2</sup>) oranıdır.



Şekil 3.2 Havze Tutma Üzdeci İgin Brown Eğrisi.

Brune (1953) tutma yüzdesi için 4-48.000 Km<sup>2</sup> lik drenaj alanını kapsayan 44 hazneden elde ettiği bulguları Şekil 3.3 de görüldüğü gibi grafik olarak vermiştir. Bu eğriyi oluşturan datalarda kapasite / yıllık akım oranı 0.0016 ile 4.56 arasında, tutma yüzdesi ise 0-100 aralığında değişmektedir. Şekil 3.3 de ölçüm datalarını temsil eden ortalama eğri yaklaşık olarak aşağıdaki bağıntıyı sağlamaktadır.

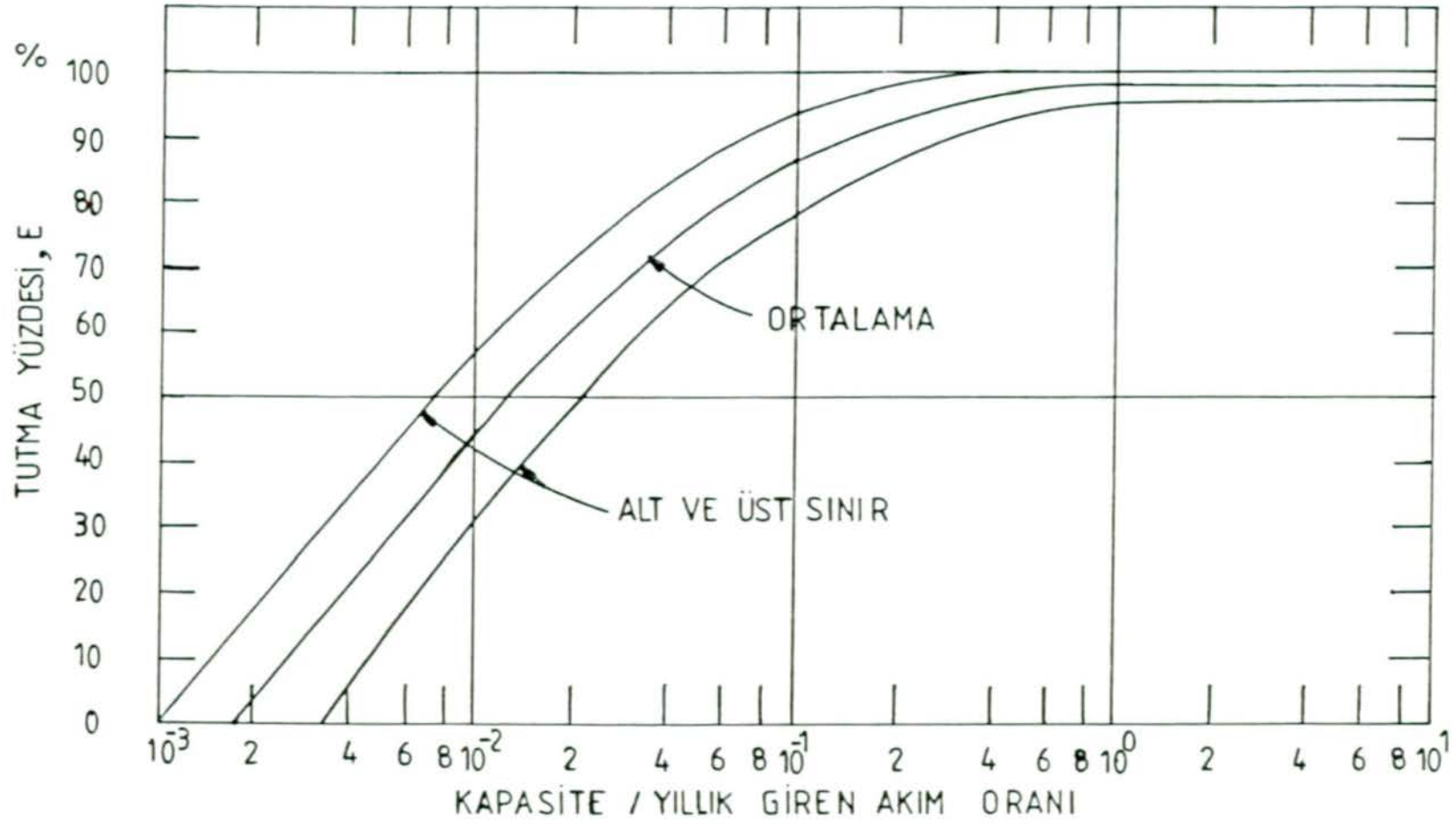
$$E = 100 \left[ 1 - \frac{1}{222.92 \text{ Log } (V(Hm)/I)} \right] \quad (3.2)$$

Burada E, tutma yüzdesi (%), (V(Hm) Hm'ye kadar olan hazne kapasitesi, Hm ortalama hazne derinliği, I hazneye giren yıllık ortalama akım (burada v ve I aynı hacim biriminde ifade edilmiştir) (3.2) ifadesi ile verilen hazne çökelti tutma yüzdesi pratik amaçlar için iyi bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir.

Tutma yüzdesinin bilinmesiyle haznede biriken yıllık çökelti hacmi aşağıdaki gibi bulunabilir :

$$V_s = E Q_s \quad (3.3)$$

Burada V<sub>s</sub> baraj haznesinde bir yılda biriken çökelti hacmi, Q<sub>s</sub> bir yılda hazneye taşınan çökelti hacmi ve E tutma yüzdesidir. Q<sub>s</sub> çökelti miktarının tahmini teorik formüllerle veya akarsuda yapılan gerçek sedimantasyon ölçümleri yardımıyla yapılabilir. Haznede biriken çökelti hacmi (yani hazne ölü hacmi) çökeltinin birim ağırlığına bağlıdır. Birikmiş olan çökeltinin özgül ağırlığı zamana bağlı değişim gösterdiğinden özgül ağırlığı için zamansal ortalama bir değer alınmalıdır.



Şekil 3.3. Basın Tutma Yüzdesi İçin Brune Deyimi.

Lane ve Keolzer (Henry M, Janes M., 1971), T zaman aralığında için ortalama sıkıştırılmış birim ağırlığın değerini hesaplamak için aşağıdaki Formülü kullanmışlardır.

$$Y_m = Y_1 X_1 + (Y_2 + K_2 \log T) X_2 + (Y_3 + K_3 \log T) X_3 \quad (3.4)$$

Burada

$Y_1$  = Kum ve daha iri çökeltinin bir yıl sonraki özgül ağırlığı

$Y_2$  = Siltin bir yıl sonraki özgül ağırlığı

$Y_3$  = Kilin bir yıl sonraki özgül ağırlığı

$K_1$  = Kum sıkışma oranı sabiti ( $K_1 \approx 0$ )

$K_2$  = Silt sıkışma oranı sabiti

$K_3$  = Kil sıkışma oranı sabiti

$X_1$  = Toplam birikimin Kum tarafından doldurulan kısmı

$X_2$  = Toplam birikimin Silt tarafından doldurulan kısmı

$X_3$  = Toplam birikimin Kil tarafından doldurulan kısmı

T = Zaman (yıl)(bir yıl veya daha fazla olabilir).

$Y_m$  = T zaman sonra haznede toplanan ortalama çökelti özgül ağırlığı.

Lane ve Koelzer tarafından elde edilen özgül ağırlık ( $Y$ ) ve sıkışma oranı ( $K$ ) değerleri Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Cizelge 3.1  $\gamma$  ve  $k$  nin Kum, Silt, Kil için Değerleri

	Hazne Aşaması	Kum		Silt		Kil	
		$\gamma_1 (N/m^3)$	$k_1 (N/m^2)$	$\gamma_2 (N/m^3)$	$k_2 (N/m^2)$	$\gamma_3 (N/m^3)$	$k_3 (N/m^2)$
	Cökelti Her Zaman						
1.	Veya Arasına Su Altında	4452.84	0	3112.2	272.916	1436.4	766.08
2.	Hazne Su Seviyesi Yavaş Azalıyor	4452.84	0	3543.12	129.276	2202.48	512.316
3.	Hazne Su Seviyesi Hızlı Azalıyor	4452.84	0	3782.52	81.396	2872.8	287.28
4.	Hazne Bos	4452.84	0	3926.16	0	3734.64	0



## 4. TÜRKİYE AKARSULARINDAKİ BAZI BARAJ HAZNELERİNDE KATI MADDE ÇÖKELMESİNİN İNCELENMESİ

### 4.1. Giriş

Bu bölümde Devlet Su İşleri tarafından bazı baraj haznelerinde yapılmış olan sedimantasyon ölçümleri incelenmiştir. Belirli aralıklarla yapılan bu ölçümler esas olarak değişik seviyelerin altında kalan hazne su hacminin tesbitine yöneliktir. Ölçüm yapılan barajların listesi ve hangi tarihler arasında ölçümleri yapıldığı Çizelge 4.1 de verilmiştir. Çizelge 4.2 de aynı barajlara ait çeşitli tarihlerde normal su seviyesi için yapılmış hazne hacimleri görülmektedir.

Şekil 4.1. - 4.23 de ölçüm yapılan barajlara ait hazne hacimlerinin yüksekliğe ve zamana göre değişimleri görülmektedir. Şekil 4.24- 4.28 de normal su kotuna ait hazne kapasitelerinin zamana göre değişimleri grafik olarak verilmiştir.

Şekil 4.1- 4.28 den ele alınan baraj haznelerindeki çökelti birikimi üzerine aşağıda belirtilen hususlar gözlenmektedir :

#### 1. Çökelti birikiminin aşırı olduğu barajlar :

Bazı barajlarda ölçüm sonuçlarına göre kısa sürede aşırı çökeltme oluşmaktadır. Örneğin Damsa, Buldan, Altınapa barajları.

#### 2. Çökelti birikiminin normal ve düzenli olduğu

**barajlar :** Bu gruba giren barajlarda çökeltme dolayısıyla kapasite kaybı zaman içinde tedrici olarak normal ölçüler içinde oluşmaktadır. Örneğin Seyhan, Hirfanlı, Kemer, Kartalkaya barajları

Çizelge 4.1 Sedimentasyon Ölçümleri Yapılan Barajlar Listesi

Sıra No	Barajın Adı	Yeri	Depolama Hacmi x10 m <sup>3</sup>	Çalışmanın Yapıldığı Yıllar	Sekil No
1	HIRFANLI	KIRŞEHİR	5980	1969 , 1977	Sekil 4.1
2	DEMİRKÖPRÜ	MANISA	1320	1972 , 1977	Sekil 4.2
3	SEYHAN	ADANA	1200	1976,1980,1986	Sekil 4.3
4	AYVACIK	SAMSUN	1073	1981 , 1986	
5	KEMER	AYDIN	544.0	1974 , 1979	Sekil 4.4
6	DEVEGECİTİ	DIYARBAKIR	202.32	1977 , 1980	Sekil 4.5
7	KARTALKAYA	K.MARAS	195.00	1980 , 1985	Sekil 4.6
8	MAMASIN	NİĞDE	165.80	1973 , 1978	Sekil 4.7
9	ÇAYGÖREN	BALIKESİR	130.00	1978 , 1983	Sekil 4.8
10	HASANLAR	BDLU	55.00	1972 , 1978	Sekil 4.9
11	KORKUTELİ	ANTALYA	47.50	1967 , 1979	Sekil 4.10
12	BULDAN	DENİZLİ	46.00	1976 , 1986	Sekil 4.11
13	SEYİTLER	AFYON	40.00	1974 , 1979	Sekil 4.12
14	ATIKHİSAR	ÇANAKKALE	40.00	1966,1977,1983	Sekil 4.13
15	SARIMSAKLI	KAYSERİ	31.90	1972 , 1977	Sekil 4.14
16	AYRANCI	KONYA	28.50	1966,1975,1980	Sekil 4.15
17	ÇUBUK 2	ANKARA	24.60	1978 , 1983	Sekil 4.16
18	ALTINAPA	KONYA	15.00	1974 , 1979	Sekil 4.17
19	ÇUBUK 1	ANKARA	12.50	1978 , 1983	Sekil 4.18
20	DAMSA	NEVŞEHİR	7.12	1969 , 1975	Sekil 4.19
21	BAYINDIR	ANKARA	6.97	1970 , 1980	Sekil 4.20
22	SİLLE	KONYA	3.10	1974 , 1978	Sekil 4.21
23	TATLARIN	NEVŞEHİR	1.75	1974 , 1978	Sekil 4.22
24	MEHMETLİ	ADANA	53.0	1978 , 1986	Sekil 4.23

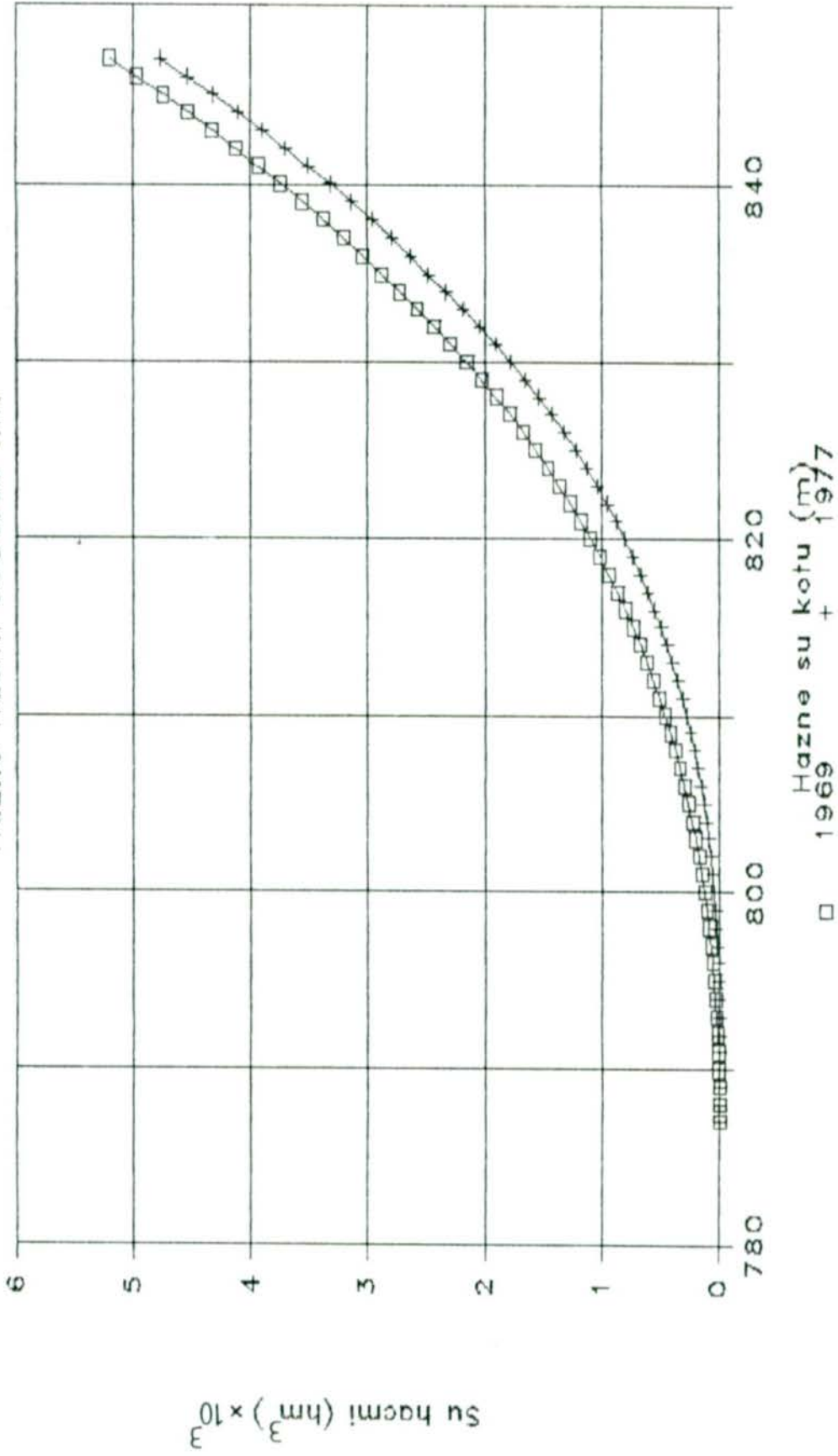
**Çizelge 4.2 Baraj Haznelerinde Normal Su Kotu İçin Değişik Zamanlardaki Kapasiteler**

1	HIRFANLI BARAJI N.S.K.=851 m		2	DEMIRKÖPRÜ BARAJI N.S.K.=240 m	
	TARİH	GÖL HACMI hm <sup>3</sup>		TARİH	GÖL HACMI hm <sup>3</sup>
	1959	5980.0		1972	1359.87
	1969	5840.0		1977	1395.25
	1977	5386.0			
3	SEYHAN BARAJI N.S.K.=67 m		4	HASAN UGURLU BARAJI N.S.K.=190 m	
	1956	1200.0		1981	1073.75
	1976	890.0		1986	1018.40
	1980	849.0			
	1986	845.05			
5	KEMER BARAJI N.S.K.=291.5 m		6	DEVEGECİTİ BARAJI N.S.K.=757 m	
	1958	544.0		1972	202.32
	1974	459.0		1977	207.492
	1979	437.23		1980	212.131
7	KARTALKAYA BARAJI N.S.K.=715.7		8	MAMASIN BARAJI N.S.K.=1107.19 m	
	1972	195.0		1962	165.80
	1980	159.34		1973	162.00
	1985	158.634		1978	162.68
9	ÇAYGÖREN BARAJI N.S.K.=267 m		10	HASANLAR BARAJI N.S.K.=255 m	
	1971	130.00		1972	50.958
	1978	130.672		1978	50.640
	1983	125.724			
11	KORKUTELİ BARAJI N.S.K.=1067		12	BULDAN BARAJI N.S.K.=497 m	
	1967	44.54		1967	46.00
	1979	46.035		1976	47.206
				1986	37.965
13	SEYİTLER BARAJI N.S.K.=1047 m		14	ATIKHISAR BARAJI N.S.K.=52.50	
	1962	40.00		1966	24.965
	1974	38.154		1977	25.937
	1979	38.046		1983	25.547

15	SARIMSAKLI BARAJI N.S.K.=1205 m		16	AYRANCI BARAJI N.S.K.=1193.0 m	
	1968	31.90		1958	28.50
	1972	31.976		1966	30.80
	1977	34.834		1975	31.715
				1980	30.883
17	CUBUK 2 BARAJI N.S.K.=1113 m		18	ALTINAPA BARAJI N.S.K.=1246 m	
	1964	24.60		1967	15.00
	1978	23.76		1974	13.123
	1983	22.44		1979	11.160
19	CUBUK 1 BARAJI N.S.K.=906 m		20	DAMSA BARAJI N.S.K.=1219 m	
	1936	12.50		1969	7.1125
	1973	4.734		1975	3.40
	1983	4.515			
21	BAYINDIR BARAJI N.S.K.=985 m		22	SILLE BARAJI N.S.K.=1367 m	
	1965	6.97		1960	3.10
	1970	5.927		1974	2.43
	1980	5.498		1978	2.20
23	TATLARIN BARAJI N.S.K.=991.0 m		24	MEHMETLI BARAJI N.S.K.= 203 m	
	1972	1.365		1971	53.00
	1976	1.287		1978	54.901
				1986	59.153

# HIRFANLI BARAJI (KIRSEHIR)

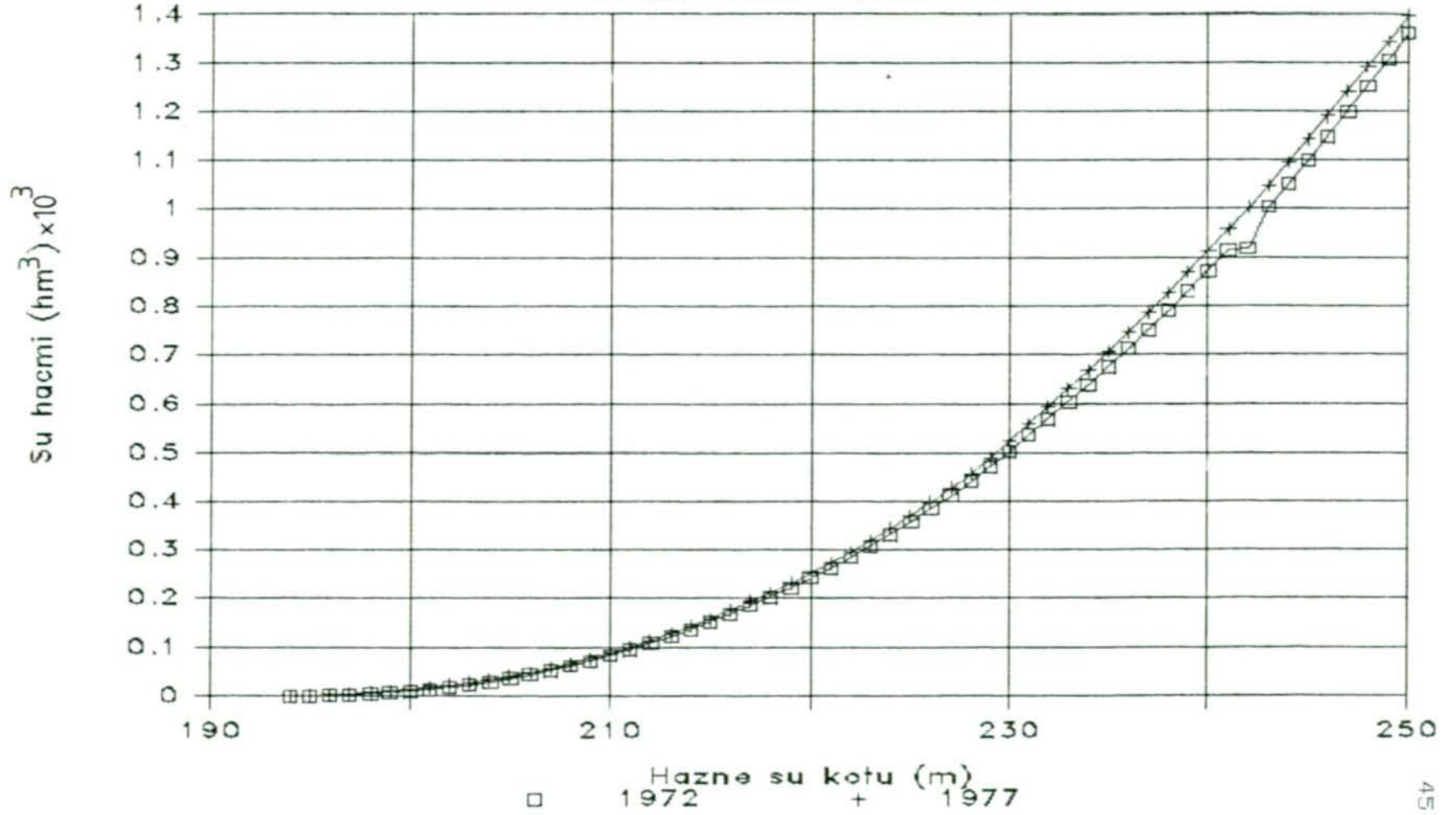
Hazne Hacmi 5980.00 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.1 Hazne yükseklik Hacim Eğrisi.

# DEMIRKÖPRÜ BARAJI (MANISA)

Hazne Hacmi 1320.00 hm<sup>3</sup>

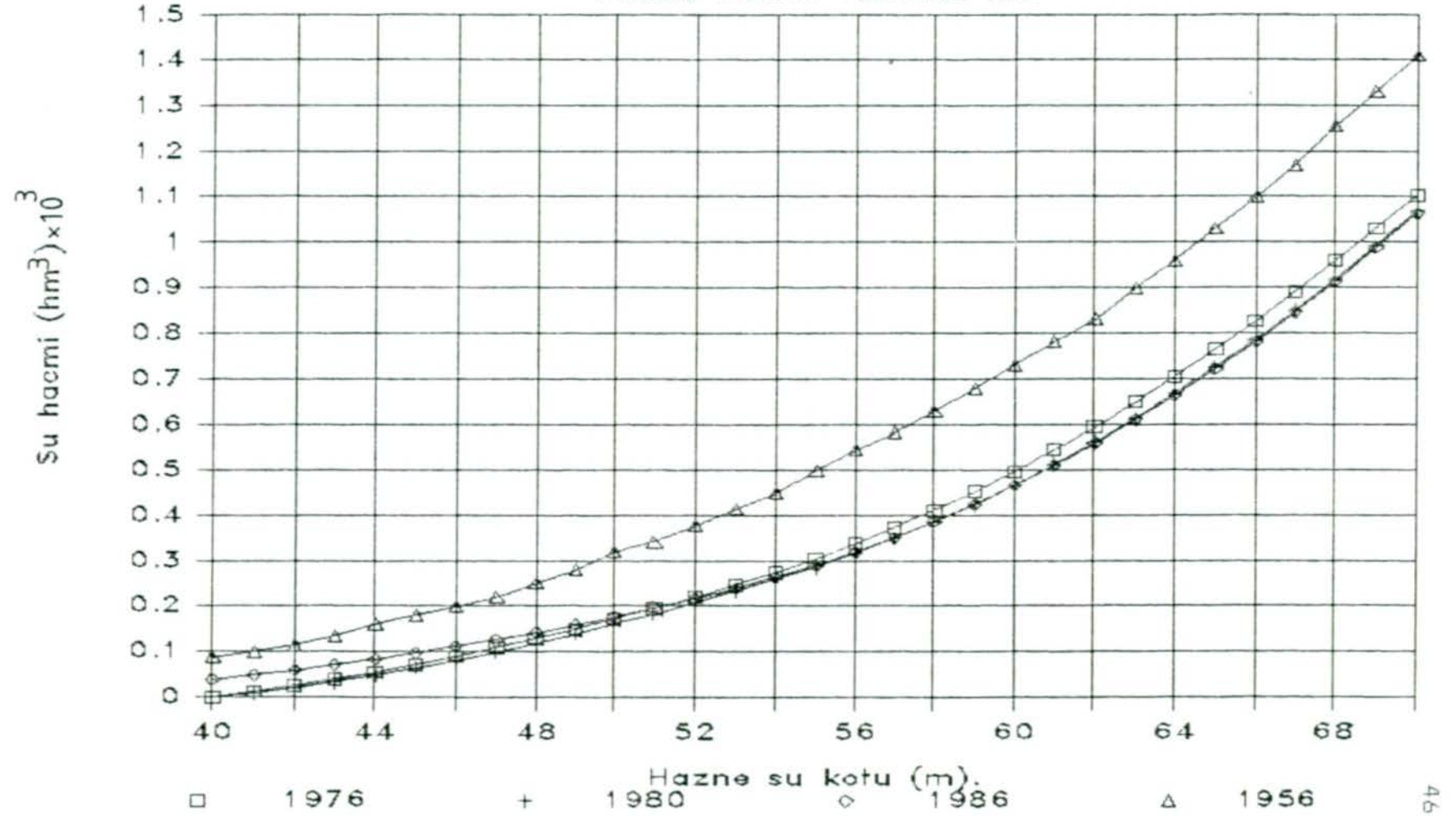


Şekil 4.2 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.



# SEYHAN BARAJI (ADANA)

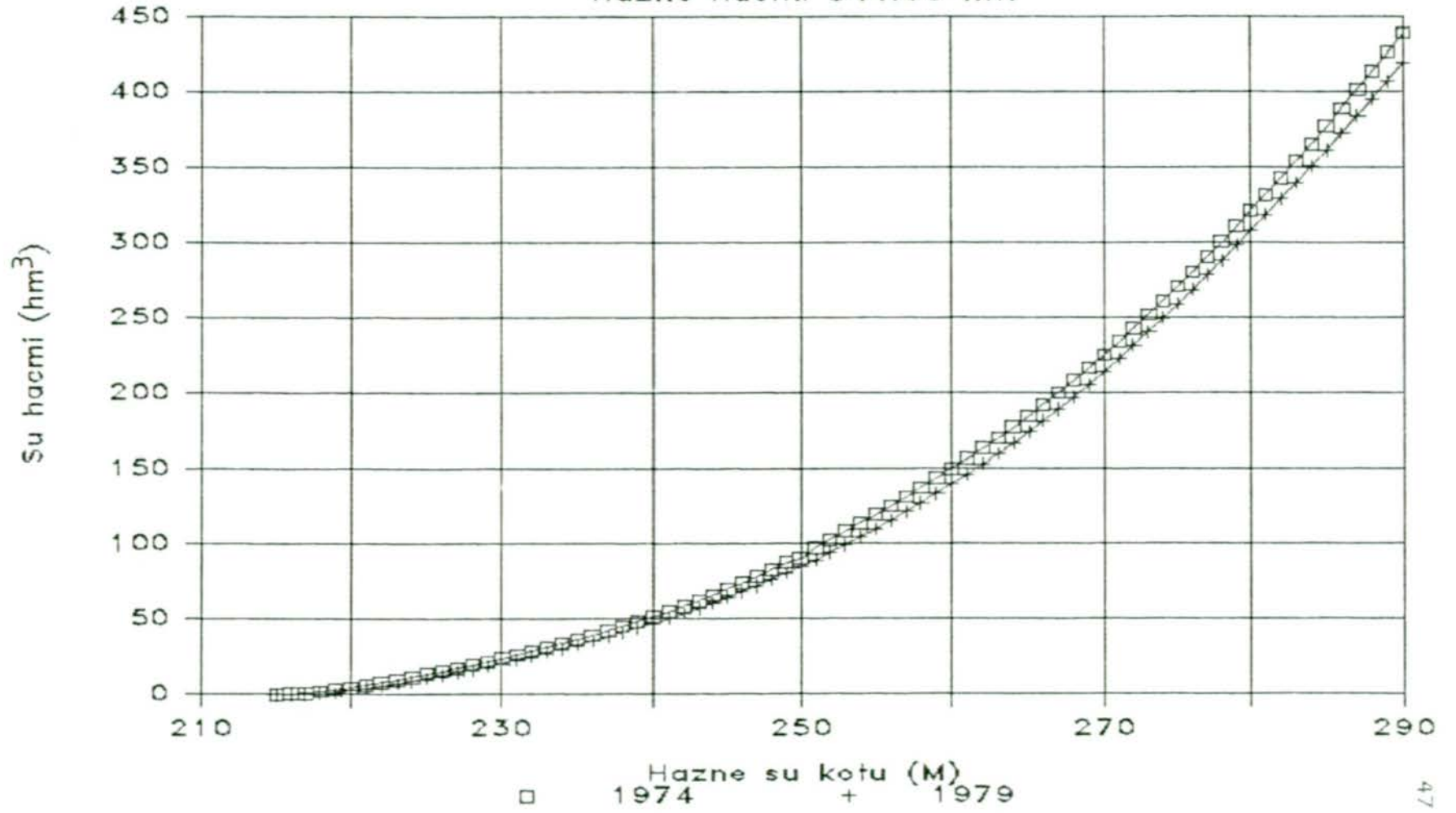
Hazne Hacmi 1200.00 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.3 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# KEMER BARAJI (AYDIN)

Hazne Hacmi 544.00 hm<sup>3</sup>

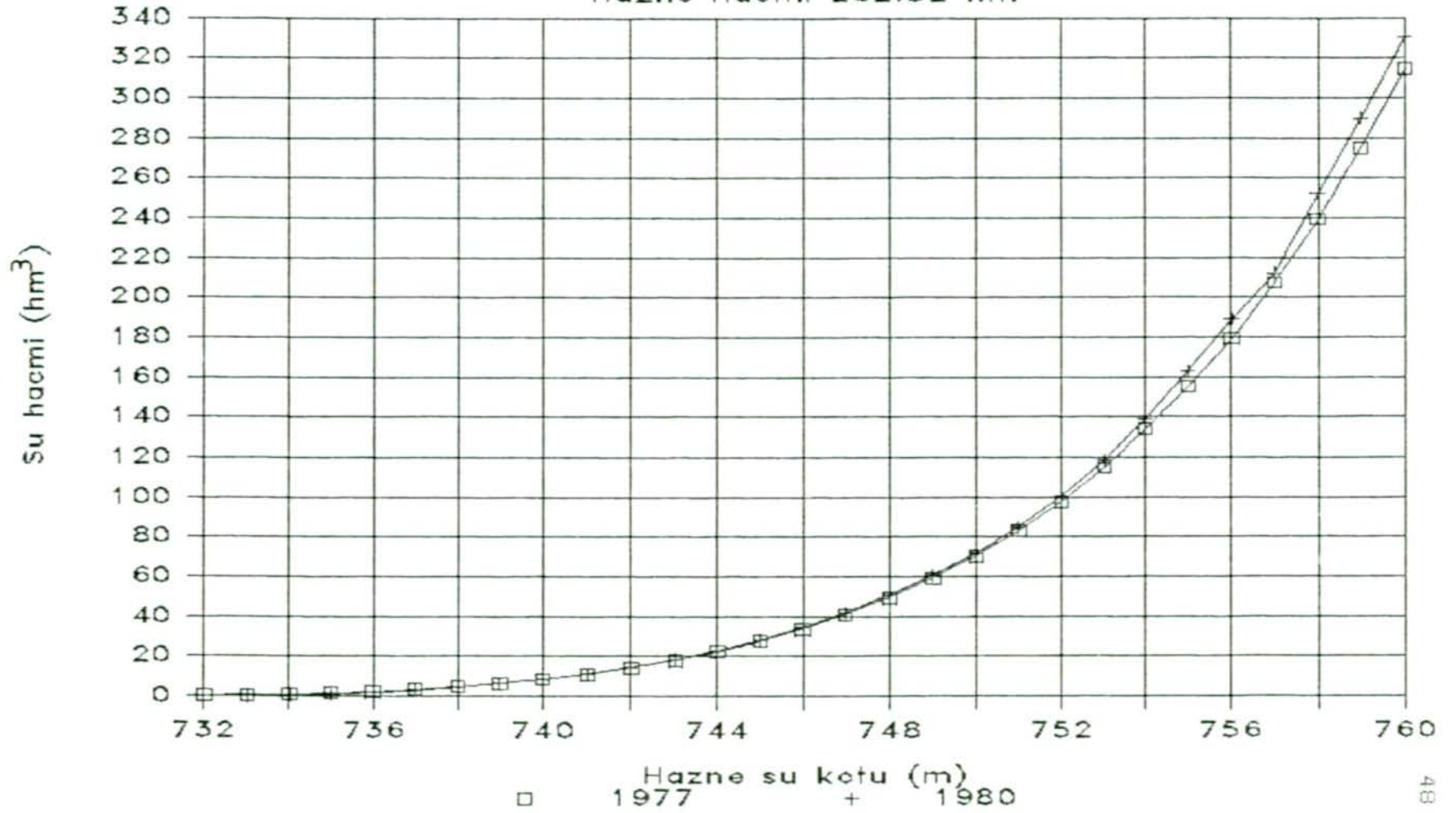


Şekil 4.4 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.



# DEVEGEÇİTİ BARAJI (DIYARBAKIR)

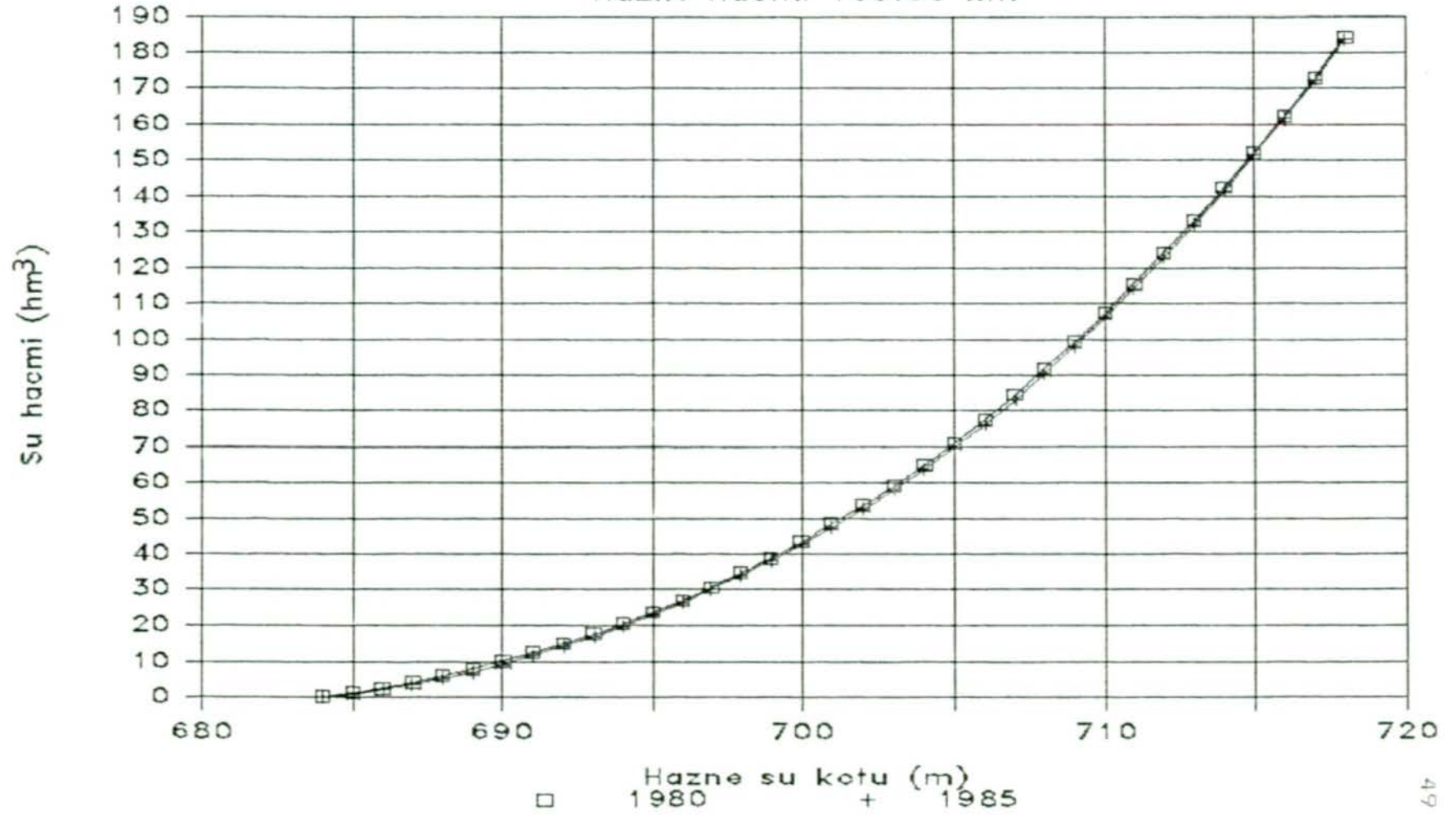
Hazne Hacmi 202.32 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.5 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# KARTALKAYA BARAJI (K.MARAŞ)

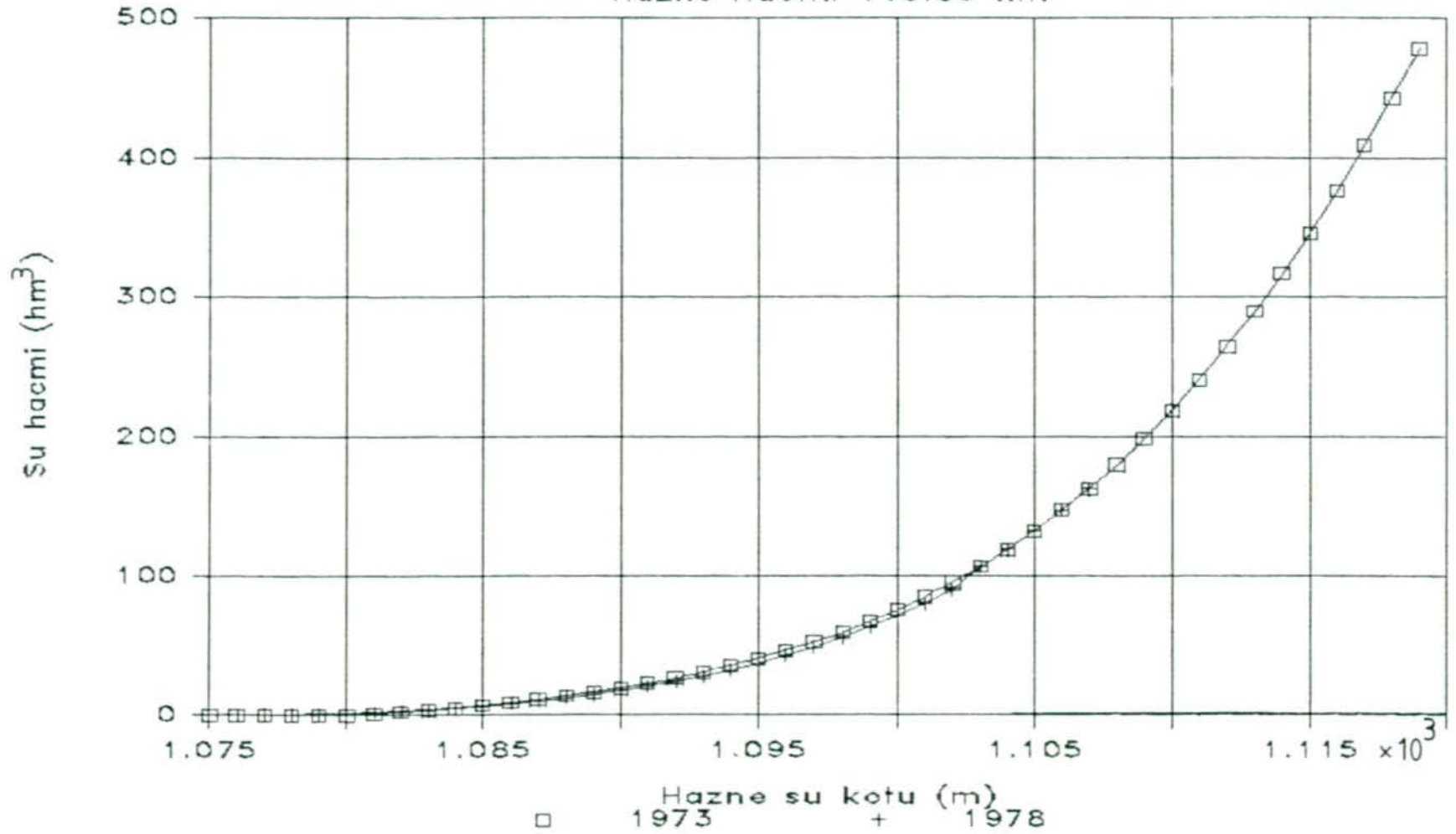
Hazne Hacmi 195.00 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.6 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# MAMASIN BARAJI (NİĞDE)

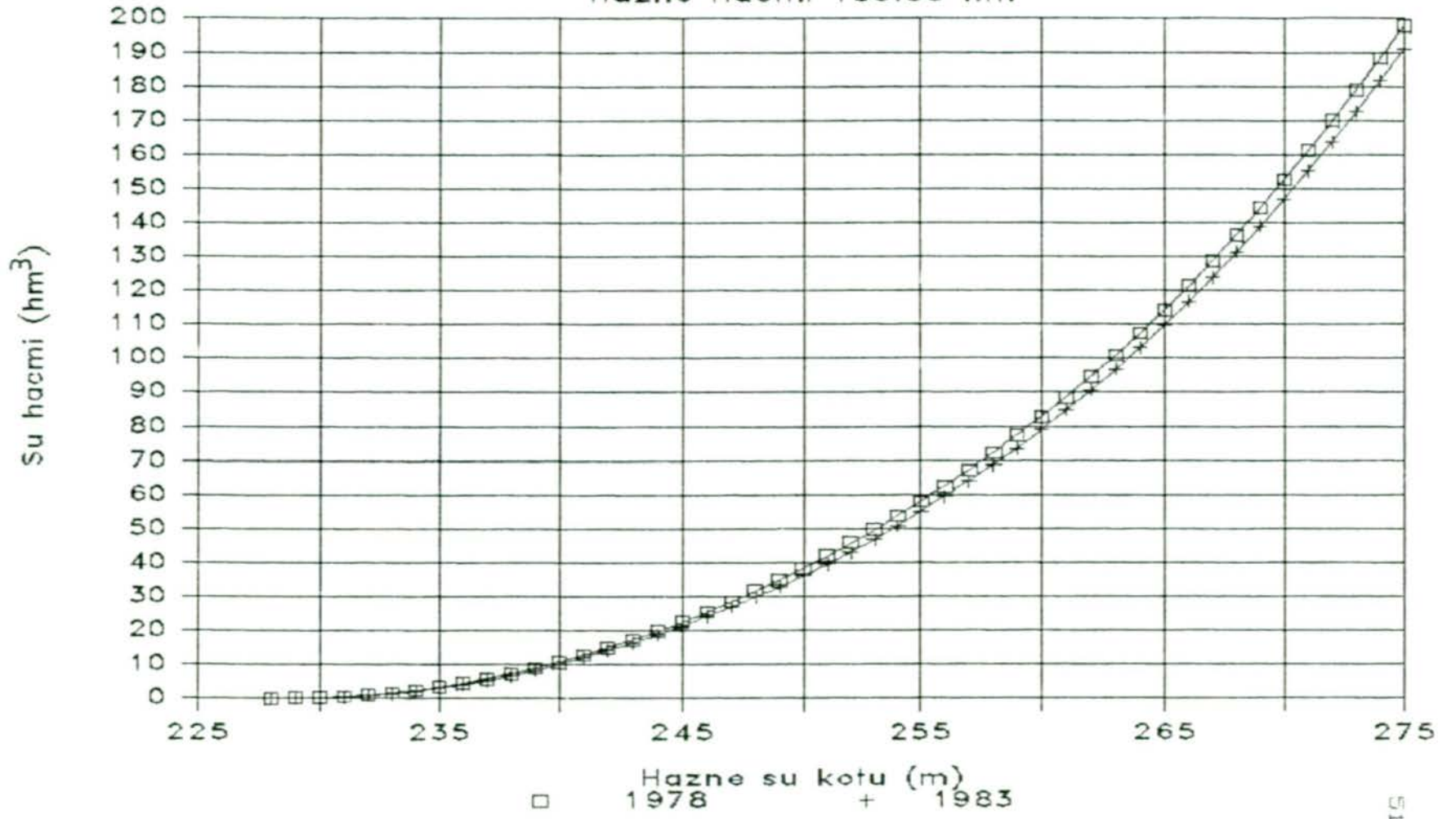
Hazne Hacmi 165.80 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.7 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# ÇAYGÖREN BARAJI (BALIKASIR)

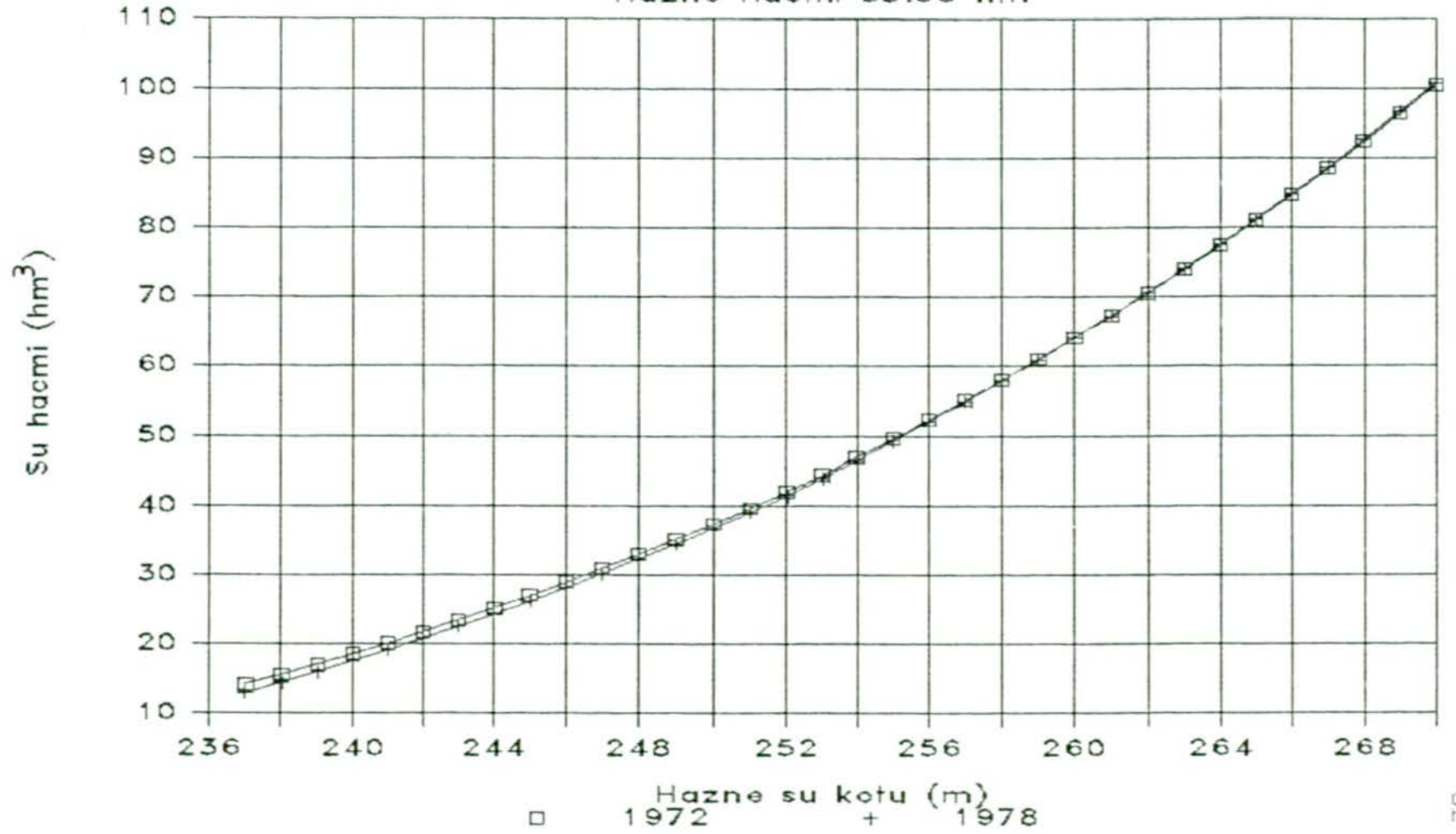
Hazne Hacmi 130.00 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.8 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# HASANLAR BARAJI (BOLU)

Hazne Hacmi 55.00 hm<sup>3</sup>

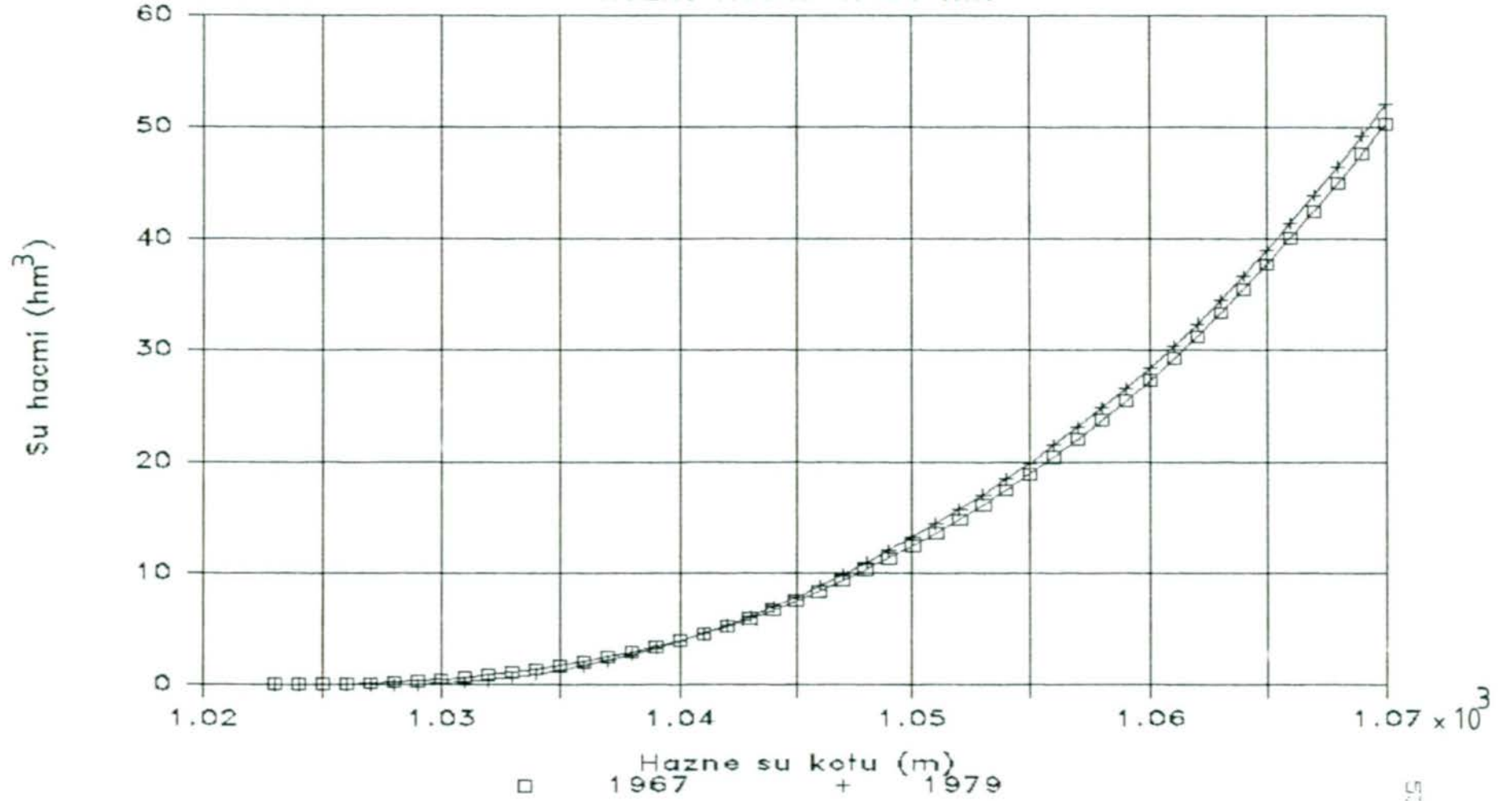


Şekil 4.9 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.



# KORKUTELI BARAJI (ANTALYA)

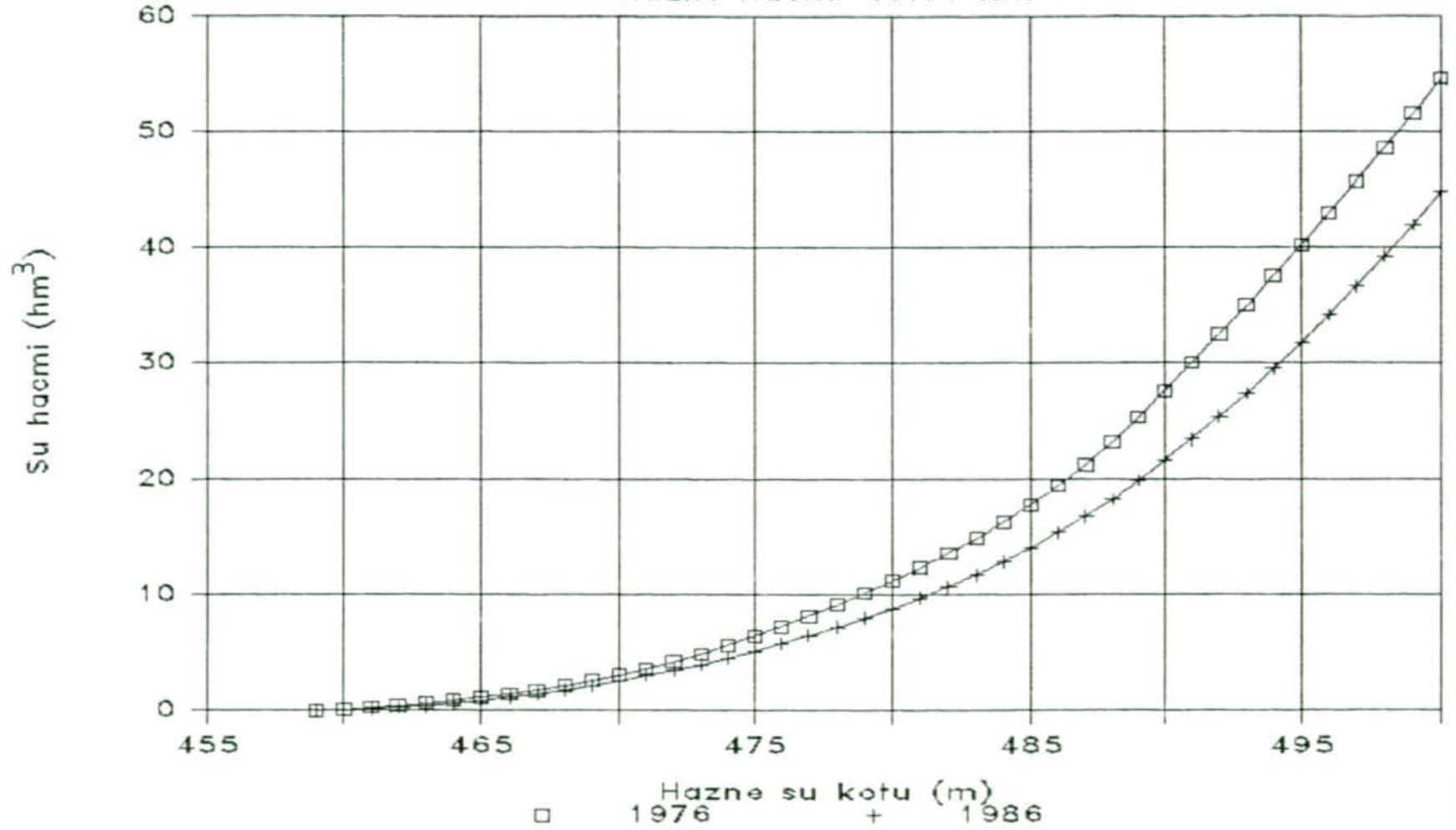
Hazne Hacmi 47.50 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.10 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# BULDAN BARAJI (DENİZLİ)

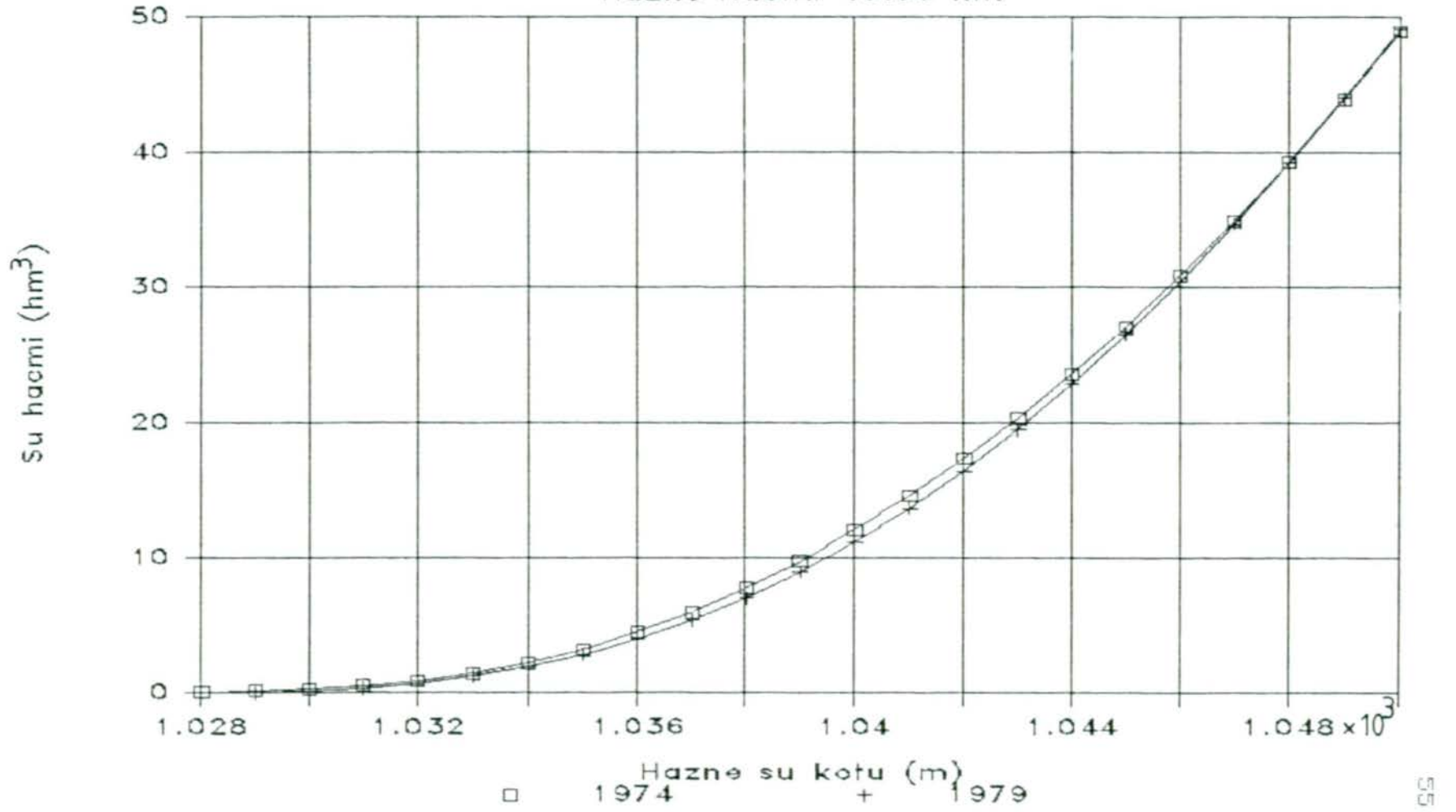
Hazne Hacmi 46.00 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.11 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# SEYITLER BARAJI (AFYON)

Hazne Hacmi 40.00 hm<sup>3</sup>

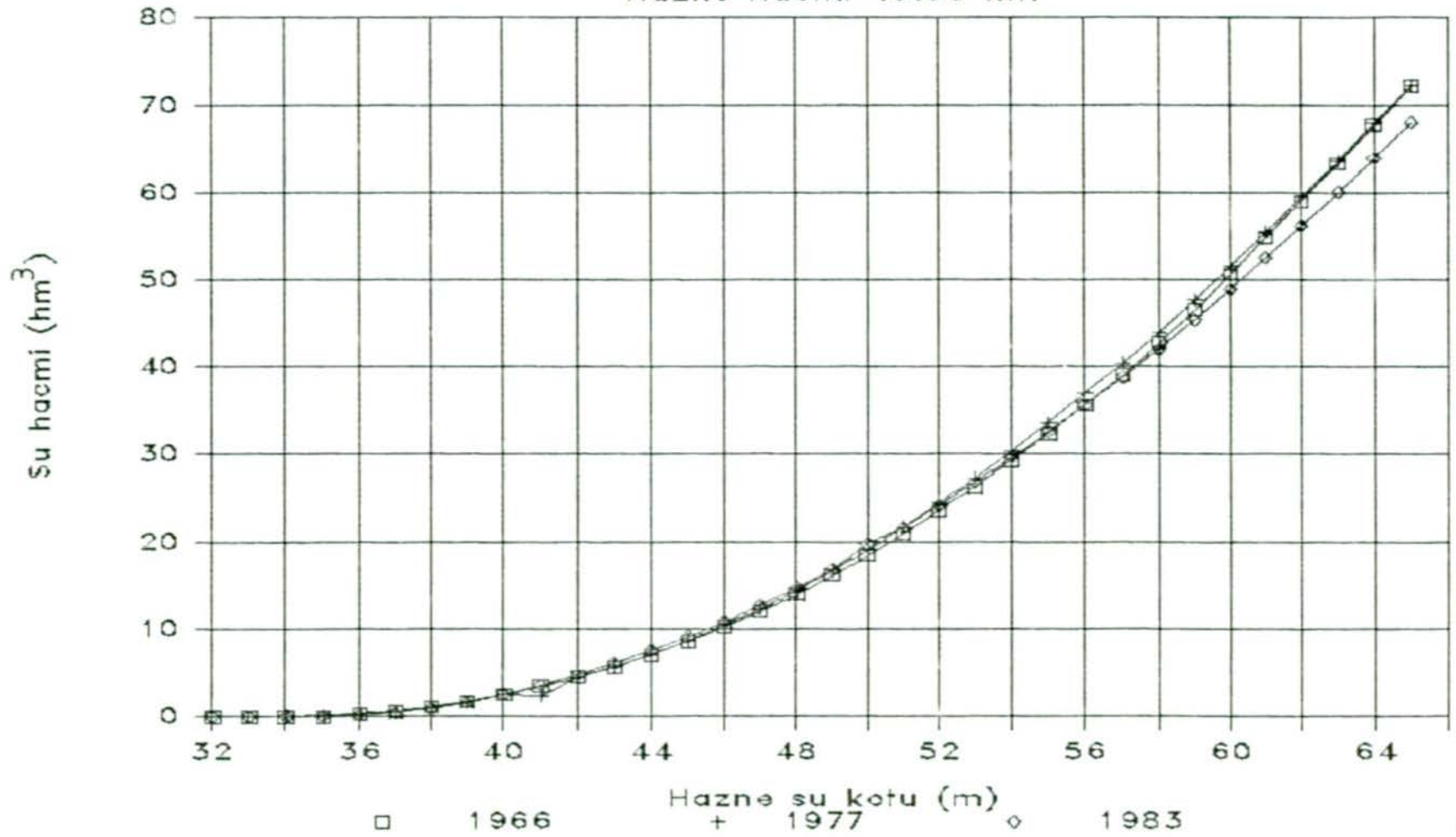


Şekil 4.12 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.



# ATIKHISAR BARAJI (ÇANAKKALE)

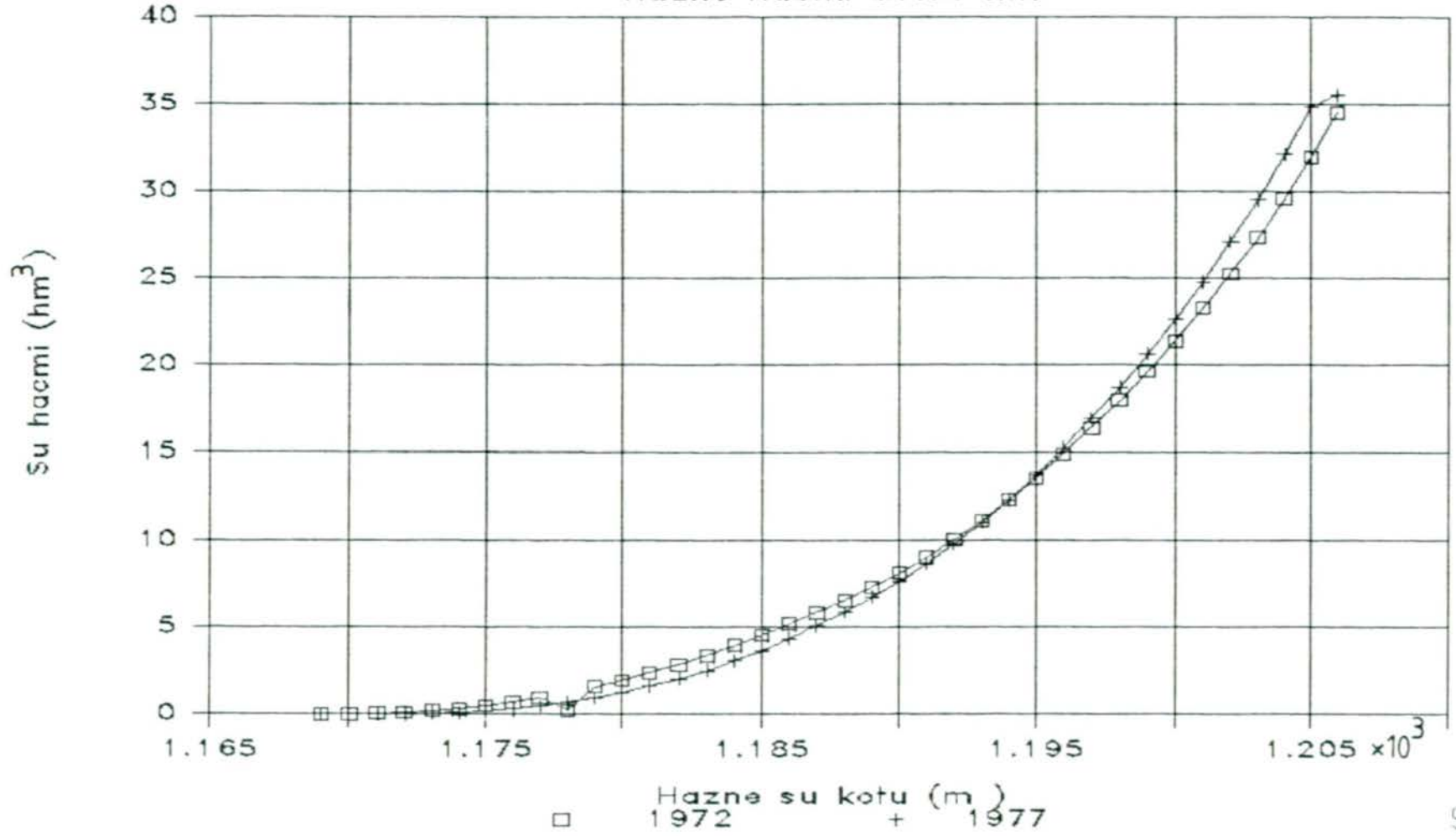
Hazne Hacmi 40.00 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.13 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# SARIMSAKLI BARAJI (KAYSERİ)

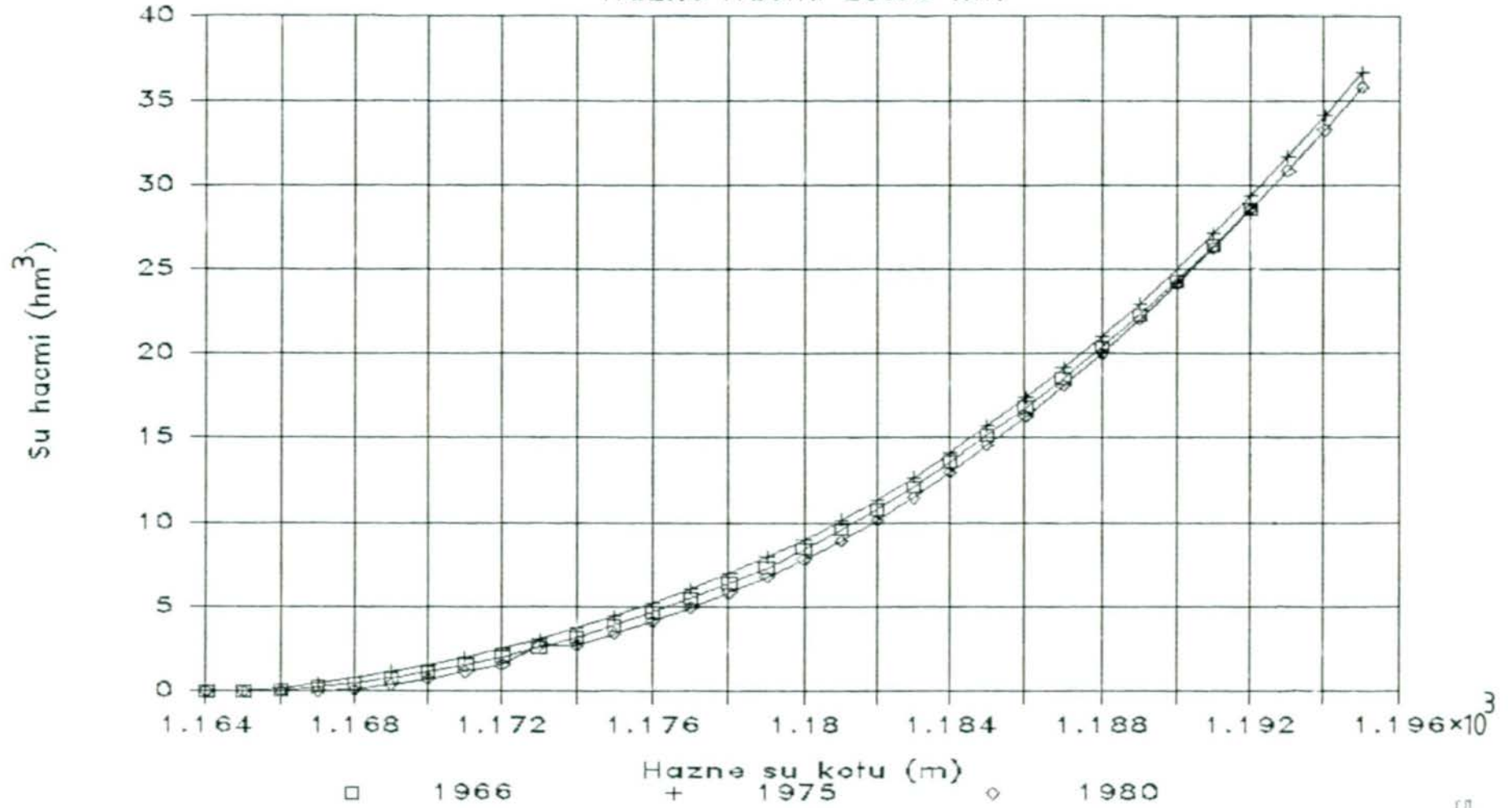
Hazne Hacmi 31.90 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.14 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# AYRANCI BARAJI (KONYA)

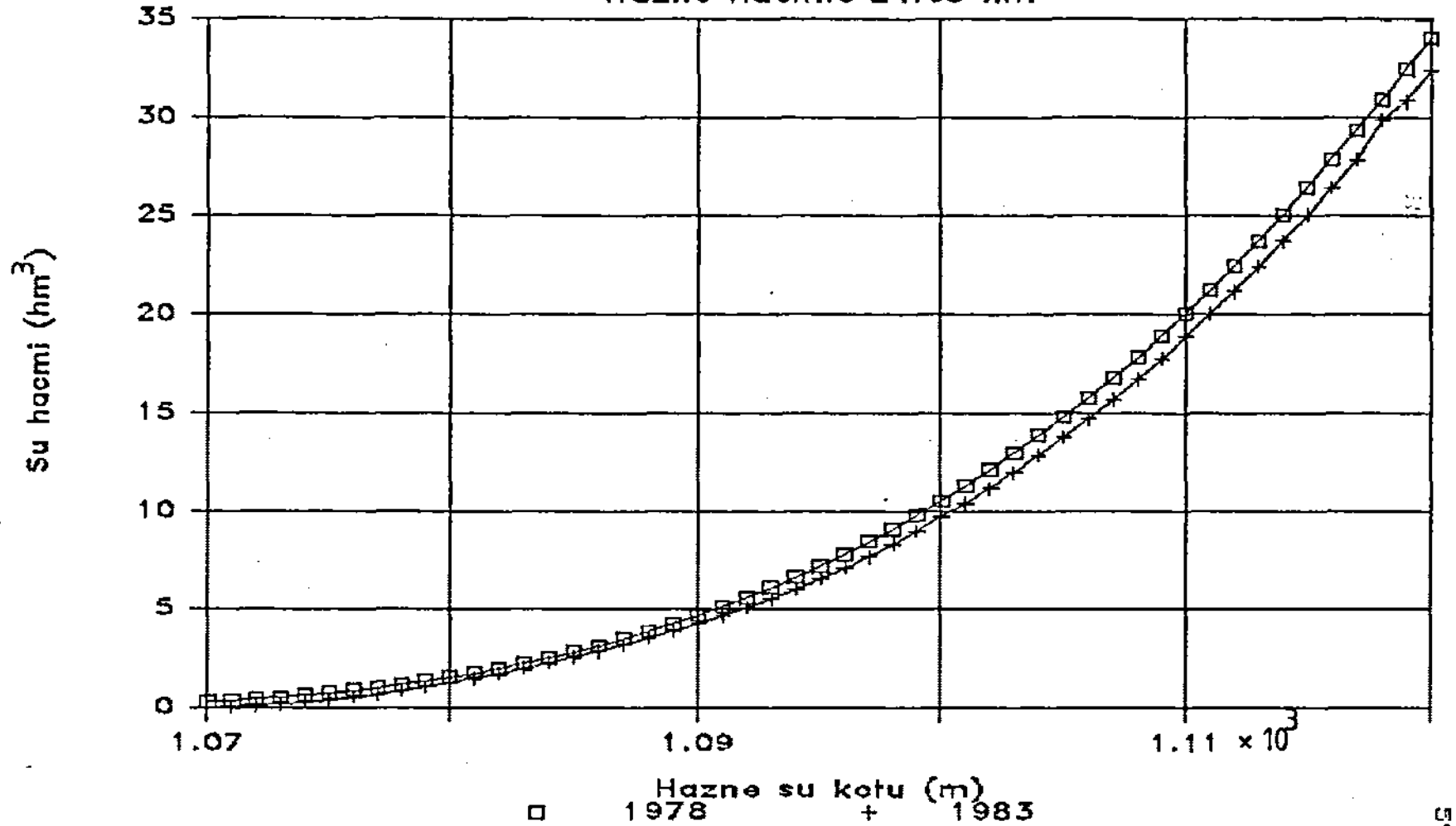
Hazne Hacmi 28.50 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.15 Hazne Yükseklik hacim eğrisi.

# ÇUBUK2 BARAJI (ANKARA)

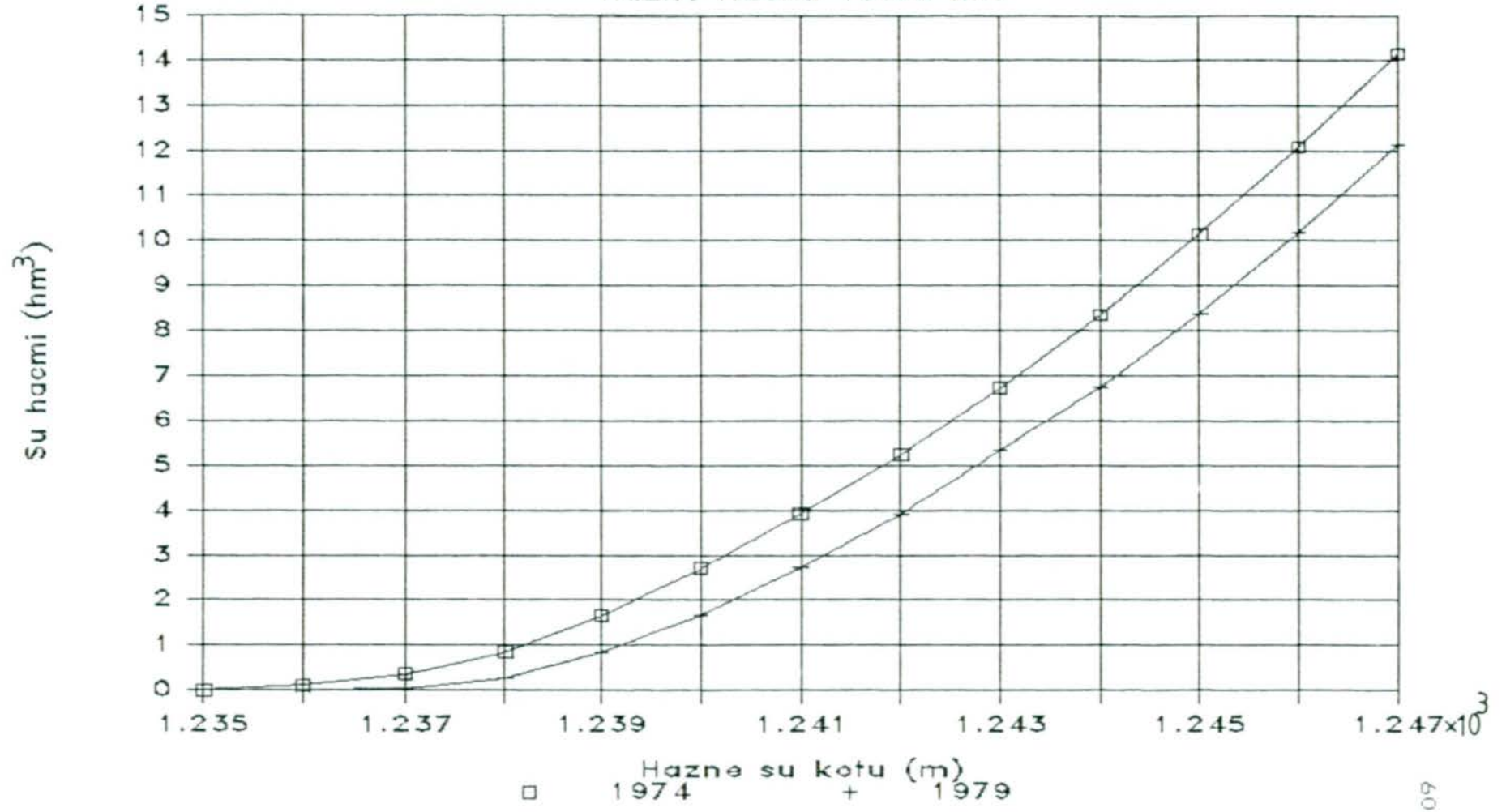
Hazne Hacmi 24.60 hm<sup>3</sup>



Şekil 4.16 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# ALTINAPA BARAJI (KONYA)

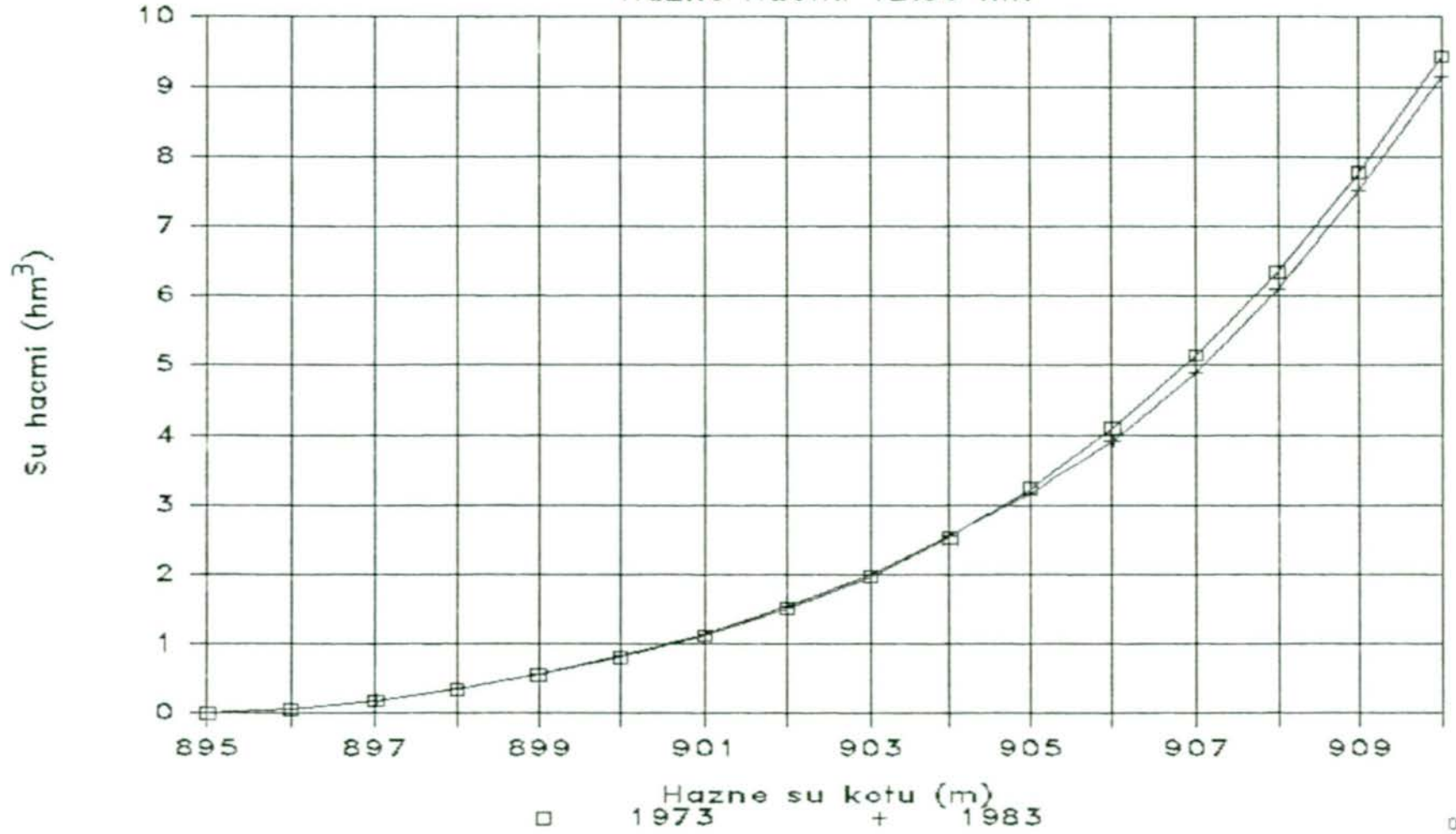
Hazne Hacmi 15.00 hm<sup>3</sup>



4.17 Hazne Mükemmellik Hacmi Eğrisi.

# ÇUBUK1 BARAJI (ANKARA)

Hazne Hacmi 12.50 hm<sup>3</sup>

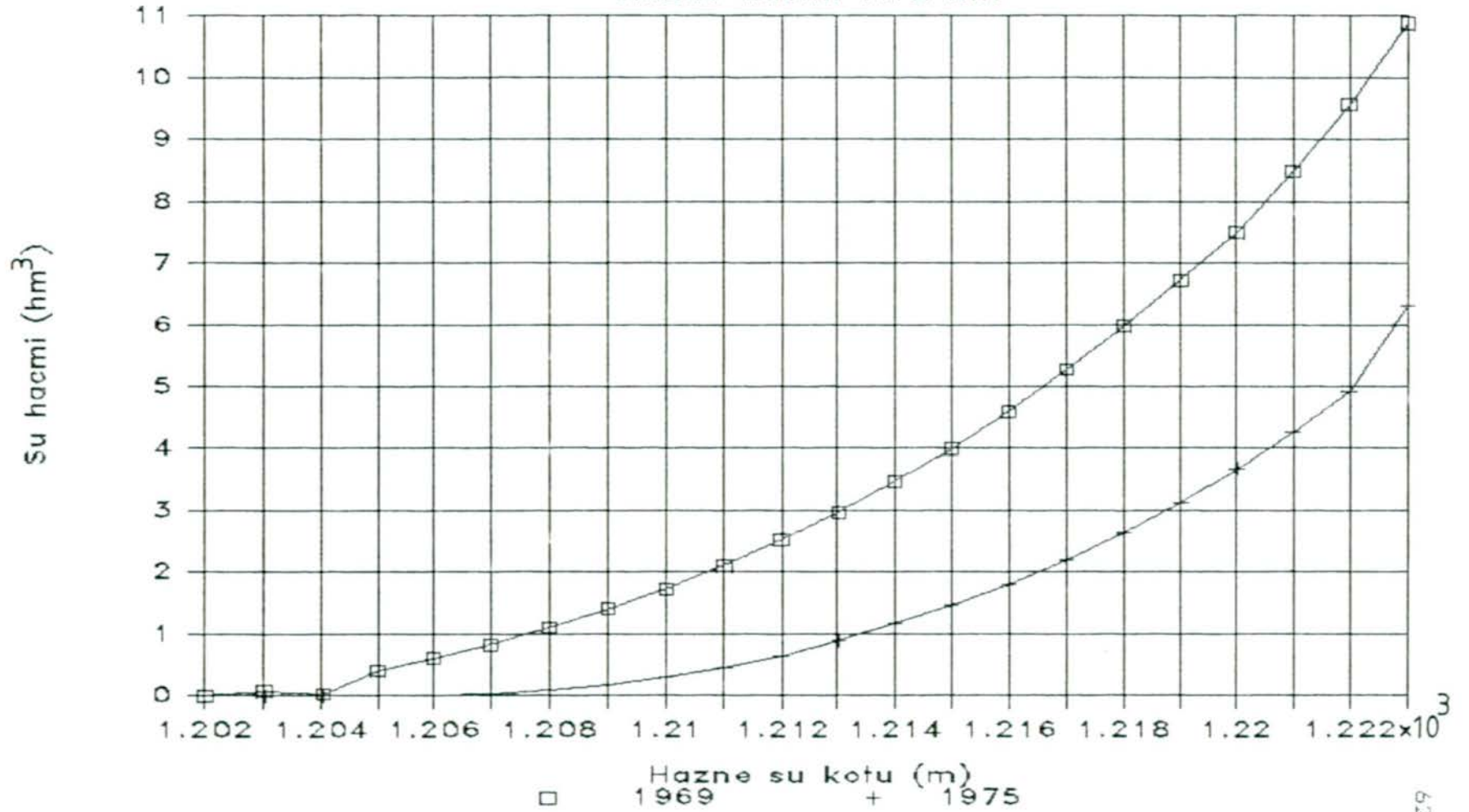


Şekil 4.18 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.



# DAMSA BARAJI (NEVŞEHİR)

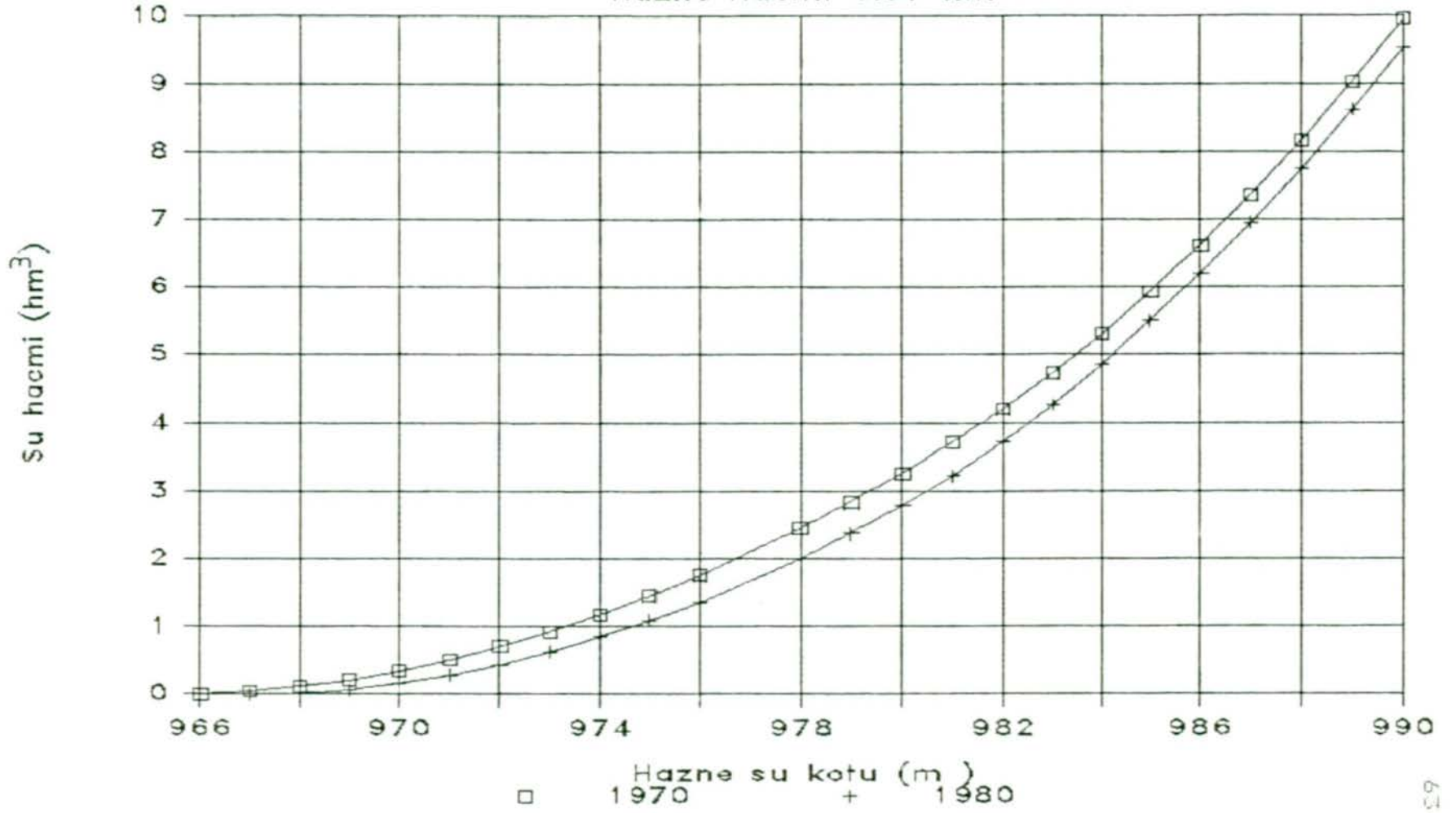
Hazne Hacmi  $7.12 \text{ hm}^3$



Şekil 4.19 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# BAYINDIR BARAJI (ANKARA)

Hazne Hacmi  $6.97 \text{ hm}^3$

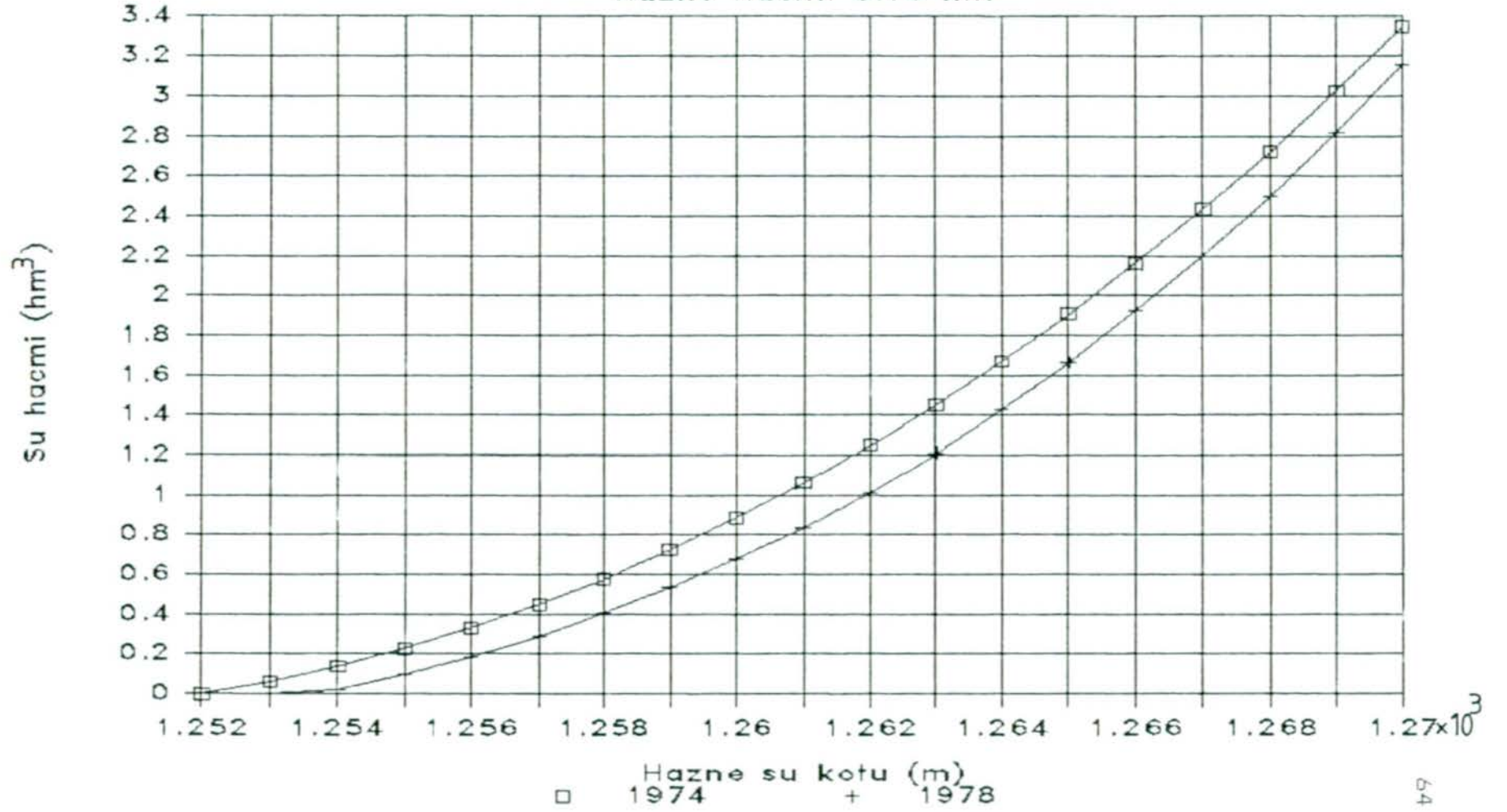


Şekil 4.20 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.



# SILLE BARAJI (KONYA)

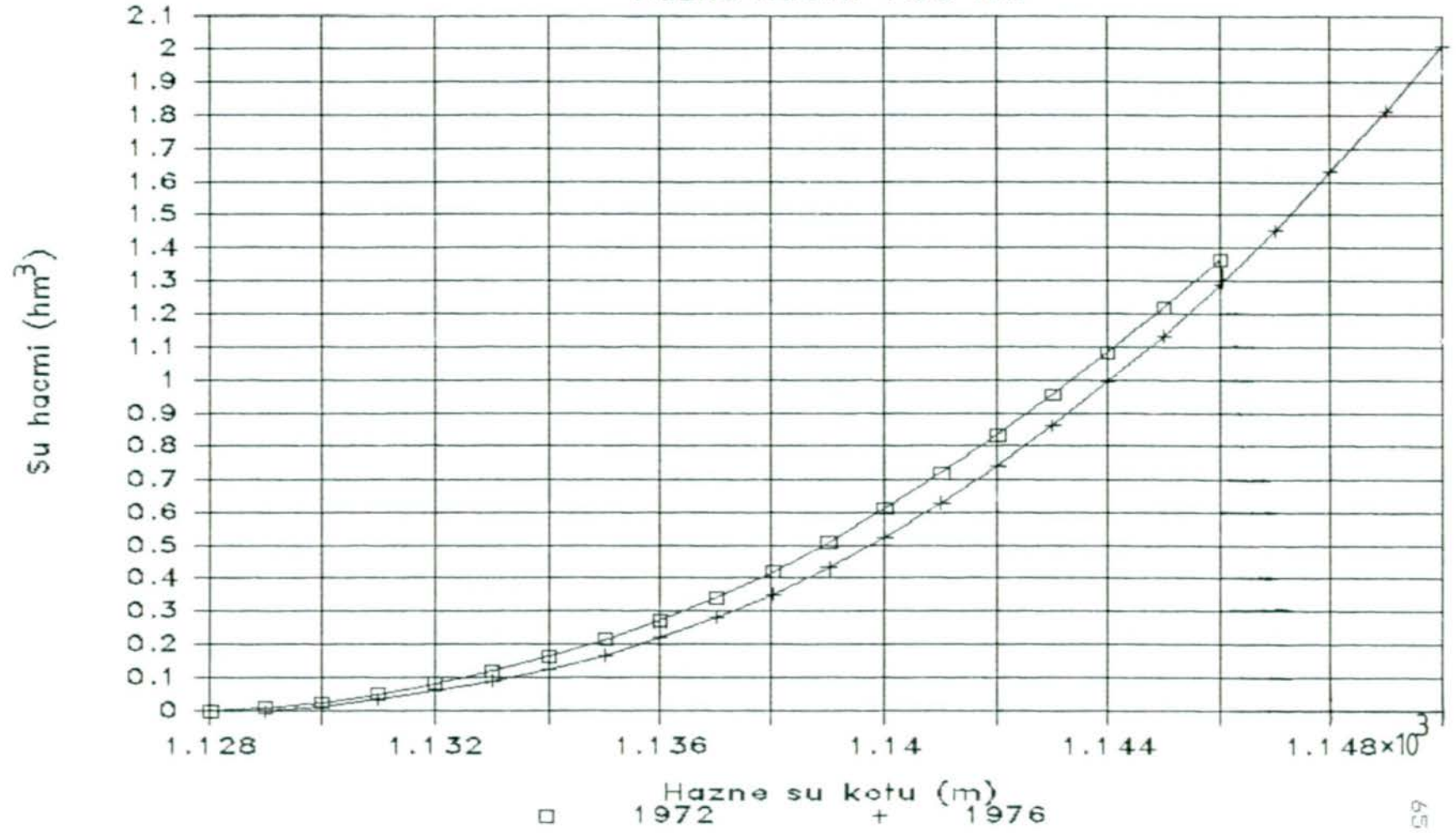
Hazne Hacmi  $3.10 \text{ hm}^3$



Şekil 4.21 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# TATLARIN BARAJI (NEVŞEHİR)

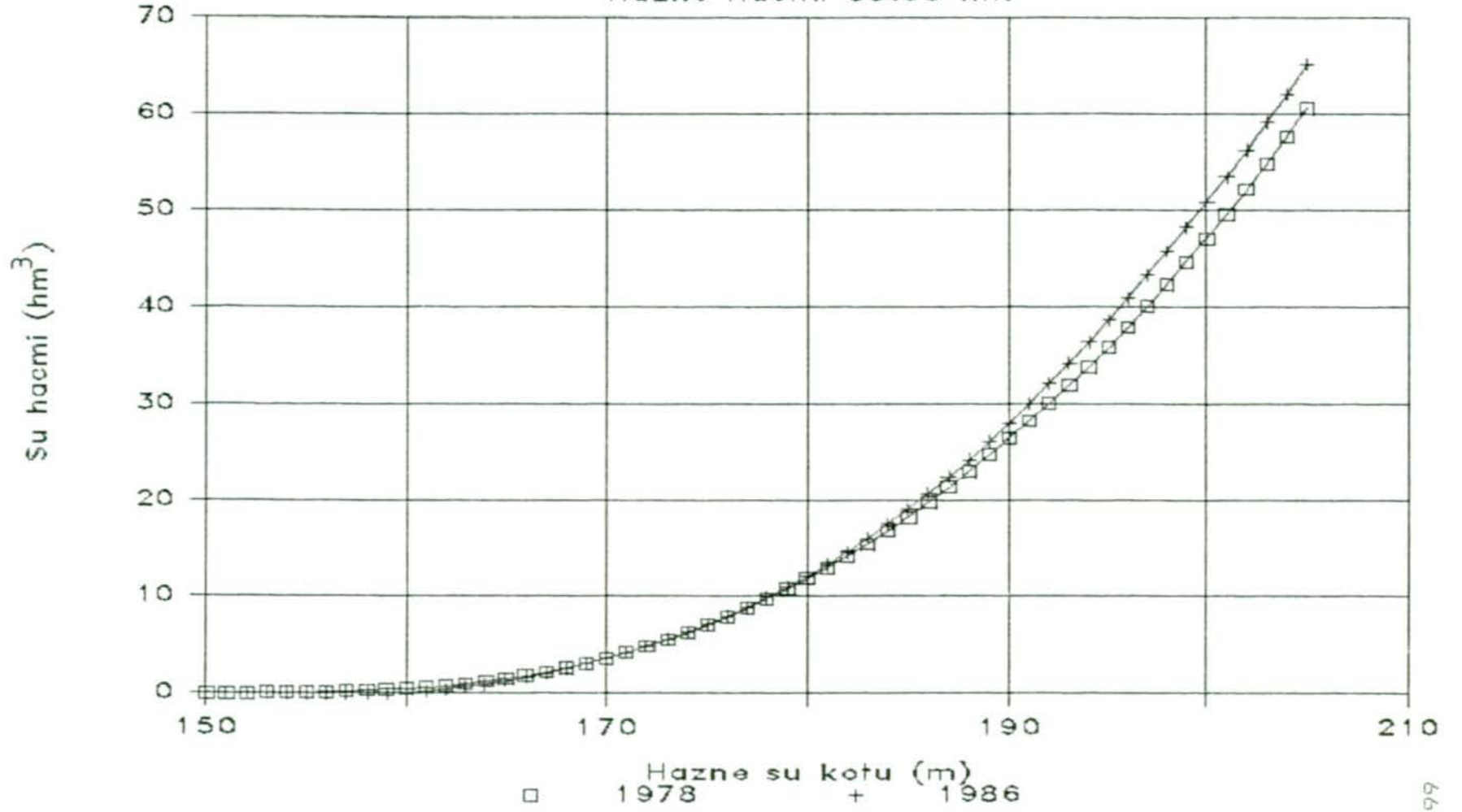
Hazne Hacmi 1.75 hm<sup>3</sup>



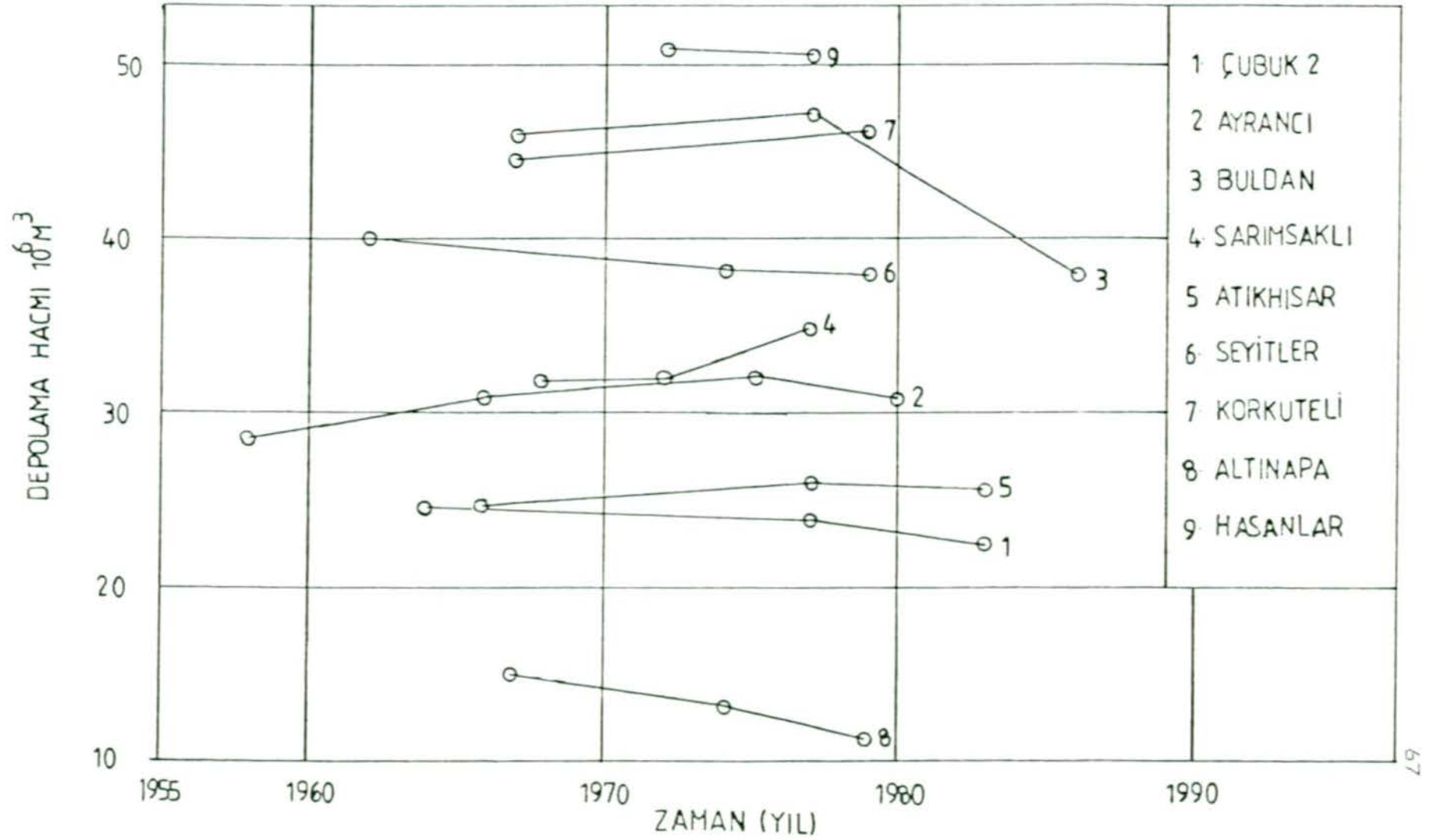
Şekil 2.22 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.

# MEHMETLI BARAJI (ADANA)

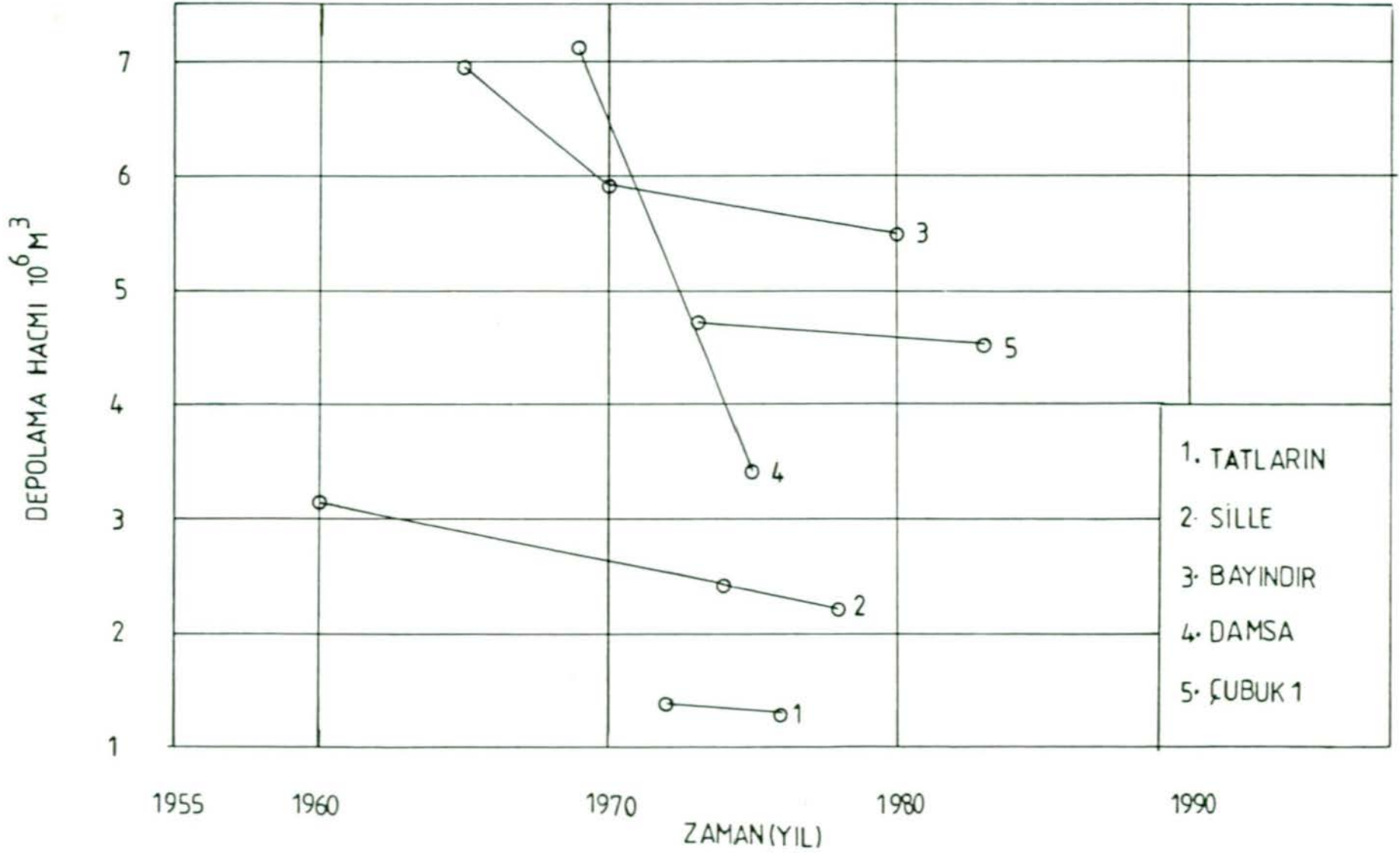
Hazne Hacmi 53.00 hm<sup>3</sup>



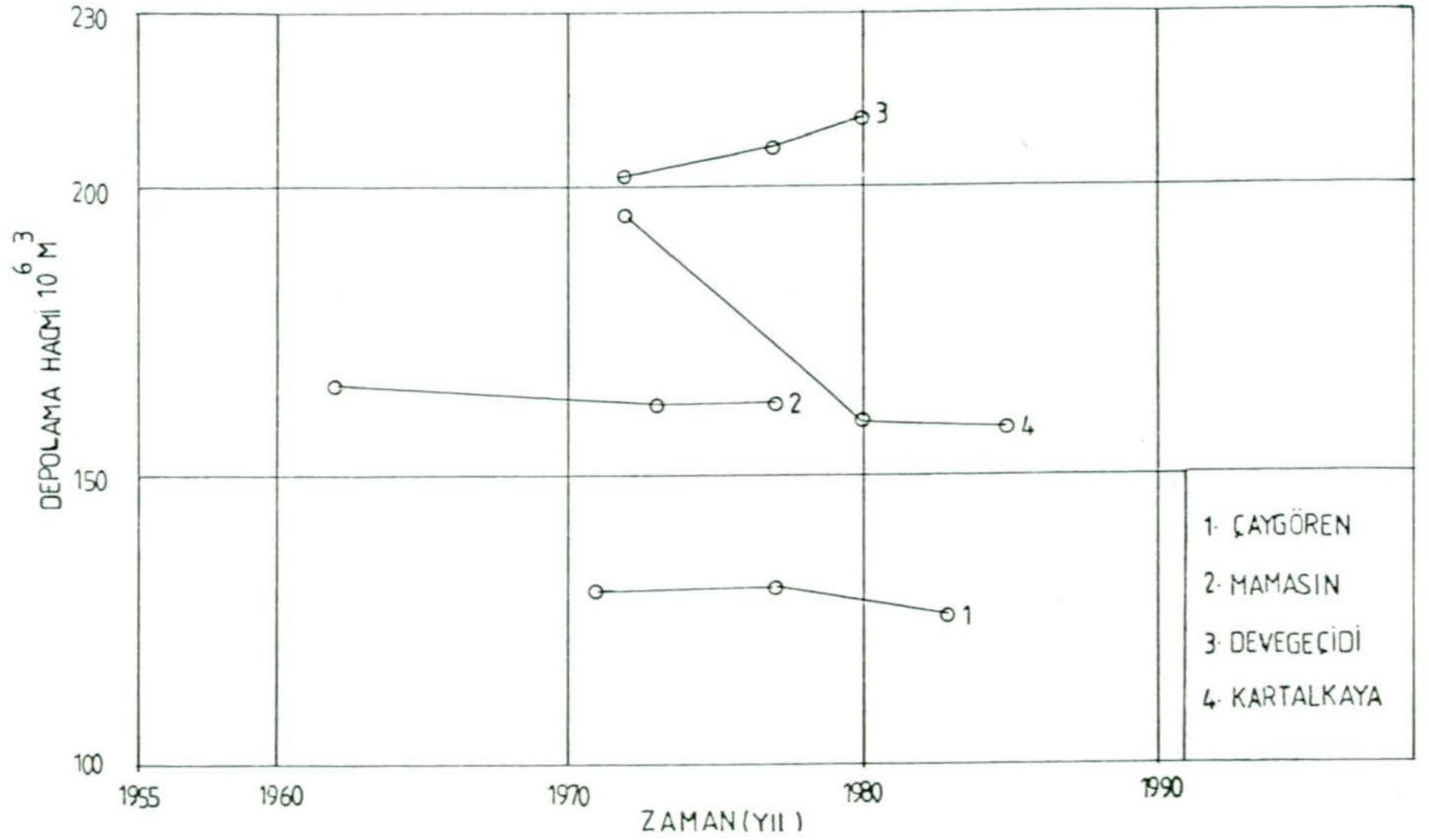
Şekil 2.23 Hazne Yükseklik Hacim Eğrisi.



şekil 4.24 Bası Barajlar İçin Kazas Kapasitesinin Zamana Göre Değişimi.

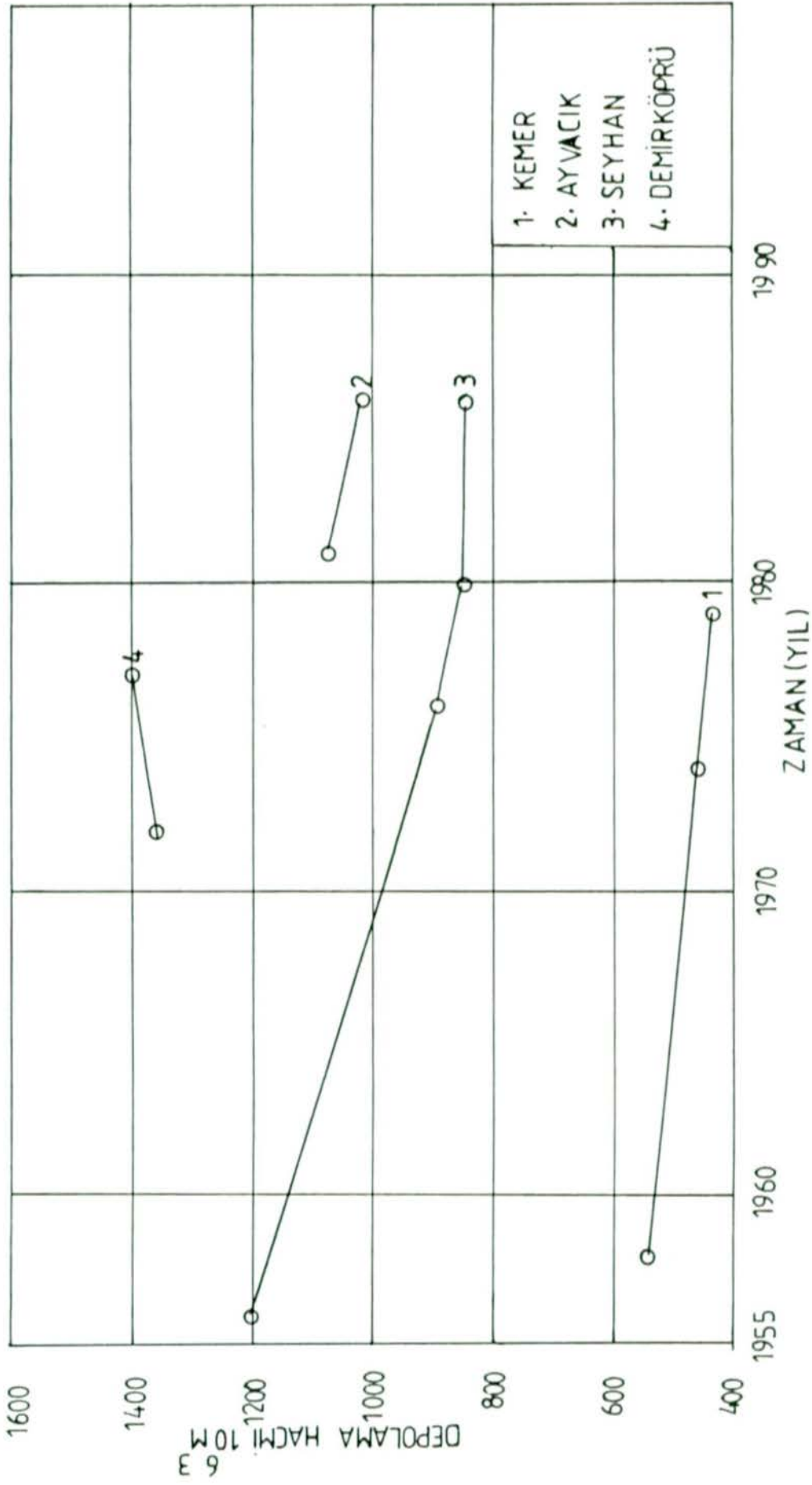


Şekil 4.25 Bazı Barajlar İçin Kazma Kapasitesinin Zamana Göre Değişimi

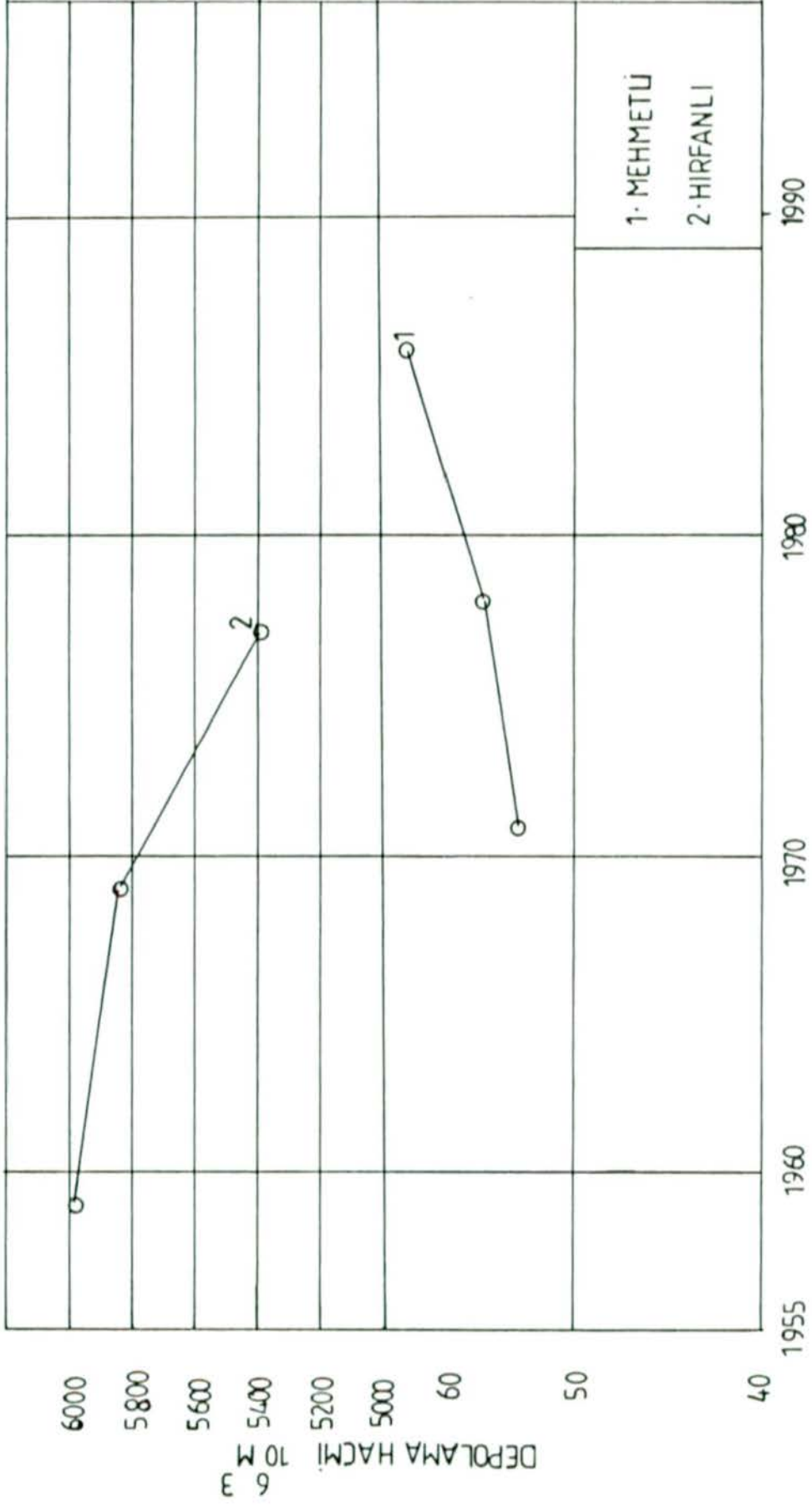


Şekil 4.26 Bazı Barajlar İçin Hazne Kapasitesinin Zamana Göre Değişimi.





Şekil 4.27 İnan Jirafı için İnan Kapasitesinin Zaman Göre Değişimi.



Şekil 4.28 Bazı Barajlar İçin Hasne Kapasitesinin Zamana Göre Değişimi.



### 3. Cökelti birikiminin olmadığı barajlar :

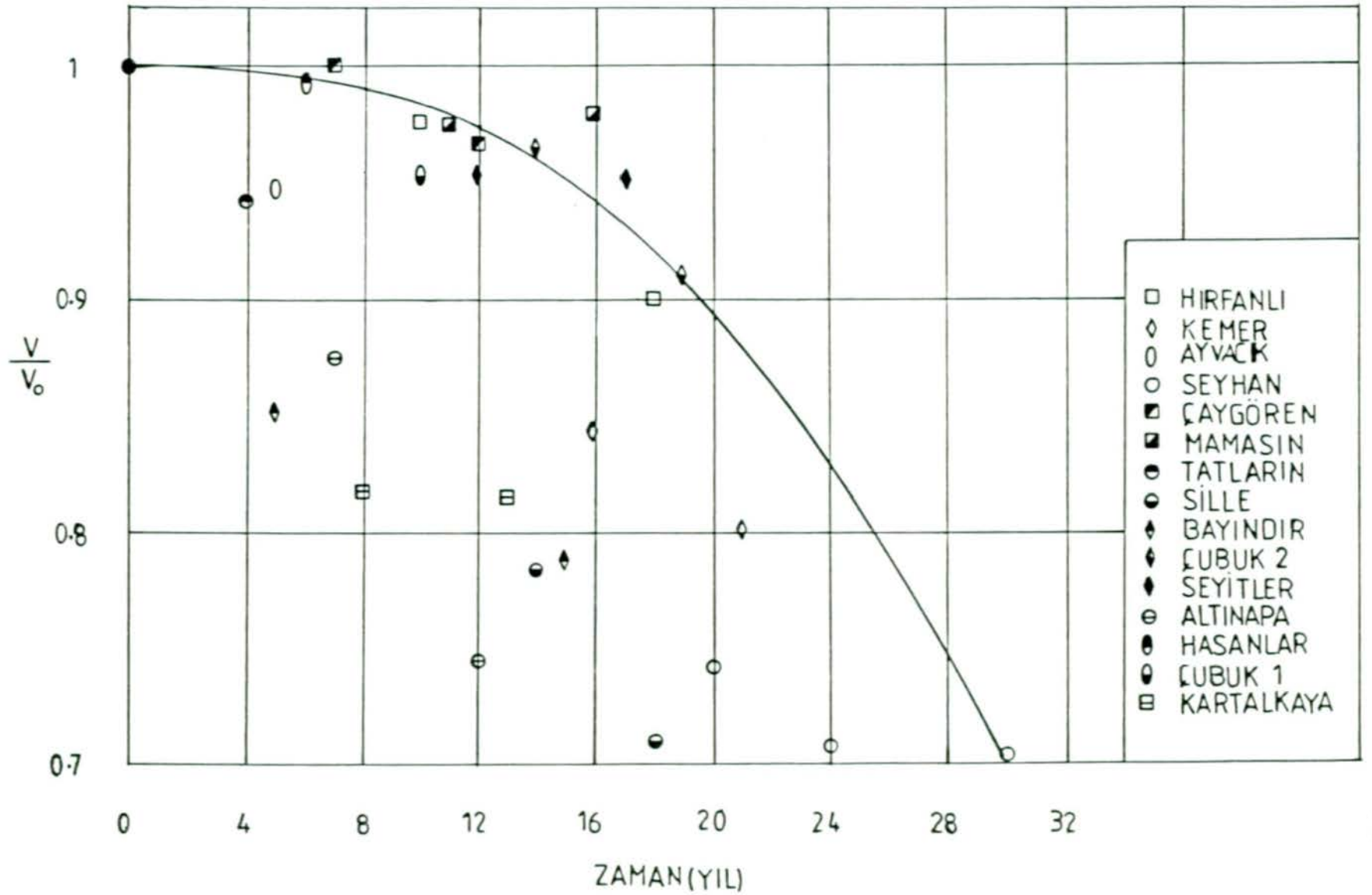
Yapılan ölçüm sonuçlarına göre bazı barajların hiç cökelti tutmadığı hatta tersine olarak hazneden cökelti erozyonu dolayısıyla kapasitelerinde büyüme olduğu gözlenmektedir. Örneğin Devegeçiti, Korkuteli, Demirköprü, Mehmetli barajları. Olağan dışı gibi görülen bu durum ya dip savakların fazla çalıştırılmasından veya hatalı ölçümlerden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Bu gruba giren baraj ölçümlerinin değerlendirilmesi bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır.

### 4.2. Hazne Hacminin Zamana Göre Değişimi

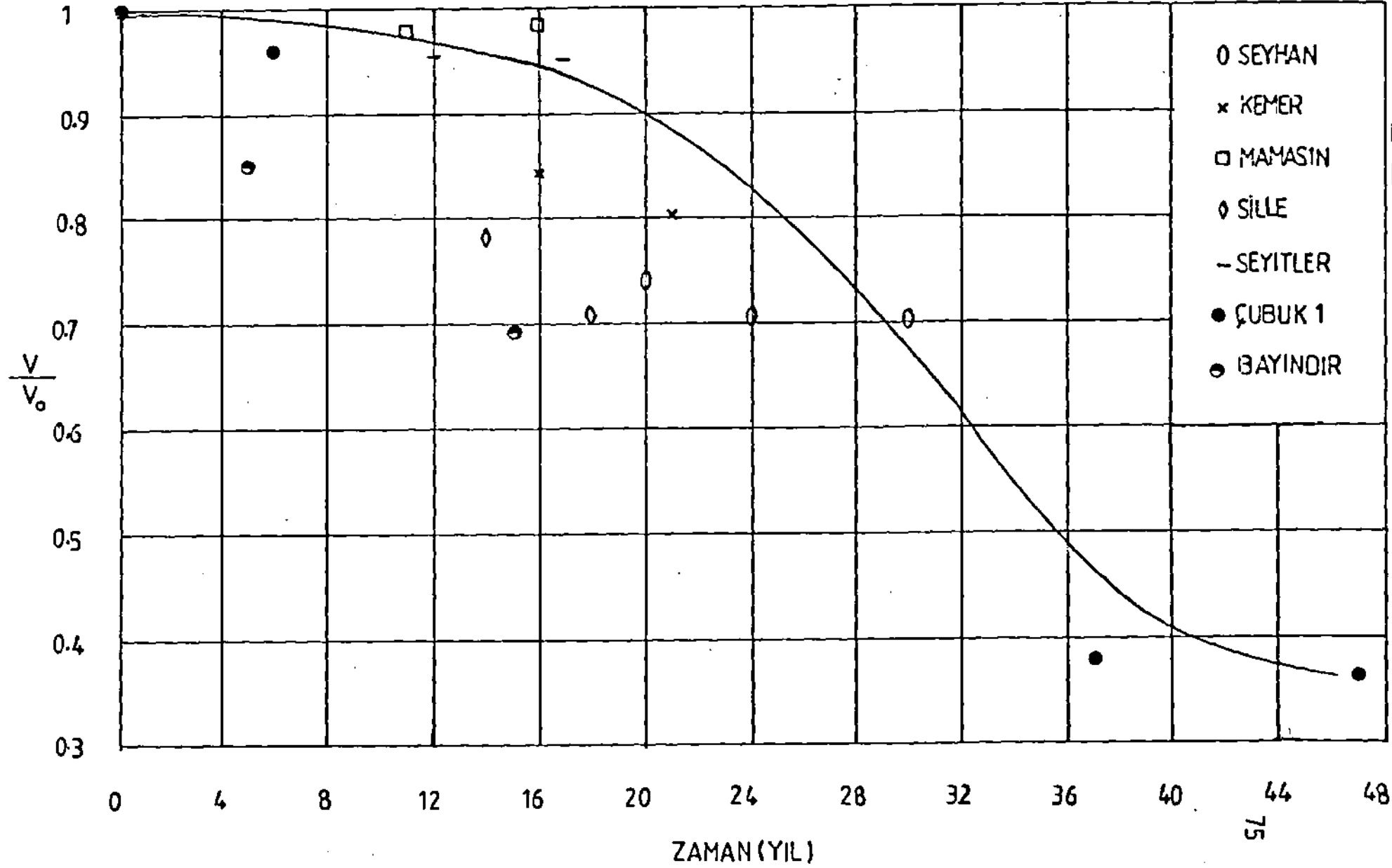
Bir önceki kısımda cökeltme durumuna göre ölçüm yapılmış olan haznelerin üç gruba ayrılabilceği belirtilmiştir. Burada ilk iki gruba giren haznelerin normal su kotundaki kapasitelerinin zamana göre değişimleri ele alınmaktadır. Haznenin başlangıçtaki hacmi  $V_0$  ve herhangi bir zamandaki hacmi  $V$  olsun. Çizelge 4.3 hazne hacimlerinin verilen zaman aralıklarında nasıl değiştiğini boyutsuz olarak ( $V/V_0$ ) göstermektedir. Şekil 4.29 Çizelge 4.3 de verilen bulguları grafiksel olarak göstermektedir. Şekilde verilen eğri data noktalarının üst sınırını temsil etmekte olup, bu eğriye göre bir baraj haznesi yaklaşık 30 yıllık bir sürede kapasitesinin %30 unu katı madde cökeltmesi nedeniyle kaybedebilmektedir. Diğer ölçüm noktaları da gözönüne alındığında bu süre 15-30 yıl arasında değişmektedir. Şekil 4.30 da cökeltmenin normal olduğu hazneler için hacim değişim eğrisi verilmiştir. Bu şekilde data noktalarının üst sınırı temsil eden eğri yeni inşa edilecek barajların planlamasında baraj ekonomik ömrünün hesabında bir ön bilgi olarak kullanılabilir.

**Çizelge 4.3 Bazı Baraj Haznelerinin Başlangıç Su Kapasitelerinin zamana Göre Değişim Oranları.**

1	Hirfanlı Barajı		2	Seyhan Barajı	
	Zaman Aralığı (Yıl)	V/V <sub>0</sub>		Zaman Aralığı (Yıl)	V/V <sub>0</sub>
	10	0.9766		20	0.7417
	18	0.900		24	0.7079
				30	0.7042
3	Hasan Uğurlu Barajı		4	Kemer Barajı	
	5	0.9484		16	0.8438
				21	0.8033
5	Kartalkaya Barajı		6	Mamasın Barajı	
	8	0.817		11	0.9770
	13	0.8135		16	0.9812
7	Çaygören Barajı		8	Hasanlar Barajı	
	7	1.00		6	0.9938
	12	0.9671			
9	Seyitler Barajı		10	Çubuk 2 Barajı	
	12	0.9538		14	0.96585
	17	0.9511		19	0.9122
11	Altınapa Barajı		12	Çubuk 1 Barajı	
	7	0.8749		10	0.9537
	12	0.744		37	0.37872
				47	0.3612
13	Damsa Barajı		14	Bayındır Barajı	
	6	0.478		5	0.85036
				15	0.7898
15	Sille Barajı		16	Tatların Barajı	
	14	0.7839		4	0.94286
	16	0.7097			



Şekil 4.29 Bazı Barajlar İçin Hazne Kapasite Oranının Zamana göre Değişimi



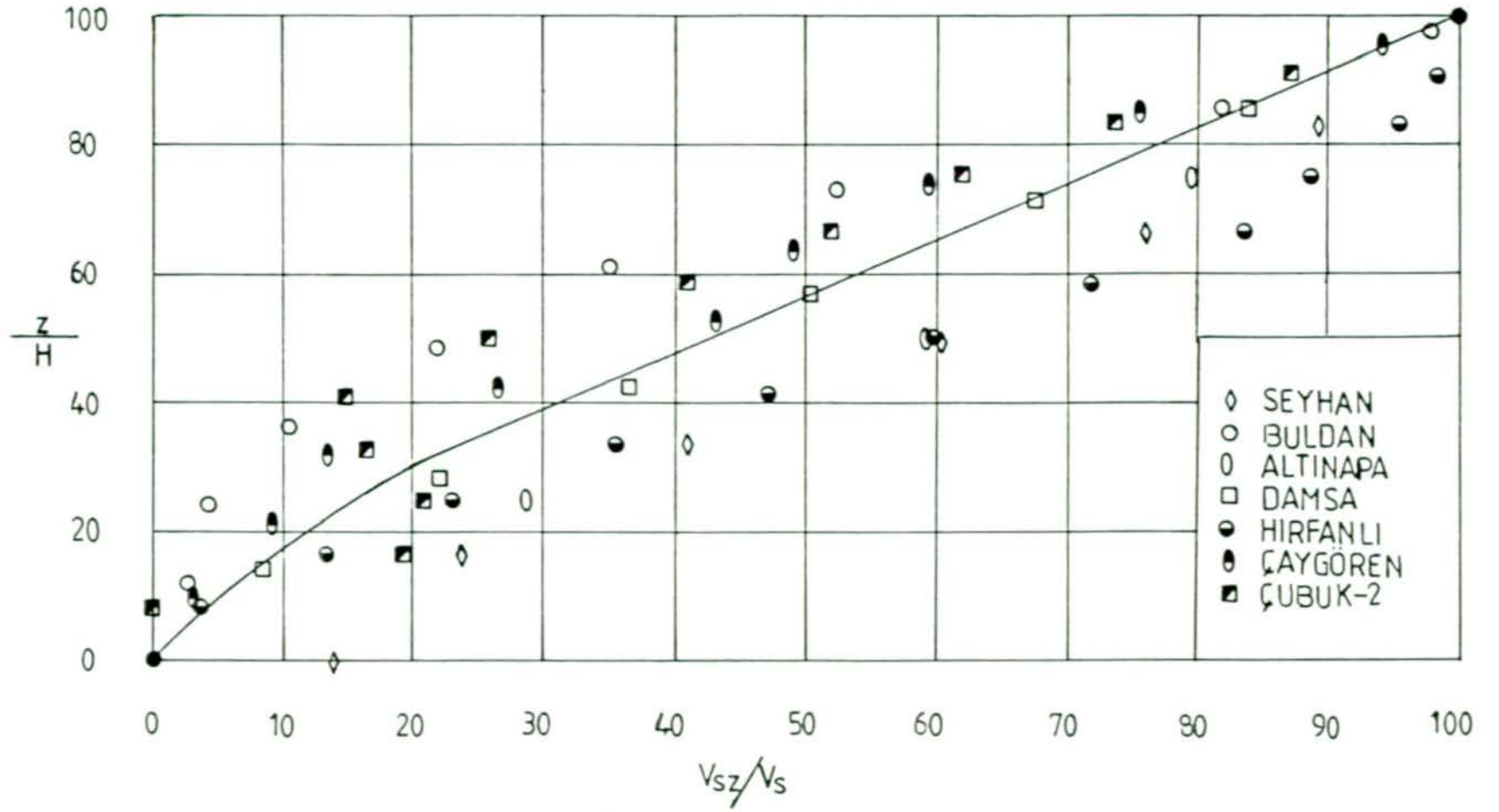
Şekil 4.30 Bazı Barajlar İçin Hasne Kapasitelerinin Zamana göre değişimi.

### 4.3. Haznede Biriken Cökelti Hacminin Yükseklikle Değişimi

Sekil 4.31 de, aşırı ve normal ölçülerde sedimantasyona maruz hazneler için, cökelti birikiminin yüksekliğe bağlı olarak değişimi görülmektedir. Şekilde yükseklikler hazne normal su yüksekliği, H, ve cökelti hacmide toplam cökelti hacmi  $V_s$  ile boyutsuzlaştırılmıştır. Burada toplam cökelti hacmi normal su kotu altında kalan hacim olup D.S.I. tarafından yapılan son ve ilk ölçümler arasındaki farka tekabül etmektedir. Aynı şekilde herhangi bir seviye altındaki  $V_{sz}$  cökelti hacmi de bu periyotlara ait Sekil 4.1---- 4.23 deki grafiklerden alınmıştır. Sekil 4.31 den görüleceği gibi cökelti birikimi yüksekliğin yaklaşık %30 undan sonra yükseklikle doğrusal olarak değişmekte, bu yüksekliğin altındaki cökelti birikimi ortalama olarak toplam cökeltinin %20 sine karşı gelmektedir. Sekil 4.32 de Seyhan baraj haznesi için cökelti hacminin yüksekliğe bağlı değişimi verilmiştir. Burada da cökelti birikiminin yükseklikle doğrusal olarak değiştiği görülmekle birlikte talveg bölgesinde daha fazla birikimin olduğu anlaşılmaktadır. Seyhan baraj haznesinde toplam cökeltinin %50 si derinliğin 1/3 ünün altında kalmaktadır.

### 4.4. Bazı Barajlar İçin Tutma Yüzdesi Hesabı

Bir baraj haznesinin cökelti tutma yüzdesi zamana bağlı olarak azalmaktadır. Bu oluşumun başlıca nedeni haznenin zamanla dolması ve kapasitenin azalmasıdır. Tutma yüzdesinin hesaplanabilmesi için hazneye giren cökelti miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bazı baraj haznelerine gelen cökeltinin hesabı için Elektrik İşleri Etüd İdaresinin Türkiye akarsularında



Şekil 4.31 Güçlüte Hızının Yükseklikle Değişimi.



yaptığı sediment ölçümlerinden yararlanılmıştır (E.I.E.I., 1987). Sediment ölçümleri ile ilgili bilgiler sınırlı olduğundan tutma yüzdesi hesabı ancak birkaç baraj haznesi için yapılabilmektedir. Sediment ölçüm istasyonları çoğu kez haznenin hemen girişinde bulunmamaktadır. Bu gibi durumlarda hazneye giren çökelti miktarının tesbitinde, su debisinin akarsu boyunca değişim oranında bir ayarlama yapmak gerekmektedir. Yıllık ortalama akarsu debileri Çizelge 4.4 de verilmiş olup bu değerler E.I.E.I. tarafından yayınlanan aylık ortalama akımlar kitabından alınmıştır (E.I.E.I., 1983).

Çizelge 4.5 de örnek olarak Hirfanlı baraj haznesine giren yıllık çökelti miktarının hesabı verilmiştir. Çizelge 4.6 da bazı barajlara ait belirli tarihler arasında ölçülen ve hesaplanan çökelti miktarları görülmektedir. Çizelgeden de görüleceği gibi D.S.I. tarafından ölçülen çökelti hacimleri baraj inşasından oldukça sonraki yıllara aittir. Dolayısıyla Çizelge 4.6 dan hesaplanacak tutma yüzdeleri barajın bitimine müteakip tutma yüzdelerinden daha düşük olacağı beklenmelidir. Çizelgede gösterilen barajlara ait başlangıç çökelti tutma yüzdelerinin hesabı için Şekil 3.3 de verilen Brune eğrisinden yararlanılmıştır. Brune eğrisinden elde edilen başlangıç tutma yüzdeleri hesaplanacak Çizelge 4.7 de verilmiştir.

Çizelge 4.8 de Hirfanlı, Seyhan, Kemer ve Kartalkaya baraj hazneleri için hesaplanan çökelti tutma yüzdeleri verilmiştir. Bu barajlarda tutma yüzdesi için baraj inşa tarihi ile ilk ölçüm yılı arasındaki zamanda (yani ilk değerler) Brune eğrisi esas alınmış daha sonraki zaman aralıkları için D.S.I. ve E.I.E.I. verilerine dayanarak çökelti tutma yüzdeleri hesaplanmıştır. Tutma yüzdesi daha önce de belirtildiği gibi, belirli zaman aralığında haznede ölçülen birikmiş çökelti hacminin



Çizelge 4.4 Baraj Civarındaki Akarsu Debileri (E.I.E.I.)

Baraj Adı	Istasyon	Akarsu Debisi	Istasyon	Akarsu Debisi
	No	Q (m <sup>3</sup> /s)	No	Q (m <sup>3</sup> /s)
HIRFANLI	1532	73.75	1501	65.967
SEYHAN	1818	152.057	1818	152.057
	1821	10.368	1818	152.057
	1809	27.962	1818	152.057
	1802	14.097	1820	14.097
KEMER	702	28.840	701	7.436
KARTALKAYA	2011	9.661	2001	84.697

Cizelge 4.5 örnek Bir İstasyon İçin Yıllık Askı Maddesi Hesabı

Baraj Adı	Yıl	Debi ölçümü için En Yakın İstasyon		Çökelti ölçümü Yapılan İstasyon		1501 Nolu İstasyon İçin				1532 İstasyon için çökelti (ton/yıl)
		No	Q (m <sup>3</sup> /s)	No	Q (m <sup>3</sup> /s)	Nümaune Tarihi	Çökelti Mik. (ton/gün)	Çökelti Mik. (ton/ay)	Çökelti Mik. (ton/yıl)	
HIRFANLI	1970	1532	73.75	1501	65.967	27. 1.1970	724.5	22459.5	1392624.9	73.75 —x13922624.9 65.967
						7. 2.1970	2500.3	70008.4		
						15. 3.1970	21033.7	652044.7		
						22. 4.1970	4868.3	146049.0		
						23. 5.1970	700.1	21703.1		
						29. 6.1970	8644.4	259322.0		
						15. 7.1970	2464.0	76394.0		
						20. 8.1970	179.8	5573.8		
						9.1970	1014.5	30435		
						21.10.1970	1849.2	57325.2		
						26.11.1970	989.2	29676.0		
						25.12.1970	698.2	21644.2		
=1556931.289										

Not : Cizelgede bazı aylara ait çökelti ölçümü yapılmamıştır. Bundan dolayı diğer aylara ait çökelti miktarının aylık ortalaması ölçüm yapılmamış aylar için çökelti miktarları olarak edilmiştir.

**Cizelge 4.6 Bazı Barajlar için ölçülen ve Hesaplanan Çökelti Maddesi Miktarı**

	BARAJ ADI	YIL	ÖLÇÜLEN ÇÖKELTİ MİKTARI (m <sup>3</sup> )	Hesaplanan Askı Maddesi Miktarı (m <sup>3</sup> )
1.	HIRFANLI	1959-1969	140 000 000	4 161 432.315
		1969-1977	454 000 000	31 979 789.29
	TOPLAM		594 000 000	36 141 221.6
2.	SEYHAN	1956-1976	310 000 000	98 851 660.93
		1976-1980	40 500 000	14 873 056.65
		1980-1986	4 450 000	26 796 881.16
	TOPLAM		354 950 000	140 521 598.7
3.	KEMER	1958-1974	85 000 000	12 901 985.08
		1974-1979	21 770 000	3 981 928.59
	TOPLAM		10 6770000	16 883 913.68
4.	KARTALKAYA	1972-1980	35 660 000	1 081 861.48
		1980-1985	0 706 000	0 487 197.5144
	TOPLAM		36 366 000	1 569 059.038

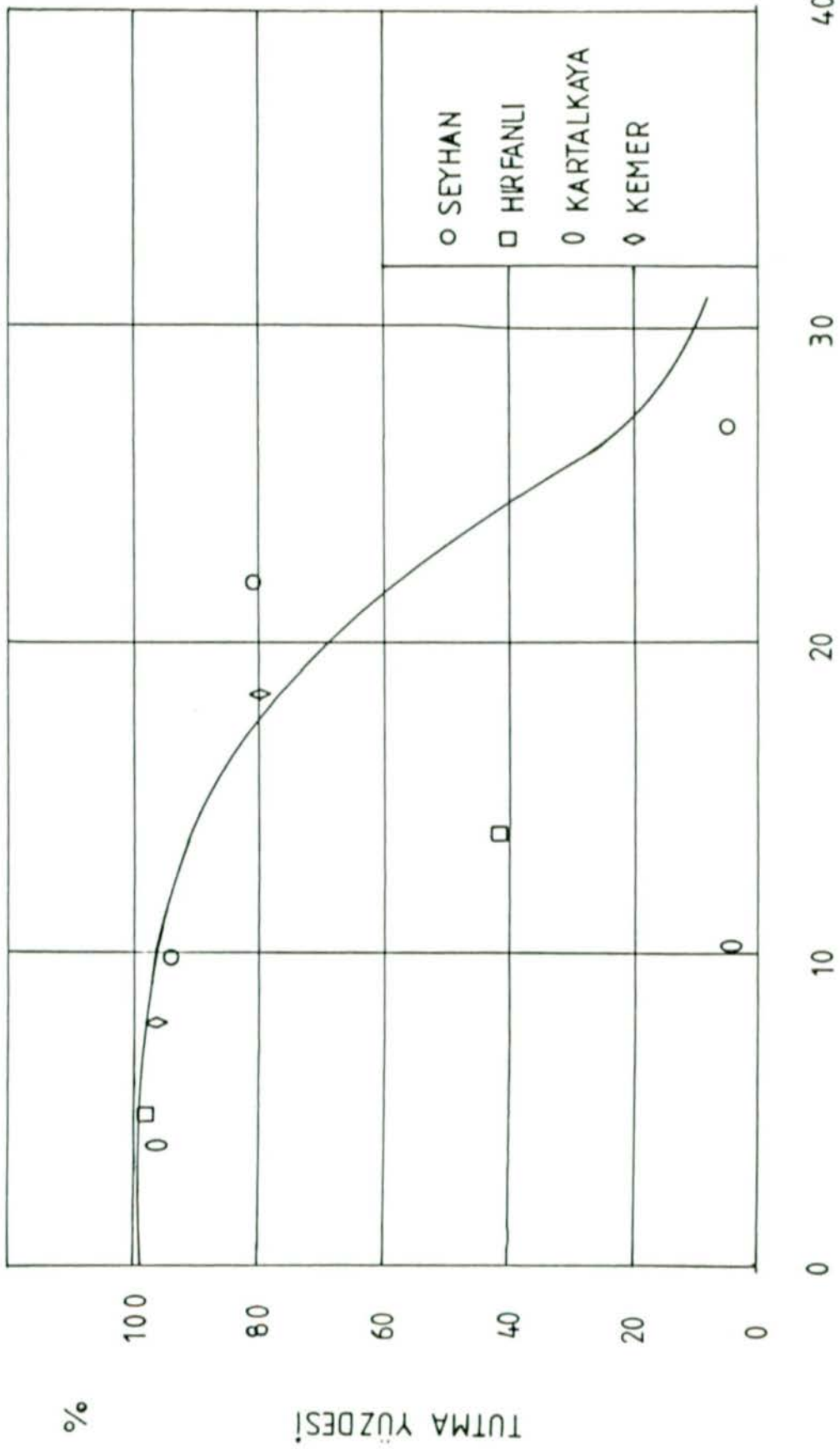
**Cizelge 4.7 Brune Egrisine Göre Bazı Barajlar İçin Başlangıç Tutma Yüzdesi Hesabı.**

Baraj Adı	Başlangıç Kapasitesi (C) m <sup>3</sup>	Debi ölçümü için Kullanılan istasyon		Yıllık Giren Akım, (I) (m <sup>3</sup> /YIL)	C / I	Tutma Yüzdesi ,E
		NO	Q (m <sup>3</sup> /s)			
HIRFANLI	5980x10 <sup>6</sup>	1532	78.489	2482010554.0	2.409	98.2 %
SEYHAN	1200x10 <sup>6</sup>	1814	103.16	4916872109.0	0.244	94 %
		1821	10.368			
		1820	14.097			
		1809	27.962			
		Σ155.487				
KEMER	544x10 <sup>6</sup>	702	28.840	911990015	0.596	96.4 %
KARTALKAYA	195x10 <sup>6</sup>	2.11	9.661	305504006.4	0.638	96.5 %

**Cizelge 4.8 Bazı Barajlar için Başlangıç ve Sonraki Tutma Yüzdesi**

Baraj Adı	YIL	Tutma Yüzdesi
HIRFANLI	1959-1969	98.2 %
	1969-1972	41.44 %
SEYHAN	1956-1976	94 %
	1976-1980	81.62 %
	1980-1986	5 %
KEMER	1958-1974	96.4 %
	1974-1979	80 %
KARTALKAYA	1972-1980	96.5 %
	1980-1985	4.243 %

hazneye giren toplam çökelti hacmine oranı şeklinde ifade edilmektedir. Hazneye giren toplam çökelti maddesi hesabında E.I.E.I. tarafından ölçülen askı maddesine belirli oranlarda sürüntü maddesi de ilave edilmiştir. Çizelge 4.8 de verilen dört baraja ait tutma yüzdeleri Şekil 4.33 de gösterilmiştir. Eldeki mevcut datanın sınırlı olması nedeniyle tutma yüzdesi hesabı ancak dört baraj üzerinde yapılabilmektedir. Bu barajların başlangıç kapasiteleri  $0,2 \times 10^7 m^3$  ile  $6 \times 10^7 m^3$  arasında değişmektedir. Mevcut dataya göre baraj haznelerinin çökelti tutma yüzdesi hakkında genel ve kesin bir yargıya varmak mümkün görülmemektedir. Ancak Şekil 4.33 deki data dağılımından tutma yüzdesinin zamana bağlı olarak hızlı bir şekilde azaldığı ve 30 yıl gibi bir zaman aralığında yaklaşık %20 mertebesine düşebileceği anlaşılmaktadır. Buradan, bir baraj haznesinde çökeltiyi toplayacak ölü hacmin hesabında tutma yüzdesinin sabit bir değer olarak değil zamana bağlı bir değişken olarak alınması gerektiği sonucuna varılmaktadır.



Şekil 4.33 İncele Tutma Yüzdesinin Zamana göre Değişimi.

## 5. SEYHAN BARAJ HAZNESİNDE KATI MADDE ÇÖKELMESİ İLE OLUŞAN TABAN PROFİLİNİN HESABI

### 5.1. Giriş

Bu bölümde Seyhan Baraj haznesinde katı madde çökmesi nedeniyle oluşan talvegden geçen taban profilinin değişimi teorik olarak incelenmiş ve hesap sonuçları D.S.I. tarafından 1980 ve 1986 yıllarında yapılan ölçüm sonuçları ile, karşılaştırılmıştır. Haznedeki sürüntü maddesi hareketi ile oluşan taban profilinin hesabı tek boyutlu olarak iki adımda yapılmıştır. İlk olarak sürüntü maddesi ihmal edilerek M1 su yüzü profili standart adım yöntemi ile hesaplanmış, daha sonra aylık periyotlarda sürüntü maddesi de gözönüne alınarak yeniden su yüzü profili hesabı yapılmıştır. İkinci adımda haznedeki sürüntü maddesinin hesabında aşağıda verilen Schoklitsch Formülü kullanılmıştır.

$$q_s = \frac{2500}{\gamma_s} S^{3/2} (q - q_{cr}) \quad (5.1)$$

Burada  $q_s$  birim genişlikten geçen sürüntü maddesi debisi,  $S$  yatağının eğimi,  $q$  birim genişlikten geçen su debisi,  $q_{cr}$  sürüntü maddesinin harekete başladığı kritik debi ve  $\gamma_s$  ise sürüntü maddesi yoğunluğudur.

Haznede akım üniform değildir. Bu yüzden, üniform akım için geliştirilen (5.1) formülündeki  $S$  yerine kanal eğimi ( $S_0$ ) ve enerji çizgisi eğiminin ( $S_e$ ) ortalaması alınmıştır.

$$S = (S_e + S_0) / 2 \quad (5.2)$$



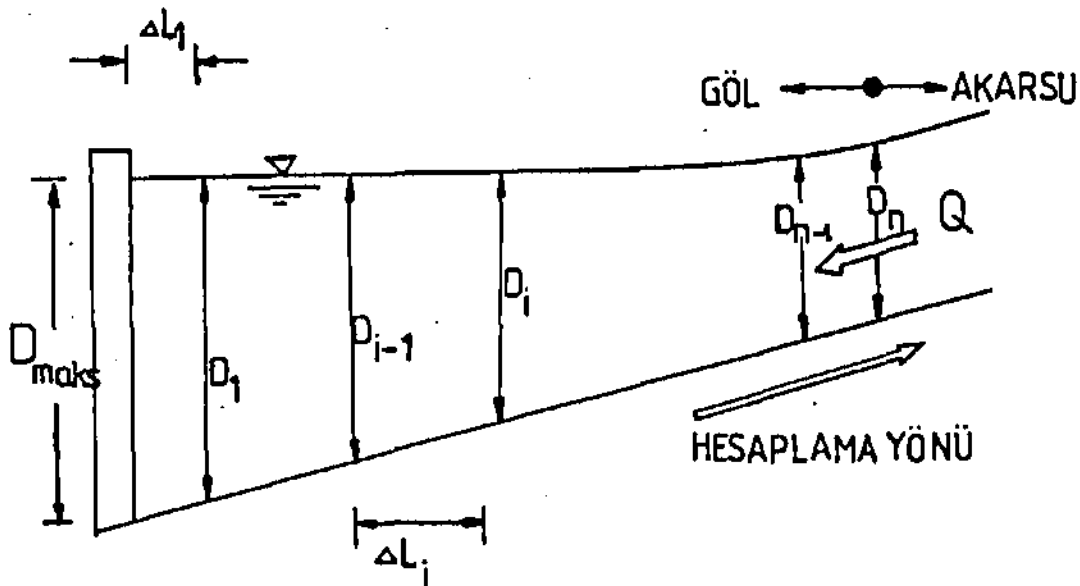
(5.1) formülündeki  $q_{cr}$  yerine  $DV_{cr}$  değeri konulabilir. Burada  $D$  akımın derinliği  $V_{cr}$  kritik sürüklenme hızıdır. Kritik hızın bulunmasında Şekil 5.1 de verilen Hjulström (1935) eğrisi kullanılmıştır.

Hesaplarda aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

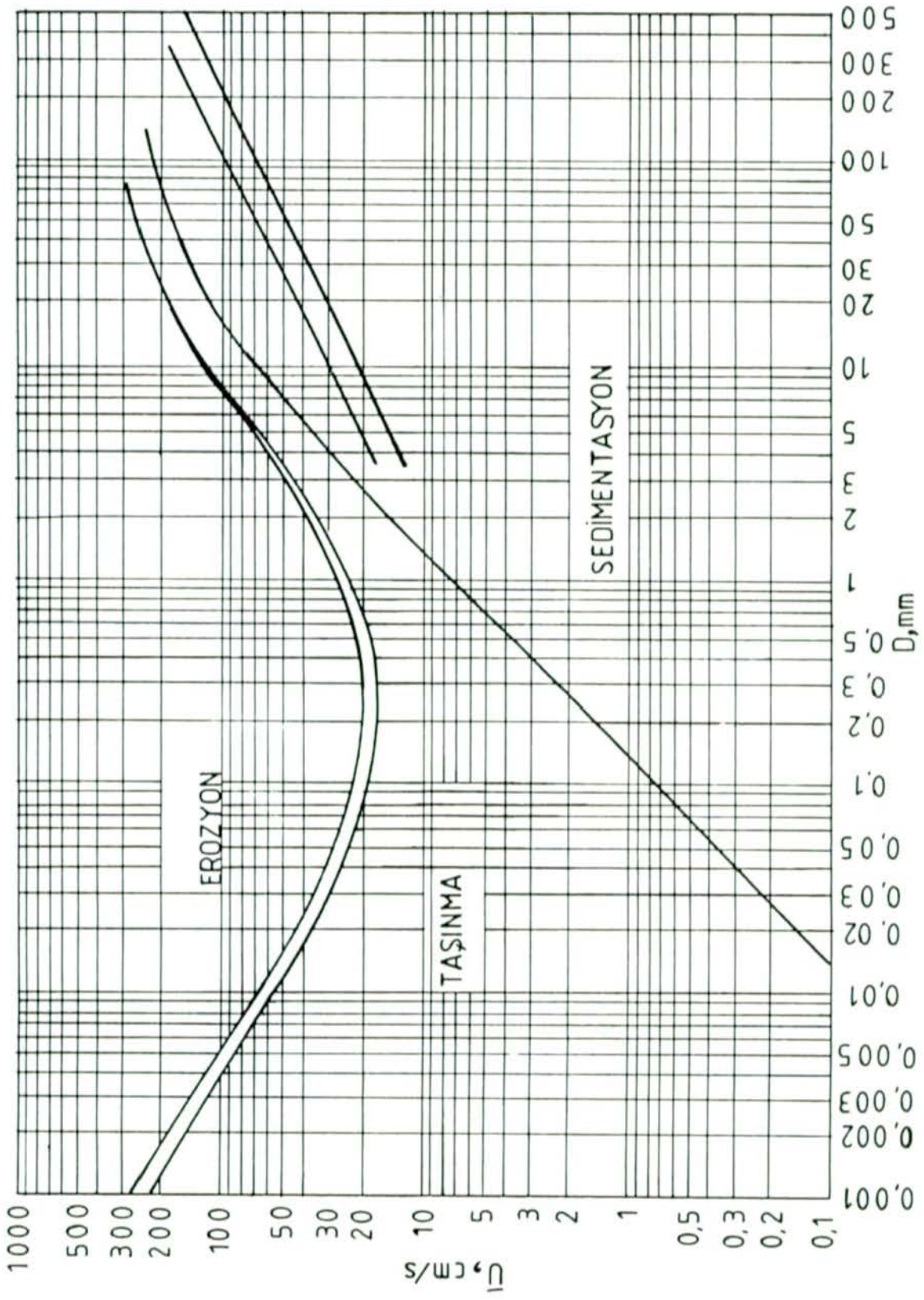
- Akım düzenlidir.
- Hazneye yanlardan akım girişi ve çıkışı yoktur.
- Çevrinti ve ikincil akımlar yoktur.
- Hazne içinde sürtünme katsayısı sabit ve akarsudaki değere eşittir.
- Haznedeki sürüntü maddesi sadece akarsu tarafından taşınan katı maddedir.
- Haznede biriken katı maddelerin oturması ihmal edilebilir.

### 5.2. Haznede Su Yüzü Profili Hesabı

Haznede taban profili Seyhan nehri ile Çakıt suyu kavşağından Seyhan nehri menbainı doğru yapılmıştır. Aynı şekilde su yüzü profili hesabı da aynı güzergah üzerinde ele alınmıştır (Şekil 5.2).

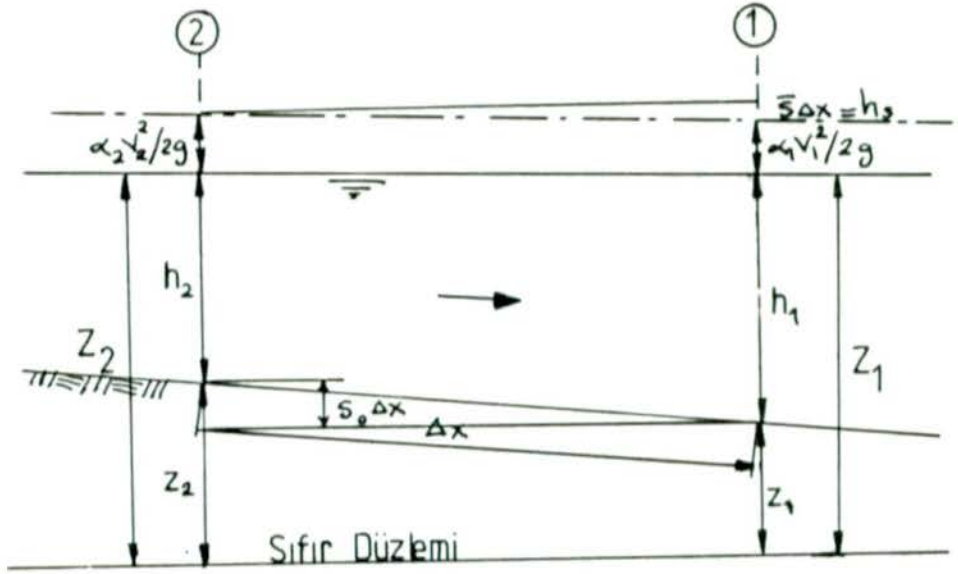


Şekil 5.2 Akarsu Kabarma Eğrisi



Şekil 5.1 Uniform taneler için Ajulatrüs'ün gökelleme ve Erozyon Kriterleri.

Su yüzü profili aşağıda kısaca açıklanan standart adım yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu yöntem ile su yüzü profili başlangıç noktasından itibaren seçilen ara mesafelerde derinlik hesabı yapılır. Şekil 5.3 de görüldüğü gibi 1 ve 2 kesitleri arasında Bernoulli denklemi yazılırsa :



Şekil 5.3 Standart Adım Yöntemi Bir kesitte Gösterilmesi

$$\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_1 + Z_1 + h_w + h_v = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_2 + Z_2$$

Burada :

$$H_1 = \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \bar{S} \Delta x + h_v$$

$$H_2 = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

şeklinde tanımlandığında 2 kesitindeki enerji seviyesi :

$$H_2 = H_1 \bar{S} \Delta x + h_v$$

şeklinde yazılabilir. 1 ve 2 arasında ortalama enerji çizgisi eğimi

$$\bar{S} = (S_1 + S_2) / 2, \text{ Manning denkleminde } S = \frac{V^2 n^2}{R^{4/3}}$$

ve iki kesit arasındaki yerel enerji kaybı  $h_e = K \left( \alpha \frac{V^2}{2g} \right)$  ifadesi ile hesaplanabilir.

$H_2$  nin hesabı için aşağıdaki deneme-yanılma yöntemi uygulanır.

a)  $Z_2$  için bir deneme değeri alınır.

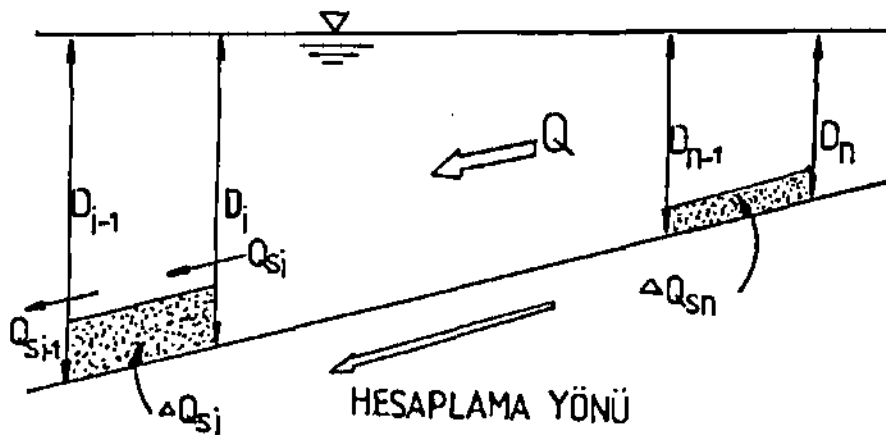
b)  $H_2 = Z_2 + \alpha \frac{V_2^2}{2g}$  hesaplanır.

c)  $H_2 = H_1 + \bar{S} \Delta x$  hesaplanır.

d) (b) ve (c) değerleri eşit değilse  $Z_2$  için yeni bir deneme değeri alınır.

### 5.3. Haznede Taban Profilinin Hesabı

Haznede taban profilinin elde edilmesine yönelik sürüntü maddesi hesabı, haznenin bir menba kesitinden başlayarak masaba doğru yapılmaktadır (Şekil 5.4). Hazne taban profili hesabında aşağıda sıralanan adımlar izlenmektedir :



Şekil 5.4 Haznede Sürüntü Maddesi Hesabı

a) Mevcut su yüzü profiline göre her kesit için (5.1) denklemi yardımıyla sürüntü maddesi debisi hesaplanır. Bu denklemde derinlik mansaba doğru arttığından  $V_{cr}$  hemen hemen sabit kalacaktır. Ancak (5.2) ifadesi ile verilen  $S$  eğimi mansaba doğru azaldığından sonuçta haznede taşınan sürüntü maddesi debisi mansaba doğru olan kesitlerde azalma gösterecektir.

b)  $q_{w,i}$  sürüntü maddesi debisi mansaba doğru azaldığından müteakip iki kesit arasındaki bir akarsu parçasında birim genişlik çökeltme debisi :

$$dq_{w,i} = q_{w,i} - q_{w,i-1} \quad (5.3)$$

şeklinde olacaktır.

c) (5.3) ifadesi ile hesaplanan çökelti miktarı iki kesit arasındaki  $\Delta L_i$  uzunluğunda üniform olarak dağıldığı kabul edilirse birim zamanda biriken çökelti kalınlığı aşağıdaki gibi bulunur :

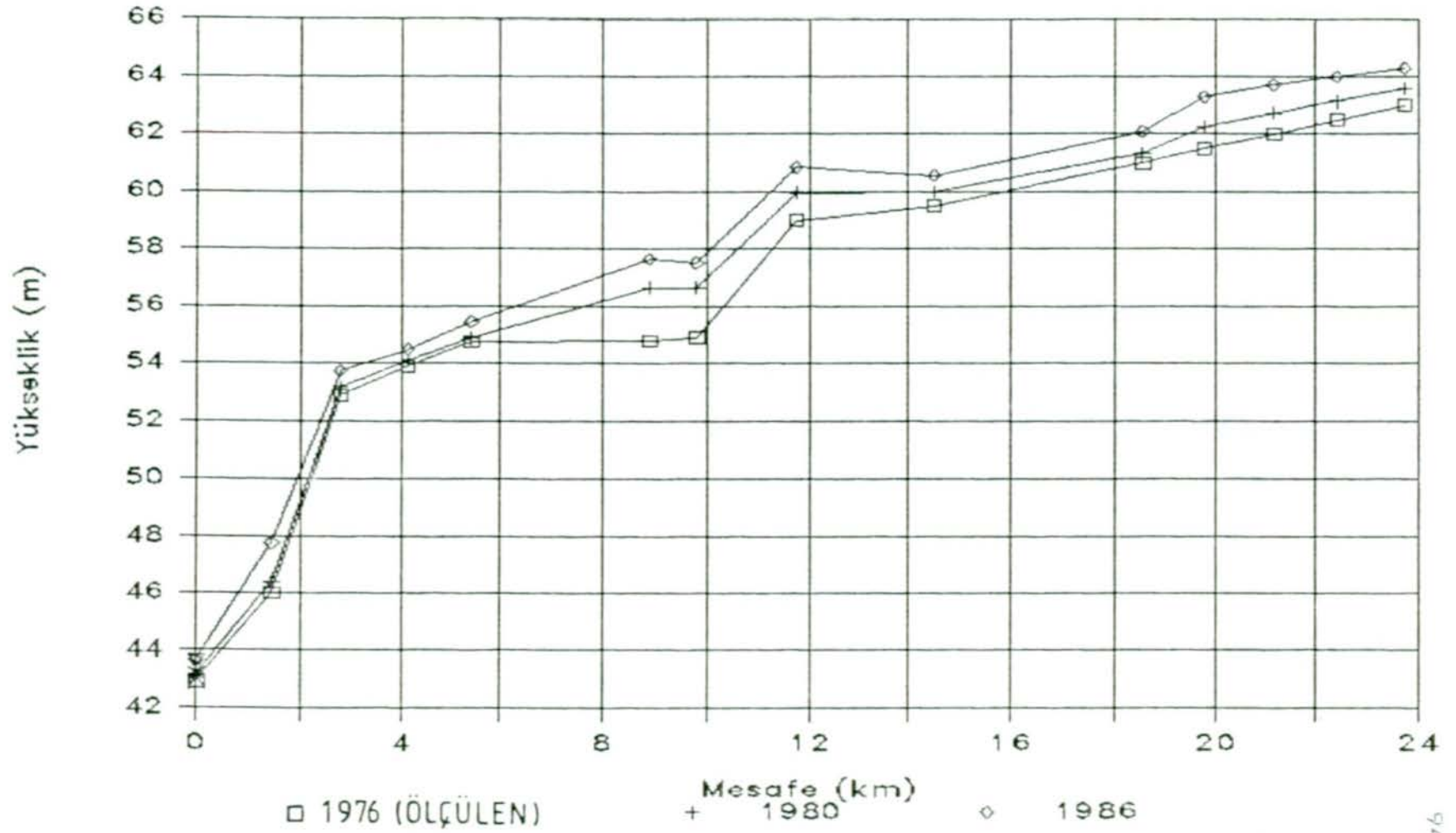
$$\delta_{w,i} = \frac{dq_{w,i}}{\Delta L_i} \quad (5.4)$$

d) (5.4) denklemi arzulanan bir zaman aralığı için uygulandığında bu zaman zarfındaki çökelti kalınlığı bulunmuş olur. Bu hesabın diğer akarsu kesitleri arasında sırayla yapılması sonucu verilen zaman aralığı için taban profili elde edilir. Bu işlemler birbirini takiben zaman aralıkları için tekrarlanır. Ancak her defasında bir önceki taban profili ile bulunacak su yüzü profilinin kullanılması gerekmektedir.

Yukarıdaki hesapların yapılması için hazırlanan bilgisayar programı EK 1 de ve programın kullanma kılavuzu

EK 2 de verilmiştir. Hazırlanan bilgisayar programı yardımıyla Seyhan baraj gölünde 1976-1986 yılları arasında her bir aylık periyotlar için taban profili hesaplanmış ve bunlarla ilgili bilgisayar çıktıları EK3 de verilmiştir. Hesap için gerekli taban profili başlangıç değerleri, D.S.İ. tarafından 1976 yılında Seyhan baraj gölünde yapılan hidrografik çalışmalardan alınmıştır. (5.1) ifadesi ile sürüntü maddesi debisinin hesaplanabilmesi için formüldeki  $q_{cr} (=DV_{cr})$  değerinin bilinmesi,  $V_{cr}$  değerinin Şekil 5.1 den bulunabilmesi için de çökeltiye ait  $d_{50}$  değerinin deneysel olarak tayin edilmesi gerekmektedir. Çökelti maddesine ait  $d_{50}$  değeri için elde deneysel data mevcut değildir. Bu nedenle profil hesapları tahmini değerler  $d_{50} = 0.2, 0.3, 0.4$  ve  $0.5$  mm olarak seçilmiştir. Bu değerler ile hesaplanan taban profilleri 1976, 1980 ve 1986 yılları itibariyle şekil 5.5 - 5.8 de gösterilmiştir. Bu şekillerde  $d_{50}$  değerinin büyümesi ile haznenin mansap tarafında çökeltme yığılmasının azalması normal olarak beklenen bir olgudur. Şekil 5.9 de D.S.İ. tarafından ölçülen taban profilleri görülmektedir. Hesaplanan profiller ile ölçüm sonucu bulunan profillerin nitelik açısından oldukça uyumlu oldukları söylenebilir. Bununla beraber,  $d_{50} = 0.2$  mm için elde edilen hesap profillerinin ölçülen değerlere daha çok yaklaştığı görülmektedir.

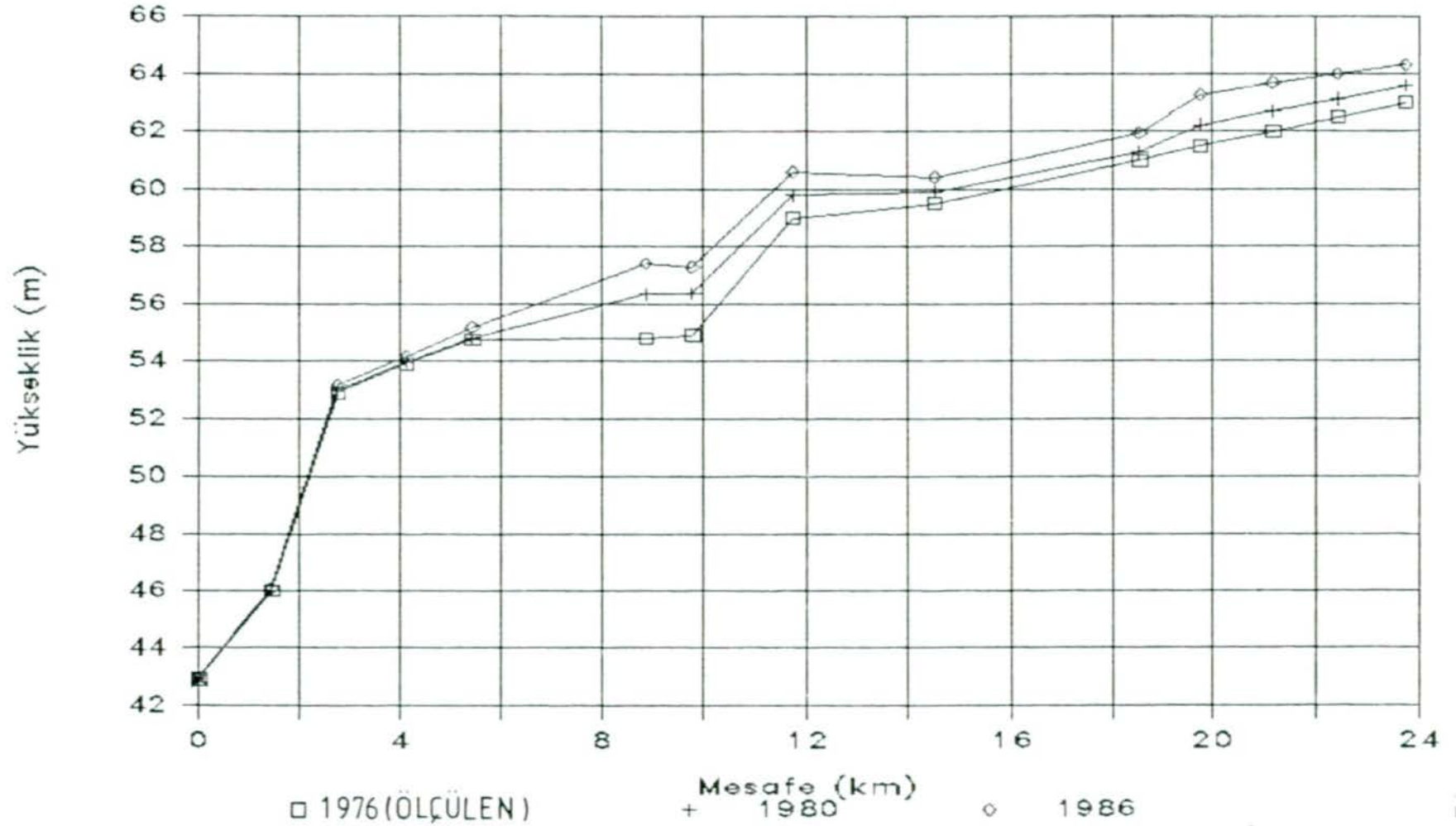
# SEYHAN BARAJI



Şekil 5.5 Seyhan Barajı Mesnesinde Hesaplanan Taban Profilleri,  $\delta_{50}=0,2$  mm.



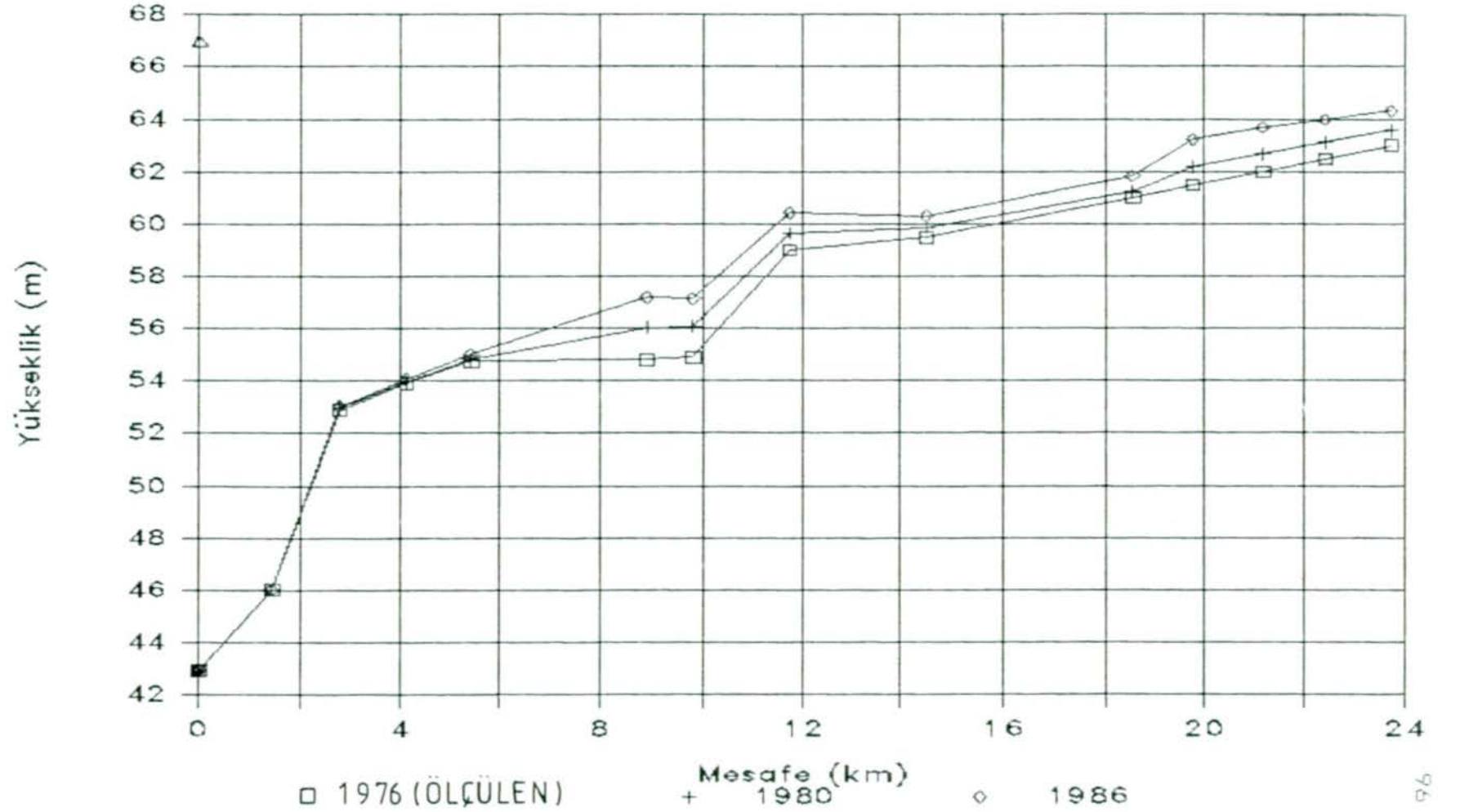
# SEYHAN BARAJI



Şekil 5.6 Seyhan Barajı Haznesinde Hesaplanan İban Profilleri,  $\alpha_{50}=0,3$  mm.

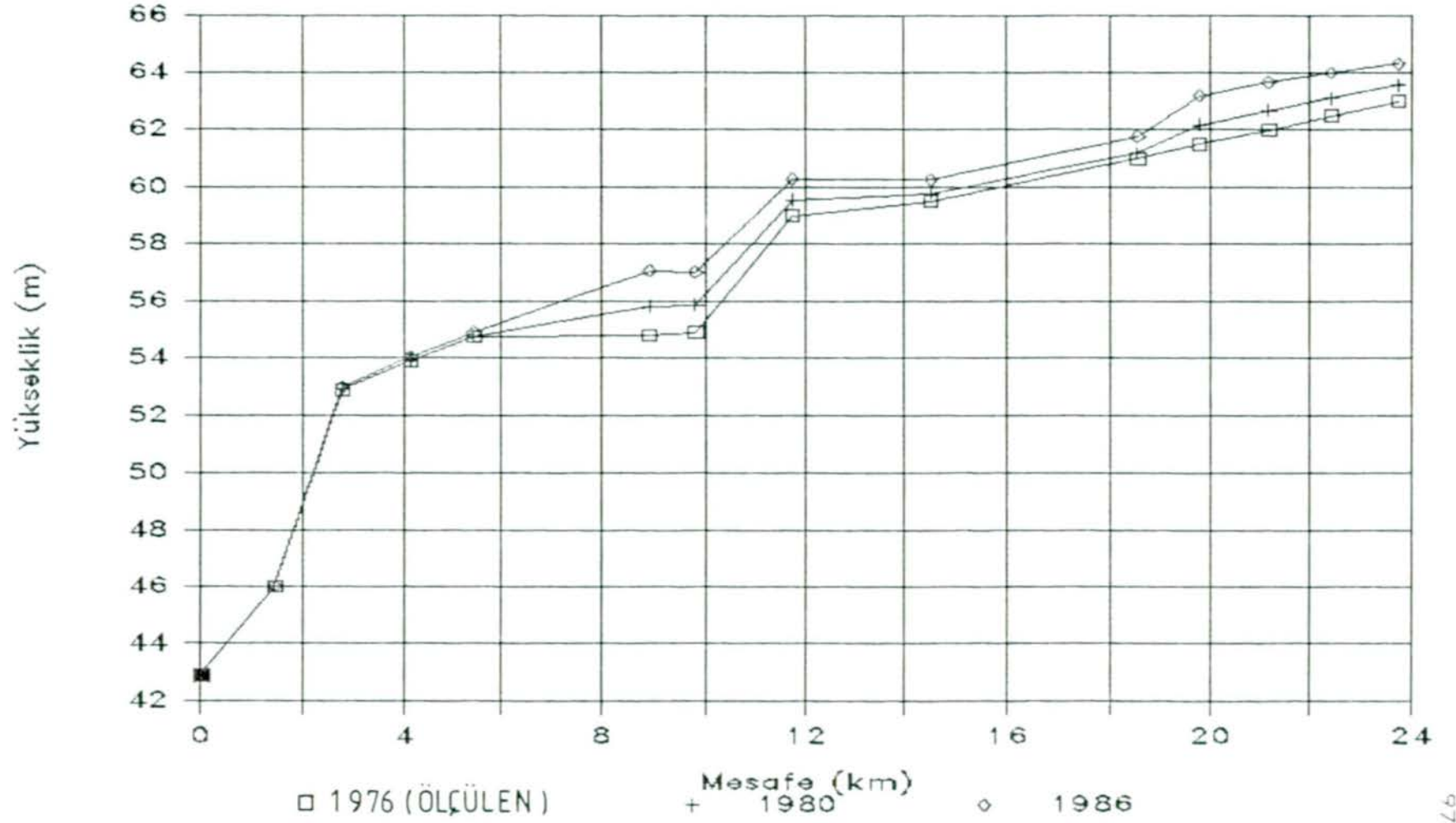


# SEYHAN BARAJI



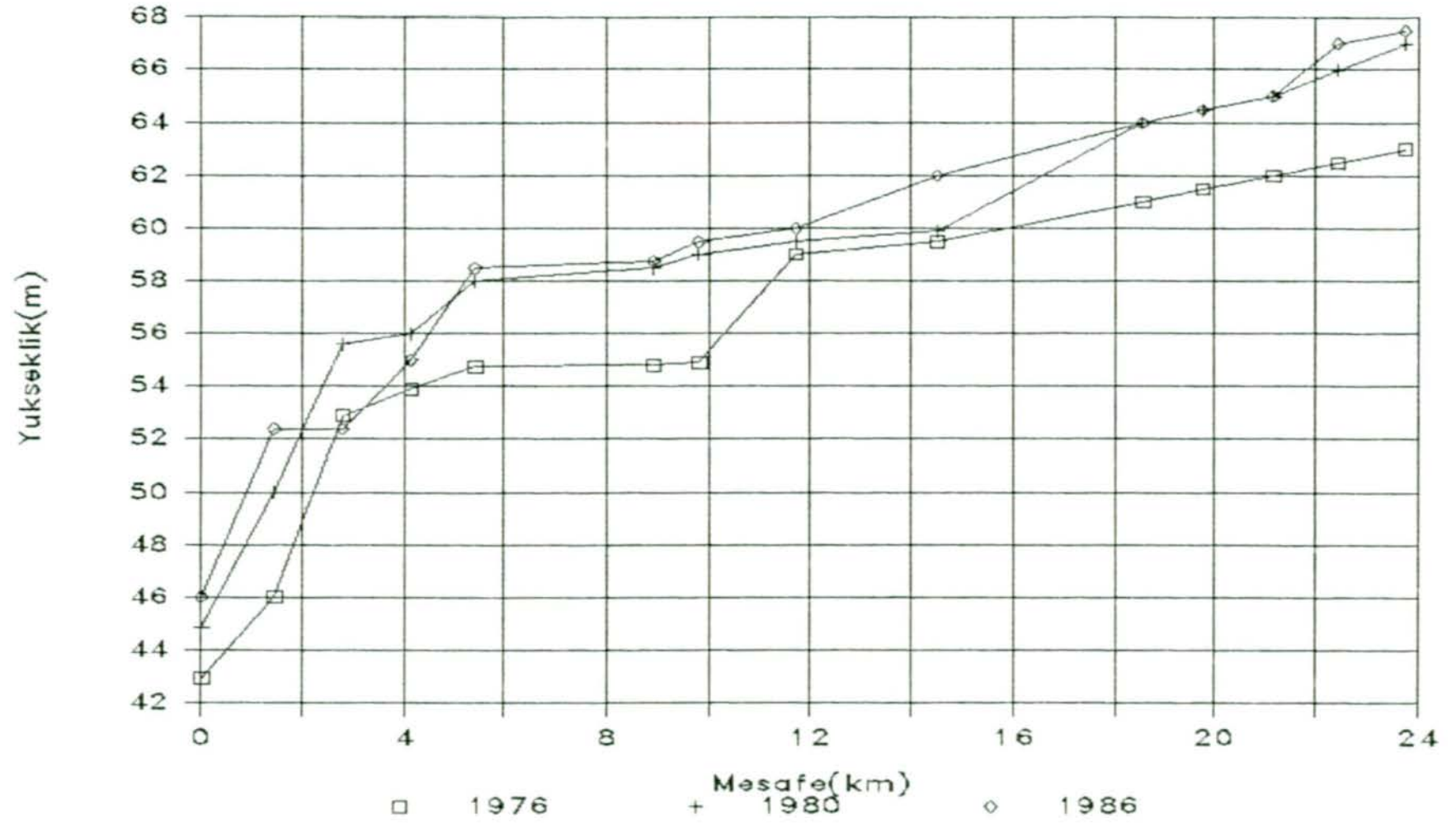
Şekil 5.7 Seyhan Barajı Havzasında Mesajlanan Taban Profilleri,  $\delta_{50}=0,4$  m.

# SEYHAN BARAJI



Şekil 5.3 Seyhan Barajı Hasasinde Hesaplanan Taban Profilleri,  $d_{50}=0,5$  m.

# SEYHAN BARAJI



Şekil 5.9 Seyhan Barajı Haznesinde Ölçümlerle Bulunan Taban Profilleri

## 6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

1.D.S.I. tarafından Türkiye'deki bazı baraj hazneleri için hazırladığı farklı seviyelerdeki hazne kapasitelerini veren ölçüm datası kullanılarak her baraj için normal hazne hacminin zamana göre değişimi çizilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde ölçüm yapılan barajları katı madde çökmesi bakımından üç gruba ayırmak mümkündür. Birinci gruba giren barajlarda hazne hacmi zamana göre aşırı derecede azalma göstermekte, ikinci gruba giren barajlarda hacim azalması normal ölçülerde ve düzenli bir şekilde oluşmaktadır. Üçüncü gruba giren barajlarda ise normal kapasite zamana göre sabit kalmakta veya bir miktar büyümektedir. Bu sonuç hazneden katı madde erozyonu olduğunu göstermektedirki normal şartlarda bunun nedenini açıklamak mümkün değildir.

2. Birinci ve ikinci gruba giren baraj haznelerinde normal hazne hacimlerinin zamana göre değişimi grafik olarak verilmiş olup bu grafiklerdeki data dağılımı haznedeki hacim azalmasının büyük ölçüde akarsuyun çökelti taşıma kapasitesiyle ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Yine bu gruba giren baraj haznelerinde katı madde çökmesinin yüksekliğe bağlı olarak değişimi incelenmiş ve çökeltinin, baraj gövdesinin talveg kotundan itibaren büyük bir kısımda, doğrusal bir dağılım gösterdiği bulunmuştur.

3. Baraj haznelerinde katı madde tutma yüzdesi haznede çökeltiyi içine alacak ölü hacmin hesabında gerekli olmaktadır. Bu çalışmada, E.I.E.I. nin akarsulardaki katı madde ölçümlerinden yararlanılarak bazı haznelere giren katı madde hesaplanmış ve D.S.I. nin hazne ölçümleri ile birlikte tutma yüzdeleri

hesaplanmıştır. Tutma yüzdeleri ile ilgili elde edilen bulgulardan bir haznenin tutma yüzdesinin zaman içinde azaldığı ve örneğin 30 yıl gibi bir sürede %20 mertebesine düşebileceği görülmüştür.

4. Seyhan baraj gölünde katı madde çökmesi sonucu taban profilindeki değişimler teorik olarak incelenmiş ve taban profilindeki zamana bağlı değişimlerin baraj gövdesine doğru azaldığı, yığılmaların daha çok mansap tarafında kaldığı görülmüştür. Teorik olarak hesaplanan profillerin D.S.İ. nin Seyhan baraj haznesindeki hidrografik çalışmalarından elde edilen profillere yaklaştığı, ancak bu yaklaşımın büyük ölçüde çökelen malzemenin granülometrisinin doğru olarak tayin edilmesine bağlı olduğunu söyleyebiliriz.



## ÖZET

Bu çalışmada, D.S.I. tarafından bazı baraj haznelerinde çeşitli zamanlarda yapılan su hacmi ölçümlerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak, her baraj için ayrı ayrı normal kapasitenin zamana göre değişimi grafiksel olarak incelenmiştir. Bu grafikler incelendiğinde ölçüm yapılan barajları üç gruba ayırmak mümkündür. Birinci gruptaki barajların kapasiteleri zamana göre hızlı bir şekilde azalma göstermektedir. İkinci gruba giren barajların kapasiteleri zamanla normal ve düzenli şekilde azalmaktadır. Üçüncü gruba giren baraj hazne hacimlerinde ise zamana göre az bir artış gözlenmektedir. Birinci ve ikinci gruba giren barajlardaki hacim azalması akarsulardaki çökelti hareketi sonucu haznelere taşınan katı madde birikimi sonucunda oluşmaktadır. Ancak üçüncü gruba giren haznelerde görülen hacim artışı anormal bir durum arz etmektedir. Birinci ve ikinci gruba giren barajlarda hazne hacimlerinin zamana göre değişimi gösteren grafiklerin yeni yapılacak barajların hazne hacmi planlamasında on bilgiler olarak kullanılması önerilebilir.

E.I.E.I. tarafından bazı akarsu istasyonlarında yapılan çökelti maddesi ve debi ölçümleri ile D.S.I. nin bazı baraj haznelerinde yapmış olduğu kot-kapasite ölçüm sonuçları kullanılarak çeşitli zaman aralıklarında haznelerin katı madde tutma yüzdesi hesaplanmıştır. Hesap bulguları, haznelerdeki tutma yüzdesinin sabit bir değer olmayıp zamanla hızlı bir şekilde azaldığı göstermektedir. Tutma yüzdesinin zamana bağlı olarak nasıl değiştiğinin bilinmesi haznelerdeki ölü hacmin tesbitinde önem taşımaktadır.

Seyhan baraj haznesinde, Seyhan nehri ile Çakıt suyunun birleştiği noktadan Seyhan nehri menbasına doğru katı madde çökmesi nedeniyle talvegden geçen hazne taban profilindeki değişimler teorik olarak incelenmiştir. Çökelti taşınımının tahminde Schoklisich tarafından verilen formül kullanılmış ve altı aylık periyotlarla taban ve su yüzü profilindeki değişimler hazırlanan bir bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Taban profili için başlangıç değerleri olarak D.S.I. nin 1976 yılında yapmış olduğu hazne ölçümlerinden alınmış, 1980 ve 1986 yıllarına ait hesaplanan taban profilleri aynı yıllardaki D.S.I. ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Teorik yaklaşım sonucu elde edilen taban profillerinin, ölçülen profillerle kıyaslandığında, gerçeğe büyük ölçüde yaklaştığı görülmüştür.

## SUMMARY

In this study the capacity for some reservoirs in different periods of time are measured, then for each reservoir the relationship between the capacity and time is plotted separately. After the investigation of the above figures, three types of reservoirs are observed. For the first type the capacity of reservoir quickly decreasing with time. For the second type the capacity of reservoir is decreasing with time at a normal rate. The decrease in the capacity of the above types are caused by the deposition of the sediment transportation. As a matter of fact these types are considered as normal. For the third type, the increase of the capacity of the reservoir with time is considered as abnormal.

By using the field data for the deposition of sediment in different periods of time and for different levels which are collected by D.S.I. and the field data for discharge and suspended load to the stations in the reservoirs's region which are collected by E.I.E.I., the amount of trap efficiency for different periods of time are calculated. The information about the relation between trap efficiency and time helps estimate the loss of the capacity that occur during the deposition of sediment.

The change of bed profile, as a result of the bed load deposition in reservoirs, are calculated analytically by using a Schoklitsch type bed load equation, modified for 'deposition'. The calculations are started from the point of intersection between Seyhan and Cakit rivers and progressed in the upstream direction towards Seyhan river. The calculations are carried out using a computer



program,with this program the monthly water profiles and bed profiles are computed.The field data for the bed profile in 1976 which are collected by D.S.I. are used as the initial profile for the computations.The analytical results of the bed profile for 1980 ,1986 are compared with the available field data.The results show that the computed and real values for the bed profiles are approximately similar to each other.

## EK1. Bilgisayar Programi Listesi

C SMH

```

DIMENSION XY(14,20),YX(14,20),A(14),P(14),NN(14),X(14,20)
*,Y(14,20),L(14),C(14),V(14),E(14),R(14),S(14),Z(121,20)
*,G(14),U(14),W(14),LX(14),T(14),XX(14,20),YY(14,20)
*,N(14),QQ(121),QS(121,20),HS(121,20),H(121,20),NR(14)

```

```

CHARACTER*20 DATA,CIKTI

```

```

WRITE(*,*) ' DATA DOSYASININ ADINI GIRINIZ = ? '

```

```

READ(*,1) DATA

```

```

WRITE(*,*) ' CIKTI DOSYASININ ADINI GIRINIZ = ? '

```

```

READ(*,1) CIKTI

```

1 FORMAT(A20)

```

OPEN(1,FILE=DATA,FORM='FORMATTED',STATUS='OLD')

```

```

OPEN(2,FILE=CIKTI,FORM='FORMATTED',STATUS='NEW')

```

```

WRITE(*,*) '1'

```

```

READ(1,*)NM,M

```

```

READ(1,*)(N(K),K=1,M)

```

```

READ(1,*)(HS(1,K),K=1,M)

```

```

DO 3 K=1,M

```

```

READ(1,*)(XY(K,I),YX(K,I),I=1,(N(K)+1))

```

3 CONTINUE

```

READ(1,*)(L(K),K=1,M)

```

```

READ(1,*)(QQ(N1),N1=1,NM)

```

```

READ(1,*)Z(1,1),S01,AA,AB,TN,GS,VCR,LX(1),R1

```

```

WRITE(*,*) '2'

```

```

DO 4 N1=1,NM

```

```

WRITE(*,*) N1

```

```

DO 5 K=1,M

```

```

IF(HS(N1,K).EQ.0.) GO TO 6

```

```

KJ=0

```

```

DO 8 I=1,N(K)

```

```

IF(YX(K,I).LT.HS(N1,K)) GO TO 9

```

```

GO TO 8

```

9 KJ=KJ+1

```

8  CONTINUE
   IF(KJ.EQ.0) GO TO 6
   DO 11 I=1,N(K)
     JK=I
     IF(HS(N1,K)-YX(K,I))11,12,13
11  CONTINUE
12  IF(YX(K,JK+KJ+1).EQ.HS(N1,K)) GO TO 14
     IF(YX(K,JK+KJ+1).GT.HS(N1,K).OR.YX(K,JK+KJ+1).LT.HS(N1,K))
       *GO TO 15
14  NR(K)=N(K)-KJ
     XX(K,JK+1)=XY(K,JK+KJ+1)
     XX(K,JK)=XY(K,JK)
     YY(K,JK)=HS(N1,K)
     YY(K,JK+1)=HS(N1,K)
     DO 16 I=JK+2,NR(K)
       XX(K,I)=XY(K,I+KJ)
       YY(K,I)=YX(K,I+KJ)
16  CONTINUE
     GO TO 17
15  NR(K)=N(K)-KJ+1
     XX(K,JK+1)=XY(K,JK+KJ+1)-(((YX(K,JK+KJ+1)-HS(N1,K))
       *(XY(K,JK+KJ+1)-XY(K,JK+KJ)))/(YX(K,JK+KJ+1)-YX(K,JK+KJ)))
     XX(K,JK)=XY(K,JK)
     YY(K,JK+1)=HS(N1,K)
     YY(K,JK)=HS(N1,K)
     DO 18 I=JK+2,NR(K)
       XX(K,I)=XY(K,I+KJ-1)
       YY(K,I)=YX(K,I+KJ-1)
18  CONTINUE
     GO TO 17
13  IF(YX(K,JK+KJ).EQ.HS(N1,K)) GO TO 19
     IF(YX(K,JK+KJ).GT.HS(N1,K).OR.YX(K,JK+KJ).LT.HS(N1,K))
       *GO TO 20
19  NR(K)=N(K)-KJ+1
     XX(K,JK+1)=XY(K,JK+KJ)

```

```

      XX(K,JK)=XY(K,JK)-(((HS(N1,K)-YX(K,JK))*(XY(K,JK)-XY(K,JK-1)))/
      *(YX(K,JK-1)-YX(K,JK)))
      YY(K,JK+1)=HS(N1,K)
      YY(K,JK)=HS(N1,K)
      DO 21 I=JK+2, NR(K)
      XX(K,I)=XY(K,I+KJ-1)
      YY(K,I)=YX(K,I+KJ-1)
21  CONTINUE
      GO TO 17
20  NR(K)=N(K)-KJ+2
      XX(K,JK+1)=XY(K,JK+KJ)-(((XY(K,JK+KJ)-XY(K,JK+KJ-1))*
      *(YX(K,JK+KJ)-HS(N1,K)))/(YX(K,JK+KJ)-YX(K,JK+KJ-1)))
      XX(K,JK)=XY(K,JK)-(((HS(N1,K)-YX(K,JK))*(XY(K,JK)-XY(K,JK-1)))/
      *(YX(K,JK-1)-YX(K,JK)))
      YY(K,JK)=HS(N1,K)
      YY(K,JK+1)=HS(N1,K)
      DO 22 I=JK+2, NR(K)
      XX(K,I)=XY(K,I+KJ-2)
      YY(K,I)=YX(K,I+KJ-2)
22  CONTINUE
17  XX(K, NR(K)+1)=XY(K,1)
      YY(K, NR(K)+1)=YX(K,1)
      DO 23 I=1, JK-1
      XX(K,I)=XY(K,I)
      YY(K,I)=YX(K,I)
23  CONTINUE
      GO TO 5
6   NR(K)=N(K)
      DO 10 I=1, NR(K)+1
      XX(K,I)=XY(K,I)
      YY(K,I)=YX(K,I)
10  CONTINUE
5   CONTINUE
      DO 24 K=1, M
      IF(K.EQ.1) GO TO 25

```

```

      Z(N1,K)=Z(N1,K-1)+.2
25  IF(Z(N1,K).EQ.YY(K,1)) GO TO 70
      IF(Z(N1,K).GT.YY(K,2)) GO TO 26
      JJ=0
      DO 27 I=1,NR(K)
      IF(YY(K,I).LT.Z(N1,K)) GO TO 28
      IF(YY(K,I).GE.Z(N1,K)) GO TO 27
28  JJ=JJ+1
27  CONTINUE
      IF(JJ.EQ.0) GO TO 32
      DO 29 I=2,NR(K)
      J=I
      IF(Z(N1,K)-YY(K,I)) 29,30,31
29  CONTINUE
30  NN(K)=JJ+2
      Y(K,1)=Z(N1,K)
      X(K,1)=XX(K,J)
      DO 34 I=2,(NN(K)-1)
      Y(K,I)=YY(K,(J+I-1))
      X(K,I)=XX(K,(J+I-1))
34  CONTINUE
      J=J-1
      IF(Z(N1,K).EQ.YY(K,(NN(K)+J))) GO TO 35
      IF(Z(N1,K).GT.YY(K,(NN(K)+J))) GO TO 36
      IF(Z(N1,K).LT.YY(K,(NN(K)+J))) GO TO 36
35  X(K,NN(K))=XX(K,NN(K)+J)
      GO TO 37
36  X(K,NN(K))=XX(K,NN(K)+J)-(((YY(K,NN(K)+J)-Z(N1,K))*(XX(K,NN(K)
      *+J)-XX(K,NN(K)+J-1)))/(YY(K,NN(K)+J)-YY(K,NN(K)+J-1)))
37  Y(K,NN(K))=Y(K,1)
      Y(K,(NN(K)+1))=Y(K,1)
      X(K,(NN(K)+1))=X(K,1)
      GO TO 38
31  Y(K,1)=Z(N1,K)

```

```

X(K,1)=XX(K,J-1)+(((YY(K,J-1)-Z(N1,K))*(XX(K,J)-XX(K,J-1)))/
*(YY(K,J-1)-YY(K,J)))
NN(K)=JJ+2
DO 40 I=2,(NN(K)-1)
Y(K,I)=YY(K,(J+I-2))
X(K,I)=XX(K,(J+I-2))
40 CONTINUE
J=J-2
IF(Z(N1,K).EQ.YY(K,(NN(K)+J))) GO TO 41
IF(Z(N1,K).GT.YY(K,(NN(K)+J)).OR.Z(N1,KK).LT.YY(K,(NN(K)+J)))
*GO TO 42
41 X(K,NN(K))=XX(K,NN(K)+J)
GO TO 43
42 X(K,NN(K))=XX(K,NN(K)+J)-(((YY(K,NN(K)+J)-Z(N1,K))*(XX(K
*,NN(K)+J)-XX(K,NN(K)+J-1)))/(YY(K,NN(K)+J)-YY(K,NN(K)+J-1)))
43 Y(K,NN(K))=Y(K,1)
Y(K,(NN(K)+1))=Y(K,1)
X(K,(NN(K)+1))=X(K,1)
GO TO 38
26 NN(K)=NR(K)
X(K,1)=XX(K,1)+(((YY(K,1)-Z(N1,K))*(XX(K,2)-XX(K,1)))/
*/(YY(K,1)-YY(K,2)))
Y(K,1)=Z(N1,K)
IF(YY(K,NN(K)-1).EQ.Z(N1,K)) GO TO 44
IF(YY(K,NN(K)-1).GT.Z(N1,K).OR.YY(K,NN(K)-1).LT.Z(N1,K))
*GO TO 45
44 NN(K)=NN(K)-1
X(K,NN(K))=XX(K,NN(K))
GO TO 46
45 X(K,NN(K))=XX(K,NN(K))-((XX(K,NN(K))-XX(K,NN(K)-1))*
*(YY(K,NN(K))-Z(N1,K)))/(YY(K,NN(K))-YY(K,NN(K)-1))
46 Y(K,NN(K))=Y(K,1)
X(K,NN(K)+1)=X(K,1)
Y(K,NN(K)+1)=Y(K,1)
DO 47 I=2,(NN(K)-1)
X(K,I)=XX(K,I)

```

```

      Y(K,I)=YY(K,I)
47  CONTINUE
      GO TO 3B
70  NN(K)=NR(K)
      DO 71 I=1,NN(K)+1
      X(K,I)=XX(K,I)
      Y(K,I)=YY(K,I)
71  CONTINUE
38  XZ=X(K,NN(K))-X(K,I)
      B=0.
      DO 48 I=1,NN(K)
      B=B+(X(K,I)-X(K,(I+1)))*(Y(K,I)+Y(K,(I+1)))
48  CONTINUE
      B=B/2.
      A(K)=B
      D=0.
      DO 49 I=1,(NN(K)-1)
      D=D+SQRT((X(K,I)-X(K,(I+1)))**2+(Y(K,I)-Y(K,(I+1)))**2)
49  CONTINUE
      P(K)=D
      V(K)=QQ(N1)/A(K)
      E(K)=AA*(V(K)*V(K))/(2.*9.81)
      C(K)=Z(N1,K)+E(K)
      R(K)=A(K)/P(K)
      S(K)=(V(K)*V(K)*AB*AB)/(R(K)**1.3333333)
      IF(K.EQ.1) GO TO 50
      G(K)=(S(K-1)+S(K))/2.0
      T(K)=G(K)*L(K)
      U(K)=C(K-1)+T(K)
      W(K)=U(K)-C(K)
      IF(ABS(W(K)).LE.TN) GO TO 50
      IF(W(K).GT.0.) GO TO 51
      IF(W(K).LT.0.) GO TO 52
51  Z(N1,K)=Z(N1,K)+0.1
      GO TO 25
52  Z(N1,K)=Z(N1,K)-0.001

```

```

GO TO 25
50 H(N1,K)=Z(N1,K)-HS(N1,K)
   IF(K.EQ.M) GO TO 321
   SO=(HS(N1,K+1)-HS(N1,K))/L(K+1)
   GO TO 324
321 SO=(HS(N1,K)-HS(N1,K-1))/L(K)
324 IF(SO.LE.0) GO TO 325
   GO TO 323
325 SO=SO1
323 Q1=1.62*QQ(N1)/XZ
   QS(N1,K)=(2500./BS)*(((SO+S(K))/2.)**1.5)*(Q1-H(N1,K)*VCR)
   **R1
   IF(QS(N1,K).LT.0.) GO TO 500
   GO TO 24
500 QS(N1,K)=0.
24 CONTINUE
   DO 54 K=1,M-1
   HS(N1+1,K)=ABS((QS(N1,K+1)-QS(N1,K)))/L(K+1)
54 CONTINUE
   HS(N1+1,1)=HS(N1+1,1)
   HS(N1+1,M)=HS(N1+1,M-1)
   DO 55 K=2,M-1
   HS(N1+1,K)=(HS(N1+1,K-1)+HS(N1+1,K))/2.
55 CONTINUE
   Z(N1+1,1)=Z(N1,1)
   DO 80 K=1,M
   HS(N1+1,K)=HS(N1+1,K)+HS(N1,K)
80 CONTINUE
4 CONTINUE
   WRITE(*,*)'5'
   DO 53 K=2,M
   LX(K)=LX(K-1)+L(K)
53 CONTINUE
   DO 56 N1=1,NM
   DO 57 K=1,M
   WRITE(2,58)K,LX(K),N1,K,Z(N1,K)

```



```
58 FORMAT(' ', 'LX(', I2, ')=' , I8, '      ', 'Z(', I3, ', ', I2, ')=' , F10.5)
57 CONTINUE
56 CONTINUE
   DO 61 N1=1, NM
   DO 62 K=1, M
   WRITE(2, 63) K, LX(K), N1, K, HS(N1, K)
63 FORMAT(' ', 'LX(', I2, ')=' , I8, '      ', 'HS(', I3, ', ', I2, ')=' , F10.5)
62 CONTINUE
61 CONTINUE
   GO TO 39
32 WRITE(*, *) 'DATAYI KONTROL EDINIZ!'
39 STOP
   END
```

## EK 2 SMH PROGRAMININ KULLANMA KILAVUZU

## SMH. PROGRAMI VERİ DOSYASININ HAZIRLANMASI

Barajlardaki sürüntü maddesi miktarının hesaplanması için hazırlanmış olan bu programa gerekli bilgiler aşağıda özetlendiği gibi verilmelidir.

## 1) DATA grup NO: 1

NM, M

Burada :

NM : Peryod (Bu programa ay olarak alındı).  
(sürüntü maddesi miktarının hesaplanmasını istediğiniz süre)

M : Göz önüne alınan kesit sayısı  
anlamındadır.

## 2) DATA grup NO: 2

N(K), K = 1, M

Burada :

N(K) : K nci Kesitin köşe sayısı  
anlamındadır.

Not : Burada toplam M adet data girilmektedir

## 3) DATA grup No: 3

Hs (1,k), k = 1, M

Burada :

Hs(1,k) : K nci Kesitte kotu en düşük olan noktanın  
y koordinatı

anlamındadır.

Not : Burada topla, M adet görülmektedir

4) DATA grup NO: 4

$xy(k,I), yx(k,I)$

Burada :

K : 1, M: Kesit Numarası

I : 1, N(K)+1: k nci kesitin köşe numaraları

$xy(k,I)$ : K nci kesitin I nci köşesinin x koordinatı

$yx(k,I)$ : K nci kesitin I nci köşesinin y koordinatı

anlamındadır.

m

Not : Burada  $2 * \sum_{k=1}^m (N(K)+1)$  adet data girilmektedir

5) DATA grup NO: 5

$L(K), k= 1, M$

Burada :

$L(K)$  : K nci kesitin (k-1) nci kesitten uzaklığı anlamındadır.

Not : 1 kesit için 0 alınmaktadır.

Not : Burada m adet data verilmektedir

6) DATA grup NO: 6

$QQ(NI), NI = 1, NM$

Burada :

$QQ(NI)$  : NI nci ay (gün, yıl v.s) için ortalama debi ( $m^3/sn$ )

anlamındadır.

Not : Burada NM adet data verilmektedir

7) DATA grup NO: 7

Z(1,1), SO1, AA, AB, TN, GS, VCR, Lx(1), R1

Burada :

Z(1,1) : Birinci kesitteki su seviyesinin başlangıç değeri

SO1 : Nehir taban eğimi

AA : Kinetic energy katsayısı

AB : Manning katsayısı

TN : Hassasiyet

GS : Sürüntü maddesinin yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

VCR : Kiritik depolanma hızı.

Lx(1) : Birinci kesitten birinci kesite = 0

R1 : 2592000 aylık olarak değeri anlamındadır.

Not : Burada 9 adet data verilmektedir.

## EK 3

PROGRAM ÇIKTISI  $D_{50}=0.2$  (mm)

MESAFE (m)	TABAN	YÜKSEKLİK (m)
LX( 1)= 0	HS( 1, 1)=	42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 1, 2)=	46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 1, 3)=	52.90000
LX( 4)= 4155	HS( 1, 4)=	53.90000
LX( 5)= 5430	HS( 1, 5)=	54.75000
LX( 6)= 8905	HS( 1, 6)=	54.80000
LX( 7)= 9805	HS( 1, 7)=	54.90000
LX( 8)= 11755	HS( 1, 8)=	59.00000
LX( 9)= 14505	HS( 1, 9)=	59.50000
LX(10)= 18555	HS( 1,10)=	61.00000
LX(11)= 19755	HS( 1,11)=	61.50000
LX(12)= 21180	HS( 1,12)=	62.00000
LX(13)= 22430	HS( 1,13)=	62.50000
LX(14)= 23730	HS( 1,14)=	63.00000
LX( 1)= 0	HS( 12, 1)=	43.00956
LX( 2)= 1450	HS( 12, 2)=	46.12776
LX( 3)= 2800	HS( 12, 3)=	52.99697
LX( 4)= 4155	HS( 12, 4)=	53.98074
LX( 5)= 5430	HS( 12, 5)=	54.79107
LX( 6)= 8905	HS( 12, 6)=	55.35462
LX( 7)= 9805	HS( 12, 7)=	55.42157
LX( 8)= 11755	HS( 12, 8)=	59.28317
LX( 9)= 14505	HS( 12, 9)=	59.64663
LX(10)= 18555	HS( 12,10)=	61.07772
LX(11)= 19755	HS( 12,11)=	61.69803
LX(12)= 21180	HS( 12,12)=	62.19397
LX(13)= 22430	HS( 12,13)=	62.67627
LX(14)= 23730	HS( 12,14)=	63.15857
LX( 1)= 0	HS( 24, 1)=	43.10334
LX( 2)= 1450	HS( 24, 2)=	46.25780
LX( 3)= 2800	HS( 24, 3)=	53.09278

LX( 4)=	4155	HS( 24, 4)=	54.05003
LX( 5)=	5430	HS( 24, 5)=	54.82978
LX( 6)=	8905	HS( 24, 6)=	55.86857
LX( 7)=	9805	HS( 24, 7)=	55.90535
LX( 8)=	11755	HS( 24, 8)=	59.54731
LX( 9)=	14505	HS( 24, 9)=	59.78058
LX(10)=	18555	HS( 24,10)=	61.15767
LX(11)=	19755	HS( 24,11)=	61.89215
LX(12)=	21180	HS( 24,12)=	62.38409
LX(13)=	22430	HS( 24,13)=	62.84866
LX(14)=	23730	HS( 24,14)=	63.31322
LX( 1)=	0	HS( 36, 1)=	43.13358
LX( 2)=	1450	HS( 36, 2)=	46.30044
LX( 3)=	2800	HS( 36, 3)=	53.13568
LX( 4)=	4155	HS( 36, 4)=	54.07806
LX( 5)=	5430	HS( 36, 5)=	54.85070
LX( 6)=	8905	HS( 36, 6)=	56.25234
LX( 7)=	9805	HS( 36, 7)=	56.26882
LX( 8)=	11755	HS( 36, 8)=	59.74772
LX( 9)=	14505	HS( 36, 9)=	59.88415
LX(10)=	18555	HS( 36,10)=	61.23065
LX(11)=	19755	HS( 36,11)=	62.05561
LX(12)=	21180	HS( 36,12)=	62.54313
LX(13)=	22430	HS( 36,13)=	62.99244
LX(14)=	23730	HS( 36,14)=	63.44173
LX( 1)=	0	HS( 48, 1)=	43.17929
LX( 2)=	1450	HS( 48, 2)=	46.36323
LX( 3)=	2800	HS( 48, 3)=	53.19544
LX( 4)=	4155	HS( 48, 4)=	54.11398
LX( 5)=	5430	HS( 48, 5)=	54.88852
LX( 6)=	8905	HS( 48, 6)=	56.65650
LX( 7)=	9805	HS( 48, 7)=	56.66732
LX( 8)=	11755	HS( 48, 8)=	59.96867
LX( 9)=	14505	HS( 48, 9)=	60.00274
LX(10)=	18555	HS( 48,10)=	61.32805

LX(11)=	19755	HS( 48,11)=	62.24309
LX(12)=	21180	HS( 48,12)=	62.72256
LX(13)=	22430	HS( 48,13)=	63.15286
LX(14)=	23730	HS( 48,14)=	63.58316
LX( 1)=	0	HS( 60, 1)=	43.36672
LX( 2)=	1450	HS( 60, 2)=	46.62662
LX( 3)=	2800	HS( 60, 3)=	53.36463
LX( 4)=	4155	HS( 60, 4)=	54.21830
LX( 5)=	5430	HS( 60, 5)=	55.00109
LX( 6)=	8905	HS( 60, 6)=	56.94658
LX( 7)=	9805	HS( 60, 7)=	56.93027
LX( 8)=	11755	HS( 60, 8)=	60.17428
LX( 9)=	14505	HS( 60, 9)=	60.12031
LX(10)=	18555	HS( 60,10)=	61.44980
LX(11)=	19755	HS( 60,11)=	62.45771
LX(12)=	21180	HS( 60,12)=	62.92654
LX(13)=	22430	HS( 60,13)=	63.33365
LX(14)=	23730	HS( 60,14)=	63.74076
LX( 1)=	0	HS( 72, 1)=	43.41117
LX( 2)=	1450	HS( 72, 2)=	46.69201
LX( 3)=	2800	HS( 72, 3)=	53.42496
LX( 4)=	4155	HS( 72, 4)=	54.26693
LX( 5)=	5430	HS( 72, 5)=	55.08729
LX( 6)=	8905	HS( 72, 6)=	57.07585
LX( 7)=	9805	HS( 72, 7)=	57.03738
LX( 8)=	11755	HS( 72, 8)=	60.30375
LX( 9)=	14505	HS( 72, 9)=	60.19959
LX(10)=	18555	HS( 72,10)=	61.55096
LX(11)=	19755	HS( 72,11)=	62.62786
LX(12)=	21180	HS( 72,12)=	63.08815
LX(13)=	22430	HS( 72,13)=	63.47593
LX(14)=	23730	HS( 72,14)=	63.86367
LX( 1)=	0	HS( 84, 1)=	43.46946
LX( 2)=	1450	HS( 84, 2)=	46.77633
LX( 3)=	2800	HS( 84, 3)=	53.49146
LX( 4)=	4155	HS( 84, 4)=	54.31643
LX( 5)=	5430	HS( 84, 5)=	55.16454

---

LX( 6)=	8905	HS( 84, 6)=	57.19777
LX( 7)=	9805	HS( 84, 7)=	57.13755
LX( 8)=	11755	HS( 84, 8)=	60.41968
LX( 9)=	14505	HS( 84, 9)=	60.27214
LX(10)=	18555	HS( 84,10)=	61.64874
LX(11)=	19755	HS( 84,11)=	62.77898
LX(12)=	21180	HS( 84,12)=	63.23074
LX(13)=	22430	HS( 84,13)=	63.59954
LX(14)=	23730	HS( 84,14)=	63.96832
LX( 1)=	0	HS( 96, 1)=	43.58270
LX( 2)=	1450	HS( 96, 2)=	46.94432
LX( 3)=	2800	HS( 96, 3)=	53.61874
LX( 4)=	4155	HS( 96, 4)=	54.39878
LX( 5)=	5430	HS( 96, 5)=	55.28212
LX( 6)=	8905	HS( 96, 6)=	57.36895
LX( 7)=	9805	HS( 96, 7)=	57.28255
LX( 8)=	11755	HS( 96, 8)=	60.58617
LX( 9)=	14505	HS( 96, 9)=	60.37823
LX(10)=	18555	HS( 96,10)=	61.79910
LX(11)=	19755	HS( 96,11)=	62.97916
LX(12)=	21180	HS( 96,12)=	63.41505
LX(13)=	22430	HS( 96,13)=	63.75596
LX(14)=	23730	HS( 96,14)=	64.09684
LX( 1)=	0	HS(108, 1)=	43.60730
LX( 2)=	1450	HS(108, 2)=	46.98207
LX( 3)=	2800	HS(108, 3)=	53.67279
LX( 4)=	4155	HS(108, 4)=	54.44371
LX( 5)=	5430	HS(108, 5)=	55.36720
LX( 6)=	8905	HS(108, 6)=	57.51231
LX( 7)=	9805	HS(108, 7)=	57.40454
LX( 8)=	11755	HS(108, 8)=	60.72480
LX( 9)=	14505	HS(108, 9)=	60.46788
LX(10)=	18555	HS(108,10)=	61.93400
LX(11)=	19755	HS(108,11)=	63.14741
LX(12)=	21180	HS(108,12)=	63.56916
LX(13)=	22430	HS(108,13)=	63.88464
LX(14)=	23730	HS(108,14)=	64.20010



LX( 1)=	0	HS(120, 1)=	43.65387
LX( 2)=	1450	HS(120, 2)=	47.05241
LX( 3)=	2800	HS(120, 3)=	53.74663
LX( 4)=	4155	HS(120, 4)=	54.49863
LX( 5)=	5430	HS(120, 5)=	55.45818
LX( 6)=	8905	HS(120, 6)=	57.66291
LX( 7)=	9805	HS(120, 7)=	57.53253
LX( 8)=	11755	HS(120, 8)=	60.86732
LX( 9)=	14505	HS(120, 9)=	60.56054
LX(10)=	18555	HS(120,10)=	62.07869
LX(11)=	19755	HS(120,11)=	63.31466
LX(12)=	21180	HS(120,12)=	63.72097
LX(13)=	22430	HS(120,13)=	64.00898
LX(14)=	23730	HS(120,14)=	64.29700

PROGRAM CIKTISI  $D_{50}=0.3$  (mm)

MESAFE (m)	TABAN	YÜKSKLIK (m)
LX( 1)= 0	HS( 1, 1)=	42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 1, 2)=	46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 1, 3)=	52.90000
LX( 4)= 4155	HS( 1, 4)=	53.90000
LX( 5)= 5430	HS( 1, 5)=	54.75000
LX( 6)= 8905	HS( 1, 6)=	54.80000
LX( 7)= 9805	HS( 1, 7)=	54.90000
LX( 8)= 11755	HS( 1, 8)=	59.00000
LX( 9)= 14505	HS( 1, 9)=	59.50000
LX(10)= 18555	HS( 1,10)=	61.00000
LX(11)= 19755	HS( 1,11)=	61.50000
LX(12)= 21180	HS( 1,12)=	62.00000
LX(13)= 22430	HS( 1,13)=	62.50000
LX(14)= 23730	HS( 1,14)=	63.00000
LX( 1)= 0	HS( 12, 1)=	42.92266
LX( 2)= 1450	HS( 12, 2)=	46.00757
LX( 3)= 2800	HS( 12, 3)=	52.92879
LX( 4)= 4155	HS( 12, 4)=	53.93920
LX( 5)= 5430	HS( 12, 5)=	54.77005
LX( 6)= 8905	HS( 12, 6)=	55.24640
LX( 7)= 9805	HS( 12, 7)=	55.32261
LX( 8)= 11755	HS( 12, 8)=	59.23270
LX( 9)= 14505	HS( 12, 9)=	59.62163
LX(10)= 18555	HS( 12,10)=	61.06570
LX(11)= 19755	HS( 12,11)=	61.69151
LX(12)= 21180	HS( 12,12)=	62.19019
LX(13)= 22430	HS( 12,13)=	62.67392
LX(14)= 23730	HS( 12,14)=	63.15766
LX( 1)= 0	HS( 24, 1)=	42.92770
LX( 2)= 1450	HS( 24, 2)=	46.01018
LX( 3)= 2800	HS( 24, 3)=	52.95480
LX( 4)= 4155	HS( 24, 4)=	53.97103

LX( 5)=	5430	HS( 24, 5)=	54.78817
LX( 6)=	8905	HS( 24, 6)=	55.66374
LX( 7)=	9805	HS( 24, 7)=	55.71841
LX( 8)=	11755	HS( 24, 8)=	59.45177
LX( 9)=	14505	HS( 24, 9)=	59.73325
LX(10)=	18555	HS( 24,10)=	61.13408
LX(11)=	19755	HS( 24,11)=	61.87983
LX(12)=	21180	HS( 24,12)=	62.37718
LX(13)=	22430	HS( 24,13)=	62.84454
LX(14)=	23730	HS( 24,14)=	63.31190
LX( 1)=	0	HS( 36, 1)=	42.92770
LX( 2)=	1450	HS( 36, 2)=	46.01018
LX( 3)=	2800	HS( 36, 3)=	52.96939
LX( 4)=	4155	HS( 36, 4)=	53.98435
LX( 5)=	5430	HS( 36, 5)=	54.79856
LX( 6)=	8905	HS( 36, 6)=	55.97118
LX( 7)=	9805	HS( 36, 7)=	56.01096
LX( 8)=	11755	HS( 36, 8)=	59.61563
LX( 9)=	14505	HS( 36, 9)=	59.81812
LX(10)=	18555	HS( 36,10)=	61.19372
LX(11)=	19755	HS( 36,11)=	62.03698
LX(12)=	21180	HS( 36,12)=	62.53307
LX(13)=	22430	HS( 36,13)=	62.98675
LX(14)=	23730	HS( 36,14)=	63.44044
LX( 1)=	0	HS( 48, 1)=	42.92770
LX( 2)=	1450	HS( 48, 2)=	46.01018
LX( 3)=	2800	HS( 48, 3)=	52.99092
LX( 4)=	4155	HS( 48, 4)=	53.99917
LX( 5)=	5430	HS( 48, 5)=	54.81377
LX( 6)=	8905	HS( 48, 6)=	56.34411
LX( 7)=	9805	HS( 48, 7)=	56.36559
LX( 8)=	11755	HS( 48, 8)=	59.81367
LX( 9)=	14505	HS( 48, 9)=	59.92414
LX(10)=	18555	HS( 48,10)=	61.28016
LX(11)=	19755	HS( 48,11)=	62.22003
LX(12)=	21180	HS( 48,12)=	62.71074

LX(13)=	22430	HS( 48,13)=	63.14676
LX(14)=	23730	HS( 48,14)=	63.58278
LX( 1)=	0	HS( 60, 1)=	42.97453
LX( 2)=	1450	HS( 60, 2)=	46.07475
LX( 3)=	2800	HS( 60, 3)=	53.05517
LX( 4)=	4155	HS( 60, 4)=	54.03921
LX( 5)=	5430	HS( 60, 5)=	54.85502
LX( 6)=	8905	HS( 60, 6)=	56.77140
LX( 7)=	9805	HS( 60, 7)=	56.78509
LX( 8)=	11755	HS( 60, 8)=	60.04855
LX( 9)=	14505	HS( 60, 9)=	60.05502
LX(10)=	18555	HS( 60,10)=	61.40350
LX(11)=	19755	HS( 60,11)=	62.43713
LX(12)=	21180	HS( 60,12)=	62.91689
LX(13)=	22430	HS( 60,13)=	63.32954
LX(14)=	23730	HS( 60,14)=	63.74218
LX( 1)=	0	HS( 72, 1)=	42.97453
LX( 2)=	1450	HS( 72, 2)=	46.07475
LX( 3)=	2800	HS( 72, 3)=	53.07369
LX( 4)=	4155	HS( 72, 4)=	54.06528
LX( 5)=	5430	HS( 72, 5)=	54.90971
LX( 6)=	8905	HS( 72, 6)=	56.92347
LX( 7)=	9805	HS( 72, 7)=	56.90591
LX( 8)=	11755	HS( 72, 8)=	60.16587
LX( 9)=	14505	HS( 72, 9)=	60.12662
LX(10)=	18555	HS( 72,10)=	61.49403
LX(11)=	19755	HS( 72,11)=	62.60325
LX(12)=	21180	HS( 72,12)=	63.07711
LX(13)=	22430	HS( 72,13)=	63.47171
LX(14)=	23730	HS( 72,14)=	63.86633
LX( 1)=	0	HS( 84, 1)=	42.97940
LX( 2)=	1450	HS( 84, 2)=	46.08508
LX( 3)=	2800	HS( 84, 3)=	53.09534
LX( 4)=	4155	HS( 84, 4)=	54.09006
LX( 5)=	5430	HS( 84, 5)=	54.96098

LX( 6)=	8905	HS( 84, 6)=	57.02776
LX( 7)=	9805	HS( 84, 7)=	56.98748
LX( 8)=	11755	HS( 84, 8)=	60.25756
LX( 9)=	14505	HS( 84, 9)=	60.18539
LX(10)=	18555	HS( 84,10)=	61.57748
LX(11)=	19755	HS( 84,11)=	62.74875
LX(12)=	21180	HS( 84,12)=	63.21764
LX(13)=	22430	HS( 84,13)=	63.59508
LX(14)=	23730	HS( 84,14)=	63.97253
LX( 1)=	0	HS( 96, 1)=	42.97997
LX( 2)=	1450	HS( 96, 2)=	46.08984
LX( 3)=	2800	HS( 96, 3)=	53.13166
LX( 4)=	4155	HS( 96, 4)=	54.12700
LX( 5)=	5430	HS( 96, 5)=	55.04249
LX( 6)=	8905	HS( 96, 6)=	57.17271
LX( 7)=	9805	HS( 96, 7)=	57.10905
LX( 8)=	11755	HS( 96, 8)=	60.39787
LX( 9)=	14505	HS( 96, 9)=	60.27750
LX(10)=	18555	HS( 96,10)=	61.71503
LX(11)=	19755	HS( 96,11)=	62.94502
LX(12)=	21180	HS( 96,12)=	63.40157
LX(13)=	22430	HS( 96,13)=	63.75283
LX(14)=	23730	HS( 96,14)=	64.10410
LX( 1)=	0	HS(108, 1)=	42.97997
LX( 2)=	1450	HS(108, 2)=	46.08984
LX( 3)=	2800	HS(108, 3)=	53.15491
LX( 4)=	4155	HS(108, 4)=	54.15797
LX( 5)=	5430	HS(108, 5)=	55.10701
LX( 6)=	8905	HS(108, 6)=	57.29992
LX( 7)=	9805	HS(108, 7)=	57.21152
LX( 8)=	11755	HS(108, 8)=	60.51212
LX( 9)=	14505	HS(108, 9)=	60.35402
LX(10)=	18555	HS(108,10)=	61.83700
LX(11)=	19755	HS(108,11)=	63.10936
LX(12)=	21180	HS(108,12)=	63.55534

LX(13)=	22430	HS(108,13)=	63.88292
LX(14)=	23730	HS(108,14)=	64.21052
LX( 1)=	0	HS(120, 1)=	42.97997
LX( 2)=	1450	HS(120, 2)=	46.08984
LX( 3)=	2800	HS(120, 3)=	53.18275
LX( 4)=	4155	HS(120, 4)=	54.18984
LX( 5)=	5430	HS(120, 5)=	55.17299
LX( 6)=	8905	HS(120, 6)=	57.43127
LX( 7)=	9805	HS(120, 7)=	57.31771
LX( 8)=	11755	HS(120, 8)=	60.62930
LX( 9)=	14505	HS(120, 9)=	60.43351
LX(10)=	18555	HS(120,10)=	61.96960
LX(11)=	19755	HS(120,11)=	63.27359
LX(12)=	21180	HS(120,12)=	63.70763
LX(13)=	22430	HS(120,13)=	64.00944
LX(14)=	23730	HS(120,14)=	64.31126

PROGRAM ÇIKTISI  $D_{50}=0.4$  (mm)

MESAFE (m)	TABAN YÜKSEKLİK (m)
LX( 1)= 0	HS( 1, 1)= 42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 1, 2)= 46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 1, 3)= 52.90000
LX( 4)= 4155	HS( 1, 4)= 53.90000
LX( 5)= 5430	HS( 1, 5)= 54.75000
LX( 6)= 8905	HS( 1, 6)= 54.80000
LX( 7)= 9805	HS( 1, 7)= 54.90000
LX( 8)= 11755	HS( 1, 8)= 59.00000
LX( 9)= 14505	HS( 1, 9)= 59.50000
LX(10)= 18555	HS( 1,10)= 61.00000
LX(11)= 19755	HS( 1,11)= 61.50000
LX(12)= 21180	HS( 1,12)= 62.00000
LX(13)= 22430	HS( 1,13)= 62.50000
LX(14)= 23730	HS( 1,14)= 63.00000
LX( 1)= 0	HS( 12, 1)= 42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 12, 2)= 46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 12, 3)= 52.91791
LX( 4)= 4155	HS( 12, 4)= 53.92694
LX( 5)= 5430	HS( 12, 5)= 54.76387
LX( 6)= 8905	HS( 12, 6)= 55.15991
LX( 7)= 9805	HS( 12, 7)= 55.24114
LX( 8)= 11755	HS( 12, 8)= 59.19072
LX( 9)= 14505	HS( 12, 9)= 59.60090
LX(10)= 18555	HS( 12,10)= 61.05592
LX(11)= 19755	HS( 12,11)= 61.68591
LX(12)= 21180	HS( 12,12)= 62.18671
LX(13)= 22430	HS( 12,13)= 62.67156
LX(14)= 23730	HS( 12,14)= 63.15644
LX( 1)= 0	HS( 24, 1)= 42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 24, 2)= 46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 24, 3)= 52.93545

LX( 4)=	4155	HS( 24, 4)=	53.94987
LX( 5)=	5430	HS( 24, 5)=	54.77652
LX( 6)=	8905	HS( 24, 6)=	55.51101
LX( 7)=	9805	HS( 24, 7)=	55.57460
LX( 8)=	11755	HS( 24, 8)=	59.37721
LX( 9)=	14505	HS( 24, 9)=	59.69662
LX(10)=	18555	HS( 24,10)=	61.11647
LX(11)=	19755	HS( 24,11)=	61.87000
LX(12)=	21180	HS( 24,12)=	62.37107
LX(13)=	22430	HS( 24,13)=	62.84041
LX(14)=	23730	HS( 24,14)=	63.30977
LX( 1)=	0	HS( 36, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 36, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 36, 3)=	52.94272
LX( 4)=	4155	HS( 36, 4)=	53.95897
LX( 5)=	5430	HS( 36, 5)=	54.78294
LX( 6)=	8905	HS( 36, 6)=	55.74331
LX( 7)=	9805	HS( 36, 7)=	55.79582
LX( 8)=	11755	HS( 36, 8)=	59.50405
LX( 9)=	14505	HS( 36, 9)=	59.76286
LX(10)=	18555	HS( 36,10)=	61.16414
LX(11)=	19755	HS( 36,11)=	62.02122
LX(12)=	21180	HS( 36,12)=	62.52366
LX(13)=	22430	HS( 36,13)=	62.98069
LX(14)=	23730	HS( 36,14)=	63.43777
LX( 1)=	0	HS( 48, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 48, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 48, 3)=	52.95609
LX( 4)=	4155	HS( 48, 4)=	53.96975
LX( 5)=	5430	HS( 48, 5)=	54.79260
LX( 6)=	8905	HS( 48, 6)=	56.04999
LX( 7)=	9805	HS( 48, 7)=	56.08791
LX( 8)=	11755	HS( 48, 8)=	59.66951
LX( 9)=	14505	HS( 48, 9)=	59.85185
LX(10)=	18555	HS( 48,10)=	61.23760



LX(11)=	19755	HS( 48,11)=	62.19849
LX(12)=	21180	HS( 48,12)=	62.69855
LX(13)=	22430	HS( 48,13)=	63.13946
LX(14)=	23730	HS( 48,14)=	63.58041
LX( 1)=	0	HS( 60, 1)=	42.92215
LX( 2)=	1450	HS( 60, 2)=	46.00108
LX( 3)=	2800	HS( 60, 3)=	52.98180
LX( 4)=	4155	HS( 60, 4)=	53.98810
LX( 5)=	5430	HS( 60, 5)=	54.81116
LX( 6)=	8905	HS( 60, 6)=	56.45448
LX( 7)=	9805	HS( 60, 7)=	56.47222
LX( 8)=	11755	HS( 60, 8)=	59.88561
LX( 9)=	14505	HS( 60, 9)=	59.97232
LX(10)=	18555	HS( 60,10)=	61.35005
LX(11)=	19755	HS( 60,11)=	62.41164
LX(12)=	21180	HS( 60,12)=	62.90335
LX(13)=	22430	HS( 60,13)=	63.32225
LX(14)=	23730	HS( 60,14)=	63.74117
LX( 1)=	0	HS( 72, 1)=	42.92215
LX( 2)=	1450	HS( 72, 2)=	46.00108
LX( 3)=	2800	HS( 72, 3)=	52.99200
LX( 4)=	4155	HS( 72, 4)=	54.00402
LX( 5)=	5430	HS( 72, 5)=	54.82703
LX( 6)=	8905	HS( 72, 6)=	56.70855
LX( 7)=	9805	HS( 72, 7)=	56.71276
LX( 8)=	11755	HS( 72, 8)=	60.02490
LX( 9)=	14505	HS( 72, 9)=	60.05262
LX(10)=	18555	HS( 72,10)=	61.43597
LX(11)=	19755	HS( 72,11)=	62.57708
LX(12)=	21180	HS( 72,12)=	63.06391
LX(13)=	22430	HS( 72,13)=	63.46529
LX(14)=	23730	HS( 72,14)=	63.86671
LX( 1)=	0	HS( 84, 1)=	42.92215
LX( 2)=	1450	HS( 84, 2)=	46.00108
LX( 3)=	2800	HS( 84, 3)=	53.00216
LX( 4)=	4155	HS( 84, 4)=	54.01956
LX( 5)=	5430	HS( 84, 5)=	54.85180

LX( 6)=	8905	HS( 84, 6)=	56.86375
LX( 7)=	9805	HS( 84, 7)=	56.87409
LX( 8)=	11755	HS( 84, 8)=	60.12627
LX( 9)=	14505	HS( 84, 9)=	60.11437
LX(10)=	18555	HS( 84,10)=	61.51196
LX(11)=	19755	HS( 84,11)=	62.72039
LX(12)=	21180	HS( 84,12)=	63.20396
LX(13)=	22430	HS( 84,13)=	63.58905
LX(14)=	23730	HS( 84,14)=	63.97416
LX( 1)=	0	HS( 96, 1)=	42.92215
LX( 2)=	1450	HS( 96, 2)=	46.00108
LX( 3)=	2800	HS( 96, 3)=	53.02398
LX( 4)=	4155	HS( 96, 4)=	54.05052
LX( 5)=	5430	HS( 96, 5)=	54.91724
LX( 6)=	8905	HS( 96, 6)=	57.00410
LX( 7)=	9805	HS( 96, 7)=	56.98353
LX( 8)=	11755	HS( 96, 8)=	60.24862
LX( 9)=	14505	HS( 96, 9)=	60.19646
LX(10)=	18555	HS( 96,10)=	61.63691
LX(11)=	19755	HS( 96,11)=	62.91264
LX(12)=	21180	HS( 96,12)=	63.38707
LX(13)=	22430	HS( 96,13)=	63.74759
LX(14)=	23730	HS( 96,14)=	64.10815
LX( 1)=	0	HS(108, 1)=	42.92215
LX( 2)=	1450	HS(108, 2)=	46.00108
LX( 3)=	2800	HS(108, 3)=	53.03550
LX( 4)=	4155	HS(108, 4)=	54.07469
LX( 5)=	5430	HS(108, 5)=	54.96571
LX( 6)=	8905	HS(108, 6)=	57.11251
LX( 7)=	9805	HS(108, 7)=	57.06567
LX( 8)=	11755	HS(108, 8)=	60.33860
LX( 9)=	14505	HS(108, 9)=	60.25919
LX(10)=	18555	HS(108,10)=	61.74213
LX(11)=	19755	HS(108,11)=	63.07106
LX(12)=	21180	HS(108,12)=	63.53918
LX(13)=	22430	HS(108,13)=	63.87817
LX(14)=	23730	HS(108,14)=	64.21717

LX( 1)=	0	HS(120, 1)=	42.92215
LX( 2)=	1450	HS(120, 2)=	46.00108
LX( 3)=	2800	HS(120, 3)=	53.05133
LX( 4)=	4155	HS(120, 4)=	54.10066
LX( 5)=	5430	HS(120, 5)=	55.01733
LX( 6)=	8905	HS(120, 6)=	57.21959
LX( 7)=	9805	HS(120, 7)=	57.15000
LX( 8)=	11755	HS(120, 8)=	60.43122
LX( 9)=	14505	HS(120, 9)=	60.32512
LX(10)=	18555	HS(120,10)=	61.85832
LX(11)=	19755	HS(120,11)=	63.23013
LX(12)=	21180	HS(120,12)=	63.69068
LX(13)=	22430	HS(120,13)=	64.00606
LX(14)=	23730	HS(120,14)=	64.32146

PROGRAM ÇIKTISI  $D_{50}=0.5$  (mm)

MESAFE (m)	TABAN YÜKSEKLİK (m)
LX( 1)= 0	HS( 1, 1)= 42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 1, 2)= 46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 1, 3)= 52.90000
LX( 4)= 4155	HS( 1, 4)= 53.90000
LX( 5)= 5430	HS( 1, 5)= 54.75000
LX( 6)= 8905	HS( 1, 6)= 54.80000
LX( 7)= 9805	HS( 1, 7)= 54.90000
LX( 8)= 11755	HS( 1, 8)= 59.00000
LX( 9)= 14505	HS( 1, 9)= 59.50000
LX(10)= 18555	HS( 1,10)= 61.00000
LX(11)= 19755	HS( 1,11)= 61.50000
LX(12)= 21180	HS( 1,12)= 62.00000
LX(13)= 22430	HS( 1,13)= 62.50000
LX(14)= 23730	HS( 1,14)= 63.00000
LX( 1)= 0	HS( 12, 1)= 42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 12, 2)= 46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 12, 3)= 52.91191
LX( 4)= 4155	HS( 12, 4)= 53.91794
LX( 5)= 5430	HS( 12, 5)= 54.75930
LX( 6)= 8905	HS( 12, 6)= 55.10150
LX( 7)= 9805	HS( 12, 7)= 55.18628
LX( 8)= 11755	HS( 12, 8)= 59.16204
LX( 9)= 14505	HS( 12, 9)= 59.58670
LX(10)= 18555	HS( 12,10)= 61.04927
LX(11)= 19755	HS( 12,11)= 61.68190
LX(12)= 21180	HS( 12,12)= 62.18407
LX(13)= 22430	HS( 12,13)= 62.66967
LX(14)= 23730	HS( 12,14)= 63.15528
LX( 1)= 0	HS( 24, 1)= 42.92000
LX( 2)= 1450	HS( 24, 2)= 46.00000
LX( 3)= 2800	HS( 24, 3)= 52.92357

LX( 4)=	4155	HS( 24, 4)=	53.93309
LX( 5)=	5430	HS( 24, 5)=	54.76754
LX( 6)=	8905	HS( 24, 6)=	55.40133
LX( 7)=	9805	HS( 24, 7)=	55.47144
LX( 8)=	11755	HS( 24, 8)=	59.32304
LX( 9)=	14505	HS( 24, 9)=	59.66962
LX(10)=	18555	HS( 24,10)=	61.10209
LX(11)=	19755	HS( 24,11)=	61.86178
LX(12)=	21180	HS( 24,12)=	62.36585
LX(13)=	22430	HS( 24,13)=	62.83678
LX(14)=	23730	HS( 24,14)=	63.30772
LX( 1)=	0	HS( 36, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 36, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 36, 3)=	52.92761
LX( 4)=	4155	HS( 36, 4)=	53.93871
LX( 5)=	5430	HS( 36, 5)=	54.77131
LX( 6)=	8905	HS( 36, 6)=	55.57755
LX( 7)=	9805	HS( 36, 7)=	55.63933
LX( 8)=	11755	HS( 36, 8)=	59.42193
LX( 9)=	14505	HS( 36, 9)=	59.72159
LX(10)=	18555	HS( 36,10)=	61.14062
LX(11)=	19755	HS( 36,11)=	62.00839
LX(12)=	21180	HS( 36,12)=	62.51580
LX(13)=	22430	HS( 36,13)=	62.97545
LX(14)=	23730	HS( 36,14)=	63.43513
LX( 1)=	0	HS( 48, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 48, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 48, 3)=	52.93505
LX( 4)=	4155	HS( 48, 4)=	53.94600
LX( 5)=	5430	HS( 48, 5)=	54.77740
LX( 6)=	8905	HS( 48, 6)=	55.83417
LX( 7)=	9805	HS( 48, 7)=	55.88401
LX( 8)=	11755	HS( 48, 8)=	59.56242
LX( 9)=	14505	HS( 48, 9)=	59.79753
LX(10)=	18555	HS( 48,10)=	61.20421

LX(11)=	19755	HS( 48,11)=	62.18122
LX(12)=	21180	HS( 48,12)=	62.68845
LX(13)=	22430	HS( 48,13)=	63.13308
LX(14)=	23730	HS( 48,14)=	63.57774
LX( 1)=	0	HS( 60, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 60, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 60, 3)=	52.95459
LX( 4)=	4155	HS( 60, 4)=	53.96195
LX( 5)=	5430	HS( 60, 5)=	54.79153
LX( 6)=	8905	HS( 60, 6)=	56.20362
LX( 7)=	9805	HS( 60, 7)=	56.23548
LX( 8)=	11755	HS( 60, 8)=	59.76090
LX( 9)=	14505	HS( 60, 9)=	59.90876
LX(10)=	18555	HS( 60,10)=	61.30998
LX(11)=	19755	HS( 60,11)=	62.39202
LX(12)=	21180	HS( 60,12)=	62.89237
LX(13)=	22430	HS( 60,13)=	63.31573
LX(14)=	23730	HS( 60,14)=	63.73909
LX( 1)=	0	HS( 72, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 72, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 72, 3)=	52.96066
LX( 4)=	4155	HS( 72, 4)=	53.97125
LX( 5)=	5430	HS( 72, 5)=	54.80078
LX( 6)=	8905	HS( 72, 6)=	56.41449
LX( 7)=	9805	HS( 72, 7)=	56.43592
LX( 8)=	11755	HS( 72, 8)=	59.87895
LX( 9)=	14505	HS( 72, 9)=	59.97750
LX(10)=	18555	HS( 72,10)=	61.38447
LX(11)=	19755	HS( 72,11)=	62.55286
LX(12)=	21180	HS( 72,12)=	63.05098
LX(13)=	22430	HS( 72,13)=	63.45816
LX(14)=	23730	HS( 72,14)=	63.86537
LX( 1)=	0	HS( 84, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 84, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 84, 3)=	52.96733
LX( 4)=	4155	HS( 84, 4)=	53.98060
LX( 5)=	5430	HS( 84, 5)=	54.81022

LX( 6)=	8905	HS( 84, 6)=	56.59023
LX( 7)=	9805	HS( 84, 7)=	56.60264
LX( 8)=	11755	HS( 84, 8)=	59.97791
LX( 9)=	14505	HS( 84, 9)=	60.03715
LX(10)=	18555	HS( 84,10)=	61.45459
LX(11)=	19755	HS( 84,11)=	62.69461
LX(12)=	21180	HS( 84,12)=	63.19078
LX(13)=	22430	HS( 84,13)=	63.58232
LX(14)=	23730	HS( 84,14)=	63.97388
LX( 1)=	0	HS( 96, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS( 96, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS( 96, 3)=	52.98156
LX( 4)=	4155	HS( 96, 4)=	54.00415
LX( 5)=	5430	HS( 96, 5)=	54.83783
LX( 6)=	8905	HS( 96, 6)=	56.88768
LX( 7)=	9805	HS( 96, 7)=	56.88107
LX( 8)=	11755	HS( 96, 8)=	60.14512
LX( 9)=	14505	HS( 96, 9)=	60.14064
LX(10)=	18555	HS( 96,10)=	61.58489
LX(11)=	19755	HS( 96,11)=	62.89135
LX(12)=	21180	HS( 96,12)=	63.37695
LX(13)=	22430	HS( 96,13)=	63.74321
LX(14)=	23730	HS( 96,14)=	64.10953
LX( 1)=	0	HS(108, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS(108, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS(108, 3)=	52.98622
LX( 4)=	4155	HS(108, 4)=	54.02312
LX( 5)=	5430	HS(108, 5)=	54.87431
LX( 6)=	8905	HS(108, 6)=	56.98238
LX( 7)=	9805	HS(108, 7)=	56.94946
LX( 8)=	11755	HS(108, 8)=	60.21745
LX( 9)=	14505	HS(108, 9)=	60.19275
LX(10)=	18555	HS(108,10)=	61.67603
LX(11)=	19755	HS(108,11)=	63.04435
LX(12)=	21180	HS(108,12)=	63.52700
LX(13)=	22430	HS(108,13)=	63.87347
LX(14)=	23730	HS(108,14)=	64.21997

LX( 1)=	0	HS(120, 1)=	42.92000
LX( 2)=	1450	HS(120, 2)=	46.00000
LX( 3)=	2800	HS(120, 3)=	52.99428
LX( 4)=	4155	HS(120, 4)=	54.04531
LX( 5)=	5430	HS(120, 5)=	54.91669
LX( 6)=	8905	HS(120, 6)=	57.07606
LX( 7)=	9805	HS(120, 7)=	57.02045
LX( 8)=	11755	HS(120, 8)=	60.29621
LX( 9)=	14505	HS(120, 9)=	60.25041
LX(10)=	18555	HS(120,10)=	61.77996
LX(11)=	19755	HS(120,11)=	63.19932
LX(12)=	21180	HS(120,12)=	63.67741
LX(13)=	22430	HS(120,13)=	64.00183
LX(14)=	23730	HS(120,14)=	64.32629



## KAYNAKLAR

ALMELAAKE, J., 1985 Principles Of Fluid Mechanics volume 1 and 2. Bagdad Üniversitesi Matbaası

Bayazıt, M., 1971. Hareketli Tabanlı Akımların Hidroliği. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası

Chow, V.T., 1959. Open-Channel Hydraulics. Mc craw-Hill Book Company Tokyo

Crausse, E., 1964. Permanan Rejimdeki Acık Kanalların Hidroliği. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası

D.S.I. 1989. Post- Graduate Course In Sediment Transport Technology. Volume 1 and 2. Genel Directoreate of state Hydraulic Technical Research And Quality Control Department Ankara.

Durgunoğlu Ali, Yücel Öner, 1978. Baraj Göllerinde Çökelpmenin Ardışık kesimler Yöntemiyle İncelenmesi. Unesco Uluslararası Hidroloji Programı Türkiye Komitesi Erozyon ve Sedimentasyon Çalışma Grubu.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, ---- Su yılı. Akım Değerleri. E.İ.E.İ. Gnl. Md. Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı Ankara.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü, 1983. Aylık Ortalama Akımlar. E.İ.E.İ. Matbaası Ankara.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü, 1987 Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları E.İ.E.İ. Matbaası Ankara.

Graf, W.H., 1979 Hydraulics Of Sediment Transport. McGraw-Hill Book Company. New York st. Louis San Francisco

Henry M. Morris, James M. Wiggert, 1971. Applied Hydraulics In Engineering Second Edition. John Wiley And Son Inc. New York.

Mahmood, K., 1987. Reservoir Sedimentation. The World Bank Washington, D.C.

Öner Yücel and Walter H. Graf, 1983. Bed Load Deposition In Reservoirs Proc. of IAHR. Vol. 1, 15 th Congress, Istanbul, Turkey

**TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans tez konumun seçiminde ve çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. M. Salih KIRKGÖZ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda tez çalışmalarım sırasında ve Adanadaki bulunduğum sürede benden yakın dostluklarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Araştırma Görevlileri Fikret ANLI ve Mehmet ARDİCLİOĞLU'na teşekkür ederim

**ÖZGEÇMİŞ**

1958 Yılında Irak'ın Bağdat şehrinde doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Bağdat'ta tamamladım. 1976 Yılında Basra Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdim. 1980 Yılında mezun oldum. Irak'ta çeşitli dairelerde çalıştım. 1987 Yılında Türkiye'ye geldim. Aynı yılda Ankarada 6 ay Türkçe kursu aldım ve 1988 Yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim dalında Yüksek Lisans öğrenimime başladım. Evli ve bir Çocuk babasıyım.