

**BARAJLARDA GÜVENİLİRLİK VE DOLUSAVAK
BOYUTLARININ RİSK DÜZEYİNE ETKİSİ**

104242

104242

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Kasım YENİGÜN
(501952029)**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Aralık 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Mayıs 2001**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cevat ERKEK (İTÜ)

[Signature]

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU (İTÜ)

[Signature]

Prof. Dr. Zekai ŞEN (İTÜ)

[Signature]

Prof. Dr. Sabahattin UÇ (YTÜ)

[Signature]

Prof. Lütfi SALTABAŞ (SAÜ)

[Signature]

MAYIS 2001

ÖNSÖZ

Beş yıllık yoğun bir temponun, ciddi ve titiz bir çalışmanın ürünü olan bu eserin gerçekleştirilmesinde yakın ilgi, hoşgörü ve desteğini gördüğüm kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Cevat ERKEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca bu yoğun çalışma döneminde benim için itici bir kuvvet olan aileme de teşekkür ediyorum.

Kasım YENİGÜN
Mayıs 2001



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Konunun Önemi	2
1.3. Çalışmanın Amacı	2
1.4. Çalışmanın Düzeni	4
2. BARAJLARDA GÜVENLİK PROBLEMLERİ	6
2.1. Güvenlik Tanımlamaları	6
2.2. Sistem Güvenliğine Bakış	8
2.3. Bir Sistemde Tehlikenin Sınıflandırılması	9
2.4. Barajlarda Güvenlik	10
2.5. Baraj Kazaları	11
2.6. Baraj Güvenliğinin Sınırları	15
2.7. Baraj Güvenlik Programlarında Bileşenler	15
2.8. Türkiye’de İşletme ve İnşa Halindeki Barajların Hidrolojik Yönden Güvenlik Kontrolü	16
2.9. Bir Barajda Faaliyetlerin ve Risklerin Ayrıştırılması	18
2.10. Baraj Yetersizliklerinin Nedenleri	19
2.11. Barajları Etkileyen Yetersizlik Faktörleri	23
2.11.1. Temelle ilgili sorunlar	23
2.11.2. Sızıntı	23
2.11.3. Erozyon	24
2.11.4. Dolgu hareketi	24
2.11.5. Akışkanlık	25
2.11.6. Betonun bozulması	25
2.11.7. İndüklenmiş depremler	26
2.11.8. Su alma yapılarında yetersizlik	26
2.11.9. Tahrip	27
2.11.10. Toprak kayması ve kaya düşmesi	27
2.11.11. Hava payı	27
2.12. Dolusavak problemleri	28

2.12.1. Dolusavaklarda güvenli kapasite	28
2.12.2. Dolusavak yetersizliği ve güvenlik değerlendirmeleri	30
2.12.3. Baraj güvenliği açısından dolusavak kapakları	32
3. RİSK VE GÜVENİLİRLİK	35
3.1 Risk Nedir ?	35
3.2 Risk Analizi ve Mühendisliği	38
3.2.1 Risk analizinin kapsamı	38
3.2.2 Risk analizi bilgisayar yazılımı	39
3.2.3 Risk analizi yöntem tasarımı	40
3.2.4 Risk analizi ve uzman raporları	40
3.2.5 Risk analizi çalışma grubu yönetimi	40
3.3 Risk Analizine Risk Mühendisliği Yaklaşımı	41
3.4 Risk Analizinin Faydaları	41
3.5 Risk Analizinin Performansı	45
3.6 Risk Analizi Uygulamaları	46
3.6.1 Klasik güvenlik uygulamaları	46
3.6.2 BC Hydro örneğinde baraj güvenliği programı ve PRA	49
3.6.2.1. PRA'nın yöntemi	51
3.6.3 İsviçre deneyimi	53
3.7 Risk Analizinde Yaklaşım	56
3.8 Risk Analizinin Elemanları	60
3.9 Risk Değerlendirmeleri	62
3.9.1 Büyük projelerde ekonomik risk değerlendirmeleri	63
3.10 Hidrolojide Risk ve Güvenilirlik	65
3.11 Baraj Güvenliği İçin Risk Analizi	66
3.12. Risk Değerlendirmelerinde Hedef	68
4. RİSK HESAPLAMA YÖNTEMLERİ	71
4.1. Güvenilirlik Analizi İşlemleri	71
4.2. Risk Hesaplama Yöntemlerinin Genel Karşılaştırması	73
4.2.1. İskontolu akış modelleri	73
4.2.2. Duyarlılık analizi	73
4.2.3. Analitik yöntemler	73
4.2.3.1. Fayda-maliyet analizi	73
4.2.3.2. İkincil moment yaklaşımı	74
4.2.3.3. Dört moment yaklaşımı	74
4.2.3.4. Simülasyon	75
4.2.4. Nümerik yöntemler	75
4.2.4.1. Fonksiyonel integrasyon	75
4.2.4.2. Nümerik integrasyon	75
4.2.5. Dönüş aralığı yöntemi	76
4.2.6. Emniyet faktörü yöntemi	79
4.2.7. Doğrudan integrasyon yöntemi	80
4.2.8. Monte Carlo simülasyon yöntemi	82
4.2.9. Güvenilirlik indeksi yöntemi	82
4.3. Birinci Derece İkincil Moment Yöntemleri	83
4.3.1. Yöntemlerin genel tanıtımı	83
4.3.2. Ortalama değer birinci derece ikincil moment yöntemi (MFOSM)	84

4.3.3	İleri birinci derece ikincil moment yöntemi (AFOSM)	87
4.3.4.	Normal dağılıma uymayan rasgele değişkenler	88
4.4.	Risk Hesaplama Yöntemlerinin Genel Değerlendirmesi	91
5.	BARAJ_RİSK PROGRAMININ GELİŞTİRİLMESİ	94
5.1.	Programın Amacı	94
5.2.	Programın Özellikleri	95
5.3.	Programın Girdileri	97
5.4.	Programın Çalışması ve Çıktıları	100
5.5.	Programın Akış Şeması	104
6.	BARAJ_RİSK PROGRAMINDA VERİLERİN İŞLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	106
6.1.	Veri Tabanının Oluşturulması	106
6.2.	Risk Analizi Uygulanacak Barajlara Ait Veriler ve Sonuç Raporları	106
6.3.	Raporların Değerlendirilmesi	108
6.3.1.	Boyut rehabilitasyonunun değerlendirilmesi	108
6.3.2.	Hazne sönmleme faktörünün etkisi	109
6.4.	Risk Analizi Uygulanan Barajların Karşılaştırılması	110
6.5.	Boyut Rehabilitasyonu Uygulanan Barajlarda Riskin Değişimi	112
6.5.1.	Manavgat barajı	112
6.5.2.	Çatalan barajı	114
6.5.3.	Oymapınar barajı	116
6.6.	Hazne Sönmleme Faktörünün Risk Değerine Etkisi	118
6.7.	Risklerin Sabit Değerleri İçin Dolusavak Boyutlarının Değişimi	121
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	125
	KAYNAKLAR	130
	EKLER	140
	ÖZGEÇMİŞ	191

KISALTMALAR

AFOSM	: Advanced First Order Second Moment (= İleri Birinci Derece İkincil Moment Yöntemi)
ANCOLD	: Australian Committee on Large Dams
ASCE	: American Society of Civil Engineers (Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği)
BC	: British Columbia (Kanada)
BP	: British Petroleum
CFA	: Consolidated Frequency Analysis Package
CVP	: Cost-Volume-Profit Analysis (= Fayda-Maliyet Analizi)
DCF	: Discounted Cash Flows (= İskontolu Akış Modeli)
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ICDS	: Interagency Committee on Dam Safety
ICOLD	: International Committee on Large Dams
MFOSM	: Mean Value First Order Second Moment (= Ortalama Değer Birinci Derece İkincil Moment Yöntemi)
OMT	: Olası Maksimum Taşkın
OMY	: Olası Maksimum Yağış
PMF	: Probable Maximum Flood (= Olası Maksimum Taşkın)
PMP	: Probable Maximum Precipitation (= Olası Maksimum Yağış)
PRA	: Probabilistic Risk Analysis (= Probabilistik Risk Analizi)
PT	: Proje Taşkını
UK	: United Kingdom (= Birleşik Krallık, İngiltere)
USA	: United States of America (= Amerika Birleşik Devletleri)
USACE	: United States Army Corps of Engineers (Birleşik Devletler Ordusu Mühendisler Birliği)
USBR	: United States Bureau of Reclamation
USCOLD	: United States Committee on Large Dams

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Hasarın şiddete göre sınıflandırılması	9
Tablo 2.2. Tehlike ile ilgili karar/çözüm işlemleri	9
Tablo 2.3. Büyük baraj yetersizlikleri	12
Tablo 2.4. ABD ve 43 ICOLD üyesi ülkede büyük barajlardaki olay istatistikleri	13
Tablo 2.5. Barajların yaşlarına göre olay olasılıkları	13
Tablo 2.6. Baraj tiplerine göre olay olasılıkları	14
Tablo 2.7. Barajların büyüklüğüne göre olay olasılıkları	14
Tablo 2.8. Kulga (1997)'ya göre kritik bulunan barajlar	17
Tablo 2.9. Bir barajda inşaat faaliyetleri	18
Tablo 2.10. İnşaata uygulanan riskler	18
Tablo 2.11. Bir barajın göçme modları	19
Tablo 2.12. Nedenlerine göre olayların olasılıkları	21
Tablo 2.13. Barajların yetersizliklerinin nedenleri	21
Tablo 3.1. Risk mühendisliği yaklaşımında proje adımları ve detaylar	39
Tablo 3.2. Risk analizinin elemanları	60
Tablo 3.3. İnşaat aşamasındaki risk analizinin ana özellikleri	61
Tablo 4.1. Hidrolik tasarımlar için güvenilirlik analizi yöntemlerinden seçilmiş uygulamalar	92
Tablo 4.2. Risk hesaplama yöntemlerinin genel karşılaştırması	93
Tablo 6.1. Hancıoğlu, Hacıhıdır ve Kürtün barajları için risk analizi özet raporu	110
Tablo 6.2. Manavgat, Çatalan ve Oymapınar barajlarında rehabilitasyon raporu	111
Tablo 6.3. Manavgat barajında değişken yükseklikli dolusavak boyutları için risk	112
Tablo 6.4. Manavgat barajında değişken genişlikli dolusavak boyutları için risk	113
Tablo 6.5. Çatalan barajı için değişken yükseklikli dolusavak boyutları için risk	114
Tablo 6.6. Çatalan barajı için değişken genişlikli dolusavak boyutları için risk	115
Tablo 6.7. Oymapınar barajında değişken yükseklikli dolusavak boyutları için risk	116
Tablo 6.8. Oymapınar barajında değişken genişlikli dolusavak boyutları için risk	117
Tablo 6.9. Manavgat barajı için değişken rezervuar değerlerinde riskin değişimi	118

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 6.10. Çatalan barajı için değişken rezervuar değerlerinde riskin değişimi	119
Tablo 6.11. Oymapınar barajı için değişken rezervuar değerlerinde riskin değişimi	120
Tablo 6.12. Manavgat barajı için aynı risk değerini veren değişik dolusavak boyutları	122
Tablo 6.13. Çatalan barajı için aynı risk değerini veren değişik dolusavak boyutları	123
Tablo 6.14. Oymapınar barajı için aynı risk değerini veren değişik dolusavak boyutları	124



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Yük ve dayanım kapasitesi için olasılık yoğunluk fonksiyonları	37
Şekil 3.2. Davranış fonksiyonu Z'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu	37
Şekil 3.3. İngiltere sağlık ve güvenlik idaresi tarafından hazırlanan ulaştırma çalışmalarının büyük riskleri için geliştirilmiş risk kriterleri	44
Şekil 3.4. Baraj güvenliği değerlendirmeleri ve gelişimi	50
Şekil 3.5. Proje taşkını yıkılma modları için hidrolojik olay ağacı	56
Şekil 3.6. Risk analizi çalışmasının yöntemi	57
Şekil 3.7. Geleneksel karar işlemleri	63
Şekil 3.8. Risk analizi karar işlemleri	63
Şekil 3.9. Yeni tehlike karar analizi şeması	64
Şekil 5.1. Baraj_risk programı ana kodu başlangıç sayfası	96
Şekil 5.2. Derle (Compile) komutunun verilmesi	97
Şekil 5.3. Derle (Compile)işlemi sonucu	98
Şekil 5.4. Uygula (Execute) komutunun verilmesi	98
Şekil 5.5. Programa girilen baraj verileri	99
Şekil 5.6. Programa girilen dolusavak verileri	100
Şekil 5.7. Uygula (Execute) komutu sonucu ekranda bilgilerin alınışı	102
Şekil 5.8. Programın uygulama ve rapor dosyalarının çağırılması işlemi	103
Şekil 5.9. Yazdırılmak üzere hazırlanan rapor dosyası başlangıç sayfası	104
Şekil 5.10. BARAJ_RISK Programı akış şeması	105
Şekil 6.1. Manavgat barajında MFOSM yöntemine göre risk değişimi	112
Şekil 6.2. Manavgat barajında AFOSM yöntemine göre risk değişimi	112
Şekil 6.3. Manavgat barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi	113
Şekil 6.4. Manavgat barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi	113
Şekil 6.5. Çatalan barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi	114
Şekil 6.6. Çatalan barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi	114
Şekil 6.7. Çatalan barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi	115
Şekil 6.8. Çatalan barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi	115
Şekil 6.9. Oymapınar barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi	116
Şekil 6.10. Oymapınar barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi	116
Şekil 6.11. Oymapınar barajında MFOSM yöntemine göre risk değişimi	117
Şekil 6.12. Oymapınar barajında AFOSM yöntemine göre risk değişimi	117
Şekil 6.13. Manavgat barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (değişik rezervuar seviyelerinde)	118
Şekil 6.14. Manavgat barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi (değişik rezervuar seviyelerinde)	118
Şekil 6.15. Çatalan barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (değişik rezervuar seviyelerinde)	119
Şekil 6.16. Çatalan barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi (değişik rezervuar seviyelerinde)	119

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 6.17. Oymapınar barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (değişik rezervuar seviyelerinde)	120
Şekil 6.18. Oymapınar barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi (değişik rezervuar seviyelerinde)	120
Şekil 6.19. Manavgat barajında benzer risk değerlerini veren dolusavak boyutlarının değişimi	122
Şekil 6.20. Çatalan barajı için benzer risk değerlerini veren dolusavak boyutlarının değişimi	123
Şekil 6.21. Oymapınar barajı için benzer risk değerlerini veren dolusavak boyutlarının değişimi	124



SEMBOL LİSTESİ

$\phi (.)$	: Standart normal değişken olasılık yoğunluk ordinatı,
β	: Güvenilirlik indeksi
$\phi(.)$	: Standart normal değişkenin eklenik olasılığı.
α, U	: Gumbel dağılımında ölçek ve yer parametresi
C	: Yapının dayanım kapasitesi
d	: Su derinliği (m)
F	: Rüzgarın estiği su yüzeyinin feç uzunluğu (km)
$f_C(C)$	: Dayanım kapasitesinin olasılık yoğunluk fonksiyonu
$f_L(F)$	: Yükün olasılık yoğunluk fonksiyonu
$f_{xi}(x_i^*)$	: x_i^* noktasındaki orijinal olasılık yoğunluk ordinatı.
$F_{xi}(x_i^*)$	: x_i^* noktasında hesaplanan orijinal eklenik olasılığı.
$F_Z(Z)$	: Z'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu
H	: Dolusavak yükü
HE	: Dolusavak eşik kotu
HM	: Maksimum su kotu
K	: Kapak sayısı
L	: Yük
N	: Gözlem yapılan yıl sayısı
n	: Proje ömrü
$P(x), P(y)$	: Dağılım fonksiyonları
P	: Olasılık
P_f	: Risk
Q	: Proje debisi
S	: Hazne sönmleme faktörü
σ_s	: Hazne sönmleme faktörü standart sapması
Tr	: Dönüş aralığı
V	: Baraj yüzeyine dik rüzgar hızı (km/s)
x, y	: İki temel değişken
X_i	: N yıl içinde i'inci yıldaki taşkın debisi
$x_{xi}^{-N}, \sigma_{xi}^{-N}$	: x_i değişkeninin eşdeğer normal dağılımının ortalama ve standart sapması
Z	: Yük farkını tanımlayan değişken
$z=f(x,y)$	: P(z)'nin dağılım fonksiyonunun

BARAJLARDA GÜVENİLİRLİK VE DOLUSAVAK BOYUTLARININ RİSK DÜZEYİNE ETKİSİ

ÖZET

Stokastik özellik gösteren hidrolojik verilerden hareketle projelendirilen ve pek çok amacın göz önünde bulundurulduğu barajlarda, zaman zaman yetersizlikler görüldüğü, yıkılma veya devre dışı kalma şeklinde olumsuzluklarla karşılaşıldığı bir gerçektir. Mühendislik çalışmalarında bir yandan dikkatli projelendirme, kaliteli imalat ve optimal işletme gibi konulara ağırlık verilirken bir yandan da barajlar için risk oluşturan konuların belirlenmesi ve bunlara karşı nasıl hazırlıklı olunacağı konusu önem kazanmıştır.

Bu çalışma çerçevesinde;

Bölüm 1’de genel anlamıyla baraj mühendisliğinde güvenlik değerlendirmelerinin önemi, yapılması gereken risk analizi ve rehabilitasyon çalışmalarının amacı ve düzeni açıklanmıştır.

Bölüm 2’de güvenlik kavramı üzerinde durulmuş, barajları etkileyen yetersizlik faktörleri incelenerek bunlar içerisinde dolusavak güvenliği ve kapasitesinin önemi irdelenmiştir. Literatür çalışmaları sonucunda dolusavak taşkın riskinin baraj için öncelikli öneme sahip olduğu belirlenmiştir.

Bölüm 3’te risk kavramı ele alınmış, risk mühendisliğine genel bir yaklaşımla girilerek risk analizinin faydaları belirtilmiş ve bazı uygulamalarından söz edilerek risk değerlendirmeleri için hedefler ve sınırlar vurgulanmıştır.

Bölüm 4’te günümüzde geçerli risk hesaplama yöntemleri ele alınmış ve karşılaştırılmıştır. Bunlar içerisinde öne çıkan birinci derece ikincil moment yöntemleri üzerinde durulmuş ve ayrıntılı incelenmiştir.

Bölüm 5’te mevcut (veya planlanan, veya inşa halindeki) barajlarda dolusavakların gözlenmiş taşkın değerleri karşısındaki güvenlik düzeylerinin belirlenmesi ve ortaya çıkabilecek bir riskten hareketle, bilinmesi gereken rehabilitasyon değerlerini belirlemek ve teknik ve mali analize hazır veri oluşturmak amacıyla JAVA ortamında (BARAJ_RISK) programı geliştirilmiştir.

Bölüm 6’da geliştirilen BARAJ_RISK programı kullanılarak Hancağız, Hacıhıdır, Kürtün, Manavgat, Çatalan ve Oymapınar barajları için risk analizi yapılmış ve riskli bulunan barajlar için boyut rehabilitasyonu için uygun değerler elde edilmiştir. Aynı bölümde, farklı dolusavak boyutları ve hazne sönümlleme faktörleri için riskin değişimini gösteren tablo ve grafikler verilmiştir. Bunlar içinde, dolusavaklar için boyut bakımından risksiz bölgenin gösterilmesi ve hazne sönümlleme faktörünün değişiminin riske etkisi anlamlı bulunmuştur.

Bölüm 7’de bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş, hazırlanan bilgisayar programının özellikleri ve yapılan uygulamaların sonuçları, risk değerlendirmeleri kapsamında irdelenmiştir.

RELIABILITY IN DAMS AND THE EFFECTS OF SPILLWAY DIMENSIONS ON RISK LEVELS

SUMMARY

Throughout the world, insufficiencies have been observed in dams designed with consideration given to meteorological and hydrological data, which are stochastic in nature, and with multiple purposes in mind. As early as the very year of construction, some of these dams have suffered accidents, collapse, or failure to function. In engineering projects, while attention is given to careful planning, quality of production and optimal operations, another subject has gained in importance: the determination of factors that create risks for the dam and precautions that can be taken against these.

In section 1, the general importance of safety evaluations in dam engineering, the risk analysis that needs to be performed, and the purpose and design of rehabilitation projects are explained.

In section 2, the concept of safety is dealt with. Areas in which inadequacy may affect dams are identified and, of these, spillway safety and capacity are examined. In the literature, it is stated that the risk of spillway overflow makes up a significant proportion of the risks faced in dam operations.

In section 3, the concept of risk is considered. A general approach is taken to risk engineering, the benefits of risk analysis are identified and goals and limits are stated for the evaluation of risk in certain applications.

In section 4, currently practiced methods of risk calculation are considered and compared. The foremost of these, the first-degree secondary moment methods, are examined at length.

In section 5, a computer program is discussed that was prepared in the Java language (DAM_RISK) with the aim of determine the safety levels of spillways in existing dams (or dams in the planning or construction phase) with regard to observed overflow values and, in consideration of a possible risk, determining the rehabilitation values that need to be known, thus producing data ready for technical and financial analysis.

In section 6, the DAM_RISK program is used in order to perform risk analysis for the Hancağız, Hacıhıdır, Kürtün, Manavgat, Çatalan and Oymapınar dams, and values suitable for dimension rehabilitation are obtained for those dams found to be at risk. In the same section, tables and graphics are produced showing different spillway dimensions and the change in risk for the reservoir damping factors. The most important of these for planners and risk evaluators is the figure showing the riskless region in spillway dimensions.

In section 7, lastly, various features of the computer program and areas in which it might be further developed are considered in detail, and the results of the applications carried out are examined in terms of risk evaluations.

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Gelişen dünyamızda büyük bir hızla artan nüfus ve buna paralel olarak gelişen sanayi ile tarımsal faaliyetlerden beklenen üretim artışı insanoğlunu suyu daha dikkatli kullanmaya ve bu konuda ciddi çalışmalar yapmaya itmektedir. Hatta artan ihtiyaçlar karşısında su kaynakları yer yer ve zaman zaman yetersiz kalmaktadır.

Öte yandan diğer doğal kaynaklardan farklı olarak su, yaşamın ana unsurunu oluşturduğundan, ekonomik değeri yanında sosyal bir nitelik taşımakta ve bu özelliği ile teknik verilerden soyutlanarak politik amaçlar için bile kullanılmaya çok uygun bir ortam oluşturmaktadır (Bilen, 1996).

Yaşamın vazgeçilmez ögesi olan suyun sağlanmasının ve depolanmasının yanı sıra özellikle günümüzün vazgeçilmez enerji kaynağı haline gelen elektriğin eş zamanlı ve çevreyi kirletmeyecek bir şekilde elde edilmesine olanak sağlayan barajların, ülkemiz gibi düzensiz rejimlere sahip akarsuları ile düşünüldüğünde önemi oldukça açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Tarih boyunca çeşitli amaçlar için kullanılan barajlar sadece hidroelektrik enerji üretimi ile kalmamakta, içme-sanayi-kullanma suyu eldesi, akış düzenleme, taşkın kontrolü, ulaşım, çevre korunması, kirlilik kontrolü, turizm, balıkçılık ve daha birçok amaca hizmet etmektedir. İnsanların barajlara olan istemi de her geçen gün artmaktadır (Landels, 1996).

Ancak bu tesislerin inşa maliyetlerinin yüksekliği, giderek daha az yerde baraj yapılabilmesi ve eski barajlardan bazılarının rehabilitasyona ihtiyaç duyar hale gelmesi; planlamacı ve uygulayıcılara baraj yapımı ile birlikte bu barajların nasıl korunacağı, ne şekilde uzun ömürlü ve verimli çalıştırılacağı, risk

olarak kabul edilen tehlikelere karşı nasıl hazırlıklı olunacağı gibi konuları düşünmeye itmektedir.

1.2. Konunun Önemi

Stokastik (rasgele) özellik gösteren meteorolojik ve hidrolojik olaylardan hareketle projelendirilen ve pek çok amacın göz önünde bulundurulduğu barajlarda, ilk yapıldığı yıllardan beri dünya üzerinde çeşitli yerlerde yetersizlikler görüldüğü, kaza-yıkılma veya devre dışı kalma şeklindeki olumsuzluklarla karşılaşıldığı bir gerçektir.

Mühendisler buradan hareketle yapılan her yeni barajda daha çok ve düzenli veri, daha ileri teknoloji daha dikkatli projelendirme, kaliteli imalat ve bilgisayarlara dayanan gerçek-zaman işletme çalışmalarına yönelmişlerdir.

Buna paralel olarak barajların karşılaşılabilecekleri bütün risk elemanları tespit edilmeye ve bunlara nasıl hazırlıklı olunabileceğine yönelik çalışmalar, devletlerin ve hatta devletlerarası işbirliği çalışmalarının önemli gündem maddesi haline gelmiştir.

ICOLD gibi uluslar arası kuruluşların yanı sıra her ülke DSI, National Performance of Dams Program, Interagency Committee on Dam Safety, BC Hydro, ANCOLD, UK Health and Safety Executive, USBR gibi program ve kuruluşlarla kendi barajlarının güvenliğini nasıl artırabileceğini ve böylelikle hem çok ciddi maddi kayıplardan, hem taşkınlardan ve hem de en önemlisi can kaybından nasıl korunacağı yönünde bazı kontrol, koruma ve 'Emergency Action Planning for Dam Owners by ICDS' gibi acil durum programları geliştirmeye çalışmaktadırlar.

1.3. Çalışmanın Amacı

Göz önünde bulundurulmaya çalışılan önemli bir konu eskiden inşa edilmiş barajların güvenilirlik seviyeleridir. Böyle bir risk-güvenlik çalışmasının yapılmasıyla mevcut barajların durumu, güven düzeyleri ve yetersizlik gösteren alanlar belirlenmeye çalışılmakta, çeşitli tehlikelere hazırlıklı olunmaktadır.

Bazen de mümkün olabilecek rehabilitasyon çalışmaları gündeme gelebilmektedir. Üstelik bu çalışmalar yeni planlanacak barajlar için güncel bilgi ve tecrübe olarak kullanılabilmekte, benzeri riskler azaltılabilmekte veya tamamen önlenebilmektedir.

Türkiye’de çok ciddi mali kaynak aktarımıyla gerçekleşen ve ülkemizin can damarı sayılabilen barajlarımızın da benzer bir gözle güvenilirlik kontrolünün yapılması çok daha büyük önem arz etmektedir. Yaşanan enerji krizinin yanı sıra uluslar arası kamuoyunda sürekli gündeme gelen su hakları konuları da eldeki mevcut su kaynaklarının çok iyi değerlendirilmesini ve varolan tesislerin çok dikkatli ve verimli işletilmesini ve risk faktörlerini en aza indirgeyecek şekilde hazırlıklı olunmasını gerektirmektedir.

İşte bu yüzden, öncelikle dünyada ve Türkiye’deki barajların durumu ve güvenlikleriyle ilgili bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Oluşturulabilecek bir risk takip programıyla hem belirsizlik taşıyan hidro-meteorolojik verilerin gözlenmiş değerleri istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulacak ve hem de barajların emniyeti dinamik bir işlemle sürekli olarak takip edilecek ve hem de ilerdeki zamanlarda faydalanılabilecek uzaktan algılama teknikleriyle daha hızlı ve doğru olarak güncellenen bilgilerle, alınması gerekli önlemler daha etkin bir şekilde devreye sokulabilecektir.

Bazı problemler içeren mevcut barajların güvenliğinin incelemesinde, barajların inşaat ve orijinal tasarımı ile ilgili bazı belirsizlikler vardır ve genellikle güvenlik incelemeleri için ayrılan para da yetersizdir. Halbuki probabilistik risk değerlendirmesi, karar verme aşamasında mükemmel bir iskelet sağlar.

Risk değerlendirmesi, her şeyden önce en büyük risk kaynaklarını ve en büyük belirsizlik alanlarını gösterir. Sonuçta barajdaki ilave çalışmalar, bu belirsizlik kaynakları üzerine odaklanmalıdır. Değerlendirme, ayrıca değerlendirmenin güvenilirliğinin gelişimini sonuçlandırmayan fazla çalışma ve ilavenin nerede olduğunu gösterir.

1.4. Çalışmanın Düzeni

“Proje mühendisi en kötü şartları göz önüne alarak proje ve planlarını yapar. Bu durum su mühendisleri için daha da önemlidir. Su yapıları projelerinde, diğer birçok hususlar yanında proje taşkın debisinin doğru olarak tespiti yapının emniyeti ve geleceği için büyük önem taşır. Bu nedenle taşkınları, kapsamlı bir şekilde incelemek ve büyüklüğünü doğru olarak belirlemek herşeyden önce bir emniyet ve ekonomi faktörüdür.

Proje taşkını, esas alınan taşkından daha büyük bir taşkın meydana gelmesi durumunda oluşacak zarar ile projede daha büyük bir taşkının proje taşkını olarak seçilmesi durumunda yapılacak fazla yatırımlarla karşılaştırılarak belirlenir. Bu sebepten yeterli bir emniyet ve ekonomi sağlayacak şekilde belirlenen proje taşkınında daima bir riski göze almak gerekir” (Erkek ve Ağırlioğlu, 1998).

Bu çalışmada önce barajların güvenlik durumlarına ve tarihteki baraj kazalarına değinilmiş, ardından barajlarda tehlike oluşturan faktörler incelenmiştir.

Bu faktörlerden dolusavakların yetersizliği ve görev yapamama riski üzerinde öncelikle durulmuş ve taşkın zamanlarında dolusavakların davranışları ile ilgili güven durumları bu çalışmada baraj güvenliği değerlendirmeleri için esas alınmıştır. Dolusavakların hesaplanmasında kullanılan proje taşkın debilerinin gözlenmiş maksimum akım değerleri karşısındaki değişimleri ve gerçekçilikleri gösterilmiştir.

Daha sonra risk ve güvenilirlik konusu detaylı olarak irdelenmeye çalışılmıştır. Risk hesap yöntemlerinin incelenmesi ve karşılaştırılmasının ardından güncelliğini koruyan yöntemler belirlenmiştir.

Analiz kayıtları, güncellenen her ilave çalışma veya gözlem serileri şeklinde yaşayan dokümanlardır. Her bir barajla bütünleşen risk, toplum tarafından kabul edilebilir riskler için bir rehber olan standartlarla karşılaştırılabilir.

Bu çalışmada barajlar için geliştirilen bilgisayar programı ile risk hesapları ve boyut rehabilitasyonu çalışmaları yapılabilmekte ve riski azaltan alternatif boyut seçenekleri sunulmaktadır. Elde edilen farklı çözümlerin, adım adım değişimleri ve bu değişimde etken olan faktörler (dolusavak boyutları ve hazne sönümlleme faktörleri gibi değerler) grafiklerle verilmektedir.

Sonuçta riskli bulunan mevcut barajlar, boyut rehabilitasyonuna tabi tutularak, hidrolojik güvenliklerinin rehabilitasyonları için rasyonel bir yöntemle taşkına bağılı olarak tasarlanabilmektedirler.



2. BARAJLARDA GÜVENLİK PROBLEMLERİ

2.1. Güvenlik Tanımlamaları

Yaşamın tüm evrelerinde kendini hissettiren güvenlik kavramı, sadece mühendislik yapıları ve çalışmalarında değil tüm sektörlerde önem kazanmıştır. Özellikle yüzyılımızda yaşanan büyük ölçekli kazalar, doğal afetler, işletme ve tasarım problemleri ile birlikte insanlarda gelişen;

- Güvenlik nedir ?
- Ne kadar güvenlidir ?
- Daha güvenli olanı hangisidir ?
- Sınırsız güvenlik var mıdır ?
- Güvenliğin kabul edilebilir sınırı nedir ?

Ve benzeri daha pek çok soru, güven ve güvenilirlik bilincinin iyiden iyiye yerleşmeye başladığını göstermektedir. Elbette ki buna paralel olarak, güvenlik değerlendirmeleri, yorum ve analiz teknikleri de önemli ölçüde gelişmektedir.

Güvenlikle ilgili durum böyle olunca, insanlar karşılaştıkları veya karşılaşılabilecekleri çeşitli tehlike durumları için yapılarının ne kadar ve nereye kadar güvenli olduğunu, güvenliği artırmanın teknik ve ekonomik analizini yapmaya ve sorgulamaya başladılar.

Bu çerçevede inşaat mühendisliğinin en önemli yapılarından olan, inşaat maliyeti, süresi, işletme ömrü ve faydaları arasında gerçekten ciddi biçimde güvenliğinin irdelenmesi ve kontrolü gereken, üstelik giderek daha az yerde inşa edilmeye itinildiği için daha hassas bir duruma gelen barajların güvenliği, tehlikeler karşısında gösterdikleri ve gösterecekleri güvenlik davranışları, güven düzeyleri ve risk seviyeleri büyük önem taşımaktadır.

Barajların güven düzeylerinin belirlenmesinin yanı sıra,

- Güven düzeylerini etkileyen yeni etkenlerle,
- Bu etkenlerden ölçülen yeni değerler karşısında karşılaşılabilecek güvenlik davranışlarının izlenmesi,
- Güven düzeylerinin yükseltilmesi için yapılacak önlem ve rehabilitasyon çalışmaları,
- Bu sonuçların düzenli ve hassas bir şekilde gözlem ve kontrolü,
- Bunlarla ilgili veri tabanının oluşturulması,
- İleriye dönük olarak değerlendirilmesi,

ve benzeri konular da aynı önem çerçevesinin içinde yer almaktadır.

Barajlar bir sistem olarak ele alındığı için; güvenlik konusunu incelerken sistem, uyarıcı, kaza, güvenlik, risk ve yetersizlik gibi terimlerin tanımlarının bilinmesi büyük önem taşır (Roland and Moriarty, 1990).

Sistem, birbirleriyle etkileşimli, ilişkili, bağımlı elemanların oluşturduğu ya da ortak bir bütün oluşturduğu kabul edilen bir gruptur.

Uyarıcı, tehlikeyi potansiyel ortamından sisteme zarar verecek hale dönüştüren olaylar ya da durumlar bütünüdür.

Kaza, tehlikenin harekete geçmesiyle başlayan ve lojik bir silsileyle zarar vermek üzere, bir olaylar serisi olarak sisteme akan dinamik bir mekanizmadır.

Güvenlik, bir kayıp, hasar veya ziyanı problemsiz atlatabilme durumudur. Bir sistemin güvenliği, önceden belirlenmiş şartlar altında, kabul edilebilir minimum kayıplar için sistemin kalitesinin bir göstergesi olarak tanımlanabilir.

Risk, tehlikenin olasılığı olarak düşünülebilir. Diğer bir deyişle, kayıpların beklenen değeridir (Bkz. Bölüm 3).

Yetersizlik, bir sistemin ya da sistem parçasının kendisine verilen görevi yerine getirememesi, çalışmama hali, sonuç durumudur.

2.2. Sistem Güvenliğine Bakış

Sistem güvenliği kavramı; bir aktivite, program veya projenin yaşam döngüsünün başından sonuna kadar tehlikeler açısından önceden tanımlanmasının, kontrolünün ve sistematize edilmesinin özel teknik ve yönetsel beceri ile uygulamasıdır.

Geçmişte güvenlik programları, kazayı önlemek için genellikle “**olay sonrası**” mantığına dayanarak aşamalarla geliştirilmiştir. Örneğin bir uçak yapılır, uçarılır, çalışmazsa düşer, tekrar çalışılıp yeniden uçarılır. Dolayısıyla bir kazada, soruşturma kazanın sebebini aramaya yönelik yapıldı. Kazanın nedenleri sonradan incelenip tartışılır ve benzer kazaların önlenmesi için nelerin yapılması gerektiği araştırılırdı. Nihai sistemdeki özellikler, güvenlik tasarımındaki düzeltmeler veya prosedürler mevcut sistemlere uygulanırdı. Bu durumda ilk yatırımların yapılmasından dolayı, düzeltmeler maliyetli olur ve zor koşullarda gerçekleştirilirdi.

Öte yandan sistem güvenliği kavramı, planlı, disiplinli, sistematik, organizeli ve **olaydan önce** işlemini karakterize eden **tanım-analiz-kontrol** güvenlik yöntemini kapsamaktadır. Sistemin işletmesinde veya esas üretiminde kabul edilebilir güvenlik seviyesinin öncelikle tasarlandığı vurgulanmıştır. Sistem güvenliği disiplini, kayıplar (risk oluşturan kazalar) gerçekleşmeden önce sistemdeki tehlikelerin zamanında tanımlanmasını ve değerlendirilmesini gerektirir. Bu tehlikeler, yok edilmeli veya sistemin güvenli bir şekilde geliştirilebileceği, test edilebileceği, işletilebileceği ve bakımının yapılabilceği bir seviyede kontrol edilmelidir.

Tehlike analizi, sistem güvenliği yaklaşımının kalbidir. Bir işlemin tasarım aşamasında tehlikenin sezilmesi ve kontrol edilmesi bir sistemin güvenlik performansının köşe taşıdır.

Sistem güvenliği bir yıkılma (ya da göçme) analizi değildir. Tehlike, göçme teriminden çok daha geniştir. Bu zararın ya da kaybın riskini içermektedir. Halbuki bir göçme kayıp olmaksızın gerçekleşebilir (Roland and Moriarty, 1990).

2.3. Bir Sistemde Tehlikenin Sınıflandırılması

Sistem güvenliği konusu, risk ile kontrol arasında bir denge olarak düşünülebilir. Hasarın şiddeti güvenlik programlarının hedeflerini anlamak için bir anahtar faktördür. Hasarın şiddeti aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Hasarın şiddete göre sınıflandırılması

Hasar kategorisi	İsimlendirme	Özelliği
I	Yıkıcı	Ölümler, sistemin yok olması.
II	Kritik	Büyük zararlar, sistemde önemli hasarlar.
III	Sınırlı	Küçük zararlar, sistemde küçük hasarlar.
IV	Önemsiz	Zararsız, sistemde hasar yok.

Bu sınıflama, geçmişteki benzer güvenlik programlarının yardımıyla ve çeşitli tehlike durumlarının dikkatli bir analiziyle çıkarılabilir.

Genellikle bilinen tehlikeler tartışılmasına rağmen, sistemin uzun süreli işletmesinde bilinmeyen tehlikeler ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden otoriteler sistemin işletilmesi esnasında güvenlik açısından izlenmesinin önemini belirtmektedirler. Tehlike ile ilgili kararın verilmesi ve çözüm işlemleri Tablo 2.2’de verilmiştir (Roland and Moriarty, 1990).

Tablo 2.2. Tehlike ile ilgili karar/çözüm işlemleri

a) Sistemin Tanımlanması:
İnsan, prosedür, olanak, malzeme ve çevrenin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin tanımlanması ve değerlendirilmesi.
b) Tehlikelerin Tanımlanması:
Tehlike ve İstenmeyen olayların tanımı, Tehlikelerin sebeplerinin saptanması,
c) Tehlikelerin Saptanması:
Tehlike derecesinin saptanması, Olasılıkların saptanması, Riskin kabulü, kontrolü veya yok edilmesi kararının verilmesi,
d) Tehlikenin Çözülmesi;
Riskin alınması, Doğru işlemin yapılması Eliminasyon, Kontrol,
e) İzleyenler:
Etkilenmelerin izlenmesi, Beklenmeyen tehlikelerin izlenmesi,

Bir karar verilmeden önce sistemin riskleri incelenmeli ve mutlaka değerlendirilmelidir. Değerlendirme işleminin en önemli unsuru riskin algılanışıdır. Bunun için şu söylenebilir:

Eğer herkes veya ilgili grup bir riski kabul edilemez olarak algıarsa, o risk kabul edilemezdir.

2.4. Barajlarda Güvenlik

Barajların boyutları büyüdükçe, mühendislerin sorumluluğu da artmaktadır. Mühendisler doğanın yasalarını keşfetmeye, bilgi ve becerileriyle azgın sulara gem vurmaya çalışırken onlardan daha yüksek, daha uzun ve daha ucuz barajlar yapmaları istenmektedir.

Başlangıçta, baraj mühendisleri, ilkel deneme-yanılma yöntemleriyle inşaatlarını yapmışlardır. Günümüzde bu konuda oldukça büyük bir bilgi birikimi oluşmuştur. Araştırma kurumlarında elde edilen bilgiler hemen teknolojiye aktarılmaktadır.

Matematik ve malzeme mekaniği, daha güvenli tasarımların gelişmesinde artan bir etkinlik kazanmıştır. Kuramsal analizler, deneyimli mühendislerin bilgileriyle birleşerek en büyük güvenceyi sağlamak üzere yeni ufuklar açmıştır.

Bir barajın güvensizlik riski, hala uygarlığın sakınılamayan yüklerinden biridir. Mühendisin birinci ve en önemli sorumluluğu, bu tehlikeyi minimize etmektir. Mühendisliğin hemen hemen hiçbir alanında, bu denli toplum ağırlığı olan bir sorumluluğu yoktur.

Gittikçe daha az uygun yerlerde baraj yapmak zorunda kalındığı için başarısızlıklardan korunma gittikçe zorlaşmaktadır. Büyük barajların mansaplarında genellikle yüz binlerce insan yaşadığından, baraj yetersizliklerinden veya kazalarından korunmak için en güvenceli yolun bulunması gerekmektedir.

Rezervuarların altındaki araziler üzerinde yaşayan insanların doğrudan doğruya can ve mal güvenlikleriyle ilgili olarak risk hesabı, baraj bilgisinin gittikçe büyüyen bir parçasıdır. Dahası, bunların nasıl tasarlanacağını, nasıl yapılacağını ve nasıl güven

içinde korunacağını bilmek gerekir. Bu bilginin anlamlı bir parçası, meydana gelen hesaplardan elde edilmiştir.

Baraj güvenliği, tasarımdan yapımına hatta işletme sürecine kadar uzanan bir kavramdır; planlama ile başlar ve işlemsel olarak yakından izlemeyi de içeren bütün fazları kapsar. Bu nedenlerle güvenliğe ilişkin harcamalar, elimine edilebilen ekstra bir masraf değil , proje maliyetinin değişmez bir parçası olarak düşünülebilir.

Mühendisler, seçenekler arasında karar verme faktörü olarak maliyete önem vermek üzere eğitilirler. Oysa ekonominin, yapılan işin gereğinin önünde yer almaması gerekir. Göz önünde tutulan her seçenek, güvenlik önlemlerini içermelidir.

Riskli bulunmak suretiyle, boyut rehabilitasyonuna tabi tutulabilecek olan mevcut barajların, etkili bir maliyetle hidrolojik güvenliğinin rehabilitasyonu için rasyonel bir yöntemle taşkına bağlı dizaynın belirlenmesi gerekir.

Sadece ekonomik yönü gözetilerek, taşkına bağlı dizaynın belirlenmesi için dört yöntem açıklanmıştır. Bunlar, beklenen hasar, fiyat artışları göz önünde bulundurulan ve bulundurulmayan sigorta masrafı, ve değiştirilmiş beklenen hasar yöntemleridir.

Beklenen hasar yöntemi diğer yöntemlerle kıyaslamada baz olarak kullanılabilir.

Sigorta maliyeti yöntemlerinden bir tanesi fiyat değişimlerini göz önünde bulundurmazken, diğeri paranın (Doların) değerindeki değişimleri de göz önüne almıştır. Değiştirilmiş beklenen hasar yöntemi mutlak olasılıklardan daha çok rehabilite edilmiş barajlarda, üzerinden su aşmasından dolayı olabilecek hasarları göz önüne alır.

Birçok durumda fiyat değişimi göz önünde bulundurulmayan sigorta maliyeti daha fazla önemlidir. İncelemelerde Delphi ve Fuzzy set yöntemlerinin kombinasyonlarına dayalı yaklaşımlar kullanılabilir (Prakash, 1992).

2.5. Baraj Kazaları

Dünyada, baraj yetersizlikleri nedeniyle tehlike arz eden barajların toplam sayısı 150'yi aşmaktadır. Barajların çoğu planlandığı gibi çalışmaz. Kaba bir tahminle

Milattan sonra 12. Yüzyıldan beri, kısmi çökmeyi veya yıkılmayı içeren 2000 yetersizlik ortaya çıkmıştır. Elbette bunların çoğu büyük baraj değildir.

20. Yüzyılda dünyada yaklaşık 200 dikkati çeken rezervuar yetersizliği olmuş ve 8000'den fazla insan hayatını yitirmiştir.

1929'da Berlin'de yapılan Dünya Enerji Konferansı'nda, baraj mühendisliğinin gelişmesi üzerindeki geniş bilgi ICOLD 'un kurulmasına ön ayak olmuştur. ICOLD tarafından hazırlanan Tablo 2.3'te, tarihi çağdan 1965'e kadar uzanan bir zaman diliminde oluşan büyük baraj yetersizliklerini göstermektedir (Uzel,1991).

Tablo 2.3. Büyük baraj yetersizlikleri (Uzel,1991).

Yıl	Önemli Baraj Yetersizliklerinin Sayısı
1900'e kadar	38
1900 – 1909	15
1910 – 1919	25
1920 – 1929	33
1930 – 1939	15
1940 – 1949	11
1950 – 1959	30
1960 – 1965	25
Bilinmeyen tarihlerde	10
TOPLAM	202

Yakın zamanda da çeşitli baraj yetersizliklerine sıklıkla rastlanmaktadır. Örneğin Kanada'nın British Columbia bölgesindeki Wahleach Barajı'nda baraj güvenliğinin gelişimini değerlendirmek için tasarımla ilgili kararları vermek üzere mühendisler risk analizini kullanmışlardır.

1989'da, güvenlikle ilgili araştırmalar, Wahleach Barajı'nın olası maksimum taşkınının % 25'inden fazla bir taşkını geçiremeyeceğini ortaya çıkarmıştır. Dolusavak, olası maksimum taşkını barajın üzerinden suyu aşırı maksızın güvenli bir şekilde geçirememektedir.

Üstelik dolusavak boşaltım kanalında erozyonun başlaması, dolusavak temelini göçürtmekte ve barajda oyulmalar oluşturmaktadır (Salmon and Cattnach, 1997).

Tekساس Su Komisyonunun yaptığı çalışma, 1963-83 yılları arasında, Amerika'da 18 baraj yıkılmasını tespit etmiş ve bunları insan yaşamı kaybı ve ekonomik kayıp olarak iki aşamalı olarak ele almıştır. Aynı komisyon, ele aldığı dört aşamalı bir plan çerçevesinde, baraj güvenlik programı çalışmalarını;

- mevcut barajların güvenlik değerlendirmeleri,
 - baraj inşaatı ve büyük onarım işlerinin plan ve şartnamelerinin incelenmesi,
 - mevcut ve yeni barajların inşaat işlerinin periyodik kontrollerinin yapılması,
 - acil eylem planının incelenmesi ve onayı,
- şeklinde sıralamıştır (Anonymous, 1998c).

Tablo 2.4. ABD ve 43 ICOLD üyesi ülkede büyük barajlardaki olay istatistikleri (Cheng, 1993).

Olayın Tipi	Görüş	Ortalama Ömür (sene)	Olay Sayısı	Toplam Baraj Sayısı	Olasılık (Baraj başına yıllık ömür)	İlk 5 yıl içindeki olay yüzdesi
Yıkılma	USCOLD	17.16	89	5450	9.52E-04	50
	ICOLD	13.92	135	8925	1.09E-03	53
Yıkılma veya kaza	USCOLD	16.72	306	5450	3.36E-03	48
	ICOLD	13.10	367	8925	3.14E-03	58

ICOLD ve USCOLD raporları değerlendirildiğinde (Tablo 2.4), barajların yaş, tip ve büyüklüğüyle ilgili olarak aşağıdaki bilgiler verilebilir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5. Barajların yaşlarına göre olay olasılıkları (Cheng, 1993).

Biten Yıl	Baraj Başına Yıllık Olay		Olasılığı (10 ⁻³)	
	İlk 5 yıl için		5 yıldan Sonra	
	Yıkılma	Yıkılma veya kaza	Yıkılma	Yıkılma veya kaza
A. USCOLD				
<= 1900	38	45	7.21	6.3
1901 – 1910	16	21	1.44	2.5
1911 – 1920	12	26	0.59	2.3
1921 – 1930	11	26	0.21	0.64
1931 – 1940	9	13	---	0.4
1941 – 1950	4	28	0.61	0.8
1951 – 1960	---	7.3	0.24	0.89
1961 – 1970	0.9	13	0.09	0.93
1971 – 1980	6.5	43	0.16	0.91
B. ICOLD				
<= 1900	9.17	16.6	0.92	1.53
1901 – 1910	8.25	12.9	0.71	1.09
1911 – 1920	13.2	27.5	0.59	1.83
1921 – 1930	8.36	25.9	0.39	0.51
1931 – 1940	17.2	24.4	---	0.18
1941 – 1950	4.65	15.9	0.06	0.58
1951 – 1960	0.54	5.2	0.28	0.85

Baraj Yaşı: Tabloda verilen istatistikler, olayların en az % 50'sinin baraj işletmeye açıldıktan sonraki ilk beş yıl içinde meydana geldiğini göstermektedir. Dolayısıyla barajların yaşlılığının yıkılmada öncelikli faktör olma özelliği ortadan kalkmaktadır.

Genel olarak, 1940'tan sonra inşa edilen barajlarda yıkılma olasılığı daha eskilere göre bir azalma göstermiştir. Sadece 1971-1980 yılları arasında yıkılma olasılıklarında bir artış göze çarpmıştır. Bunun nedeni de bu periyotta ABD'de çok sayıda baraj kazası ve yıkılmasının yaşanmasıdır.

Tablo 2.6. Baraj tiplerine göre olay olasılıkları (Cheng, 1993).

Barajın Tipi	Baraj Başına Yıllık Olay		Olasılığı (10^{-3})	
	USCOLD		ICOLD	
	Yıkılma	Yıkılma veya kaza	Yıkılma	Yıkılma veya kaza
Toprak	0.9	3.5	1.2	3.9
Kaya	1.8	4.8	2.5	7.0
Ağırlık	1.1	3.0	0.7	1.4
Kemer	0.5	2.5	1.0	3.7
Payandalı	---	---	9.7	5.7
Diğerleri	4.4	3.4	1.4	2.3
Toprak&Kaya	1.0	3.6	1.3	4.0
Ağırlık, Kemer, Payandalı&Diğerleri	1.2	2.8	1.0	2.1

Baraj Tipi: Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere kaya dolgu ve payandalı barajlarda yıkılma ve kaza olasılığı diğer tiplerden daha fazla olmaktadır. Öte yandan beton barajlardaki yıkılma olasılığı beton olmayan barajların yıkılma olasılığı ile hemen hemen aynıdır. Ancak beton olmayan barajlarda risk diğer beton barajlardan daha yüksektir (Tablo 2.6).

Baraj Büyüklüğü: Tablo 2.7.'de görüldüğü gibi 15 m'den alçak barajların yıkılma olasılıkları 50 m'den daha yüksek barajlarınkinden çok daha yüksektir. Bunun sebebi olarak daha büyük barajlarda; tasarım, inşaat, yönetim ve işletme alanlarında daha çok dikkat gösterilmesi söylenebilir.

Öte yandan yıkılma ve kaza risklerinin farklı yükseklikteki barajlarda benzer olasılıklar göstermesi, baraj yüksekliğinin yıkılma veya kaza risklerinde pek belirleyici olmadığını göstermektedir (Cheng, 1993).

Tablo 2.7. Barajların büyüklüğüne göre olay olasılıkları (Cheng, 1993).

ICOLD'a göre; Baraj Yüksekliği (m)	Baraj Başına Yıllık Olay Olasılığı (10^{-3})	
	Yıkılma	Yıkılma veya kaza
< 15	2.3	3.7
15 – 29	1.2	2.5
30 – 49	1.1	4.7
> 50	0.4	4.6

2.6. Baraj Güvenliğinin Sınırları

Su yapılarının güvenilirliği, emniyeti ve işlevlerini istenilen şekilde yapabilmesi, dış yüklere ve yapının dayanım kapasitesine doğrudan bağlıdır. Dış yükler hidrolojik, jeofiziksel ve insan kaynaklı olabilir. Benzeri şekilde yapının dış yüklere dayanım kapasitesi hidrolik, geoteknik ve yapısal faktörlere bağlıdır.

Belirli bir yapıya etki eden dış yükler ve yapının bu yüklere karşı dayanımı zaman içinde değişmekte, yüklere ve dayanıma etki eden faktörlerden pek çoğunun zaman içindeki davranışı belirli bir biçimden ziyade rasgelelik özelliğini gösterdiğinden, değişim de rasgele olmaktadır. Örneğin bir beton ağırlık barajın güvenilirliği yapının mukavemeti, temel ve yamaçların stabilitesi, dolusavak ve dipsavak gibi kontrol organlarının görevlerini istenilen düzeyde yapmasına bağlıdır.

Bu dayanım özelliği ve işlemlerin istenilen düzeyde yerine getirilmesi, zaman içinde tabii olarak eskime, korozyon ve insan kaynaklı etkiler nedeni ile değişmektedir. Yapıya etki eden yükler ise değişik tekerrür periyotlu taşkınların hidrolik yükleri, haznedeki sürüntü maddesi birikimi, dalgalar, rüzgar, yer kaymaları, depremlerin jeofiziksel yükleri ve insan kaynaklı işletim hataları, hatta sabotaj gibi faktörlerden oluşur. Bu yüklerin büyük bir kısmı, rasgele karakterdedir. Yapının dayanımını deterministik ve zamanla değişmeyen olduğunu kabul eden geleneksel görüşe karşın yapının küçük dış yükler altında bile, eğer dayanım azlığıyla eş zamanlı ise, tahrip olduğu çok gözlenmiştir (Türkman, 1990).

2.7. Baraj Güvenlik Programlarında Bileşenler

Bir barajın yıkılma olasılığı, baraj güvenlik programını gerekli kılar. Çoğu program gibi, bu program da bir barajın yapısal ve işletme güvenliğinin belirlenmesi değerlendirmelerine dayanmalıdır. Bir güvenlik programı, kısa ve uzun dönemdeki olası eylem planının birkaç bileşeninden oluşur.

Bu eylemler ;

- barajın ve bileşenlerinin durum değerlendirmesi,

- birincil ve detaylı kontrollerin yönetimi,
- onarımın ve süren ana ihtiyaçların tanımlanması,
- uzun dönemdeki periyodik ve sürekli izleme kapasitesinin tesisi,
- baraj yıkılmasının etkilerini minimize etmek için acil eylem planının oluşturulması,
- baraj yıkılma hasarlarını ve risklerini belirlemek için işletme kurallarının tesisi,
- ihtiyaç anında güncelleştirilmek üzere bilgi akışının sağlanması için güvenlik programının dokümantasyonu, olarak sıralanabilir (Anonymous, 1998c).

2.8. Türkiye’de İşletme ve İnşa halindeki Barajların Hidrolojik Yönden Güvenlik Kontrolü

Barajların boyutlandırılmasında seçilen proje taşkınlarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler günümüzde hala tartışılmakta ve geliştirilmektedir. Akım gözlemleri kısa süreli veya hiç olmayan havzalarda yer alan su yapılarının proje taşkını (PT) değerleri sentetik yöntemlerle hesaplanmaktadır. Bu yöntem, akım gözlemi mevcut olan veya olmayan bütün havzalarda olası maksimum taşkınları (OMT) hesaplamak için de kullanılır.

Sentetik yöntemlerde esas olan yağmur yinelenmeleri, havza parametreleri ve yağmur-akış katsayısında geniş bir aralıkta yaklaşımlar yapılması nedeniyle, tahmin edilen PT ve OMT değerlerinin her zaman merteye kontrolüne ihtiyaç duyulmaktadır.

Şimdiye kadar DSI’de OMT’in kontrolü, gözlem süreleri kısa da olsa 1965 yılı öncesi verileri ile hazırlanmış tarihi taşkınlar zarfı kullanılarak, veya noktasal ve bölgesel frekans analizi yapılarak bulunan, 100 yıl yinelenmeli PT’nın en az 2, en çok 6 katı arasında bir OMT seçilmesi şeklinde yapılmıştır. Ancak 1990 yılı sonuna kadar artan akım verileri dikkate alınarak tarihi taşkınlar zarfının yenilenmesi barajların her aşamadaki (tasarım, inşa, işletme) hidrolojik güvenliği açısından gerekli görülmüştür.

Bu doğrultuda, Türkiye akarsu havzalarında en az bir yıl değeri olan açık veya kapalı DSI/EİEİ hidrometri istasyonlarında kaydedilmiş maksimum taşkın değerleri ile

tarihi taşkınların havza zarfları hazırlanmıştır. Her havzanın en verimli istasyonlarından geçirilen zarf eğrisinden proje alanına karşılık okunan taşkın değeri yaklaşık olarak 100 yıl yinelenmeli PT olarak kabul edilmiştir. Bu değerin, her proje için noktasal ve/veya bölgesel taşkın frekans analizi ile ayrıca kontrolü mümkündür.

Türkiye akarsu havzalarında yer alan, 1936–1991 yılları arasında işletmeye açılan 141 adet baraj ile 1991 yılı sonu itibariyle inşa halindeki 59 adet barajın seçilen OMT değerine göre hidrolojik yönden güvenlik kontrolü, tarihi taşkınların genel havza zarfına göre yapılmıştır. Bu kontrolden de, barajın yağış alanına karşılık havza zarfından okunan taşkın, 100 yıl yinelenmeli PT değerleri kabul edilmiştir. Bu değerin iki katından küçük olan OMT değerine sahip barajlar, hidrolojik yönden kritik olarak değerlendirilmiştir. Bu ilk irdeleme sonucunda Türkiye’de işletme ve inşa halindeki toplam 200 adet barajdan 89 adedi kritik bulunmuştur. Genel havza zarfına göre kritik bulunan barajlar, havza içinde bulunduğu akarsu kolu dikkate alınarak hazırlanan tarihi taşkınların alt havza zarfına göre yeniden irdelenmiştir.

Bu inceleme sonucunda kritik olan baraj sayısı 89’dan 23’e inmiştir. Bu 23 barajın havzalar ve DSİ bölgelerine göre dağılımı Tablo 2.8.’de verilmiştir (Kulga,1997).

Tablo 2.8. Kulga (1997)’ya göre kritik bulunan barajlar

Havza No	DSİ Bölge No	İşletmede	İnşada	Sayı
2	XXV	-	Bakacak	1
3	I I III III XXV	Demirtaş Doğancı Kayaboğazı Çavdarhisar Çaygören	B. Orhan	6
6	II	Ürkmez	-	1
12	V V	Çubuk I Çubuk II	-	2
13	V V XXIII	Hasanlar Gölköy Gülüç	-	3
14	VII VII	Yedikır Ataköy	-	2
15	V V	Hirfanlı Kesikköprü	-	2
16	IV	Ağa	Murtaza	2
18	VI	Seyhan	-	1
24	VIII	Arpaçay	-	1
26	X	Devegeçidi	Dicle	2
Toplam		19	4	23

2.9. Bir Barajda Faaliyetlerin ve Risklerin Sınıflandırılması

Bir barajdaki inşaat faaliyetleri Tablo 2.9.'da, inşaat uygulama riskleri Tablo 2.10.'da ve bir barajın göçme modları ise Tablo 2.11.'de verilmiştir.

Tablo 2.9. Bir barajda inşaat faaliyetleri (Cooper and Chapman,1993).

Ana giriş	Giriş miktarı
Site imkanları	Savak
Çevirme tüneli	Güç santrali
Batardolar	Transformatör galerisi
Ana baraj kazıları	Kuyruksuyu
Ana baraj dolgu ilk bölümü	Türbinler, jeneratörler
Ana baraj dolgu final bölümü	Mekanik/elektrik ekipmanları
Kalıntı kanalı koruması	Şalt sahası
Şüt dolusavak	İletim
Tehlike savağı	Biriktirme
Servis savak tünelleri	Test ve görev

Tablo 2.10. İnşaata uygulanan riskler (Cooper and Chapman,1993).

Doğal riskler	Taşkın Rüzgar Sismik Jeolojik şartlar Düşük akımlar
Tasarım kontrollü riskler	Sızıntı, borulanma, erozyon Yer altı suyu
İnşaat riskleri	İşçi, grev, kavga Ekipman imkanları Ekipman zayıflığı Malzeme imkanları Malzeme servisi Hava şartları
İnsani riskler	Müteahhit kapasitesi Müteahhit kalite kontrolü Kazalar Sabotaj
Özel riskler	Regülatörün gecikmesi Tahmin değişikliği Program değişimi

Tablo 2.11. Bir barajın göçme durumları (Cheng vd., 1993).

Aşırı Sızıntı	Borulanma	Suyun Aşması	Dengesizlik	Diğerleri
		veya		
Taşkından Dolayı	Rüzgardan Dolayı	Taşkın ve Rüzgardan Dolayı	Stabilite Probleminden Dolayı	Ek Kuvvetlerden Dolayı

Tektaş Su Komisyonu, Baraj Güvenliği Grubunca, bir baraj için risk kaynağı olarak tehlike oluşturan elemanlar saptanmaya çalışılmış ve ilk risk olarak yaşanan baraj yapısının kendisi gösterilmiştir. Daha sonra fiziksel yetersizlikler alt başlığında barajın oturmasını ve temel problemlerini, doğal hasarlar alt başlığında ise taşkınları, depremleri ve yer kaymalarını belirlemişlerdir.

Bir barajın yıkılma riski için son faktör olarak insan davranışını gösteren grup, bu madde kapsamında; basit hataları, kötü işletmeyi, dalgınlıkları, yıkıcı amaçları ve benzeri hususları ifade etmişlerdir (Anonymous, 1998c).

Bir barajın emniyeti, taşkınlar, heyelanlar, depremler ile heterojen temel ve konstrüksiyon malzemelerinin bozulmasıyla tehlikeye düşebilir. Yapı, zamanla anizotropik karakteristikler kazanabilir. İç basınçlar değişebilir. Genellikle bu değişiklikler gözle fark edilemeyecek şekilde yavaş olur.

Baraj istatistikleri, en çok toprak dolgu barajların, ardından sırasıyla ağırlık barajlarının, kaya dolgu barajların ve son olarak kemer barajların hasara uğradıklarını göstermektedir. Daha yaygın tipleri arasında vuku bulacak böyle büyük yetersizlikler sürpriz olmamalıdır. Her tip kendi arasında oranlanarak kıyaslanırsa çoklu kemer tipli barajların diğerlerine kıyasla daha az sayıda yetersizlik gösterdiği görülmektedir.

2.10. Baraj Yetersizliklerinin Nedenleri

Hidrolik yapıların yıkılmaları, yapısal yıkılma ve performansa dayalı yıkılma olmak üzere iki tipte sınıflandırılabilir. Yapısal yıkılma, hasarı ya da yapının veya özelliklerinin değişmesini kapsar. Böylece yapı istenildiği gibi çalışmaz. Ancak performans yıkılmasında, yapının performans sınırları aşılar ve yapıda istenmeyen sonuçlarla karşılaşılır.

Genel olarak baraj ve seddeler yapısal yıkılma kavramına dayalı olarak tasarlanırlar. Kanalizasyon ve su temini ağıları gibi hidrolik yapıları ise performans yıkılması temel edinilerek tasarlanırlar (Yen and Tung, 1993).

Hidrolik yapıların güvenilirlikleri üzerine bir analiz yapıldığında, arıza ve hasarların aşağıdaki ana sebepler nedeniyle oluştuğu görülür:

- Tasarım ve analizdeki hatalar,
- Gerçek işletme ile model tasarımı arasındaki uyumsuzluk veya eksiklikler,
- Jeolojik, mühendislik, hidrolojik, iklimik, endüstriyel ve diğer konulardaki eksik bilgiler,
- Tasarım koşullarındaki makul olmayan sapmalar,
- Genellikle acele etmekten kaynaklanan yetersiz inşaat kalitesi,
- Malzeme, ekipman ve uygulamalardaki gerekenden düşük kalitenin kullanımından meydana gelen teknolojik tasarımlardaki karışıklık,
- İnşaat maliyetlerini düşürme tasarımı ile yapılan nedensiz rasyonalizasyon ve değişiklikler,
- İnşaat standartlarını ve yasaları çiğneme,
- Olumsuz şartlarda işletme,
- İşletmede yanlış ve hatalı yükleme,
- Üretim ve servis hataları,
- Servisteki düşük kalite,
- Sebepsiz yere bakım ve koruma işlerinin kaldırılması, yaşlanma ve doğal aşınma, yıpranma (Mirtskhoulava, 1993).

Bir baraj için yıkılma ve kaza olasılıkları, olayların nedenlerine göre Tablo 2.12.'de sınıflandırılmıştır.

Tablo 2.12. Nedenlerine göre olayların olasılıkları (Cheng, 1993).

Kaza ve Yıkılma Nedenleri	Baraj Başına Yıllık Olay Olasılığı (10^{-3})	
	Yıkılma	Yıkılma&Kaza
Üzerinden Su Aşma	1.4	1.6
Dolusavak Yetersizliği	2.2	10
Borulanma ve Rüzgar Etkisi	6.3	18
Kayma	1.7	4.7
Diğerleri	0.4	2.6

1600 baraj üzerinde yapılan bir araştırmada Tablo 2.13'te verilen baraj yetersizlikleriyle karşılaştırılır. Bundan daha sonra yaklaşık 300 barajda yapılan bir çalışmada yetersiz dolusavak tasarımından kaynaklanan yıkılmaların oranının % 35 olduğundan söz edilmektedir (Kite, 1976).

Daha yakın zamanda yapılan barajlar ve bu barajların dolusavakları ile ilgili güvenlik sorunları ve yetersizlikler bilgilerine ileride değinilmiştir.

Tablo 2.13. Barajların yetersizliklerinin nedenleri (Kite, 1976).

Yetersizliğin Nedeni	Yetersizliğin Yüzdesi
Temel yetersizliği	40
Yetersiz dolu savak	23
Zayıf konstrüksiyon	12
Düzensiz oturma	10
Yüksek boşluk basıncı	5
Savaşın etkileri	3
Sedde kaymaları	2
Kusurlu malzemeler	2
Doğru olmayan işlem	2
Depremler	1

ICOLD hazırladığı bir raporda, 15 m'den yüksek barajlarda, 1900-1975 yılları arasında oluşan yapısal hasarlarla ilgili olarak,

- beton barajlardaki hasarların; % 29'u baraj üzerinden su aşması,
% 53'ü temel problemleri,
% 18'i diğer nedenler,

- dolgu barajlardaki hasarların; % 35'i baraj üzerinden su aşması,
% 21'i temel problemleri,
% 38'i borulanma ve sızıntı,
% 6'sı diğer nedenler,
- ve bütün tipteki baraj hasarlarının; % 34'ü baraj üzerinden su aşması,
% 30'u temel problemleri,
% 28'i borulanma ve sızıntı,
% 8'i diğer nedenler ile oluştuğu gözlenmiştir.

Dolgu baraj yıkılmalarıyla ilgili olarak;

- Pennsylvania'daki Southfork Barajı (1889),
- Idaho'daki Teton Barajı (1976),
- California'daki Baldwin Hills (1963),
- St. Frances (1928) Barajları,

beton baraj yıkılmalarıyla ilgili olarak ise,

- Pennsylvania'daki Austin Barajı (1911),
- Arizona'daki Walnut Grove (1890),

barajları örnek olarak gösterilebilir (Anonymous, 1998c).

Bowles vd. (1998)'ne göre mevcut barajların sosyal, ticari, işletme, sağlık ve çevresel etkiler açısından incelenmesinin yanı sıra aşağıdaki mühendislik durumları için de gözden geçirilmesi gerekmektedir:

- Mevcut barajlar, şimdiki taşkın ve deprem yükleme kriterlerini karşılamada başarısız kalmaktadırlar.
- Mevcut barajlar, günümüzün mühendislik uygulamalarını karşılayamayacak şekilde inşa edilmişlerdir.
- Barajlarda yaşlanma ve yıpratıcı işlemler oluşmuştur.
- Standartlara uyma zorunluluğu ciddi maliyetler oluşturur.

2.11. Barajları Etkileyen Yetersizlik Faktörleri

Barajlara etki eden yetersizlikler aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

2.11.1. Temelle ilgili sorunlar

Temel çöküşleri, temelin doğal durumu veya onun yapımı sırasındaki tehlikeyle ilgilidir. Farklı oturma, kayma, yüksek piyezometrik basınçlar ve kontrol edilemeyen sızıntı, temel sıkıntısının olağan olaylarıdır. Barajdaki çatlaklar, bağıl olarak küçük olsalar bile temelde bir problem olduğunu gösterebilir.

Temel yetersizlikleri, temel malzemesinin suya doyması ve nihai yıkama veya kayma yüzünden oluşabilir. Temel erozyonu yavaş yavaş gelişebilir, büyük kaymalar ise aniden ortaya çıkabilir.

2.11.2. Sızıntı

Suyun barajın veya temelinin içinden akması, yapının kondisyonunu gösteren önemli bir göstergedir ve ciddi bir tehlike kaynağı oluşturabilir. Baraj gövde ve temelinden sızan su, barajın bütünlüğü için zorunlu olan dolgu ve temel malzemelerini yıkama eğilimindedir.

Baraj ve temelinden gelen türbülanslı akım, iç erozyonun bir göstergesi olabilir. Malzemenin bu şekilde taşınması, yapının gittikçe zayıfladığını gösteren tipik bir gelişmedir. Bazen, bir önlem olarak, örneğin temelinde çok miktarda çözülebilen mineraller ve alçıtaşı olan bazı barajlarda, temel kayasının kimyasal yapısının içine girilebilir.

KontROLSUZ sızıntı, boşluk basıncını artırır ve toprak kitlesini giderek zayıflatır. Yüksek boşluk basıncı:

- Dolgunun çok hızlı yer değiştirmesi,
- Aşırı nem,
- Dolgu geçirimli malzemesinden aşırı sızıntı,
- Çatlaklar boyunca sızıntı, gibi nedenlerle oluşabilir.

2.11.3. Erozyon

Dolgu gövdesi, memba yüzü üzerindeki dalgalardan ve mansap yüzeyindeki akıştan korunmadığı takdirde erozyon sorunlarıyla karşılaşılabilir. Mansap yüzündeki banketler, akışı keserek veya çevirerek erozyonu kontrol etmeye hizmet edebilir (Anonymous, 1990b).

2.11.4. Dolgu Hareketi

Yapıda uygun olmayan dolgu malzemesi kullanımı, stabiliteyi önemli ölçüde tehlikeye sokar. Örneğin, alçı taşı gibi eriyen mineraller taşınabilir ve hacim kaybı yüzünden istenmeyen oturmalara, düşük tuz içerikli su sızıntıları ise düzensiz killerin erozyonuna neden olabilir.

Dolgu gövdelerinde oluşabilecek başlıca olumsuzluklar aşağıda olduğu gibi sıralanabilir.

- Sızmanın fazla olduğu temeller,
- Sızdırmazlık perdesinde çatlama ve kırılma,
- Ara yüzeylerde bölgesel çatlama,
- Çözülebilir temel kayası,
- Geçirimsiz yapılı membranların bozulması,
- Yetersiz temel saplamaları,
- Kil dolgunun kurumması,
- Kaymaya eğilimli dik şevler,
- Farklı oturmaya hassas blok temel taşı,
- Bitişik yapılarda ve desteklerde etkisiz bağlantı,
- Geçirimli seddelerde kademeleşme,
- Deprem esnasında gelişen hızlı koşullar.

Bir dolgunun veya temelinin deformasyonlarının sonuçları, barajın içinde veya bağlantı yapılarında görülebilir. Bunlar şöyle özetlenebilir:

- Dolgu gövdesindeki beton duvarlar çatlayabilir veya makaslanabilir.
- Dolgu gövdesinin altında veya içinde yapılan menfezler ve bağlantı elemanları koparma eğiliminde olan gerilmelere maruz kalabilir.
- Dolgu içindeki düşey kuyular eğilebilir ve dönebilir.

2.11.5. Akışkanlık

Büyük barajların yüklenmeye karşı stabilitesinin analizi için geliştirilen yöntemler, depremlerden etkilenen birçok mevcut barajın güvenilir olduğunu göstermiştir.

Bu hususta en fazla olumsuzluklar hidrolik dolgu barajlarda görülmektedir. Akma, böyle malzemelerden oluşan katmanlar halinde yapılan bu tür bir dolgu seddede, potansiyel bir problemdir.

Dolgu barajların gövdesinde veya temelinde görülen bu tür olumsuzluklara özellikle düşük kohezyonlu zeminlerde rastlanır. Böyle bir zemin üzerine oturan veya birleşen herhangi bir dolgunun stabilitesi titizlikle incelenmelidir.

Üniform derecelenmiş ve ince daneli düşük yoğunluklu topraklarda duyarlılık üst seviyededir (Uzel, 1991).

2.11.6. Betonun Bozulması

Amerikan Su Kaynakları Yönetimi Bürosu, Teksas Baraj Güvenliği Grubunca, beton barajların yıkılma veya hasara uğrama sebepleri, dolgu barajlardan farklı olarak üç elemanı içermektedir:

- Yapısal çatlamlar,
- Temel ve ayaklarda zayıflama,
- Alkali agrega reaksiyonlarından dolayı bozulma.

Yapısal çatlamlar; aşırı yükleme, kötü tasarım, zayıf inşaat ve hatalı malzeme kullanımı durumunda olabilmektedir. Bu çatlaklar genellikle düzensiz olup, önemli ölçüde radyal, yatay ve düşey yer değiştirmelere sebep olabilirler.

Baraj betonu dayanıklı olmasına rağmen, doğal ayaklar veya temelde kırılma, ufalanma olabilir, ya da büyük bir heyelanda hareket edebilir. Bu gerçekleşirse, barajın destekleri kaybolur ve yıkılır. İlk hareketler genellikle çok küçük olduğu için temel veya ayaklardaki olası bir hasarı bulmak çok zor olabilir (Anonymous, 1998c).

Beton barajların yaşlanması, fiziksel ve kimyasal faktörlere atfedilebilir. Bunlardan ilki, sıcaklık değişimlerinin neden olduğu etkileri içeren veya yapıya etki eden

kuvvetlerdeki değişimlere bağlıdır. İkincisi ise inorganik asitler, sülfatlar ve diğer tuzları içeren yıkıcı suyun baraj gövdesinde yayılmasıyla ilgilidir. Betonun öğeleriyle bu maddelerin kimyasal reaksiyonları, betonun zayıflamasıyla sonuçlanabilir.

Betonun ayrışması, donma ve çözölme, termal genleşme ve geçişme veya ıslanma ve kuruma nedenleriyle olabilir. Donma - çözölme etkileri, sanat yapılarının kabuklarında, payandalarda ve duvarlarda aynı şekilde bulunur.

Birçok beton baraj, alkali-agrega reaksiyonundan etkilenir. Bu kimyasal olay tipik olarak kilit taşının memba hareketi, uçlardaki betonun parçalanması ve baraj yüzlerinin karakteristik çatlamasından anlaşılabılır.

Beton kitlenin kuvveti, alkali- agrega reaksiyonu yüzünden azalabilir. Bozulmayı gösteren başlıca ipuçları; genleşme, rasgele bazı parçaların çatlaması, jelatine benzeyen bir akıntı, tebeşirleşen yüzeylerdir.

2.11.7. İndüklenmiş Depremler

Yüksek bir barajın arkasındaki büyük bir haznenin su ile dolması, bir yer sarsıntısına neden olabilir. Süperpoze olmuş suyun ağırlığı, boşluk basınçları yüzünden altta uzanan kayanın içindeki sürtünme direncinin azalması ve kimyasal değişimlerin neden olduğu kaya kuvvetindeki düşme gibi faktörler, böyle bir harekete katkıda bulunabilir. Yüksek basıncın etkisi altındaki temelin içine giren suyun infiltrasyonu, biriken tektonik gerilimin gerçekleşmesini tetikler. Yoğunlaşmış boşluk basıncı kırık düzlemlerin üzerindeki normal basınçları düşürerek azaltma eğilimindedir. Sonuç hareketi, arakesitteki düzensizlikler giderilinceye kadar genişleyecektir (Uzel, 1991).

2.11.8. Su Alma Yapılarında Yetersizlik

Özellikle küçük veya orta boyutlu barajlarda, haznelerdeki en önemli yetersizliklerden biri de, kapasitesi yetersiz veya bakımsızlıktan bozulmuş su alma yapılarıdır. Bir tehlike anında haznedeki suyun hızla düşmesi ve boşalması çok önemlidir.

Bazı durumlarda olası tehlike göl seviyesini sadece 50 - 60 cm düşürölerek giderilebilir. Böyle durumlarda uygun fonksiyon yapan bir su alma yapısı öngörölmalıdır.

2.11.9. Tahrip

Barajların tarihi incelendiğinde bazılarının halkın güvenliği için bazılarının ise sabotaj amacıyla tahrip edildiği görülür. Diğer nedenlerle hasar gören barajların sayısı, bilerek tahrip edilen barajların sayısından çok daha fazladır.

Bununla birlikte askerler, savaş sırasında barajları stratejik değeri yüksek yapılar olarak değerlendirip tahrip edilmesine karar verebilmektedir.

2.11.10. Toprak Kayması ve Kaya Düşmesi

Hazne yamaçlarının veya baraj desteklerinin ya da barajın kendisinin kayma olasılığı, daha başlangıçta, su depolama bölgesinde güvenlik incelemesi yapılırken hesaba katılmalıdır.

Toprak kaymaları, dalgalarla temel yapılarının blokajı veya kırılması ya da 1963'te İtalya'daki Vaiont Barajı'nda olduğu gibi barajın yıkılması ile sonuçlanabilir.

Bazı kaygan taş ve şistler, kaymaya son derece eğilimlidirler. Killi şistler ve kireç taşları da problemlere neden olurlar. Herhangi bir kaya çeşidi için tabaka kayması söz konusu olabilir.

2.11.11. Hava Payı

Bir barajın tepe kotu, maksimum işletme kotuna aşağıdaki büyüklükler eklenerek bulunur.

- Proje taşkın debisinin haznede ötelenmesi sırasında oluşan maksimum savak yükü, (Bkz. Bölüm 2.12.)

- Rüzgar etkisi (Kabarma) : Z_m

$$Z_m = V^2 * F / 63 200 d \quad (2.1)$$

- Dalga yüksekliği : Z_w

$$Z_w = 0.005 * V^{1.06} * F^{0.47} \quad (2.2)$$

- Dalganın tırmanması,
- Emniyet payı olarak 0.3 – 1.5 m. alınır (Erkek ve Ağırlioğlu, 1986).

Literatürde, rüzgarın ekstrem değerleri için hidrolik yapıların tasarımındaki belirsizliklerin tahmini konusunda yeni yöntemler sunulmuştur (Bernier, 1993).

2.12. Dolusavak Problemleri

Barajların emniyet yönünden en önemli yapısı hiç şüphesiz dolusavaklardır. Dolusavaklar, taşkın esnasında gelen fazla suları baraj üzerinden veya baraj gövdesinden bağımsız olarak göl yamacından mansaba akıtmak için açık yatak veya kapalı mecra şeklinde planlanan deşarj yapılarıdır.

Çoğunlukla dolusavağın büyüklüğü, tipi, araziye yerleştirilmesindeki güçlükler, baraj tipinin seçiminde önemli rol oynar.

Büyük taşkın debilerinin olduğu yerlerde dolusavak tasarımı baraj gövdesinden daha önemli bir konuma gelmektedir. Ayrıca, büyük bir dolusavağın maliyeti, barajın toplam maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır.

Bir akarsuyun belirli bir kesiminde yapımı düşünülen bir barajın en uygun yerinin seçiminde dolusavak durumu önemli rol oynar. Bununla beraber bu konuda rasyonel etütler ancak son senelerde yapılabilmektedir. Dolusavakların tasarımı çok yönlü bir çalışma gerektirir. Burada çözülmesi gerekli esas problem ana su yapısındaki konumlarıdır. Bundan sonra hidrolik hesapları ve en son olarak da statik hesapları gelir.

2.12.1 Dolusavaklarda Güvenli Kapasite

Barajın dolusavak tepe seviyesine kadar dolu olduğu bir anda baraj gölüne girecek olan bir taşkın baraj gövdesine zarar vermeden mansaba aktarılması ancak yeterli kapasitede bir dolusavakla mümkün olmaktadır. Göl sularının baraj gövdesi üzerinden aşması toprak veya kaya dolgu bir barajın yıkılması demektir. Dolusavaklarda, maliyet artışı, kapasite artışından daha az olmaktadır. Bu sebepten dolusavakların emniyetli projelendirilmeleri gerekmektedir.

Dolusavağın, yeterli kapasiteye sahip olması yanında hidrolik ve statik yönden de emniyetli olması gerekir. Dolusavakla tahliye edilen suyun nehir yatağını ve civarını aşındırması önlenmelidir. Bunun için tabii zeminin yeterli olduğu hallerde genellikle beton veya taş kaplamalı bir boşaltım kanalı ve bunun sonunda yüksek hıza erişmiş olan akımın enerjisini kırarak bir düşüm yatağı öngörülmalıdır.

Dolusavak yapıları, akarsuyun baraj ya da gölet haznesine getirdiği suyun biriktirme haznesini doldurduktan sonra, fazlasını baraj mansabına emniyetle aktarmaya yarayan yapılardır. Bu yapılar gerek baraj gerekse gölet için emniyet sübabı görevi görürler.

Dolusavak proje debisi, dolusavak boyutlarını tespit etmede kullanılan debidir. Tesis, proje debisine göre boyutlandırılır. Katastrofal taşkın debisi geldiği zaman suyun bazı kısıtlamalar ile yine de savaklanmasının mümkün olup olmadığı incelenir. Katastrofal taşkın debisinin tekrarı pratik bakımından sonsuzdur.

Maksimum hazne su seviyesi, baraj yüksekliğinden hava payı çıkartıldıktan sonra elde edilir. Bu seviye dolusavak tepe kotunun saptanmasında kullanılır. Rezervuar işletme kotu, dolusavak tepe kotunu saptamak için maksimum su seviyesi ile birlikte kullanılır. Bu doneler elde edilince dolusavağın yüksekliği, genişliği ekonomik bir analiz sonucunda ortaya çıkar.

Taşkın sırasında suyun barajın üzerinden aşarak barajın güvenliğini tehlikeye düşürmemesi için haznenin yeterli kapasitede bir dolu savağı olmalıdır. Dolusavak kapasitesinin hesabı için ilk olarak proje taşkınının belirlenmesi gerekir. Dolusavak, proje taşkınını baraj için bir tehlike oluşturmadan geçirebilecek şekilde boyutlandırılacaktır.

Proje taşkını olarak seçilebilecek taşkının büyüklüğü (dönüş aralığı) barajın güvenliği açısından göze alınabilecek riske bağlıdır. Bu riskin değeri de söz konusu taşkının aşılması halinde ortaya çıkacak zararlarla ilgilidir. Can kaybı ya da çok önemli zararlar görülebilecekse, yeterli korumayı sağlamak için riski çok küçük seçmek gerekir. Buna karşılık ortaya çıkabilecek zararlar çok büyük değilse daha büyük bir risk kabul edilebilir.

Proje taşkını haznede ötelerken güvenli yanda kalmak için taşkın başlangıcında haznedeki su seviyesinin baraj tepe kotunda olduğu ve varsa dolusavak kapakları ile dipsavakların kapalı olduğu kabul edilir (Anonymous, 1991).

Dolusavak proje taşkının haznede ötelenmesi sırasında, haznedeki su seviyesinin en büyük değeri de belirlenmiş olur. Baraj tepe kotunu belirlemek amacıyla yapılan öteleme hesaplarında, taşkın başlangıcında taşkın kontrol kapasitesinin % 50 dolu olduğu kabul edilebilir. Ancak deneyimler, taşkın başlangıcında haznede daha yüksek bir seviye beklenebileceğini gösteriyorsa, başlangıç su seviyesi olarak dolusavak kret kotu alınmalıdır.

Suyun barajın üzerinden aşması, baraj haznesinde suyun dolu savaklar ve çıkış yapıları yardımıyla zamanında ve yeterince boşaltılamaması sonucunda meydana gelir.

Suyun baraj üzerinden aşması, dolgu barajlardaki hasarların çok sık rastlanan nedenidir. Suyun barajın üzerinden aşmasına bağlanan birçok yetersizlik, bu barajlar daha yapılırken meydana gelmiştir. 1960'ta taşkınla yıkılan Brezilya'daki Oros Barajı, 1967'de yıkılan Endonezya'daki Sempor Barajı, bu konuda kayda değer örneklerdir.

2.12.2. Dolusavak Yetersizliği ve Güvenlik Değerlendirmeleri

Son senelerde dünyanın değişik yerlerinde baraj yıkılmaları birçok insanın hayatına mal olmuş ayrıca önemli maddi zarara yol açmıştır. Bu nedenle dolusavakları ve bu arada barajların yıkılmalarında rol oynayan başlıca faktörleri yeniden ve yeni bir yaklaşımla gözden geçirme eğilimi doğmuştur. Özellikle geçmiş yıllarda inşa edilmiş olan barajlar bu yöntemle ele alınmaktadır. Bunun nedeni o devirlerde kabul edilen proje kriterlerinin yetersiz kaldığının gözlemlenmesidir.

Barajların yıkılmalarındaki birinci dereceden etkenler taşkın debisinin yetersizliği dolayısıyla yer alan taşmalar ve yer sarsıntılarıdır. Eski barajlarda bu hususlar yeniden ele alındığı zaman bu yapıların emniyetli olmadığı görülmektedir, bu nedenle de yıkılmalar daha çok bunlarda yer alır.

Bir depolama yapısının yıkılması halinde olası hayat kaybı ve maddi kayıplar hesap edilebilir. Dolusavakta yapılacak değişimler ile gerek hayat kaybı gerekse maddi

zararlar azaltılabilir. Buna mukabil bahis konusu değişimin mali yükü bir faktör olarak göz önüne alınmaktadır. Hesap bundan sonra bir mukayese yönteminden ibaret kalır. Sonuçlar karar kademesine teklif edilecek ve bu kademenin sağlıklı karar almasına yardımcı olunacaktır.

Yeni geliştirilmekte olan bu yöntemin üç basamağı vardır:

1.Tehlike Analizi: Bu analiz, tehlikenin tarifini yapmakla başlar. Genellikle üç tehlike göz önüne alınmakta ve bunların her birisine olası bir yük yakıştırılmaktadır. Yük deyimini ile bu tehlikenin oluşumundaki olasılık anlaşılmaktadır. Söz konusu tehlikeler, hidrolik tehlike, haznedeki su seviyesinin saptanmasında yapılacak yanlıştan kaynaklanan tehlike ve yer sarsıntısı tehlikesi olarak sıralanabilir.

2. Çözümlere bağlı risk analizi: Bu risk analizinde göz önüne alınması gerekli yaklaşımlar ikiye ayrılır.

- Mevcut şartlara bağlı olarak hayat kaybı olasılığı ve maddi kayıpların sayısal hesabı.
- Getirilecek çözümlere bağlı olarak risk değişimlerinin sayısal değerleridir. Risk değişim değerleri gittikçe azalan değerler olmasına karşın çözümlerin maliyetleri gittikçe artmaktadır.

3. Karar : Bu safhada karar kademesine gerekli bütün bilgiler hazırlanacaktır. Bu bilgiler siyasal, politik, çevresel ve idari alanları kapsamalıdır. Karar kademesinin doğru karar vermesini sağlamak için şu soruların cevaplarının tam olarak verilmesi gerekir:

- Hayat kaybı faktörü ile ilgili sorular,
- Maddi kayıplar ile ilgili sorular,
- Barajın yıkılma olasılığı,
- Barajın yıkılma durumunda zarar göreceklelerin durumu,
- Ekonomik analiz sonucu alternatifler,
- Tadilat alternatifleri (Şentürk, 1994).

Taşkın kabaca hesaplanmasından ve buna bağlı olarak gerekli şeyler düşünülmemesinden kaynaklanan kazalara örnek olarak Amerika'daki Johnstown -

South Fork, Brezilya'daki Oros ve Hindistan'daki Machu II barajlarındaki yetersizlikler gösterilebilir.

Bu olaylarda ekstrem taşkınlar düşünülmediği ve taşkınların düşük değerleri göz önünde tutularak tasarım yapıldığı anlaşılmıştır. Bu tür kazalardan ders alınarak taşkınlara ilişkin tahminlerde daha dikkatli davranılmalı ve daha iyi tasarımlar yapılmalıdır (Uzel, 1991).

Dolusavaklarla ilgili ana problemler; yetersiz kapasite, engeller, erozyon, bozulma, kırılma, dolusavak çıkış yapısının yıkılması veya arızalanmasıdır.

Dolusavak yetersizliği; drenaj alanının hizmet şekli, havzadaki yağışların büyüklüğü ve sıklığı, hazne depolama kapasitesi, yağmur sularının akış hızı ve haznenin dolma hızı gibi çeşitli faktörlerle belirlenebilir. Dolusavağı yetersiz bir haznedeki suyun baraj üzerinden aşma olasılığı oldukça yüksektir.

Dolusavakta, büyük bir fırtına esnasında büyük miktarlarda suyun birkaç saat içerisinde akışı esnasında erozyon oluşabilir. Dolusavak bir kaya formasyonu veya beton ise genellikle bir problem oluşmaz. Ancak dolusavak, kumlu zemin, bozulmuş granit, kil veya silt artıklarından oluşmuşsa erozyon ile ilgili koruma önlemlerinin alınması çok önemlidir. Genellikle dolusavak tüneli veya kanalı düşük eğimli veya bitki ya da anroşman yatak malzemesi gibi bir tabaka ile kaplanmış ise, erozyon direnci önemli ölçüde artar.

Toprak dolusavak kanallarındaki kırılmalar genellikle fonksiyonel bir problem olarak bakılmaz. Ancak beton kaplamalı dolusavaklardaki kırılmalarla yaygın olarak karşılaşılır. Bu kırılmalar, kararsız temel oturmaları, büzülme, beton tabakanın yer değiştirmesi veya aşırı toprak ya da suyun basıncı sonucu gerçekleşebilir (Anonymous, 1998c).

2.12.3. Baraj Güvenliği Açısından Dolusavak Kapakları

Tüm dünyadaki baraj pratiğine göz atıldığında birçok dolusavak yapısının genellikle kapaklı olarak projelendirildiği görülür. Genellikle serbest akışlı kapaksız dolusavaklar yerine kapaklı dolusavakların projelendirilmesi ve inşası tercih edilmiştir.

Baraj güvenliği, baraj tipi ve dolusavak tipinin seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Depremden zarar görme riski altındaki bölgelerde ve hidrolojik verilerin yetersiz olduğu planlama çalışmalarında baraj güvenliği nedeni ile kapaksız dolusavakların tercihi düşünülebilir. Ancak bu durumda baraj tipinin seçimi daha da önemli olmaktadır.

Taşkın sırasında baraj gövdesi üzerinden olası bir su aşması olayından dolgu barajlar beton barajlara göre çok daha fazla etkilenirler. Bu nedenle dolgu barajların ömrü bir bakıma kapaksız dolusavak kararı ile de bağlantılı sayılabilir.

Günümüzde projelendirilen dolusavak kapaklarının boyutlarının oldukça büyük değerlere ulaştığını hatta 20x20 m. boyutunda kapakların projelendirildiğini de görmek olasıdır. Böylece dolusavak ayaklarının stabilitesini bozacak küçük oynamalar bile kapak işletmesinde oldukça önemli problemler oluşturmaya yeterli olacaktır.

Kapakların bakımı, onarımı ve işletme çalışmalarının oldukça önemli bir konu olduğu ve dikkatle ele alınması gerekliliği açıktır. Ancak bu çalışmalar yapılsa bile işletme sırasında oluşabilecek bazı sorunlardan kaçınmak olası olmamaktadır. Kapakların yanlış işletilmesinin ortaya çıkardığı sorunlara ait örnekler vardır.

Olası işletme hatalarından birisi, taşkın debisinin hazneye girişinden dolayı kapakların kontrolsüz açılması ile dolusavakta ve mansapta olumsuz akım koşulları oluşturmaktır. Bu durum membadaki koşullara bağlı olarak bölgenin sular altında kalması sonucunu doğurmakta, can ve mal kaybına neden olmaktadır.

Yetersiz bakım koşulları, kaldırma sistemindeki enerji kesikliği, kapakların sıkışması, kapakların işletilememesindeki en yaygın sebepler olarak görülmektedir.

En ileri tekniklerle işletilen kapaklar bile, açılmasına ihtiyaç duyulduğunda işletme dışı olabilirler. Bu durum temelde yetersiz bakım koşullarından oluşabilir. Bu ortamda işletme güvenliğinin artırılmasının tek yolu, her bir kapağın ayrı ayrı ani tehlike yedek kaldırma sistemlerine sahip olmasıdır.

Kontrollü ve kontrolsüz dolusavaklar konusunda bugüne değin yayınlanmış kaynaklara göre, son yıllarda dünyanın çeşitli ülkelerindeki eğilim kapaksız dolusavakların tercihi yönünde olmaktadır.

Dolusavak kapaklarının istenilen şekilde işletilememesinden dolayı yakın geçmişte Euclides Da Cunha Barajı (Brezilya,1977), Machu II Barajı (Hindistan,1979), Hirakuo Barajı (Hindistan, 1980), Tous Barajı (İspanya,1982), Noppikoski Barajı (İsveç, 1985), Lutufallet Barajı (Norveç, 1986), Belci Barajı (Romanya, 1991), Folsom Barajı (ABD, 1995) hasara uğrayan bazı barajlardır.

Barajların güvenliği için 1982 yılında Pierre Lorde tarafından hazırlanan 10 önerili raporda dolusavaklarla ilgili 4. ve 5. maddeler şöyle yer almıştır:

Madde 4. Dolusavakların ve diğer çıkış yapılarının projelendirilmesinde kullanılacak en uygun hidrolojik yöntemlerle baraj gövdesinin yıkanmasına neden olabilecek taşkın durumu ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir. Tehlike dolusavakları (Fuse Plug) uygun bir şekilde projelendirildiğinde iyi bir güvenlik önlemi oluşturmaktadır.

Madde 5. Kapaklı dolu savaklarda baraj güvenliği için oldukça detaylı ve kesin işletme talimatları gereklidir. Bu talimatlarda olası bir insan hatası veya mekanik bozukluk dikkate alınmalı ve tehlikenin önlenmesi için ani tehlike durumu açıklamaları yer almalıdır. Deprem kuşağı içerisinde bir barajda kapaklı dolu savakların tercihi halinde bir diğer emniyet, yardımcı dolu savağın (fuse-plug) da projelendirilmesi gereklidir.

Kapaklı dolusavaklarda yetersiz bakım ve hatalı inşaa koşulları altında bütün kapakların yetersiz çalışması veya hiç çalışmaması riski de göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir.

Bu durum, geçmişte yıllarda oluşan birçok kazada kendisini göstermiştir. Bu örneklerden birisi de ülkemizde Seyhan Barajı'ndan, 1985 yılında dolusavak radyal kapaklarından birisinin kopması ile yaşanmıştır.

Bir dolusavağın projelendirilmesinde bazı kapakların işletme dışı kalması olasılığını değerlendirerek bu durumda taşkın debisinin deşarjı için proje kriterlerini zorlamak uygun bir yaklaşım değildir. Bu konuda, bazı kapakların işletme dışı kaldığı koşullarda, dolusavağın bütün kapaklarının işletme dışı kalma olasılığı az da olsa söz konusu olabilir (Yıldız,1998).

3. RİSK VE GÜVENİLİRLİK

3.1. Risk nedir ?

Riskin değişik tanımları yapılmıştır. Bunların başlıcaları,

- **Tehlikenin olasılığı, kayıpların beklenen değeri** (Roland ve Moriarty, 1990),
- **Kayıp veya hasar olasılığının ortaya çıkmasıdır** (Morgan and Henrion, 1992),
- **Tehlikenin dönüş periyodu** (Cheng vd., 1993, Borgman, 1969'dan),
- **Göçmenin tahmini maliyeti** (Cheng vd., 1993, Young vd., 1970'ten),
- **Göçmeye bağlı gerçek maliyet** (Cheng vd., 1993, Bras , 1979'dan),
- **Göçme olasılığı** (Cheng vd., 1993),
- **Ekonomik ya da finansal kaybın olasılığı, fiziksel zararın veya gecikmenin olasılığı veya süren bir çalışmadaki belirsizlik** (Cooper and Chapman,1993),
- **Tehlike olasılığı ile eşanlamlı olarak bir yapının ya da bileşenlerinin olumsuz işletilmesi veya işlerin ters gitmesi sonucu oluşan hasar** (Mirtskhoulava, 1993).

Öte yandan Yen ve Tung (1993), riskin sözlük tanımlarını aşağıdaki gibi vermektedir:

- **Kayıbın olasılığı, tehlikeli bir eleman veya faktör, kayıp olasılığının derecesi,** (Webster's Third New World International Dictionary),
- **Kayıp durumunun ortaya çıkması, kaybın miktarı, kaybın tipi** (Random House Dictionary),
- **Hasar, tehlike, şanssızlığın ya da tehlikenin ortaya çıkması, tehlikeli gidiş, ticari kaybın tehlikesi ya da olasılığı** (Oxford English Dictionary).

Bir yapının işlevini yerine getirememesi karşılığı İngilizce'de kullanılan "failure" sözü, bir barajın katastrofik çökmesiyle görevini yapamamasını nitelediği gibi, mecranın aşırı akım nedeniyle taşarak çevreye yerel zarar vermesi ancak kendi bir

zarar görmeyerek şartlar normale döndüğünde, işlevini sürdürebilmesini tanımlamaktadır.

Risk (P_f), (P) olasılığıyla yüklerin (L) yapının dayanım kapasitesini (C) aşarak yapının işlevini yerine getirememesi olarak tanımlanabilir. Verilen notasyonlar ile

$$P_f = P(L > C) \quad (3.1)$$

eşitliği yazılabilir. Güvenilirlik ise

$$P(L \leq C) = 1 - P_f \quad (3.2)$$

şeklinde belirlenebilir. Notasyonu kısaltmak için dayanım kapasitesi ile yük arasındaki ilişkiye Z denirse davranış veya durum fonksiyonu olarak tanımlanacak Z 'nin aşağıdaki değişik tanımlarını literatürde bulmak mümkündür.

$$Z = C - L \quad (3.3)$$

$$Z = (C / L) - 1 \quad (3.4)$$

$$Z = \ln(C / L) \quad (3.5)$$

Risk ve güvenilirlik Z değişkenine bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

Risk,

$$P_f = P(Z < 0) \quad (3.6)$$

Güvenilirlik,

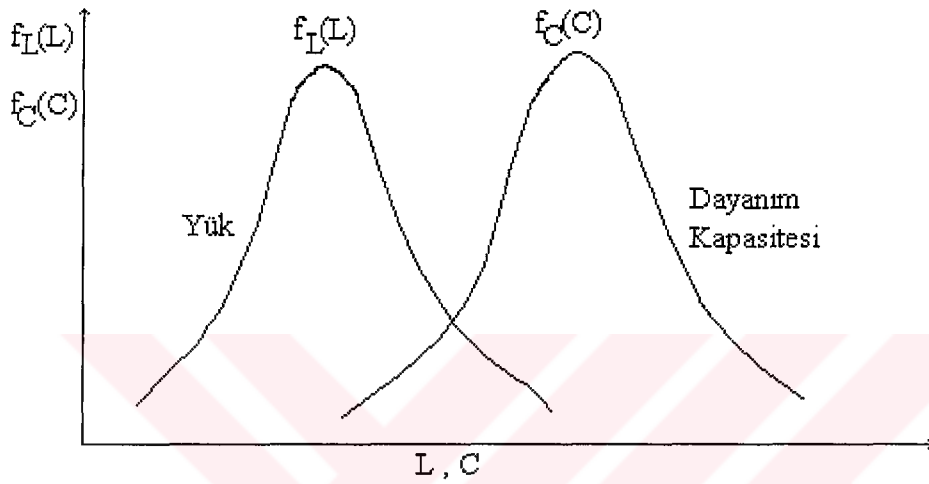
$$1 - P_f = P(Z > 0) \quad (3.7)$$

Yük ve dayanım kapasitesi, pek çok faktörün bir araya gelmesinden oluşur.

$$L = g_L(X_i), i = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

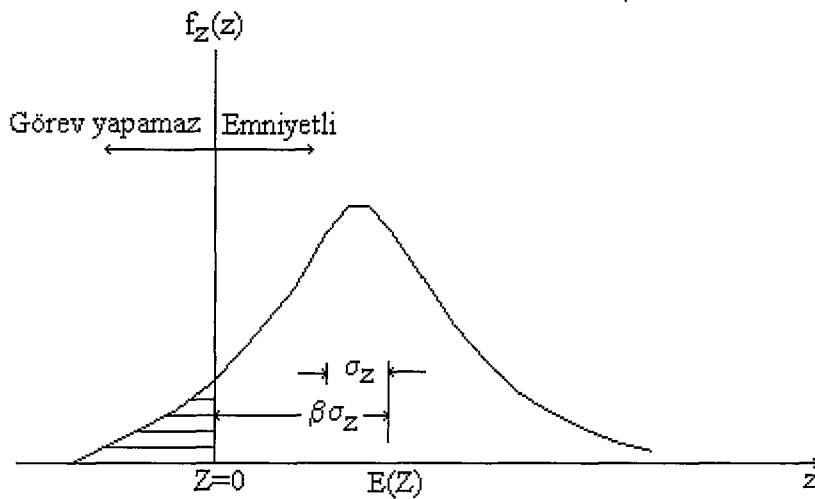
$$C = g_c(X_j), j = 1, 2, \dots, m \quad (3.9)$$

Şekil 3.1.de yük ve dayanım kapasitesinin olasılık yoğunluk fonksiyonları yük için $f_L(F)$, dayanım için $f_C(C)$ notasyonu ile tanımlanarak şematik olarak verilmiştir.



Şekil 3.1. Yük ve dayanım kapasitesi için olasılık yoğunluk fonksiyonları.

Şekil 3.2.'de ise dayanım kapasitesi yük farkını tanımlayan Z değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu ($f_Z(Z)$) verilmiştir.



Şekil 3.2. Davranış fonksiyonu Z 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu

Risk, denklemlerde ifade edildiği gibi, Şekil 3.2.'deki olasılık yoğunluk fonksiyonu altında kalan taralı alan ile belirlenmekte, $Z=0$ çizgisinin sağ tarafında kalan alan ise yapının güvenilirliği olmaktadır (Türkman,1990), (Ang ve Tang, 1984).

Yen ve Tung (1993), risk ve güvenilirlik analizinin çok yeni bir konu olmayıp yarım yüzyıl öncesinden beri endüstri mühendislerinin güvenilirlik analizlerini imal edilen ürünlerin kalite kontrolü için kullandıklarını, öte yandan İkinci Dünya Savaşı sırasında Amerikan Ordu ve Donanmasının askeri malzemelerinin güvenilirliğinin geliştirilmesi için bir Malzeme Standartları ve Geliştirilmesi birimi kurulduğunu, daha ileriki yıllarda ise telekomünikasyon ve yapı mühendisliği alanında kullanıldığını, 1953 yılında Amerikan Savunma Bakanlığının kurduğu bir departmanın güvenilirlik değerlendirmesi ve analizi izleme ve geliştirme çalışmaları yaptığını ve nihayet 1962 yılında Yıllık Güvenilirlik ve Bakım Konferansının yapıldığını belirtmektedir.

3.2. Risk Analizi ve Mühendisliği

3.2.1. Risk Analizinin Kapsamı

Risk analizi, belirsizlik ve onun sonuçları ile ilgilidir. Matematiksel olarak risk analizi modellerinde, projedeki riskin bütün etkilerini değerlendirmek için, olasılıkları ve olasılık dağılımları beceriyle kullanılır. Hangisinin gerçek değer olduğu, analizin amaçlarına bağlıdır.

Risk analizi; belirsizliğin neden olduğu problemlerle uğraşırken, riskin tanımını, değerlendirmesini, kontrolünü ve yönetimini içeren birkaç farklı yaklaşım içerebilir.

Risk mühendisliği; risk analizinin bütün etkileriyle bütünleşmiş bir yaklaşımdır. Hedefi, belirsizliği uygun bir şekilde tanımlamak, ölçmek ve bütün riskleri efektif kararlara dönüştürmek için bir yaklaşım geliştirmektir. Risk mühendisliği, geniş ve esnek tarzda tanımlanan risk analizini, daha iyi bir risk yönetimi için kullanır.

Risk analizi bir yöntem ya da basamakların sistematik serilerini kapsar. Risk değerlendirmesi yapılan bir proje süreci için detaylı bir risk mühendisliği yaklaşımı aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Risk mühendisliği yaklaşımında proje adımları ve detaylar (Cooper and Chapman, 1993).

Aşamalar	Adımlar
Konu	Faaliyet tanımlaması, Temel risk tanımlaması, Temel tepki tanımlaması, İkincil risk tanımlaması, İkincil tepki tanımlaması,
Yapı	Küçük ve büyük risk tanımlaması, Özel ve genel tepki tanımlaması, Basit ve karmaşık karar kuralı tanımlaması, Risk/teпки şematizesi
Parametreler	İstenen parametre tanımlaması, Senaryo tanımlaması ve olasılık tahmini,
İşletme ve Yorum	Risk etkili karar kuralı değerlendirme, Risk kıyaslı karar kuralı değerlendirme, Bütçe olasılıklı işlem değerlendirme.

Bu yöntemin kullanımı yinelemeli bir yaklaşım içermekte ve adım zincirleri kesin olmayabilmektedir. Eğer risk analizi işlemleri etkili ve verimli ise böyle bir yöntem gereklidir.

Risk analizi yöntemleri kullanıldıkları yerde ve durumda modele uygun tasarlanmalıdırlar. Risk analizi için tek bir çok amaçlı yöntem yoktur. Benzer kavram ve karakteristikleri içeren ilgili risk mühendisliği yöntemleri için gruplar geliştirilmiştir.

3.2.2. Risk Analizi Bilgisayar Yazılımı

Bazı standart risk analizi yazılım paketleri hazırlanmıştır. Ancak, uygun bilgisayar yazılımı, model ve yöntem seçiminde kendini göstermelidir ve bütün risk analizi yaklaşımları içinde bir tek en iyi yoktur. İlgili program grupları, ortak risk mühendisliği yöntem ve modelleri için geliştirilmişlerdir. Karmaşık olan bu etkili programlar geniş bir alanda farklı formatta girilen bilgileri anlamayı sağlayacak şekilde uygun hale getirir ve ihtiyaç duyulan anlamda sentez yapar. Daha basit genel risk mühendisliği yazılımları ise zaten mevcuttur.

3.2.3. Risk Analizi Yöntem Tasarımı

Yöntem tasarımı, belirli bir genel durum içinden özel bir çeşit risk analizi için uygun model/yöntem/yazılım kombinasyonu seçme veya geliştirmeyi içerir. Analizi yapmak için mevcut para ve zaman ve tahmin edilen gelecek zaman kullanımı, önemli bir görev gibi göz önünde tutulması gereken açık hususlardır.

3.2.4. Risk Analizi ve Uzman Raporları

Risk analizi yöntemleri, modelleri ve yazılımları proje planlaması ve tasarımında değerli araçlar sağlar, fakat elde edilen doğru cevap hala uzman raporuna bağlıdır. Karar verme; bazı durumlarda kesin verilere, bazı durumlarda geleneksel rehberlere, bazı durumlarda yaratıcı buluşlara ve konu ile ilgili iyi eğitilmiş geniş bir sezgi ve deneyime bağlıdır. Bütün bu yönlerle bütünleşmiş etkili ve verimli bir uzmanlık, risk mühendisliği yönteminin uygulanmasından daha az önem taşımamakla birlikte sadece daha etkili bir kullanıma sahiptir.

Risk analizi uzmanlık gerektirir. Büyük projeler, ekonomi, finans, çevre ve sözleşmeyle ilgili tüm hususları kapsamalıdır. Yapılan planlama ve tasarımı doğrudan etkileyen ve zamana bağlı davranışın gereği gibi hesaba katılması zorunluluğu gibi konular genellikle değerlendirilmeyen hususlardır. Risk analizi, bu integrasyonu sağlamaya yardımcı olur.

3.2.5. Risk Analizi Çalışma Grubu Yönetimi

Risk analizi çalışma grubu yönetimi özel hususlar gerektirir. Risk analizi yönteminin model/yöntem/yazılım yönü gibi, koşullara uygunluğu da gerekmektedir. Örneğin, bir analist, bir proje planı ve bir proje maliyeti tahminlerini detaylarıyla altı ile sekiz haftada gözden geçirilebilir.

Bunların çalışması, sonradan proje personeline faydalı hazır bir geri besleme sağlar, fakat bunu proje yöneticisine ve planlama ve maliyet fonksiyonu grubu yetkilisine rapor eder.

Özet olarak başarılı bir risk analizi;

- Gelişmiş etkili bir bilgisayar yazılımı ile desteklenmiş esnek ve genel bir sözel, grafiksel ve matematiksel model seti.

- Kullanılacak durumlara ve bağlantılı modellere uygun dizayn edilmiş, ilgili yöntemler grubu.
- Uzmanlık ve uzman yeteneği ile ilgili geniş bir alan.
- Özel bir risk analizi görevi için yazılım modelleri ve yöntemleri tasarım ve uygulamaları için, risk analizi çalışma gruplarını organize ve yönetmek üzere deneyim ve liderlik sağlar (Cooper and Chapman, 1993).

3.3. Risk Analizine Risk Mühendisliği Yaklaşımı

Baraj güvenliği değerlendirmeleri için risk analizi teknikleri, önceleri baraj mühendisliğini kapsayan birkaç düzenleme ajansı ve grubu tarafından kullanılmıştır. Bu teknikler; taşkın amaçlı dolu savak dizaynında, taşkın anında hazne seviye tahmini dizaynında ve deprem dizaynında uygulanmıştır (Nielsen vd., 1994).

Risk analizine yapılan ilk risk mühendisliği yaklaşımı, 1970'lerin sonlarında, British Petroleum (BP) International'in Kuzey Denizi Projesi için geliştirilerek test edilmiştir. Şu ana dek BP'nin bütün hassas projelerinde zaman ve maliyet planlamasında kullanılmıştır. Bu tür yaklaşımları esas alan bir çok organizasyon İngiltere, Kanada ve Amerika'da oluşturulmuştur.

Risk mühendisliği, proje ömrüne ileriye doğru sistematize edilmiş bir araç olma imkanı tanır. Ancak, aşağıda sözü edilen üç alanda, duyarlılık analizi gibi bazı konvansiyonel yaklaşımlardan farklılık gösterir:

- Bir projeyi, az sayıda önemli elemanlara böler ve her birinde detaylardaki belirsizliği analiz eder.
- Net etkilerini öncelikli bir şekilde ortaya koymak için, zamandaki gecikmenin etkilerini tanımlar, değişimlerim ve diğer etkilerin maliyetini hesaplar, birleşik potansiyel problemleri çözmek için değerlendirmeler yapar.
- Riskler ve proje elemanları arasındaki bağımlılık derecelerini hesaplar.

3.4. Risk Analizinin Faydaları

Risk analizi, faydaları açısından başlangıçta sınırlandırılabilir. Ancak, bazı organizasyonların deneyimleri, bir risk mühendisliği yaklaşımında, uzun dönemde

çok daha önemli olduğu kanıtlanan aşağıdaki birçok faydaların sağlandığı görülmektedir.

- Riskin projeye etkileri ve etkileşimleri bakımından daha iyi ve daha kesin algı ve sezgisi,
- Meydana gelen risklere karşı, daha iyi olasılık planlaması ve tepki seçimi, ve riskin etkileriyle uğraşmanın karmaşık yollarını daha esnek değerlendirme
- Riski önleme yollarının tanımlarında, dizayn ve planlama işlemleri için geri besleme
- Ortaya çıkan riskin şiddetini hafifletme yollarının tanımlarında, olasılık planlaması ve tepki seçimi planlaması şeklinde, projelerin inşa ve işletmelerinin ileri beslemesi,
- Bu yollardan hareketle, projede ortaya çıkan riskin tümünü azaltma,
- Projenin gelişme sürecindeki tahminlerin duyarlılık testi,
- Genellikle bireysel hafızanın korunması bakımından ortak hafızanın dokümantasyonu ve kaynaşması,
- Daha iyi bir karar mekanizması ve risk yönetiminin gelişimi için kavrama, bilgi ve güven, olarak sayılabilir.

Bu faydalar arasında, risk analizi çalışmalarında garanti edilen en alt düzeydeki doğrulama, ortak yönetimde oluşan proje risklerindeki azalmadır. Proje yönetimi seviyesinde, en iyi anlayış bir kritik yolun daha iyi bir karar mekanizmasına ve daha iyi bir risk yönetimine ulaşmasıdır. Bir diğeri ise, beklenmeyen sürprizleri ve güven kaybını engelleyen bir kontrol ve rapor etme ortamıdır. Üçüncüsü ise, önemli miktarda paranın erkenden harcanmasını içerebilen riskten kaçınma ve azaltıcı önlemlerin doğrulanmasına yönelik bir çerçevedir (Cooper and Chapman, 1993).

Risk değerlendirme işlemleri, bunları hesaplayacak analitik yöntemler ne olursa olsun, baraj ve sahasının birim karakteristiklerine ve yıkılmanın bütün olası modlarına odaklanmıştır. Böylece, analiz için uygun faktörleri vurgulamak için herhangi bir eğilimden kaçılacak ve bunların olmaması görmezden gelinecektir. Bu hiçbir şeyin gözden kaçırılmamasını sağlamaya da yardımcı olacaktır.

Ancak, olasılıkların mühendislik değerlendirmeleri yalın olarak çalışılmamıştır. Analizin her aleti, tekniği veya yönteminden, her bir noktada tamamen faydalanılmalıdır.

Salmon ve Hartford (1995)'e göre bir risk değerlendirmesi;

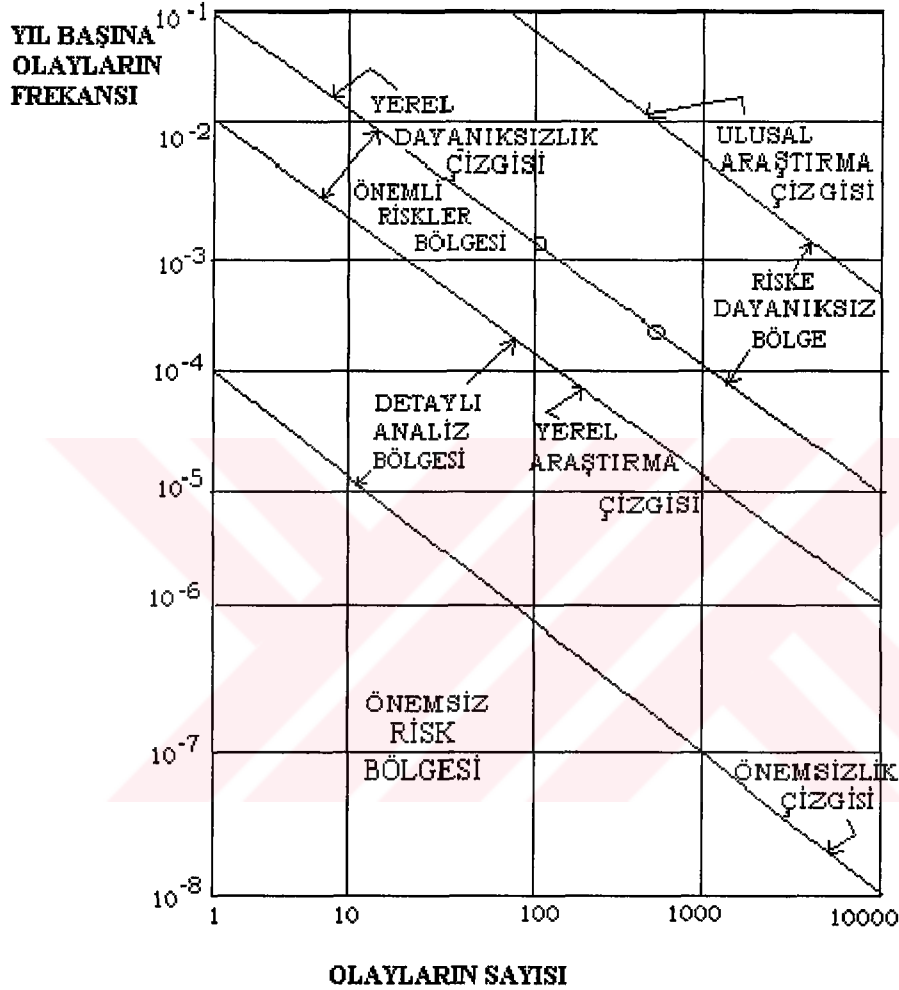
- Mühendislik değerlendirmesinin etkili ve tutarlı kullanımı için yapılandırılmış bir işlem, (yıkılma senaryoları, olaylar zinciri, değerlendirilmiş olasılıklar)
- Mühendislik değerlendirmesini ölçmek ve açık bir tanımlama için elverişli koşullar,
- Emniyetle ilgili gelişmeler ve ek çalışmalar için gerekenlere karar desteği için, risklerin göreceli öneminin değerlendirilmesi,
- Her bir özel baraj için yapılan değerlendirme, birleşik yıkılma modlarını, zayıflıkları, gariplikleri, ve benzeri durumları gösterdiği için, analizin uygun olmayanlar da dahil, yıkılma olasılıklarına olan katkılarıyla orantılı, bütün faktörlerin dengelenmiş durumları,
- Barajların göreceli güvenliğini (ya da riski) kıyaslamak için uygun bir yöntem,
- Baraj güvenliğinin gelişimini önemsetmek için daha formel bir temel,
- “Barajımız nasıl güvenli olur” sorusuna en iyi cevap sağlar.

“Barajımız nasıl güvenli olur?” sorusuna cevap bulunsa bile ardından “Barajımızın emniyeti yeterli mi?” sorusu da ortaya çıkar. Bu sorular, USBR'nin “Güvenli bir baraj, yapısında açıkça kabul edilmeyen riskleri taşımayan bir barajdır.” tanımında somutlaşmıştır.

Bu yolla barajın emniyetini tanımlamak için, sadece ne tür risklerin olduğunun bilinmesine ihtiyaç duyulmakla kalmayıp bunların kabul edilebilir olup olmadığını bilmeye de ihtiyaç vardır. Bazı yayınlar, toplumsal risklerin genel olarak kabul edilebilecek dereceleri hakkında bilgi sağlar.

İngiltere Sağlık ve Güvenlik İdaresi tarafından yayımlanan ‘Nükleer Güç Santrallerinden Riskin Tolare Edilmesi’ adlı rapor Şekil 3.3'teki bilgileri esas almaktadır. Grafik dayanılmaz olarak kabul edilen risklerin üstündeki ‘yerel dayanıksızlık çizgisi’ni göstermektedir.

Bu bağlamda risk, olasılıkla çarpılmış sonuçlardır (dönüş periyoduyla bölünen felaketlerin sayısı). Böylece risk, bir yıldaki tehlike başına hayatta kalma cinsinden hesaplanabilir (Salmon and Hartford, 1995).



Şekil 3.3. İngiltere Sağlık ve Güvenlik İdaresi tarafından hazırlanan ulaştırma çalışmalarının büyük riskleri için geliştirilmiş risk kriterleri

Güvenlik değerlendirmelerini içeren bütün alanlarda uzman mühendislerden ve diğerlerinden oluşan bir değerlendirme ekibi, kabul edilebilir riske dayalı baraj güvenliğini değerlendirmek için kurulmuştur. Bu çalışma grubu, barajın tasarım, inşaat ve işletmesi ile ilgili bütün konularda bilgi sahibi olmalıdır.

İlk adım, analizin konusunu belirlemek ve akla yatkın yıkılma senaryolarını tanımlamaktır. Bir yardımcı tarafından desteklenen değerlendirme ekibi, serbestçe

tartışır, bütün olasılıkları kaydeder ve daha sonra fazla hesaba katılması gerekmeyen olayları yok etmek üzere oluşan bütün durumları izler.

Taşkınlar ve depremler, British Columbia (BC) Hydro barajları için risk değerlendirmesinde daima dahil edilmiştir. Üstelik, malzemelerin hasar görmesi, deşarj ünitelerinin enkazı, borulanma, hazne hasarı gibi olayların başlaması, özel bağlamda değerlendirilmiştir.

Olayların mantık zincirinin gelişimi, olay ağacında kolayca gösterilebilir. Olaylar zinciri, aşağıdaki adımları içeren mantıksal tekniklerin sonuçları kullanılarak inşa edilmişlerdir.

- Başlayan olaylar tanımlanır,
- Bütün olası kombinasyonlar ve olay zincirleri ortaya konur,
- Bölüm boyunca her zincirin sonuçları hesaba katılır (yıkılan / yıkılmayan),

Yıkılmanın sonuçları normal olarak baraj taşkın çalışmalarına bağlıdır ve farklı yetersizlik tipleri ve yıkılma anındaki farklı doğal akışlar için farklılıklar olabilir. Yıkılma sonuçları benzer herhangi bir yıkılma senaryosu, beklenen hasar ve ekonomik, sosyal ve çevresel zarar cinsinden belirlenebilir.

Risk, toplum tarafından normal bir şekilde tolere edilebilen risk değerleri (yaşam kaybı) ile karşılaştırılabilir ve mal sahiplerinin parasal kaybı ile sürdürülebilir.

Risk tahminlerinin doğasındaki hatalardan dolayı, baraj güvenliğini geliştirmek için ileri sürülen bir karar, eğer tahmin edilen risk tolere edilebilir riske benziyorsa, oldukça önemli bir karar gerektirir. Tahminlerde faydalı ilaveler belirtilebilir.

3.5. Risk Analizinin Performansı

Risk analizi; genellikle niceliksel olarak düşünülmesine rağmen, bir risk mühendisliği yaklaşımı riski ölçmeye veya olasılıkları kullanmaya ihtiyaç duymaz. Risk analizi, “Ne olabilir?” ve “Ne olmalı?” sorularını anlamakla ilgili olmalıdır. Bu anlamadaki gelişim ve iletişim desteği olarak, özellikle riskin doğası ve bütünleşmiş tepkiler karmaşa veya yanlış anlamaya sebep olduğu zaman, eğer bir kesin kabul konulmamışsa, yapılandırılmış sözel modeller oldukça faydalıdır.

Risk analizinin etkili ve verimli performansı, birkaç katkısı olan elemanı kapsar. Bunlar, modelleri, yöntemleri ve bilgisayar yazılımını, yöntem tasarımı gibi en azından somut beceri ile ilgili elemanları, uzman raporu ve çalışma grubu yönetimini içerir (Cooper and Chapman, 1993).

Risk analizi tekniklerindeki gelişmeler, bunların baraj güvenliğindeki kullanımları için uygulamaların artmasını sağlamıştır. Baraj güvenliğinin olabilirlik analizi tipik olarak aşağıdaki faktörleri kapsamalıdır.

- Ekstrem taşkın, depremler ve diğer zararlar gibi baraj güvenliğini tehdit eden başlıca büyüklükler,
- Barajların fiziksel direnci ve yıkılma olasılığı,
- Aşırı yüklemeden kaynaklanan zararın, barajın direncini aştığı zaman baraj yıkılmasının doğası,
- Baraj yıkılmasının kırılma özellikleri ve hasar ve ömür kaybı esnasındaki oluşumların sonuçları.

Baraj yıkılmasında başrol oynadığı bilinen tüm mevcut seviyeler ve bir yıkılmanın sonucu birbirinden farklıdır. Ancak, olası risk analizinin (PRA) kullanılması, barajdaki zayıflık ya da hasar görme olasılığını öğrenmeyi sağlamakla bu sınırlı bilgiyi önemli ölçüde artırır. Olay (ya da hata) ağacı analizi barajın hasar görme değerini öğrenmeye yardımcı olabilir.

3.6. Risk Analizi Uygulamaları

3.6.1. Klasik Güvenlik Uygulamaları

Barajlarda dolusavak taşkın debisi olarak katastrofal yani gelmesi olası en büyük taşkın debisi esas alınır (Sungur, 1993).

Pratikte iyi işletilen bir barajda dolusavak çalışmaz. Genelde baraj ömrü 100 yıl kabul edilmesine rağmen, proje taşkın debisi 100 yıllık taşkın debisinden büyük seçilir (Şentürk, 1994).

Dolusavaklarda ;

- Küçük hacimli (bir milyon m³'ten küçük) biriktirme haznelerinde yerleşim yerlerine ve arazi durumuna göre tekerrür aralığı 100 veya 500 yıl,
- Büyük hacimli (bir milyon m³'ten büyük) ve can kaybı tehlikesi olmayan yerlerde ve korunacak arazinin sınıfına, tesislerin değerine ve biriktirme haznesinden uzaklığına göre tekerrür aralığı 500 veya 1000 yıl,
- Büyük hacimli (bir milyon m³'ten büyük) ve can kaybı tehlikesi olan yerlerde tekerrür aralığı 10.000 yıl,

olan taşkınlar proje taşkını olarak alınır.

Ayrıca savaklarda kabul edilebilecek taşkın tekerrürleri için aşağıdaki değerler tavsiye edilmektedir.

Yapının Cinsi:	Tekerrür (sene):
Toprak barajlar	15 000
Kaya dolgu barajlar	10 000
Beton barajlar	1 000
Bağlamalar (şehir yakınlarında)	250
Bağlamalar (şehirden uzak)	100

Sonuç olarak taşkın kontrolü yapılarının tasarımında, maliyetler kabul edilebilir sınırlar içinde kalmak şartıyla meydana gelme olasılığı en büyük olan taşkına karşı koruma yapılmak istenir.

Bununla beraber, genellikle maliyet çok yüksek olduğundan, bu tip koruma önlemleri çok nadir hallerde uygulanabilir. Prensip olarak proje taşkınının seçiminde belirli bir riske girilir. Bu riskin ölçüsü ise taşkın karakteristiklerine, havzanın potansiyeline, korunacak arazinin sınıfına ve ekonomik sınırlamalara göre belirlenir (Erkek ve Ağırlioğlu, 1986).

Literatürde barajın önemine göre, proje taşkını için 100 ile 10 000 yıl arasında dönüş aralıkları seçilmesi önerilmektedir. Dönüş aralığı 10 000 yıl olan taşkının 100 yıl içinde aşılma olasılığı % 1 iken, bu değer 1000 yıllık taşkın için % 10'a, 200 yıllık taşkın için % 39'a, 100 yıllık taşkın için % 63'e yükselmektedir.

Fakat dönüş aralığı 100–10.000 yıl gibi çok büyük değerler olan taşkınları istatistik analizle belirlemek güvenilir olmayacağından, hesapları olası maksimum yağışın (OMY) oluşturacağı, olası maksimum taşkına (OMT) dayandırmak uygun olur.

OMY, bir havzaya belli bir sürede düşebilecek yağış yüksekliğinin fiziksel üst sınır değeri olarak tanımlanmaktadır. OMY'nin oluşturacağı OMT'nin dönüş aralığı havzaya göre değişebilen büyük bir değerdir.

Yıkılması halinde, can kaybına yol açabilecek barajların dolusavaklarını boyutlandırırken OMT'ı almak tavsiye edilmektedir. Bu gibi barajlarda minimum standart OMT'ın yarısı olmalıdır.

Can kaybı olmaması (olasılığı küçük), fakat çok büyük zararlar ortaya çıkabilmesi halinde proje taşkını olarak OMT'ın yarısı, minimum standart olarak 0.3'ü alınmalıdır.

Zararlar çok büyük değilse, proje taşkını olarak $0.3 \cdot \text{OMT}$, minimum standart olarak $0.2 \cdot \text{OMT}$ (ya da 100–150 yıllık taşkın) seçilebilir. Oluşabilecek taşkın zararı küçük ise $0.2 \cdot \text{OMT}$ proje taşkını olarak seçilebilir.

Yüksekliği 10-15 m'den, göl hacmi 0.5 milyon m³'ten küçük olan barajlarda proje taşkını olarak 50-100 yıllık taşkınlar kabul edilebilir.

Can kaybı olmayan durumlarda ise proje taşkını (minimum standardın altında olmamak şartıyla) ekonomik analiz sonunda belirlemek uygun olur, bunun için yapının maliyeti ile zararın beklenen değerinin toplamını en küçük yapan taşkın seçilir.

Taşkın frekans analizinde yakın çevredeki diğer istasyonların bilgilerinden de yararlanılmalıdır(bölgesel analiz).Analiz yapılacak istasyonda taşkın gözlemi yok veya yetersiz ise seçilen dönüş aralığına karşı gelen yağış belirlenip oluşturacağı akış hesaplanabilir.

Ancak bu şekilde elde edilecek taşkın dönüş aralığı, yağış için seçilen dönüş aralığı ile aynı olmayabilir, zira zeminin nem durumu ve yağışın havza üzerindeki dağılımı da akışı etkiler (Anonymous, 1991).

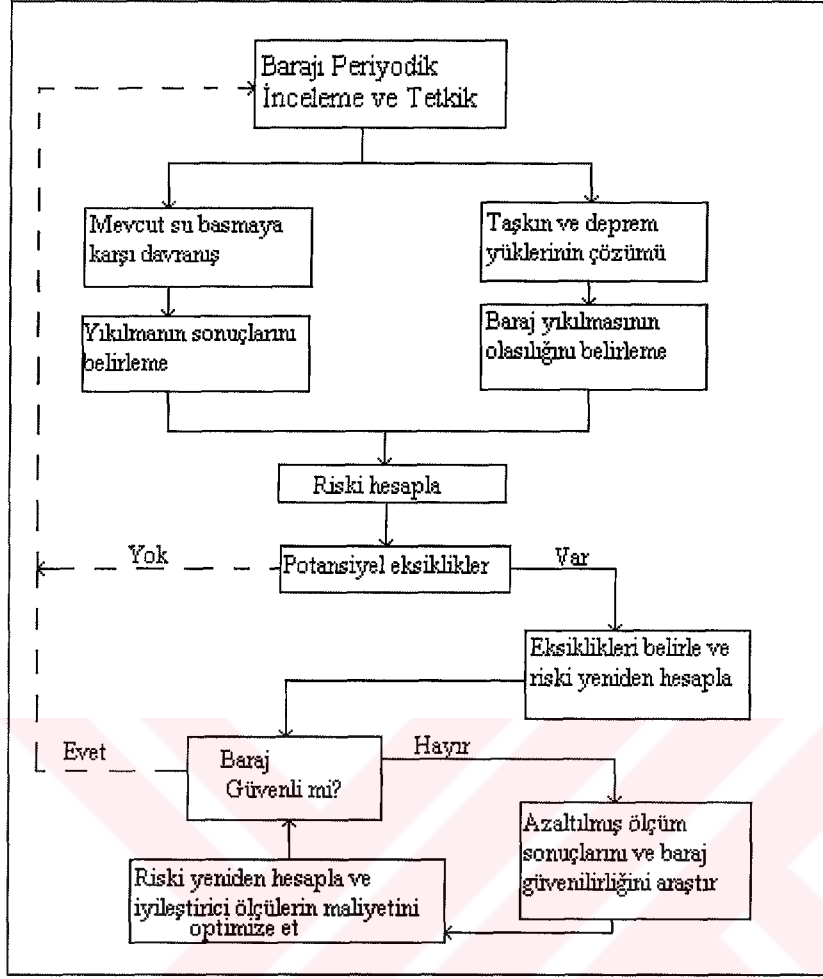
3.6.2. BC Hydro Örneğinde Baraj Güvenliği Programı ve PRA

Olasılıkçı risk analizi (PRA), bir barajın riski için hassas bir değerlendirme elemanı olmamasına rağmen, baraj güvenliğini geliştirme ve değerlendirme için mühendislikte bir yargı-karar için kuvvetli bir araç olarak kullanılabilir. Bu aynı zamanda, teknik emniyet sorunlarından daha iyi risk kavramlarını bilmek zorunda olan karar vericiler için baraj güvenlik işlemlerini daha açık bir şekilde açıklayabilir.

Geleneksel güvenlik değerlendirmeleri, deterministik standartları esas alır, ancak karar verme işlemleri üzerinde önemli bir rol oynamaya devam eder (Nielsen vd., 1994).

BC Hydro, Kanada'nın British Columbia şehri için elektrik enerjisi üretme ve dağıtmayla sorumlu bir kuruluştur. 75 yaşından büyük Buntzen, Jordan ve Coquitlam gibi ve 245 m. yüksekliğinde Revelstoke, WAC Bennett ve Mica gibi barajların da dahil olduğu 61 baraja sahiptir ve işletmektedir.

Barajlarının güvenliğini sağlama almak üzere BC Hydro, işletmede çok yönlü bir baraj güvenlik programına sahiptir. Bu program, bütün barajlar için periyodik kontroller ve incelemeler, şüpheli kusurlar için araştırmalar, gerek duyulan yerde baraj güvenliğini geliştirici çalışmalar içermektedir. PRA teknikleri, baraj güvenliği inceleme işlemleri için uyarlanmış ve taşkınlar ve depremler için sonuca dayalı güvenlik değerlendirmelerinin kullanımı için geliştirilmiştir. Teklif edilen baraj güvenliği kriterleri, yıkılma sonucu akım yönüyle orantılıdır.



Şekil 3.4. Baraj güvenliği değerlendirmeleri ve gelişimi

Öte yandan PRA, güvenlik faktörünü hesaplamak mümkün olsun ya da olmasın, her bir potansiyel yıkılma modunun göreceli önemine ağırlıklı bir vurgulama yapar. Nicel olarak göstermek zor olabileceği için kolayca gözden kaçmayan önemli noktalara dikkat çekmek için katkıda bulunur.

Bu anlamda PRA, sürdürülen bir analiz olmayıp, fakat sürdürülen bir geçmeden ziyade; şartlardan, garipliklerden ve her yapıya özel birleşik yıkılma modlarından izlemeler yaparak, kendilerine uygun analiz teknikleri ile bildirimler yapar.

BC Hydro, PRA'yı baraj güvenliği programı için bilgi ve bundan dolayı kendi barajlarının güvenliğini geliştirmek için bir ilave gibi görür. Gerçekten PRA, geleneksel baraj güvenliği pratiklerini ve içeriklerini feda etmeden artırmak suretiyle içte yeni bir boyut sağlamıştır.

Değerlendirmedeki esas rolün kaybedilmemesi ve miktarının bilinmesiyle, yegane bir varlık gibi her bir barajın anlaşılmasını sağlamıştır.

Eskiden ‘yeterli güvenli’ olmak için çözülmüş bir barajda, olası maksimum taşkın dizaynı ve deprem olayındaki bir artıştan dolayı ‘güvensizlik’ başlarsa, PRA yine ekstrem durumdaki artışı göstermeye yardımcı olmuştur. PRA ayrıca, taşkın ve deprem olaylarının her ikisinin daha küçük veya büyük diğer mümkün durumları için, barajın tepkilerini değerlendirebilmek için izin verir.

Probabilistik olduğu belirtilen baraj yıkılma potansiyeli, özel bir şekilde tanımlanmamış veya ekstrem yüklemenin herhangi bir büyüklüğüne dayandırılmıştır.

Böylesi baraj güvenliği risklerini bir dereceye kadar değerlendirmek ve hafifletmek kolaydır. Böylece, daha az şiddetteki yükler altında davranışını geliştirerek baraj güvenliğinde maliyet-etkisine ulaşmak mümkün olabilir.

3.6.2.1. PRA’nın Yöntemi

Probabilistik risk analizi, kompleks, tehlikeli yeteneklerin yıkım potansiyelinin değerlendirilmesi için sofistike bir tekniktir ve böylece yıkılma risklerini azaltmak için yolları tanımlamaya yardım eder.

Baraj güvenliği alanında, PRA’nın dayanıklılığı, yıkılabilecek bir barajın temel senaryosunu tanımlama ve yıkılmanın olması için hangi kombinasyonun gerektiği ve çeşidini araştırma yeteneği ile birliktedir.

BC Hydro’da, belirli bir baraj için bir risk analizi, herhangi bir yerden 3-5 katılımcı ile, genellikle 4 ya da 5 günün üzerinde bir zaman periyodunda bir işyeri hiyerarşisi içinde yönetilir. Her katılımcı, dizayn, analiz ya da baraj performansının bir ya da daha fazla yönü üzerinde derin bilgiye sahiptir, ve tamamı bu programda baraj güvenliği konusunda deneyimlidir. Bu çalışmada kazanılan deneyime göre, aşağıdaki işlemler PRA’yı oluşturur:

Deney performans sahasının incelenmesi; PRA için esas, yıkılabilecek belirli bir barajın temel yönlerini belirleme ve gösterme yeteneğidir. Yıkılmaların, yaklaşık yıkılmaların ve kazaların sebep ve şartların, taşkın ve deprem durumları karşısındaki benzer barajlar için başarılı performansın anlaşılması bu çabanın temel taşıdır.

Baraj Alanının İncelenmesi; Çalışma, şantiye şartlarıyla katılımcıları yeniden alıştırmak için barajın incelenmesi önde gelmektedir. Şu bellidir ki, olası yıkılma ile

ilgili özelliklerin miktar ve yapısının bürodaki çizim ve dokümanların tetkiklerinden tamamıyla anlaşılması mümkün değildir.

Yıkılma Modunun Tanımlanması; Bir barajın özelliklerinin detaylı bilgisiyle, hem baraj özellikleri ve hem de yıkılma mekanizması ile ilişkili potansiyel sismik ya da hidrolojik yıkılma modları tanımlanmıştır. Bu aşamada, bütün olası yıkılma modları, kaydedilmesinin ve yok edilmesinin fiziksel olarak neredeyse imkansız olduğuna inanılmasına rağmen, bir olayın olasılığının özel durumu olmaksızın belirlenmiştir. Genellikle yaklaşık dört ya da beş yıkılma modu bu işlemin görüntülenmesiyle sonuçlanır.

Hata Ağacı İnşası; her yıkılma modu , zamanla olaylar arasındaki ilişkileri ve mantıksal silsileleri göstermek için olay ağacı analizini kullanmak için gerekli bileşenleri daha fazla geliştirmiştir. Yalnızca baraj yıkılmasına neden olabilen olay silsileleri tamamen geliştirilmiştir.

Olasılık Değerlendirmeleri; Bazı olasılıklar, hata ağacı bileşenleri için temel mühendislik kararlarının tabanına oturtulmuştur. Diğerleri ise problem içindeki olayların olası istatistik ilişkilerine ve analizi yapılmış olasılıklara dayandırılmıştır.

Ancak BC Hydro, bu kararı herhangi bir baraj güvenliği değerlendirmesinin esası olarak onaylar, ve çoğu olayın olasılıkları yapılandırılmış sorgu yaklaşımı kullanılarak temel karar verilmiştir.

Sonuçların Yorumlanması; İndüklenmiş baraj yıkılmasının hem sismik ve hem de hidrolojik toplam olasılığı $P(f)$, hesaplanan olasılıkların bileşenleri ve çeşitli yükleme seviyeleri ve yıkılma modlarının göreceli katkıları karşılaştırılmıştır. Genelleştirilmiş hassasiyet çalışmalarına dayanan BC Hydro, büyüklüğün bir derece küçük ya da büyük değeriyle birinci derece analiz için hesaplanan $P(f)$ 'nin doğruluğunu hala kabul etmektedir.

Hesaplanan değer, konu ile ilgili barajların yıkılma istatistikleri ile diğer BC Hydro barajları için hesaplanan $P(f)$ değerlerinin kıyaslanmasıyla geçerli olabilir. Problemden genel şartları verilen barajın, rölatif bir temelde hesaplanan değeri mantıklı ve duyarlı ise, tutarlı prosedürler ve gelenekler, çözüm için yardım ederler.

Çok önemli olarak, hata ağacı, belirli yıkılma modlarının diğerlerinden daha büyük risk etkilerine sahip olup olmadığını çözmek için sınama yapar. Eğer durum böyle ise, sonuçlar kolaylıkla sınanır ve incelenir, barajın spesifik özellikleri ve ilgili alanın performans çalışması revize edilir.

İterasyon; ilk başlarda PRA, hemen hemen her zaman gerçekçi şartlar altında tüm risklerde fazla payı olmayan bazı yıkılma modlarını, ilk izleme esnasında gözden kaçırılabilen diğer yıkılma modlarını ya da hala anahtar belirsizlikleri azaltmak için gerekli analiz veya daha fazla verileri tanımlar

Sonrakinin tam yerini belirleyerek, ilk PRA, yıkılma olasılığındaki etkileriyle bağlantıda gerekli ek çalışmalar rehberi ve bir yol tanımlama haritası gibi hizmet verir.

Sözü edilen bu PRA araştırmaları, sözü edilen bu iterasyonlarda dalların budanması ve genişletilmesi ya da olasılıkların değiştirilmesi ile gerektiği gibi artırılmıştır. Alternatif olarak, bazı durumlarda hata ağacı olasılıkları, farklı değerlendiricilerle açıklanan anahtar belirsizlikler hakkındaki değerlendirmelerin sonuçları hassasiyet testi çalışma grubu oluşturularak bağımsız bir şekilde yeniden değerlendirilmiştir (Nielsen vd., 1994).

3.6.3. İsviçre Deneyimi

İsviçre’de barajlar, 1000 yıllık dönüş periyoduna sahip bir taşkından % 50 daha yüksek pike sahip bir taşkına göre tasarlanır. Bu taşkının geçebildiği herhangi bir baraj güvenli olup taşkınlar için güvenlik kriterlerini karşılar. Bir barajın güvenli olduğunu kabul etmek, barajın taşkınlardan dolayı yıkılmasının yeteri kadar düşük olasılığa sahip olduğunu kabul etmek demektir. Gerçekten yeterli bir güvenlik faktörüne sahip barajlar yıkılmaya karşı da güvenli kabul edilebilir.

Tamamen güvenli bir baraj için işletme, olası maksimum yağış ve olası maksimum taşkına ulaştırır. Akışı artırabilen bütün faktörlerin maksimize edilmesiyle elde edilen bu taşkınlar, mantıksız olarak kabul edilebilecek büyük bir değere ulaşabilirler. Sonradan, “maksimum olası yağış” ve maksimum olası taşkın” şeklindeki açık kavramlar yerine “olası maksimum yağış” (PMP- Probable

Maximum Precipitation) ve “olası maksimum taşkın” (PMF- Probable Maximum Flood) şeklindeki kavramlarla yer değiştirilmesi kabul görmüştür.

Bu miktarların kökeninde, maksimum değerlerin zıddı olarak kullanılan bileşenlerin maksimum mantıklı değerleri vardır. Üstelik PMF, sabitte değildir, herhangi biri tarafından değeri hesaplanabilir.

Farklı uzmanlar tarafından bağımsız şekilde hesaplanan bir PMF’in farklı tahminlerde sonuçlanması umulacaktır. Böylece, eğer bir baraj ve onun deşarj kabiliyeti PMF’ye göre dizayn edilmiş olsa bile, daha büyük akımlara konu olacak kararsız bir olasılık hala vardır.

Seçilen bir taşkın için, güvenli tasarım ile ilgili bir kaygı da, taşkınla ilgili standartların geliştirilmemiş olmasıdır. Bazı örnekler;

- İşletmede uzun süre hiç açılmamış bir dolusavak kapağı, risk hesaplarında normal çalışıyor gibi düşünülmektedir.
- Küçük fakat önemsiz olmayan bir enkaz ile tıkanmış bir dolusavak durumu. (Basit bir risk analizi ile, değişik büyüklükteki birkaç enkazla birlikte düşük bir taşkının neden olduğu yıkılmanın olasılığının, proje taşkını aşan bir akımın neden olduğundan daha büyük olduğu gösterilebilir.)
- Öncelikli dolusavak kapakları ve bir depremde yetersiz kalacak bir kontrol panelini tamamen karşılayacak bir destek gücü. Dolusavağın üzerinden su aşmasını önlemek için ihtiyaç duyulan güç santralinin depremde devre dışı kalması.

Bir probabilistik risk değerlendirmesi aşağıdaki üç temel soruya cevap arar.

- 1) Yıkılmaya götürecek olumsuzluklar nelerdir ?
- 2) Yıkılma olasılığı nedir ?
- 3) Yıkılma sonucu hangi hasar oluşur ?

Yıkılma olasılığının ve sonuçlarının ürünü, risk ölçüsü olarak kullanılan beklenen değerdir. Risk, yıkılmaların değişik tipleri için sonuçların alanında üretilmemiş bir formda gösterilebilir.

Bütün barajlarda düşük bir riskin olması arzu edilir. Bütün barajlarda riski üniform bir şekilde düşük tutmanın en mantıklı anlamı, yıkılma sonuçları büyük olan

barajların, yıkılma sonuçları küçük olan barajlardan daha düşük yıkılma olasılıklı baraj olması gerektiğidir. Bu husus, barajların büyük, önemli ya da küçük tehlike riskli olarak sınıflandırıldığı geçmişteki baraj tasarım pratiği ile de uyumludur. Büyük tehlike riskli barajlar, önemli ya da küçük tehlike riskli barajlardan daha büyük taşkın ve deprem standartlarına göre tasarlanmıştır.

BC Hydro, risk esnasında barajların güvenliğini değerlendirmek için PRA tekniklerini kullanmaktadır. Avustralya Büyük Barajlar Ulusal Komitesi bu yaklaşımı incelemenin yanı sıra, risk değerlendirmelerinin çeşitli yöntemlerini tanımlayan “Barajlarda Risk Değerlendirmelerinin Ana Hatları’nı” yayınlamıştır. Bu rehber, BC Hydro ile ortak bazı elemanlara sahiptir.

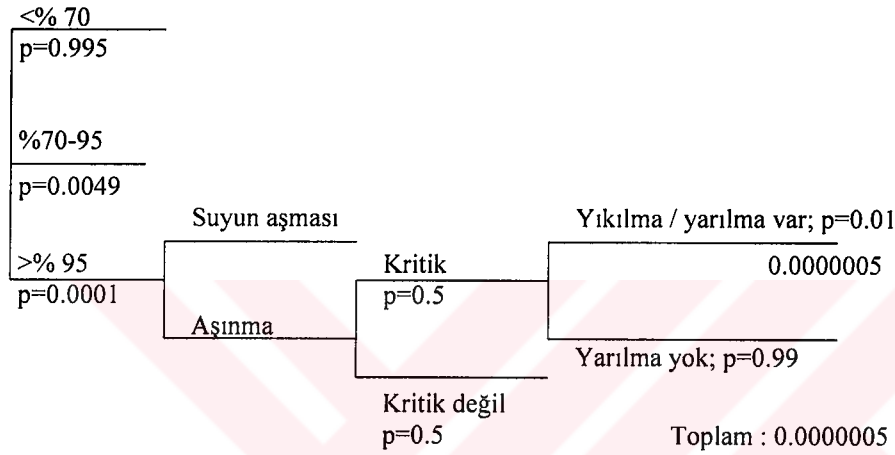
BC Hydro’nun baraj güvenliği risk değerlendirmelerinin temel elemanları şunlardır;

- Bütün olası yıkılma modlarının ve sonuçlarının listesi, (Tehlike tanımlaması)
- Bu modların görüntülenmesi ve güvenilir olanların elde tutulması,
- Bu modların, potansiyel yıkılma modlarının fiziksel gerçekçiliğinin en iyi gösterim mantığıyla olay ağacında gösterilmesi,
- Olay ağacının her dalında olasılıkların değerlendirilmesi (bazı dallar yıkılmaya ulaşırken diğerleri ulaşmaz),
- Yıkılmanın çeşitli tiplerinin olasılıklarını anlamak için aritmetik işlemlerin yapılması,
- Daha fazla değerlendirilmesi gereken belirli olasılıkları görmek için olay ağacının kritik dallarının yeniden gözden geçirilmesi,
- Bütün adımların kolayca incelenebilmesi için bütün işlemlerin, özellikle belirli olasılıkların sebeplerinin açık bir şekilde belgelenmesi,
- Çeşitli yıkılma modlarının sonuçlarının hesabı,
- Yıkılma olasılığının riski ve sonuçlarının hesabı.

Olay ağacı analizi, bu önemli noktaların belirlenmesi için bir çerçeve sağlar. Olay ağacı, baraj güvenliğini değerlendirmek için dikkatli bir şekilde başlatılan çalışmalarda mühendislik yargıları için bir odak oluşturur. Olay ağacının kullanımı, bunlardan kaynaklanan hem tahmini olasılıkların ve hem de çalışmaların önemini açık bir şekilde ortaya koyacaktır.

Şekil 3.5’de görülen proje taşkınının % 70’ini geçirmesi gereken dolusavak deşarjından daha küçük bir akış olabilir. Bu ilk aşamadaki bir taşkın yıllık olasılığı, hemen hemen 0.995 civarında oldukça yüksek olabilmektedir. Öte yandan, proje taşkınının 0.70’ini geçen taşkın yalnızca 0.005 olasılıkla gerçekleşebilir. Proje taşkınından geri kalan iki ilave olayın gerçekleşme olasılığına ayrılmıştır.

Risk	Yıkılma modu başlangıcı	Yıkılma mekanizması	Barajın tepkisi	Yıkılma olasılığı
------	-------------------------	---------------------	-----------------	-------------------



Şekil 3.5. Proje taşkını yıkılma modları için hidrolojik olay ağacı

Proje taşkınının 0.95’ini aşan taşkın olasılığı ise 0.0001 ve bütün taşkınların 0.70 ile 0.95 arasındaki bölümün olasılığı ise 0.0049 olacaktır. Bunun nedeni ise bütün olasılıkların toplamının 1 veya %100 olmasıdır (Şekil 3.5).

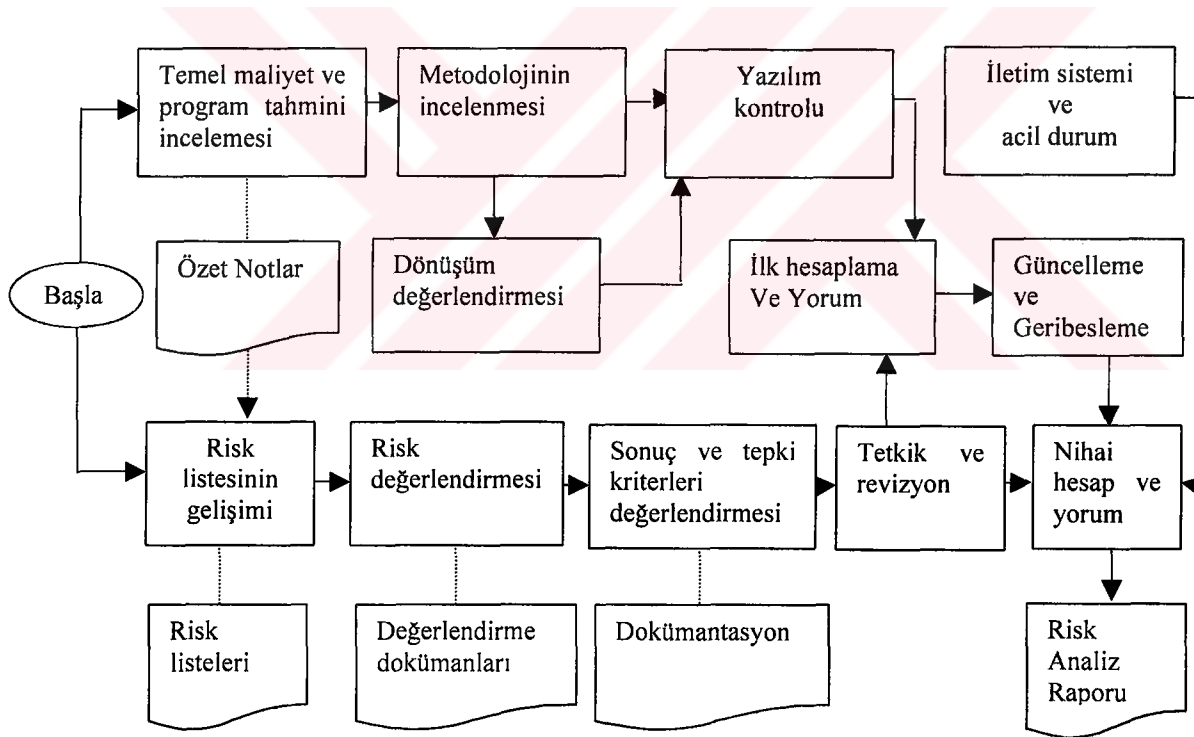
100 yıldan büyük bir taşkın olasılıkları genellikle büyük belirsizliğin konusudur ve bunun önemli yahut baskın bir faktör olup olmadığını görmek için hassasiyet analizi gerekmektedir.

3.7. Risk Analizinde Yaklaşım

Herhangi büyük bir inşaat çabası pek çok sayıda riski kaçınılmaz olarak ortaya çıkarır. Taşkınlar, çok önemli zamanlarda meydana gelebilir. Kazalar meydana gelmemelidir, fakat bazen kaçınılmaz olurlar. Yüzeysel araştırmalar, ne şekilde olursa olsun, büyük kazı çalışması başladığında ne bulunacağı hakkında her zaman tam bir fikir vermez.

Normal tahmin işlemleri, başlangıçta tam olarak önceden görülemeyen özelliklerine rağmen, genellikle meydana gelebilecek problemlerin doğrudan hesaplanan toplamına bir olasılık ilavesiyle, direkt maliyetler geliştikçe, mantıksal normal beklentilerin bir grubu için kapalı değerlendirmeler yapar. Ancak olasılık payları, riski açık bir şekilde içermezler, ve bu eksiklik ciddi sonuçlar doğurabilir.

Risk analizi, oldukça öznel değerlendirmelerin iyi bir dağıtımıyla, bazı mantıksal kesin verileri içeren her bir büyük inşaat faaliyetine uygun bir şekilde tatbik edilen 21 farklı riski tamamen değerlendirmeye alır. Örneğin, verilen herhangi bir yılda, özel bir taşkın pik değerinin oluşma olasılığı, hidrolojik kayıtların analizinden hesaplanabilir, fakat bu taşkın oluşuncaya dek, ne türde bir hasarın olacağı herhangi bir kesinlik derecesiyle bilinmeyebilir. Bütün metodoloji aşağıda Şekil 3.6.'da gösterilmiş ve kısaca tanımlanmıştır.



Şekil 3.6. Risk analizi çalışmasının yöntemi

1.Adım: Temel Maliyet ve Program Tahmini

Temel maliyetleri ve program tahmin çabaları; önerilen inşa yöntemlerini ve düzenini, belirsizlik alanlarını, altı çizilen önemli kabulleri çözmek için incelenmiştir.

2.Adım: Risk Listesinin Gelişimi

Bir risk listesi, belirsizliğin büyük alanlardaki ilk halini göz önüne almak için analizde geliştirilmiştir. Bir risk ile diğeri arasında mevcut ilişkinin büyüklüğünü tahmin etmek için de, bütünün çeşitli aşamalarında projeyi her bir riskin nasıl etkileyebildiği ilk büyük değerlendirmeyi yapmak için de bu aşamada başlamak çok önemlidir. Bu şekilde ele alındığında, örneğin, bir büyük taşkın riski, jeolojik şartların riskinden bağımsız olarak umulandan farklı olacaktır.

3.Adım: Metodolojinin İncelenmesi

Tahmini incelemenin ve aynı zamanda ilk risk listesinin gelişiminin tamamlanması üzerine, ilk öneri olarak sonraki risk analizinin aşamalarının bir değerlendirmesi yapılmıştır.

İlk metodolojinin özellikleri, diğerlerinden farklı olarak, bazı yönlerden benzer olan durumlarda, benzer yöntemlerin uygulanması üzerine dayandırılmıştır. Bazı yöntem revizyonları, önerilen bilgisayar yazılımının tescili için kabul edilir ve değişiklikler bağdaştırılır.

4.Adım: Risk Değerlendirmeleri

Bir veri toplama çabası, verilen herhangi bir yılda gerçekleşecek riskin büyüklüğünün seçilen herhangi bir aşamasının olasılığından oluşan bir saptama ve tanımlanmış her bir risk için başarılmıştır. Veri boşlukları olduğu zaman, karar analizi ve diğer işlemler, gerekli bilgileri üretmek için kullanılmıştır.

5. Adım: Dönüşüm Değerlendirmeleri

Dönüşüm kriterleri, bireysel risk analistleri, doğal değerler cinsinden tekil risklerin gerçekleşmesinin sonuçlarını daha kolay görebilsin diye geliştirilmiştir. Örneğin, eğimli bir yıkılmanın içerdiği toprak hacmi cinsinden düşünmek, onun çarpma maliyetini direkt düşünmekten daha kolaydır. Dönüşüm kriterleri, sonradan toprak hacmi gibi doğal değerleri maliyet ve program uygulamalarına dönüştürülebilir.

6.Adım: Yazılım Kontrolü

Tescilli bilgisayar yazılımlarının kontrolü, risk analizine uygun olarak, 3. Adımda bahsedildiği gibi kontrol ile uyum içinde yapılmıştır.

7.Adım: Sonuç/Tepki Kriterleri Değerlendirmesi

Her büyük inşaat aktivitesi için, verilen bir tepki kabulünde her olası risk büyüklüğünün gerçekleşme sonuçları değerlendirilmiş ve tahmin edilmiştir. Kabul edilen tepki, sonuçları hafifletebilen belirli bir risk gerçekleştiğinde alınacak olan harekettir. Tepkiler uzunlukta dikkate alınmamıştır, ancak kabul edilen uygun tepkileri sağlama almak için dikkat edilmiştir. Sonuçlar, konu ile ilgili bütün doğal değerler cinsinden değerlendirilmiştir.

8.Adım: Kontrol ve Revizyon

Değişik disiplinlerin ortak değerlendirme yapabilmeleri için işlemde kontrol ve revizyonlar yapılır.

9.Adım: İlk Hesap ve Yorum

İlk olasılık, sonuç ve dönüşüm değerlendirmeleri birleştirilir ve yorumlanır. Anormallikler tanımlanır ve çok önemli olarak ortaya çıkan riskler, uygunluğu için hesaplanan sonuçlardan emin olmak için bir kez daha gözden geçirilir.

10.Adım: İletim Sistemi ve Acil Durum

İletim sisteminin yaygın bir analizi, bir büyük iletimin sonuçlarını ve olasılığını değerlendirmek için ele alınır. Benzer bir yöntem, detaylardaki önemli farklılıkları içersin diye, inşaat aşamasından ziyade işletme aşamasını içermesine rağmen, bir alt analizde izlenir.

11.Adım: Güncelleme ve Geri Besleme

Bütün giriş verileri 9. ve 10. adımın sonuçlarına dayanarak güncelleştirilir.

12.Adım: Nihai Hesap ve Yorum

Bu maddeler için olasılık dağılımları oluştuğça, tahmin edilen maliyetleri ve bitmiş ölçümleri hesaplamak için final çalışması yapılır. Bu final çıktıları, yorum yapmak için temel oluşturur. Benzer şekilde, iletim sisteminin kayıpları için tahmin edilen değerleri hesaplamak için bir çalışma yapılır.

3.8. Risk Analizinin Elemanları

Tablo 3.2.'de bir analizin elemanlarını ilgilendiren birinci derecede öncelikli en önemli sorular verilmiştir. Risk analizinin özellikleri ise Tablo 3.3.'te tartışılmıştır.

Tablo 3.2. Risk analizinin elemanları

<i>Sorular</i>	<i>Çalışma Elemanı</i>
³ Hangi büyüklükte bir inşaat projesini kapsamaktadır?	Konfigürasyonlar
Verilen konfigürasyon için ne çeşit bir çalışmaya gidilmektedir?	Aşamalar
Bitiş zamanlarını ya da tahmini maliyetleri etkileyebilen olası başlangıç mekanizmaları nelerdir?	Riskler
Verilen konfigürasyonun ne büyüklükte bir bölümü riskin gerçekleşmesine bağlıdır?	Faaliyetler
Eğer bir risk gerçekleşirse, hangi olasılıkta sonuçlar gerçekleşebilir?	Hasar senaryoları
Bu sonuçlar nasıl ölçülebilir?	Kriterler
Önemli sonuçları göstermek ve mantıklı bir analize izin vermek için oluşturulması gereken önemli tahminler ve sınırlar nelerdir?	Sınır şartları

Tablo 3.3. İnşaat aşamasındaki risk analizinin ana özellikleri

<i>Eleman</i>	<i>Tanımı</i>
Faaliyetler	İnşaat faaliyetleri
Riskler	İnşaatla ilgili riskler
Faaliyet riskleri	Bazı farklı faaliyetlere uygulanan riskler
Risk olayları	İnşaat risk olaylarının yıllık olasılığı
Faaliyet riski olayı olasılığı	Faaliyet süreleri için ölçülmüş yıllık olasılıklar
Etkilenme senaryoları	Risk olayları için faaliyetlerde çarpmanın çeşitli seviyeleri
Tepkiler	Maliyet ve ölçek kriterleri cinsinden inşaat riski için tepkiler
İkincil riskler ve tepkiler	Hesaba katılan ilk tepkiler
Karma kriter değerlendirme	1) Faaliyet gecikmesi, (aylık) 2) Çalışma artışı (%) 3) Ek maliyetler (\$) cinsinden etki/tepki değerlendirme
Kriter değerlendirme dağılımları	Her kriter için varsayılan minimum, ortalama ve maksimum değer dağılımları
Kriter katkısı	Faaliyet-risk içine eklenen kriterler gibi, faaliyetlerin içine maliyet kriterleri eklenmiştir.
Çeşit ve tip bağımlılığı	1) Neden / etki : Ayrışabilen 2) Neden / etki: Ayrışamayan 3) Ortak öncelikler 4) Birleşik sonuç 5) Tahmin hatası
Bağımlılık yapısı	Toplam bağımlılık yüzdesini kullanarak faaliyet-risk eşleştirme
Bilgisayar yazılımı	Etkili risk analiz programı

Konfigürasyon ve konfigürasyon aşamaları;

Hesaba katılan ilk konfigürasyonlar hidroelektrik projesi ve iletim sistemidir. İki konfigürasyon aşaması hesaba katılmıştır: Hidroelektrik projesi için uygulanabilir inşaat periyodu ve yalnızca iletim sistemi konfigürasyonu için uygulanabilen işletme periyodudur.

3.9. Risk Değerlendirmeleri

Tanımlanan riskin her biri için değerlendirme, güvenilir olayların tipik bir bölümünü kapsamıştır. Örneğin, bir risk olarak tanımlanan taşkın gibi, meydana gelebilecek taşkınların büyüklüğü tanımlanmış ve her büyüklük meydana gelme olasılığıyla birleştirilmiştir. Belirli bir riske bağlı olarak; veri kaynaklarına (doğal risk kategorisine özellikle uyarlanabilen) mantıklı, kesin bilimsel veriler, su kaynakları projelerindeki tarihi deneyimler ve farklı değerlendirme gruplarının mevcut görüş ayrılıkları göz önüne alınır.

Maksimum güvenilir bir olay her koşulda çıkış noktası olarak alınır. En ekstrem olay, her ne kadar yüksek seviyede olasılık dışı ise de, meydana gelebilir. Daima minimum büyüklükte hasarsız bir durum ile başlayan olası olay ölçeğinin en üst sınırında bu karar oluşur. Taşkın örneğiyle devam edildiğinde, maksimum güvenilir olay, hidrolojik çalışmalarda hesaplanan, yıllık olma olasılığı 0.0001'den küçük ve dönüş periyodu 10 000 yıldan fazla olan bir olay olası maksimum taşkın olarak kabul edilmiştir. Ölçeğin en alt sınırındaki minimum büyüklükteki hasarsız olay faaliyetten faaliyete çeşitlilik göstermektedir. Örneğin; inşaat aşamasının başında inşa edilen ve 50 yıllık taşkına göre tasarlanan bir batardonun 100 yıllık bir taşkın gerçekleştiğinde bile güvenli olması umulabilir. Projenin sonunda, 100 yıllık bir taşkın sadece yapıda hasarsızlığa neden olmaz, biriktirme rezervuarının ölçeğini büyüttüğü için tesadüfen de oluşabilir.

Önceden riskler tanımlanır, olası faaliyet-risk kombinasyonları gözden geçirilir, seçilmiş her risk büyüklüğünün gerçekleşme sonuçları kavramsallaştırılır. Eğer bu risk büyüklüğü gerçekleşmiş olsa, kısmen tamamlanmış yapının hasar görüp görmeyeceği, yıkılıp yıkılmayacağı, eğer yıkılırsa, işlem gören diğer bazı işlerin bozulup bozulmayacağı, hangi duyarlılıkta bir hasar senaryonun oluşabileceği kesin olarak bilinemez. Bu belirsizliği yakalamak için, tanımlanan hasar senaryosunun mertebesi ve eğer belirli bir risk büyüklüğü gerçekleşmişse, bu olayın olasılığı birleştirilmiştir.

Belirli bir risk seviyesi gerçekleşse ve belirli bir hasar yaşansa bile, maliyet ve işletmeyi onarmak için gerekli zaman, kesin olarak değerlendirilemez. Başlangıçta

fazlasıyla doğru görünen bazı şeyler, bazen gerçekten çok kötü sonuçlanabilir. Her risk analistinden;

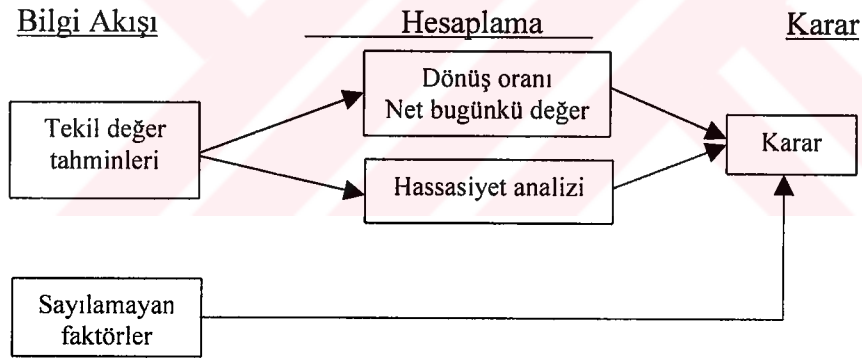
- 20 seferde bir kez, havanın özellikle iyi, malzemenin kolayca elde edilebilir, kazasız bir hal ve benzeri bir duruma uygun bir **minimum değer**,
- Analistin, olasılığı yüksek beklentileriyle birleşik bir **ortalama değer**,
- 20 seferde bir kez, her şeyin umulandan zor olduğu bir **maksimum değer**.

olmak üzere, her kriter için üç değeri belirlemesi istenir.

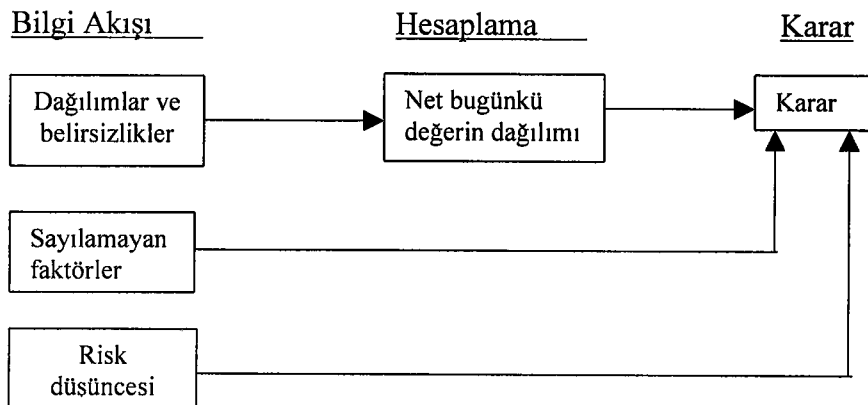
Uygulamada, bu üç ölçekli kriterin tasarımı, oldukça dar aralıklı bir histogram üretimine ve oldukça geniş bir spektrum üzerinde olası değerlerin neredeyse sürekli bir değerine götürür (Cooper and Chapman, 1993).

3.9.1. Büyük Projelerde Ekonomik Risk Değerlendirmeleri

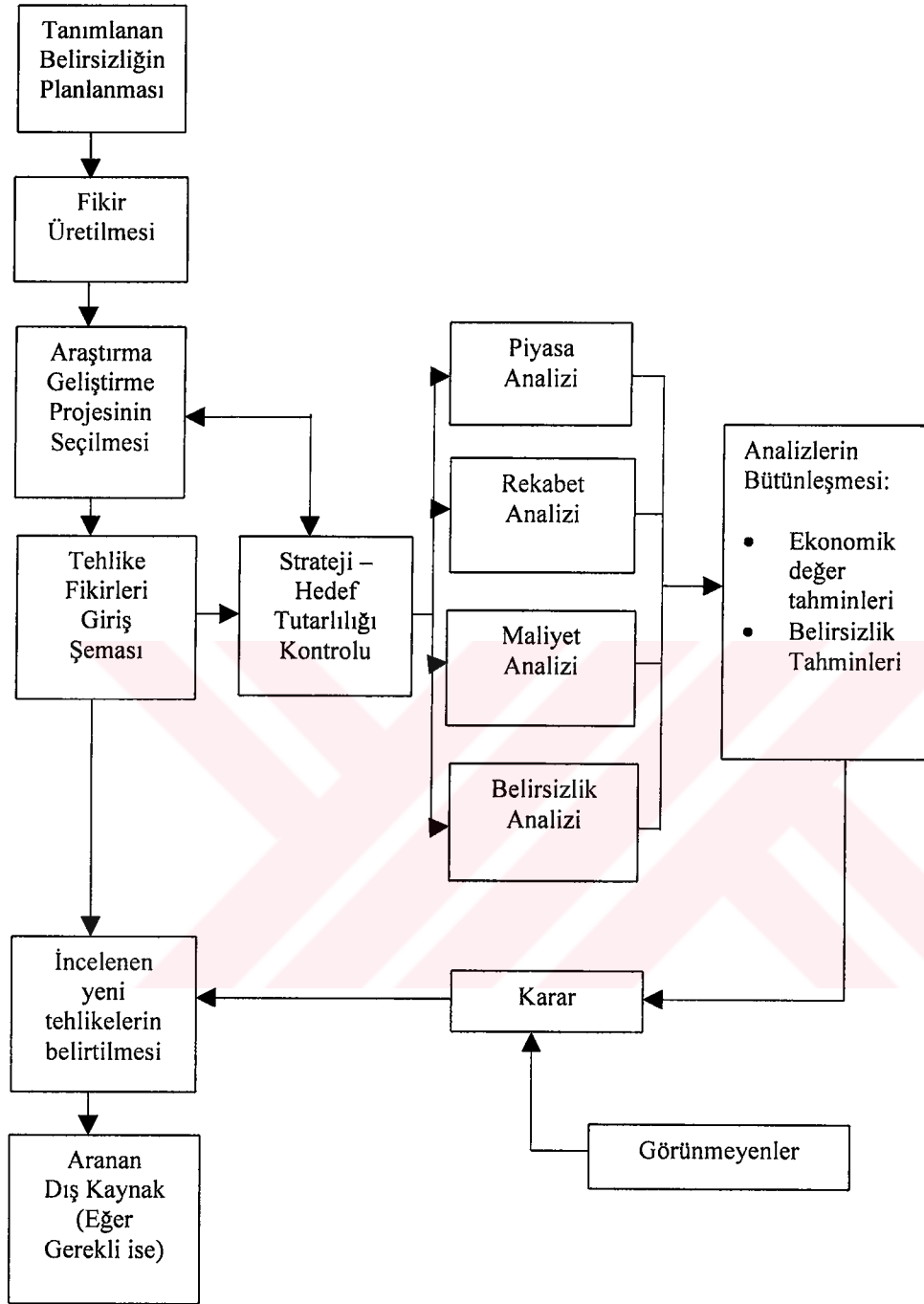
Büyük projeler için ekonomik risk değerlendirmeleri yapılırken göz önüne alınan geleneksel karar işlemleri Şekil 3.7.'de ve risk analizi karar işlemleri Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Geleneksel karar işlemleri



Şekil 3.8. Risk analizi karar işlemleri



Şekil 3.9. Yeni tehlike karar analizi şeması (Costello, 1985).

Costello (1985), karşılaşılabilecek tehlike için karar analizi ile ilgili olarak mali ve teknik açıdan Blackman, Urban ve Urban/Hauser, Hax ve Wiig, Costello ve diğerleri ile Hudson'a ait alternatif şemaları incelemiş ve aşağıdaki Yeni Tehlike Karar Analizi Şemasını önermiştir (Şekil 3.9).

3.10. Hidrolojide Risk ve Güvenilirlik

Hidrolik tasarımlar; doğal olayların rasgeleliğinden kaynaklanan belirsizliklere, veri örneklerinin sınırlarına ve hatalarına, modellemenin güvenilirliğine ve işletmedeki değişkenliğe bağlıdır.

Belirsizlikler; olasılık yoğunluk fonksiyonu, güven aralıkları, ya da stokastik parametrelerin standart sapması, çarpıklık katsayısı gibi istatistiksel momentler cinsinden hesaplanabilir. Parametre belirsizliklerinin analizi, hidrolik tasarımın doyurucu bir güvenilirlik analizi için temel oluşturmaktadır (Tung ve Yen, 1993).

Tung ve Yen (1993), belirsizlik analizi için, Birinci Derece Karşıt Değer Yöntemi (First Order Variance Estimation Method), Rosenblueth Yöntemi, Monte Carlo Simülasyon ve İntegral Dönüşüm tekniklerini (Fourier, Laplace ve Exponansiyel, Mellin Dönüşümleri) önermektedir.

Bir hidrolik yapısının fonksiyonunu yerine getirme emniyeti (güvenilirliği) yapının dış yüklere direnme kapasitesine bağlıdır. Dış yükler hidrolojik ve diğer jeofizik kaynaklardan meydana gelir. Aynı şekilde, yapının direnci hidrolik, jeoteknik, yapısal ve diğer teknik veya teknik olmayan faktörlere bağlıdır. Bir bölgedeki belirli bir su yapısında, yük ve direnç zamanla değişirler. Yük ve direnci oluşturan faktörler rasgele karaktere sahiptir.

Bir beton barajın emniyetini düşünelim. Barajın direnci, barajın yapısal özelliğine, temelin kaya veya zemin emniyet gerilmesine ve kapaklar ile savakların çalışmasına bağlıdır. Bu gerilmeler ve karakteristikler eskime ve yorulma nedeniyle zamanla değiştiği gibi insan unsuruna bağlı olan değişmelere de maruz kalırlar. Bunlar işletme ve bakım programı ile ilgili değişimlerdir.

Baraja gelen yükler ise, çeşitli dönüş aralıklarındaki taşkınların hidrolojik ve hidrolik yükleri, rezervuarlardaki siltlenme, buz ve dalgalar, depremlerin jeofizik yükleri, rüzgar ve heyelanlardır.

İnsan faktöründen meydana gelen aşırı hareketli yükler ve sabotajı bunlara ekleyebiliriz. Yük ve direnci oluşturan faktörlerin birçoğu doğada rastgele karakterdedir (Anonymous, 1991).

3.11. Baraj Güvenliği İçin Risk Analizi

Salmon ve Hartford (1995)'e göre, normalde baraj güvenliği kararları, bazısı büyük ve önemli olabilen bir çok belirsizliği kapsar. Çoğu kararlar, belirsizlik şartları altında karar verirken mühendislik değerlendirmesini kullanmak için temel bir yapı sağlayan risk analizi tekniklerini kullanarak yapılabilirler.

Bir barajın güvenliğinin probabilistik risk analizi geleneksel baraj güvenliği incelemelerinden farklı olarak tanımlanabilen sorunların yeni sahalarını oluşturur.

Risk analizinin sonuçları, baraj güvenliği gelişmelerinde karar verirken geleneksel analizlere eklenmek ve gelecek araştırmalar ve çalışmalara rehberlik için kullanılabilir. Böyle bir risk analizi, hala “Barajımız ne kadar güvenlidir?” sorusu için en iyi cevabı sağlar. Bir zamanlar risk değerlendirmesi, olasılık ve (rneğin barajla birleşik) yıkılma sonuçları esas alınarak yapılırdı. şayet güvenlik çalışmaları yapılmak istenseydi çözüm için uygun risklerin standartlarının belirlenmesi gerekliydi. Risk analiz sonuçlarına güvenin artmasıyla, **risk seviyesi** güvenlik kararlarının esasını belirlemeye başlamıştır.

“Baraj nasıl güvenli olur?” sorusu normal bir soru olmasına rağmen baraj güvenliği araştırmaları, normalde bu sorunun adresi değildir. Baraj tasarım pratiği, sanattan bilime doğru büyümeye başladı. Bu pratik güvenli barajlar üretmekte başarılı olduğu için, baraj güvenliğinde karar vermek için önceden çözülmüş kriterleri kullanmıştır.

Barajı taşkınlar için güvenli yapmak için geleneksel yaklaşım, bir proje taşkını seçmek ve bunun barajdan veya etrafından güvenle geçtiğinden emin olmaktır. Çok zaman tasarımcılar, daha büyük taşkınların etkileri olmaksızın proje taşkınını geçirirken az ya da hiç hasarsız olması için daha büyük yapısal boyutlar nereceklerdir. Proje taşkınının belirlenmesi bir hidrolojist tarafından yapıldığı için, hidrolik mühendisinin yapacağı bir tasarım, karşılaşılabilecek gerçek bir taşkın için belirsizlik taşımaya devam edecektir.

Dolusavak boyutlarında riske dayalı yaklaşımın uygulanması ile ilgili ilk tartışma, 1973'te Amerika İnaaat Mühendisleri Birliği (ASCE)'nin düzenlediği “Mevcut

Barajların Dolusavak Kapasitelerinin Yeniden Değerlendirilmesi” konulu toplantıda yapılır.

Ancak insan hayatının, barajın tümünün ekonomik risk değerlendirmesi içinde bir sayısal değer olarak ifade edilip edilemeyeceği tartışmaları, bu çalışmaların eleştirilmesine yol açar.

ABD’de 1976’da Teton Barajının ve ardından Taccoa Falls Barajının yıkılması üzerine başkanlık düzeyinde yapılan açıklamada tüm çalışma gruplarının, ajans ve büroların “yer seçimi, tasarım inşaat ve işletmede olasılıklar ve riske dayalı analizlerin ortak yapılmasında işbirliği düzeyinde çalışmalar yapılması” konusu gündeme gelir.

Bunun üzerine 1980 ve 1985 yıllarında bazı özel ajanslar tarafından, 1987’de Birleşik Devletler Ordusu Mühendisler Birliği (USACE) ve 1989’da USBR tarafından bazı ciddi projeler geliştirilir. 1988’de ASCE tarafından “Barajların Hidrolojik Güvenliği İçin Değerlendirme İşlemleri” konulu rapor yayımlanır. Bu rapor yaşam kaybının mali değerlendirmesini ele almamasına rağmen, tazminat maliyetlerini kullanarak kayıpların finansal değerini belirlemeyi amaçlamıştır.

1990’lara gelindiğinde BC Hydro’nun 1993’te ve ANCOLD’un 1994’te, endüstriyel ve nükleer enerji alanındaki diğer tecrübelerle dayanarak tolere edilebilir riske dayalı yaşam kaybı terimini geliştirmişlerdir. USBR 1995’te risk değerlendirme prosedürlerini geliştirmeye başlamış ve 1997’de toplum koruma rehberini hazırlamıştır. Günümüze değin USBR düzinelerce risk değerlendirme çalışması geliştirmiş olup halihazırda baraj güvenliği kararları için bu yaklaşımı en çok kullanan bürodur.

1997’de Norveç’in Trondheim kentinde yapılan “Uluslararası Riske Dayalı Baraj Güvenliği Değerlendirmeleri” konulu çalışma toplantısına yaklaşık 20 ülke katılmış, bu ülkelerin araştırma ve geliştirme çalışmalarının sunulmasına rağmen risk analizi uygulamaları yalnızca Avustralya, Kanada, Güney Afrika ve ABD gibi birkaç devletle sınırlı kalmıştır.

Konunun felsefesine bakıldığında baraj güvenliği için risk değerlendirmeleri konusunda kavram değişikliği olmuş, “belirsizlik altında karar analizi” ve “olasılıkçı risk değerlendirmeleri” öne çıkmıştır.

Ancak, riske dayalı yaklaşımın geleneksel anlamdaki standartlara dayalı yaklaşımdan oldukça farklı olmasına rağmen, riske dayalı yaklaşımın bir parçası olabilecek geleneksel yaklaşımdan çok şeyler öğrenildiği de bir gerçektir.

Baraj güvenliği risk yönetiminin ana branşları; risk analizi, risk değerlendirmesi ve riskin azaltılmasıdır. Riskin azaltılması (veya işlenmesi) beş grupta yapılabilir:

- Riskten kaçınmak: Örneğin barajı inşa etmeden tüm gerekenleri yapmak,...
- Riskin meydana gelme olasılığını azaltmak: Örneğin yapısal ölçümler, güvenlik yönetimi çalışmaları, periyodik kontroller,...
- Riskin sonuçlarını hafifletmek: Örneğin erken uyarı sistemi gibi,...
- Riski aktarmak: Sözleşmeye dayalı düzenlemeler, avantajlar veya sigorta gibi...
- Riski kabul etmek: Risk azaltıldıktan veya aktarıldıktan sonra artık riskleri kabul etmek gibi... (Bowles vd., 1998a).

3.12. Risk Değerlendirmelerinde Hedef

Risk mantığı ve risk analizi çerçevesinde yapılan değerlendirme, aslında risk olarak kabul edilen ve tehlike yahut zarar adı verilen sonuçları doğuran belirsizliğin değerinin veya derecesinin belirlenmesidir. Böylelikle insanlar can veya mal kaybı açısından istenmeyen sonuçlara ne kadar yakın olduklarını bilebilmekte ve belki de böylelikle alınması gereken önlemlerin önceliklerini belirlemektedirler. Ancak risk değerlendirmesi işine giren herkesin fark ettiği bir şey daha vardır ki, o da gerçek anlamda riskin net değerinin, zamanının ve sonuçtaki etkisinin büyüklüğünü tam olarak bilemediğidir.

“Risk teknolojisi ile gösterilen risk yönetimi, geleneksel ‘standartlara dayalı’ yaklaşımdan, zıt sonuçların olasılığını ‘kabul edilebilir’ veya ‘tolere edilebilir’ değerlere azaltmak için uğraşan ‘**kabul edilebilir risk**’ yaklaşımına doğru gitmektedir. Risk yönetimi düşüncesi, bazı ülkelerde hukuki, kanuni ve düzenleyici işlemlerin önemli bir parçasıdır. Barajlar için risk analizinin sonuçlarının yararlarının artmasıyla, riskin derecesi baraj güvenliğinin gelişimiyle ilgili kararlarda esas olmaya başlamıştır” (Salmon and Hartford, 1995).

Genel anlamda yapılan çoğu risk değerlendirmelerinde;

- Hem riske esas olan belirsizliklerin sayı, cins ve büyüklükleri açısından tam anlamıyla sınırlarının çizilemediği,
- Aranan parametrenin belirsizlik olmasından dolayı gerçekte hiçbir zaman tanımı veya değeri belirlenmemiş belirsizlikler olabileceği,
- Böylelikle risk analizinde kullanılacak parametrelerin hangisinin daha çok önem taşıdığı,
- Cinsi ve sayısı açısından geniş kapsamlı parametre kaynağı ile yapılacak bir risk analizi ve değerlendirmesinin oldukça karmaşık olacağı mantığından hareketle göz ardı edilecek parametrelerin gerçekte anlamda risk üzerinde hangi derecede etki gösterdiği,
- Belirsizlikler ve riske esas olacak parametreler hakkında yorum ve değerlendirme yapacak uzmanların görüşlerinde farklılıkların oluşabileceği,
- Bunlara rağmen yapılacak bir risk analizi çerçevesinde işlenecek verilerin stokastik özellikleri nedeniyle; risk, kabul edilen seviyede olsa bile, gerçekte zaman işletme aşamasında istenmeyecek seviyede bir risk değerini doğuracak ekstrem değerlerle karşılaşılabilereceği (hidrolojik-meteorolojik değerler),
- Risk analizi çerçevesinde kullanılan istatistiksel formülasyon ve dağılımlarla, bunlara ilişkin yorumların da aslında bir belirsizlik ve risk içereceği,
- Sayısal anlamda sıfırla karşılaşılrsa bile riskin asla yok edilemediği,
- Riskin azaltılması için alınacak önlemler ve bu çerçevede yapılacak rehabilitasyonlar öncelikle mali ve teknolojik kısıtlarla sınırlandırıldığı için risk ve tehlikenin limit (veya kabul edilebilir olma) değerinin daima eleştiriye açık olması,

Ve benzeri daha pek çok madde düşünöldüğünde insanoğlunun pek çok alanda, özellikle de su mühendisliğinin baraj güvenliği dalında tam anlamıyla ideal seviyeye ulaşabildiği söylenemez.

Ancak unutulmaması gereken;

- Baraj mühendisliği alanında ulaşılan ortak birikim ve tecrübe,
- Teknolojik imkanlar,
- Mühendisliğin gerek tasarım, plan, işletme ve gerekse risk değerlendirmesi alanlarında aldığı yol,

- Güvenlik konularında etkili faktörlerle ilgili gözlem, kontrol ve önlemlerle ilgili çalışma ve teknolojinin gelişim göstermesi,
- Veri sağlanması konusunda ciddi, bilgisayara ve hatta uzaktan algılamaya dayalı gözlem çalışmalarının yaygınlaşması,
- Veri işlenmesi konusunda hızlı ve gerçek-zaman işletmede etkin olabilecek ortam ve programların gelişmesi,
- Her şeyden önce bu konuda yaptırım sahibi olan insanlarda risk ve güvenlikle ilgili bilincin uluslar arası düzeyde oluşması ve önerilerin yaygın platformlarda kabul görmesi,
- Bu konuda sadece teknik değil sağlık ve sosyal düzeyde de eş zamanlı ve eş düzeyli olarak kabul görmesi,

Ve benzeri bilgilere bakıldığında da bu konuda önemli mesafeler alındığı ve alınmaya devam edileceği düşünülebilir.

4. RİSK HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

4.1. Güvenilirlik Analizi İşlemleri

Güvenilirlik analizi tekniklerinin bazıları su problemlerine kolayca adapte olabilmekte, ancak bazılarının kullanılabilmesi için daha fazla geliştirilmeleri gerekmektedir. Güvenilirlik analizi teknikleri beş grupta sınıflandırılabilir;

- a) Statik güvenilirlik,
- b) Zaman bağımlı güvenilirlik,
- c) Zaman – yıkılma analizi,
- d) Sistem güvenilirliği,
- e) Riske dayalı tasarım.

Güvenilirlik analizi teknikleri, mühendislik faaliyetlerinin tasarımı, mevcut yapıların güvenilirliğinin değerlendirilmesi, işletmelerin denetim, bakım ve onarımı, öteleme, dağıtım ve paylaşırma ve diğler tasarım ve yönetim işlemleri, veri örnekleme ve ölçüm ağı tasarımı, gerçek zaman yağış ve uzun dönem tahminleri, teknik ve işlemleri karşılaştırmak ve değerlendirmek için kullanılabilirler.

Bir hidrolik yapısının güvenilirliğini değerlendirmek için iki temel probabilistik yaklaşım vardır. Doğrudan yaklaşım benzer bir yapının geçmişteki yıkılma kayıtlarının istatistiksel analizidir. Diğler yaklaşım ise etkili faktörlerin her birinin katkısının hesaba katıldığı ve kombinasyonunun yapıldığı güvenilirlik analizi yaklaşımıdır. Doğrudan yaklaşım, yapının davranışını, yükleme ve tepkilerini bilmeye gerek olmayan bir yaklaşımdır. Örneğin, baraj yıkılma verileri şunu göstermektedir ki, 15 m’den büyük her tipteki tüm barajların ortalama riskleri, her baraj için yılda 0.001 civarındadır. Ancak bazı durumlarda bu doğrudan yaklaşım aşağıdaki nedenlerle pratik olmamaktadır.

- istatistiksel anlamda örnek sayısı yetersiz kalabilmektedir,
- örnek, yapıyı veya populasyonu tam temsil etmeyebilmektedir,
- barajın fiziksel şartları durağan olmayabilmektedir.

Baraj yıkılmalarının risk ortalaması beton barajdan kaya dolgu baraja, kemer barajdan ağırlık baraja, büyük barajdan küçük baraja, eski barajdan yeni baraja farklılık göstermemektedir. Şayet 10 yaşında, çift eğrilikli, yüksek bir kemer barajın yıkılma olasılığı bilinmek istenirse, büyük bir olasılıkla herhangi bir istatistiksel analizi yapabilmek için çok az sayıda benzer barajın yıkılma verileri bulunabilecektir.

Barajlar tanımlı olmadığı için ve şartlar zamanla değişebildiği için, güvenilirlik analizini ilerletmek için bazı durumlarda ikinci yaklaşımı kabul etmek daha yararlı olabilmektedir.

Güvenilirlik analizinin iki büyük adımı vardır:

- katkısı olan her bir parametrenin belirsizliklerinin tanımlanması ve analizi,
- yapının tüm güvenilirliğini belirlemek için stokastik parametrelerin belirsizliğinin kombinasyonu.

İkinci adım da;

- bütün parametrelerin belirsizliğinin doğrudan kombinasyonu, veya
- önce farklı disiplinlerin veya alt sistemlerin kendi güvenilirliklerini değerlendirmek için parametre belirsizliklerinin ayrı ayrı kombinasyonu, sonra yapının bütün güvenilirliğini belirlemek için farklı disiplin ve alt sistemlerin güvenilirlik bileşenlerinin kombinasyonu şeklinde iki farklı yolla yapılabilir.

Birinci yol çok basit yapılara uygulanabilir, ancak ikinci yol karmaşık sistemler için daha uygundur. Örneğin bir barajın güvenilirliğini hesaplamak için önce hidrolojik, hidrolik, geoteknik, yapısal ve diğer disiplinlerin güvenilirliklerinin ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekmekte ve ardından barajın tüm güvenilirliğini belirlemek için birleştirilmektedir. Ya da güvenilirlik bileşenleri, önce farklı yıkılma modları için değerlendirilmekte ve sonradan birleştirilmektedir. Hata ağacı veya olay ağacı gibi analizin araçları, sistemi bileşen değerlendirmesi ve birleştirilmesine ayırmak için çok yararlı olmaktadır (Yen ve Tung, 1993).

4.2. Risk Hesaplama Yöntemlerinin Genel Karşılaştırması

4.2.1. İskontolu Akış Modelleri (DCF)

Bu modeldeki en yaygın karar kriteri şudur; sağlanan gelir, eğer net bugünkü değerin gelecekte en iyi kullanımı ile dönüşü olarak tanımlanan iskonto oranı pozitif olursa veya iç değeri paranın gelecekte en iyi kullanımıyla dönen değerini aşarsa yatırım yapılmaya değer bulunur.

Anahtar parametre değerlerinde bir belirsizlik olduğu zaman, DCF ölçütlerine basit bir uyarılma, basit bir çözüm sağlamak olarak görülebilir. Ancak, bu çeşit yaklaşımlar, kapsanan riskin derecesini değerlendirmek için karar vericilere yardımcı olmaz ve güvenliğin sınırlarının uygun olup olmadığı konusunda bir işaret belirtmez. Ekonomik anlamda risk değerlendirmelerinde kullanılır.

4.2.2. Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizinin genel bir formu, diğer umulan değerler için oluşmuş bütün parametrelerle birlikte, hala kabul edilebilir kriterler için özel parametrelerin sınırlarını çizer. Bu, en önemli parametreleri; daha büyük analizler, daha detaylı izlemeler ve daha karmaşık tahminleri tanımlamak için kolaylıklar sunar. Aslında bu tip bir analiz, bir parametrenin daha başka bir veya birkaç parametrenin özel değerlerine göre sınırlarını belirlemek için genişletilebilir.

4.2.3. Analitik Yöntemler

4.2.3.1. Fayda-Maliyet analizi (CVP)

Bir firmanın Q miktar malı P satış fiyatından sattığını kabul edelim. Eğer mal başına değişen maliyet V ise ve sabit fiyat F ise, fayda;

$$Z = Q (P - V) - F \quad (4.1)$$

Problemin ilgili bölümlere ayrılmasının nedeni, getirinin pozitif olduğu minimum Q satışlarını belirlemektir. Belirsizlik altında, fayda-maliyet analizi (CVP), rastgele değerlerin çıkarılmasını ve çarpılmasını gerektirir.

4.2.3.2. İkincil Moment Yaklaşımı

Stokastik CVP problemine en temel yaklaşım, Z faydasının ortalama ve varyansını hesaplamak için ilk olarak Q, P, V ve F temel değişkenlerinin iki momentini (ortalama ve varyansı) kullanmaktır. Z'nin dağılım formunun bilindiği kabul edilerek, böylece herhangi bir parçanın kazanç değerinin olasılığı hesaplanabilir (Warszawski, 1982). İkincil moment yaklaşımlarının detayları Bölüm 4.3.'te verilmiştir.

4.2.3.3. Dört-Moment Yaklaşımı

Temel değişken dağılımlarının ilk dört momentini hesaplayarak ve bunu, elde edilen değişkenlerin ilk dört momentini hesaplamak için kullanarak genelde büyük bir artışa ulaşılabilir.

Bu yaklaşım, temel değişkenlerin çok daha fazla özelliklerine izin verir, ve stokastik CVP analizinde benzer şekilde karşılaşılan bağımlılık formlarına ve bir çok marjinal dağılımın tanımlanması için imkan tanır. Nihai dağılımın şekli belli değildir, ancak, böyle dağılım ile ilgili kabuller, elde edilen olasılık sonuçlarından önce yapılmalıdır.

Özetle; temel analitik yaklaşımlar, rastgele değişkenler içeren problemler için bazı şartlar altında cazip olabilir. Örneğin Eğer temel değişkenlerin uygun dağılım formuna sahip olmaları, yalnız basit bağımlılık ilişkileri içermeleri veya eğer zayıf olasılık durumlarının hedef için yeterli kesinlikte olması...

Dört-moment yöntemleri daha çok yönlüdür. Bunlar temel değişken dağılımlarının bütünüyle genel olmalarına izin verirler, böylece deneysel veriler üzerine analitik fonksiyon oluşturmak için çaba harcamaya ihtiyaç kalmaz, momentler dağılımların karakteristik şekilleriyle ilişkilidir, böylece kolaylıkla açıklayabilirler ve bilgisayara dayalı ihtiyaçlar makuldür. Ancak eğer temel değişkenler uygun davranışlı değillerse veya bağımlılık özellikleri standart değilse, bilgisayar dayalı sonuçlarda problemler olabilir.

Bazı durumlarda analitik yöntemin en büyük pratik dezavantajı, temel değişkenler arasında iç bağımlılık ilişkilerinin olası durumlarda sınırlama koymasındır.

4.2.3.4. Simülasyon

Çok sayıda temel değişkenin birleştirilmesi gerektiği zaman ya da temel değişkenler arasında karma bağımlılık ilişkileri mevcut olması durumunda tercih edilen bir alternatif olarak analitik veya Monte Carlo simülasyonu önerilebilir (Cooper ve Chapman, 1993).

Simülasyonun ilk uygulamaları ekonomik analiz alanında olmuştur. Stokastik CVP probleminin simülasyon kullanarak çözüldüğü de olmuştur. Monte Carlo simülasyonu Bölüm 4.2.8.'de açıklanmıştır.

4.2.4. Nümerik Yöntemler

4.2.4.1. Fonksiyonel İntegrasyon

Nümerik integrasyon yaklaşımı, fonksiyonel integrasyon sonuçlarına geniş bir şekilde dayandırılmıştır; fonksiyonel integrasyon, kuyruk teorisi gibi problem alanlarında kullanılan ancak normalde risk analizi için kullanılmayan analitik yaklaşımlarda geçerlidir.

$P(x)$ ve $P(y)$ dağılım fonksiyonlarıyla, x ve y iki temel değişken kabul edilirse, $P(z)$ 'nin dağılım fonksiyonunun $z=f(x,y)$ olması gerekir. Eğer f bir tek dönüşebilir bir f^{-1} inversine sahipse $z=f(x,f^{-1}(z,x))$, bu şekilde dağılım fonksiyonu aşağıda verilen şekilde ifade edilebilir:

$$P_z(z) = \int p_x(x) p_y(f^{-1}(z,x)) |x| |f^{-1}(z,x)| dx \quad (4.2)$$

Elde edilen değişkenlerin dağılımını belirlemek için dönüşüm formülünü kullanmak için, temel değişken fonksiyonlarının bir sonucunu entegre etmek gereklidir.

4.2.4.2. Nümerik İntegrasyon

Eğer analitik olarak temel değişken dağılımları mevcutsa, bu tür integrali hesaplamak için bir çeşit kuadratik ve sonlu fark yöntemleri kullanılabilir. Ancak, bu risk analizi problemlerine uygulanabilir görünmemektedir. Üretilen dağılımların doğasında olduğu için benzer şekilde açıklamalarda; analitik olmadığı, ve bu yüzden bu

durumun sonuçları daha fazla temel değişkene ihtiyaç duyuyorsa, farklı bir değişkene ihtiyaç vardır (Cooper and Chapman, 1993).

Öte yandan yapıların (özelde hidrolik yapıların tasarımında) görev yapamama riskinin belirlenmesi için araştırmacılar;

- Dönüş aralığı,
- Emniyet faktörü,
- Monte Carlo Simülasyon,
- Güvenilirlik indeksi,
- Doğrudan integrasyon,
- Ortalama değer birinci derece ikincil moment (MFOSM),
- İleri birinci derece ikincil moment (AFOSM),

yöntemlerini öne sürmüşlerdir (Türkman, 1990), (Yen and Tung, 1993).

Risk belirleme yöntemlerinden dönüş aralığı, emniyet faktörü, doğrudan integrasyon, Monte Carlo Simülasyon, güvenilirlik indeksi ve daha ileri düzeyde ve oldukça yeni olan ortalama değer birinci derece ikincil moment (MFOSM) ve ileri birinci derece ikincil moment (AFOSM) yöntemleri özet olarak aşağıda verilmiştir.

4.2.5. Dönüş Aralığı Yöntemi

Çeşitli risk hesap yöntemleri arasında dönüş aralığı yöntemi hidrolojist ve hidrolik mühendisleri arasında en fazla bilinenidir. Taşkınlar veya yağış gibi doğal olayların rasgele özelliğini göz önünde tutar ve frekans analizleri ile istatistik karakteristikleri kullanılır. Tr dönüş aralığı, yükün belli bir Q direncine eşit olma veya aşmasının ortalama zaman aralığı diye tanımlanır. Bu tanıma dayanarak eğer dönüş aralığı T_r yıl ise, X olayının (taşkın debisinin) herhangi bir yılda Q proje debisine eşit olması veya aşması olasılığı,

$$P (X \geq Q) = \frac{1}{T_r} \quad (4.3)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Yıllık çökmeme (görevini yapma) olasılığı ise, X'in Q'yu aşmaması olasılığı olup,

$$P(X < Q) = 1 - \left(\frac{1}{T_r}\right) \quad (4.4)$$

n yıllık zaman diliminde X'in en az bir kere Q'yu aşması olasılığı:

$$P_f = 1 - \left[1 - \left(\frac{1}{T_r}\right) \right]^n \quad (4.5)$$

ifadesiyle bulunur. Bu çökme olasılığı olup, yıllık akımların bağımsızlığı varsayımına dayanır.

Proje dönüş aralığının (T_r), beklenen proje ömrüne (n), eşit olması durumunda, projenin başarısız olma olasılığı, $T_r = n$ koyarak;

$$P_f = 1 - \left[1 - \left(\frac{1}{n}\right) \right]^n \quad (4.6)$$

bulunur. $n \rightarrow \infty$ için limit durumunda,

$$\left(1 - \left(\frac{1}{n}\right)\right)^n \rightarrow \left(\frac{1}{e}\right) = 0.368 \quad (4.7)$$

olup, P_f riski % 63 bulunur.

Dönüş aralığı yönteminde çıkarılan bütün ifadeler dağılımdan bağımsız olup, X olayının olasılık dağılımı için hiçbir kabul yapılmamıştır.

Pratikte çalışan mühendislerin soracağı sorulardan bir tanesi de, bir barajın dolu savağında, o barajın ekonomik ömrü süresince büyük dönüş aralıklı taşkınların meydana gelme olasılığının hesabıdır. Taşkınların uyduğu olasılık dağılımlarını ve parametrelerini kullanmadan, verilen bir dönüş aralığı T_r ve barajın ekonomik ömrü n için bu risk hesaplanabilir.

Bu amaç için Binom ve Poisson dağılımı kullanılır.

b.1) Binom dağılımı, hidrolojide bir rastgele değişken için olmak ya da olmamak şeklinde iki olay söz konusu olan problemlerde kullanılır. Bu olayların olasılıkları p ve $q=1-p$ ile gösterilsin. n elemanlı bir örnekte olasılığı p olan olayın x defa görülmesi olasılığı Binom dağılımına göre;

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x} \quad (4.8)$$

bulunur. Burada $\binom{n}{x} = \frac{n!}{(n-x)!x!}$ dir.

Örneğin bir dolu savak $T_r = 200$ yıllık dönüş aralığı olan taşkın debisine göre boyutlandırılmış olsun. Herhangi bir yıl bu debinin görülme olasılığı $p = 1/T_r = 1/200 = 0.005$ 'tir. İkinci olay ise o yıl 200 yıllık taşkın debisinin görülmemesi olayı olup olasılığı $q = 1-p = 0.995$ 'tir. Barajın $n=100$ yıllık ömrü boyunca söz konusu debinin sırasıyla 0, 1, 2, 3, ... defa görülmesi olasılıkları,

$$P(0) = \binom{100}{0} 0.005^0 \times 0.995^{100} = 0.605$$

$$P(1) = \binom{100}{1} 0.005^1 \times 0.995^{99} = 0.304$$

$$P(2) = \binom{100}{2} 0.005^2 \times 0.995^{98} = 0.075$$

$$P(3) = \binom{100}{3} 0.005^3 \times 0.995^{97} = 0.0026 \text{ olur.}$$

b.2) Poisson dağılımında da, rastgele değişken için binom dağılımında olduğu gibi 2 olayın var olduğunu kabul edelim. Ancak bunlardan birinin olasılığı çok küçük ($p \rightarrow 0$), buna karşılık n deneme sayısı da çok büyük olsun ($n \rightarrow \infty$). Ayrıca np çarpımı da sonlu kabul edilirse ($np = \lambda$), bu durumda n denemede olasılığı p olan olayın x defa görülmesi olasılığının Poisson dağılımına uyduğu görülür.

$$p(x) = (\lambda^x e^{-\lambda}) / x! \quad (4.9)$$

Örneğin büyük bir barajın dolusavağının $T_r = 1000$ yıllık taşkın debisine göre boyutlandırıldığını düşünelim. Barajın $n=100$ yıllık ömrü boyunca bu debinin hiç görülmemesi ve bir defa görülmesi olasılıkları, $p=1/1000=0.001$, $n=100$, $\lambda=np=0.10$ olduğuna göre;

$$p(0) = (0.10^0 \times e^{-0.10}) / 0! = 0.905$$

$$p(1) = 0.10^1 \times e^{-0.10} / 1! = 0.091 \text{ bulunur (Anonymous, 1991).}$$

4.2.6. Emniyet Faktörü Yöntemi

Emniyet faktörü yöntemi, pek çok mühendislik dalında projenin tabiat olaylarının rastgeleliğinin neden olduğu belirsizliklere ve bilgi eksikliğine karşı emniyetli tarafta kalmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Büyük emniyet faktörü, eğer yükler ve yapının dayanım kapasitesi uygun şekilde değerlendirilmiş ise, hidrolik yapının güvenilirliğinin bir göstergesidir. Bu yöntem su yapılarının projelendirilmesinde genellikle tekerrür süresi (dönüş aralığı) yöntemi ile birlikte kullanılmaktadır.

Literatürde altı değişik tipte emniyet faktörü tanımlanmıştır. Bunlar;

- Önceden belirlenmiş emniyet faktörü,
- Merkezi değer emniyet faktörü,
- Kestirilmiş ortalama emniyet faktörü,
- Karakteristik emniyet faktörü,
- Kısmi emniyet faktörü,
- İndirgenmiş emniyet faktörü.

Günümüzde, mühendislik projelerinde genellikle, önceden belirlenmiş emniyet faktörü kullanılmaktadır. Su yapıları mühendisliğinde ise değişkenlerin kullanılan büyüklükleri, ortalama değerden ziyade belirlenmiş, genelde ekstrem bir değer olmaktadır.

Karakteristik faktör, C_0 ve L_0 sırasıyla belirlenmiş dayanım kapasitesi ve yükler olmak üzere;

$$Sf_c = \frac{C_0}{L_0} \quad (4.9)$$

şeklinde tanımlanmakta, su yapılarının risk analizine nispi olarak en uygun yöntem olmaktadır.

Ancak emniyet faktörü yönteminin yapıların güvenilirliğine gösterge olma özelliği, yapıya etki eden yük ve yapının dayanım kapasitesine etki eden faktörlerin ne derecede göz önüne alındığına bağlı olmaktadır (Türkman, 1990).

4.2.7. Doğrudan İntegrasyon Yöntemi

Bu yöntemde risk, yük ve direncin olasılık yoğunluk fonksiyonlarının doğrudan analitik veya nümerik integrasyonu ile hesaplanır. Genelde risk;

$$P_f = \int_0^{\infty} \int_0^I f_{C,L} (C,L) dC dL \quad (4.10)$$

olup, $f_{C,L} (C, L)$, C ve L'nin bileşik olasılık yoğunluk fonksiyonudur. İstatistik olarak bağımsız C ve L için;

$$P_f = \int_0^{\infty} \int_0^I (f_C (C) f_L (L) dC dL) \quad (4.11)$$

şeklini alır. Bu denklemlerin kullanılabilmesi için, yük $f_L (L)$ ve direncin $f_C (C)$ gerçek olasılık yoğunluk fonksiyonlarının, $f_{C,L} (C, L)$ bilinmesi gerekmektedir. Bu şekilde hesaplanan risk tam ve doğrudur.

Örneğin, istatistik olarak bağımsız, normal dağılıma uyan L yükü ve C direncini, $N(\mu_L, \sigma_L)$ ve $N(\mu_C, \sigma_C)$, sırasıyla ortalama ve standart sapmaları μ_L , $\sigma_L = \sqrt{Var(L)}$ ve μ_C , $\sigma_C = \sqrt{Var(c)}$ olsun.

$Z=C-L$ performans değişkeni kullanılarak risk;

$$P_f = P(Z < 0) = \int_{-\infty}^0 f_Z (Z) dZ \quad (4.12)$$

ifadesiyle hesaplanabilir. Eğer Z değişkeni normal dağılıma uyuyorsa, risk;

$$P_f = \Phi (-\beta) = 1 - \Phi (\beta) \quad (4.13)$$

olup, burada

$$\beta = \frac{m_z}{\sqrt{\text{Var}(z)}} \quad (4.14)$$

μ_z ve $\text{Var}(Z)$, sırasıyla Z değişkeninin ortalama ve varyansı, $\phi(\beta)$ ve β değerinde hesaplanan eklenik normal dağılımdır. β değerleri istatistik kitaplarında tablolar halinde verilmiştir.

Yukarıdaki örnekteki L ve C için, Z performans değişkeni de normal dağılıma uymaktadır.

$$N(\mu_C - \mu_L, \sqrt{s_C^2 + s_L^2}) \quad (4.15)$$

$$b = \frac{(\frac{m_C}{m_L}) - 1}{\sqrt{(\frac{m_C}{m_L})^2 (C_{VR}^2 + C_{VL}^2)}} \quad (4.16)$$

olup, $C_v = \sigma / \mu$ değişim (varyasyon) katsayısıdır. Eğer L ve C lognormal dağılıma uyarsa z performans değişkeni normal dağılıma uyar;

$$b = \frac{\text{Ln}(\frac{m_C}{m_L} \sqrt{\frac{1 + C_{VL}^2}{1 + C_{VC}^2}})}{\sqrt{\text{Ln}((1 + C_{VC}^2)(1 + C_{VL}^2))}} \quad (4.17)$$

β 'lar hesaplandıktan sonra risk

$$P_f = \phi(-\beta) = 1 - \phi(\beta) \quad (4.18)$$

denklemlerle bulunabilir (Anonymous, 1991), (Yen and Tung, 1993).

4.2.8. Monte Carlo Simülasyon Yöntemi

Bu yöntemde, her simülasyon için, temel değişkenin olasılık dağılım fonksiyonunda üretilmiş rastgele değerler kullanılır. Genellikle rastgele değerlerin üretimi bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilir. Yapıların beklenen risk değeri bu şekilde yapılan çok sayıdaki simülasyon sonunda ortaya çıkan görev yapamama durumlarının yapılan simülasyon sayısına oranı olarak belirlenir.

Örneğin X etkeninin, olasılık dağılım fonksiyonu veya istatistiksel özelliklerinden X_i örnek değerleri bilgisayarın rastgele sayı üretme programı kullanılarak üretilir. Daha sonra Z değerleri belirlenir. Bu işlemler yeteri sayıda tekrarlanarak gerekli sayıda Z değerleri hesaplanmış olur. Son olarak yapının görev yapamama riski eksi çıkan Z değerlerinin toplam Z değerlerine oranı olarak belirlenir. Esnek ve pek çok tip problemin çözümünde kullanılan Monte Carlo simülasyon yöntemi özellikle hidrolojik çalışmalarda ve su yapılarının boyutlandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Aslında bu yöntem, analitik olarak doğrusal olmayan ilişkiler içermesi nedeni ile, çözümü mümkün olmayan problemler için kullanılabilecek tek yoldur. Yöntemin kullanışlı olmasının yanı sıra aşağıda sıralanan dezavantajları da mevcuttur.

- Bu yöntemle kestirilen risk, örnek sayısına ve yapılan simülasyon miktarına bağlıdır ve varsayılan olasılık dağılım fonksiyonundan çok etkilenir. Gerçek risk, belirsizlik içerir ve simülasyon sayısının sonsuza yaklaşması ile belirlenebilir.
- Değişken ve simülasyon sayısı arttıkça bilgisayar zamanı çok artmaktadır. Bu nedenlerle problem için analitik bir yaklaşım belirlenebiliyorsa bu yaklaşımın Monte Carlo simülasyon yöntemi yerine kullanılması tavsiye edilmektedir (Türkman, 1990).

4.2.9. Güvenilirlik İndeksi Yöntemi

Yapıya etki eden kuvvetlerin ve yapının dayanım kapasitesinin fonksiyonu olarak ifade edilen,

$$Z = g(X_i) ; i=1,2,...,m \quad (4.19)$$

Z'nin varyasyon katsayısının tersi,

$$\beta = E(Z) / \sigma_z \quad (4.20)$$

yapıların güvenilirlik indeksi olarak tanımlanmıştır. Bu ifadede $E(Z)$ ve σ_z sırası ile Z'nin beklenen değerini ve standart sapmasını tanımlamaktadır.

Güvenilirlik indeksi β , orijinden ($Z=0$) ortalamaya ($E(z)$) kadar, standart sapma biriminde, mesafe olmaktadır. Dolayısıyla güvenilirlik indeksi β büyüdükçe risk, $P(Z<0)$ küçülmekte, güvenilirlik indeksi bir bakıma emniyet faktörü olarak işlev yapmaktadır.

Özellikle bazı tasarım değişkenlerinde kontrol edilebilir belirsizliğin, β güvenilirlik indeksinin değerinde çok ciddi sonuçlar oluşturmadığı, fakat başarısızlık olasılığını büyük oranda etkileyebildiği görülmüştür (Plate, 1993).

4.3. Birinci Derece İkincil Moment Yöntemleri

4.3.1. Yöntemlerin Genel Tanıtımı

Birinci derece ikincil moment, oldukça yeni geliştirilmiş, yapıların toplam veya bileşke risklerini belirlemekte kullanılabilen güçlü yöntemlerdir. Yöntemler yapılara etki eden hidroloji, zemin mekaniği gibi değişik disiplin dallarında incelenen değişik nitelik ve nicelikteki verilere sahip etkenlerin tümünü içerebilir. Yöntemler sadece yapıya etki eden faktörlerin kestirilmiş ortalama değerlerini ve standart sapmalarını gerektirir. Gerekli hesaplama miktarı Monte Carlo simülasyon ve doğrudan integrasyon yöntemlerine göre daha azdır.

Birinci derece analizler, yapılara etki eden rasgele değişkenlerin Taylor serisi açılımlarının ikinci ve daha yüksek üslü terimlerini ihmal ederek yapılır. İkincil moment analizleri ise rasgele değişkenlerin Taylor serisi açılımının yapıldığı yerdeki sadece ilk iki istatistiksel momentini, beklenen değer ve varyasyon katsayısını içerir.

Mühendislik uygulamalarında yapıların yük ve dayanım kapasitesine etki eden değişkenlerin dağılımları $fX_1(X_1)$, $f(X_2)$ $fX_{n+1}(X_{n+1})$, $fX_m(X_m)$ genelde iyi

tanımlanmamıştır ve bu değişkenler hakkındaki bilgi genellikle ortalama ve varyansları ile sınırlıdır. Dolayısıyla yöntemlerde yapılan yaklaşım rastgele değişkenler hakkındaki mevcut bilgiler ile tutarlı olmaktadır (Türkman, 1990), (Yen ve Tung, 1993).

4.3.2. Ortalama Değer Birinci Derece İkincil Moment Yöntemi (MFOSM)

Bu yöntemde; $z = g(x_i)$; $i = 1, 2, \dots, m$ denklemindeki z 'nin birinci mertebe Taylor serisi açılımı, x_i değişkenlerinin $\bar{x}_i$ ortalamalarında yazılır.

$$Z = g(x_i) + \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x}_i) \frac{\partial g}{\partial x_i} \quad (4.21)$$

Burada türevler $x_i = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m)$ da hesaplanır. Yukarıdaki denklemde z 'nin birinci ve ikinci momentlerini alıp, ikinci mertebeden daha yüksek terimleri ihmal edersek,

$$\begin{aligned} E(z) &= \bar{z} = g(\bar{x}_i) \\ \text{Var}(z) &= \sum_{i=1}^m C_i^2 \text{Var}(X_i) \end{aligned} \quad (4.22)$$

elde edilir. Bu ifadelerde C_i değerleri, $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m)$ de hesaplanan $\frac{\partial g}{\partial x_i}$ kısmi türevlerdir. X_i değişkenleri istatistik olarak bağımsız kabul edilmiştir. Dolayısıyla;

$$\sigma = \left[\sum_{i=1}^m (C_i \sigma_i)^2 \right]^{1/2} \quad (4.23)$$

yazılabilir. Burada σ_z ve σ_i , sırasıyla z ve x_i 'nin standart sapmalarıdır.

Risk, $P_f = P(Z < 0)$ denkleminde bulunur. Eğer z normal dağılmış ise, risk;

$$P_f = 1 - \phi\left[\frac{E(z)}{\sigma(z)}\right] = 1 - \phi(\beta) \quad (4.24)$$

olup, $\phi(\beta)$ eklenik standart normal dağılım tablolarından elde edilir. MFOSM yönteminde, β güvenilirlik indeksi;

$$\beta = \frac{g\left(\bar{x}_i\right)}{\left[\sum_{i=1}^m (C_i \sigma_i)^2\right]^{1/2}} \quad (4.25)$$

olarak bulunur. Bu şekilde hesaplanan risk yaklaşık olup, x_i değişkenleri normal dağılıma uyarsa ve $g(x)$ fonksiyonları esas değişkenlerin lineer kombinezonu olarak yazılabilirse sonuç tam ve doğru olur.

Örneğin, 1987 yılında inşaatı başlayan Gaziantep ili, Oğuzeli ilçesi, Aynifer deresi üzerindeki Kayacık Barajı 49.5 m yüksekliğinde kaya dolgu bir baraj olup, depolama hacmi $116.76 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür. Barajın dolu savağı karşıdan alıslı, kontrollü, 4 kapaklı olup, kapasitesi $612 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Bu durumda dolu savağın performans (işlev) fonksiyonu,

$$g(x) = 612 - S Q_T,$$

Q_T = Proje taşkın debisi,

S = Hazne sönümlleme faktörü.

Tüzel suyu, Ekinci Köprüsü üzerindeki DSİ'nin 21 111 Numaralı istasyonunda 1967-84 yıllarında ölçülen 13 adet taşkın debisinin ortalama ve standart sapması,

$$\bar{Q}_T = 17.67 \text{ m}^3/\text{sn}, \sigma_T = 18.16 \text{ m}^3/\text{sn}$$

S sönümlleme faktörü barajın çalışmasına ve barajda mevcut olan taşkın hacmine bağlıdır. Bu dağılımın ortalaması $\bar{S} = 0.91$, standart sapması $\sigma_S = 0.1$ olup normal dağılıma uyduğu kabul edilirse, performans fonksiyonunun beklenen değeri,

$$E(Z) = 612 - E(S) \quad E(Q_T) = 595.92$$

Ortalama değerlerde kısmi türevlerde alınırsa,

$$\frac{\partial g}{\partial s} = -\bar{Q}_T = -17.67, \quad \frac{\partial g}{\partial Q_T} = -\bar{S} = -0.91$$

bulunur. (4.23) denkleminde yola çıkılarak;

$$\sigma_z = ((-17.67 \times 0.1)^2 + (-0.91 \times 18.16)^2)^{0.5} = 16.61$$

bulunur. (4.25) denkleminde;

$$\beta = 595.92 / 16.61 = 35.87$$

elde edilir. Çökme olasılığı,

$$P_f = 1 - \Phi(35.87) = 0 \text{ 'dır.}$$

Dolusavak kapaklarından sadece biri çalışsa bile, işlev fonksiyonunun beklenen değeri,

$$E(z) = 153 - 0.91 \times 17.67 = 136.92$$

$$\beta = 136.92 / 16.61 = 8.24$$

$$P_f = 1 - \Phi(8.24) = 0 \text{ 'dır.}$$

Bu durumda barajın dolusavakları çok güvenilirdir. Yalnız burada taşkın debilerinin normal dağılıma uyduğu kabulü yapılmıştır.

Ortalama değer birinci mertebe ikincil moment yöntemi değişik disiplinlerdeki mühendisler tarafından karmaşık mühendislik yapılarının yaklaşık riskini belirlemede kullanılmıştır.

- İnşaat mühendisliği projelerinde yapıların görev yapamaması, sıklıkla taşkınlar, güçlü depremler gibi ekstrem olaylar sonucu ortaya çıkmaktadır.

Bu tür değişkenlerin olasılık dağılımları büyük varyanslı ve çarpıklık katsayılı olmakla beraber, MFOSM yönteminde yapılan doğrusallaştırma ve $g(x)$ fonksiyonunun x_i değişkenlerinin ortalama değerlerinde belirlenmesi, bu yöntem ile belirlenen riskin gerçek riskten oldukça değişik olmasına neden olabilmektedir.

- Yöntem ile $g(x)$ fonksiyonunun nasıl formüle edildiğine bağlı olarak değişik risk ve güvenilirlik indeksi değeri bulunabilmekte, örneğin, Z 'nin C-L, $(C/L)-1$, veya $\ln(C/L)$ şeklinde tanımlanması değişik P_f ve z değerleri vermektedir.

a şıkında verilen dezavantajlar, $g(x)$ fonksiyonunun Taylor serisinin daha büyük dereceli terimlerini de içeren açılımının yapılması ile, önemli ölçüde giderilebilir. Ancak bu gelişim, çarpıklık katsayısı gibi bir çok durumda mevcut olmayan veya çok kaba bir şekilde belirlenebilen ek istatistiksel bilgi ve oldukça uzun hesaplama gerektirmektedir (Türkman, 1990), (Yen ve Tung, 1993).

4.3.3. İleri Birinci Derece İkincil Moment Yöntemi (AFOSM)

Bu yöntemin esas varsayımı $z=g(x_1, x_2, \dots, x_m)$ performans fonksiyonunu Taylor serisi açılımı ile lineerize edip, ortalama değer yönteminde olduğu gibi ortalama değerlerde değil, çökme yüzeyi üzerindeki $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ noktasında hesaplamaktır (Ang ve Tang, 1984).

Çökme yüzeyindeki $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ noktası için Taylor serisi açılımını yazarak,

$$z = g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*) + \sum_{i=1}^m C_i \left(\bar{x}_i - x_i^* \right) \quad (4.26)$$

$C_i = \frac{\partial g}{\partial x_i}$ olup, x_i^* çökme noktasındaki değerdir. Çökme yüzeyinde $z=0$ olduğundan çökme noktasında, $g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)=0$ olup, Z 'nin beklenen değer ve standart sapması,

$$E(z) = \sum_{i=1}^m C_i \left(\bar{x}_i - x_i^* \right) \quad (4.27)$$

$$\sigma(z) = \left[\sum_{i=1}^m (C_i \sigma_i)^2 \right]^{1/2} \quad (4.28)$$

z değişkeninin σ_z standart sapması lineer aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\sigma_z = \sum_{i=1}^m \alpha_i C_i \sigma_i \quad (4.29)$$

$$\alpha_i = \frac{C_i \sigma_i}{\left[\sum_{j=1}^m (C_j \sigma_j)^2 \right]^{1/2}} \quad (4.30)$$

α_i katsayıları bulunduktan sonra,

$$x_i^* = \bar{x}_i - \alpha_i \sigma_i \beta \quad (4.31)$$

olduğundan, limit durum denkleminde yerine konarak, deneme - yanılmayla β hesaplanır. Buradan çökme yüzeyi üzerindeki x^* lar hesaplanır. Daha sonra tekrar α_i ler, x^* lar hesaplanır. Denemeyle β değişmezse, risk hesaplanır:

$$P_f = 1 - \Phi(\beta) \quad (4.32)$$

4.3.4. Normal Dağılıma Uymayan Rasgele Değişkenler

Eğer rasgele değişkenler normal dağılıma uymazsa risk hesabını eşdeğer normal dağılımlarını kullanarak yapabiliriz (Ang ve Tang, 1984).

Normal dağılıma uymayan bir değişkenin eşdeğer normal dağılım değerini bulmak için, eşdeğer normal dağılımın eklenik olasılıkları ile olasılık yoğunluk ordinatlarının normal olmayan dağılım değerlerine eşit olduğu kabul edilir.

x_i^* çökme noktasındaki eklenik olasılıkları eşitlersek,

$$\phi \left(\frac{x_i^* - x_{xi}^{-N}}{\sigma_{xi}^N} \right) = F_{xi}(x_i^*) \quad (4.33)$$

x_{xi}^{-N} , $\sigma_{xi}^N = x_i$ değişkeninin eşdeğer normal dağılımının ortalama ve standart sapması.

$F_{xi}(x_i^*) = x_i^*$ noktasında hesaplanan orijinal eklenik olasılığı.

$\phi(.)$ = standart normal değişkenin eklenik olasılığı.

$x_{xi}^{-N} = x_i^* - \sigma_{xi}^N \phi^{-1}(F_{xi}(x_i^*))$ bulunur.

$f_{xi}(x_i^*) = x_i^*$ noktasındaki orijinal olasılık yoğunluk ordinatı.

$\phi(.)$ = standart normal değişken olasılık yoğunluk ordinatı,

olmak üzere, yukarıdaki denklemlerden,

$$\sigma_{xi}^N = \frac{\phi \left\{ \phi^{-1} \left[F_{xi}(x_i^*) \right] \right\}}{f_{xi}(x_i^*)} \quad (4.34)$$

bulunur. Çökme yüzeyinin koordinatları ise,

$$x_i^* = x_{xi}^{-N} - \alpha_i \beta \sigma_{xi}^N \quad (4.35)$$

olup,

$$\alpha_i = \frac{C_i \sigma_i^N}{\left[\sum_{j=1}^N (C_j \sigma_j^N)^2 \right]^{1/2}} \quad (4.36)$$

bulunur. Geri kalan işlemler AFOSM'deki gibi yapılır (Anonymous, 1991), (Türkman, 1990), (Yen and Tung, 1993).

Örneğin bir önceki yöntemde ele alınan Kayacık barajına ait verileri kullanarak, taşkın debilerine Gumbel dağılımını uygulayıp barajın çökme riskini AFOSM yöntemiyle hesaplayalım:

Gumbel dağılımında α ölçek ve U yer parametresi olmak üzere, σ_{QT} ve $\bar{Q}_T$ kullanarak, $y = \alpha (Q-U)$ dönüşümü ile, eklenik dağılım ve olasılık yoğunluğu,

$$F(x) = \exp(-\exp(-y))$$

$$f(x) = \alpha \exp(-y - \exp(-y))$$

olup, α ve U parametreleri:

$$\alpha = 1.2825 / \sigma_{QT} = 1.2825 / 18.16 = 0.07$$

$$U = \bar{Q}_T - 0.45 \sigma_{QT} = 17.67 - 0.45 \times 18.16 = 9.45$$

Ortalama değerdeki eklenik olasılık ve olasılık yoğunluğu,

$$y = \alpha (\bar{Q}_T - U) = 0.07 (17.67 - 9.45) = 0.575$$

$$F(x) = \exp(-\exp(-0.575)) = 0.57$$

$$f(x) = 0.07 \exp(-0.575 - \exp(-0.575)) = 0.0506$$

$$\sigma_Q^N = \frac{\phi \left\{ \phi^{-1} \left[F_{xi}(x_i^*) \right] \right\}}{f_{xi}(x_i^*)} = \frac{\phi[\phi^{-1}(0.57)]}{0.0506} = 0.3925 / 0.0506 = 7.756 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$x_Q^{-N} = \bar{Q} - \sigma_Q^N \phi^{-1}(F(x)) = 17.67 - 7.756 \times 0.18 = 16.27 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Normal dağılıma dönüştürülmüş taşkınların ortalaması 16.27, standart sapması 7.756 m^3/sn dir. İşlev fonksiyonunun kısmi türevlerini ortalamaya göre alırsak,

$$\frac{\partial g}{\partial s} = -\bar{Q}_T \sigma_s = -18.16 \times 0.1 = -1.816$$

$$\frac{\partial g}{\partial Q} = \bar{S} \sigma_Q^N = -0.91 \times 7.756 = -7.05$$

α katsayıları,

$$\alpha_s^* = -1.816/\sqrt{(1.816^2 + 7.05^2)} = -0.249$$

$$\alpha_Q^* = -7.05/\sqrt{(1.816^2 + 7.05^2)} = -0.968$$

$$S^* = \bar{S} - \alpha_s \beta \sigma_s = 0.91 + 0.249 \beta \cdot 0.1 = 0.91 + 0.0249 \beta$$

$$Q_i^* = Q^N - \alpha_Q \beta \sigma_Q^N = 16.27 + 0.968 \beta \cdot 7.756 = 16.27 + 7.507 \beta$$

Performans işlev fonksiyonu,

$$g(x) = 612 - (-0.91 + 0.0249 \beta) (16.27 + 7.507 \beta)$$

Güvenilirlik katsayısı $\beta = 57.28$,

Risk = $1 - \Phi(57.28) = 0$ bulunur.

MFOSM yönteminde $\beta=35.87$, AFOSM yönteminde $\beta=57.28$ bulunmuştur. Dolu savak tünellerinin çok emniyetli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bunun nedeni dolu savak taşkın debisi hesabında çok güvenilir olan Olası Maksimum Yağış Yönteminin kullanılmasıdır. (Risk çok ufak çıktığından, deneme yanılma yöntemiyle β 'nın tekrar hesabı gerekmemektedir.)

4.4. Risk Hesaplama Yöntemlerinin Genel Değerlendirmesi

Hidrolik yapıların tasarımında güvenilirlik kavramının uygulaması mühendisler tarafından geliştirilmiştir. Monte Carlo simülasyonu, problemlerin geniş çaplı uygulaması için güçlü bir hesap yöntemi olmasına karşın doğrudan integrasyon yöntemi dağılımı bilinen ve integre edilebilen birkaç rasgele değişkenli problemler için pratiktir. Bazı problemler birden fazla yöntemin kullanılmasıyla çözülebilirler. Örneğin bir büyük barajın tasarımında bazı bileşenler ve parametreler MFOSM ile diğerleri AFOSM ile çözülebilmekteyken bazı basit bileşen ve parametreler de doğrudan integrasyon ile çözülebilmektedir (Yen ve Tung, 1993). Hidrolik tasarımlar için güvenilirlik analizi yöntemlerinden seçilen uygulamalar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Hidrolik tasarımlar için güvenilirlik analizi yöntemlerinden seçilmiş uygulamalar

Yöntem	Hidrolik Yapısı	Açıklamalar
Doğrudan İntegrasyon	Seddeler Barajlar	Taşkın aşamasının hesabı Su aşmaları
MFOSM	Taşkın kanalları Menfezler Seddeler Köprüler Açık Kanallar	Su kaynakları mühendisliğine güvenilirlik analizinin ve FOSM'un girişi, Minimum maliyetli optimum ağ tasarımı Risk-güvenlik faktörü eğrisi Riske dayalı tasarımlar
AFOSM	Kanalizasyonlar Barajlar Seddeler ve bariyerler Köprü aşınmaları	Tasarımda eğimin etkisi Aynı zamanda Monte Carlo simülasyonu Hollanda delta projesi
Zaman bağımlı analiz	Seddeler	
Zaman-yıkılma analizi	Su dağıtma sistemleri	
Uygulanabilirlik analizi	Su dağıtma sistemleri Barajlar	
Hata ağacı analizi	Barajlar Seddeler ve savak kapakları Köprü aşınmaları	
Sistem güvenilirlik analizi	Kanalizasyon sistemleri Su dağıtım sistemleri Barajlar Kıyılarda dalga bariyerleri	

Yöntemlerin genel bir karşılaştırması Tablo 4.2'de sunulmuştur. Karşılaştırılmaya emniyet faktörü yöntemi, karakteristikleri emniyet faktörünün ne şekilde tanımlandığına bağlı olduğu için, tabloya dahil edilmemiştir. Tüm yöntemler, su yapıları, genelde tüm yapılar, için belirli bir dereceye kadar göreceli güvenilirliği sayısal olarak kıyaslama imkanı sağlarlar. Çok basit özel yapılar hariç bu yöntemler yapıların gerçek toplam riskini belirlemede yetersiz kalırlar.

Tablo 4.2. Risk hesaplama yöntemlerinin genel karşılaştırması (Türkman, 1990).

YÖNTEM	DÖNÜŞ ARALIĞI	DOĞRUDAN İNTEGRASYON	MONTE-CARLO SİMÜLASYON	GÜVENİLİRLİK İNDEKSİ	MFOSM	AFOSM
Değişik Etkenleri İçerme Kapasitesi	Çok sınırlı	Sınırlı	İyi	İyi	İyi	İyi
Faktörlerin Olasılık Dağılım Fonksiyonları Hakkında Gerekli Bilgi	Dolaylı	Çok veri gerektirir ve masraflı	Orta	İlk iki istatistiksel moment (ortalama, varyans)	Etkenlerin birleşik dağılımı ve her etkenin ilk iki istatistiksel momentleri (ortalama, varyans)	Etkenlerin birleşik olasılık dağılımı ve her etkenin ilk iki istatistiksel momentleri (ortalama, varyans)
Uygulama Zorluğu	Az	Karmaşık	Orta	Orta	Orta	Orta
Gerekli Hesaplama Miktarı	Az	Orta-çok	Çok	Az-orta	Az-orta	Orta
Toplam Riski Belirleme Kapasitesi	Yok	Çok zor	Aşırı hesaplama gerekli	Yok	Var	Var
Sonuçların Risk-Maliyet Analizine Uygulanabilirliği	Kısmi	Uygun	Uygun	Yok	Uygun	Uygun

5. BARAJ_RİSK PROGRAMININ GELİŞTİRİLMESİ

5.1 Programın Amacı

Bir hidrolik yapısının fonksiyonunu yerine getirmesinin emniyeti (güvenilirliği) yapının dış yüklere direnme kapasitesine bağlıdır. Dış yükler arasında sayılan hidrolojik faktörlerin, özellikle baraj açısından ciddi bir risk oluşturduğu düşünülürse, barajın bu riski karşılayabilme direncinin değeri özel bir önem taşır.

Bu çalışmada çeşitli dönüş aralıklarındaki taşkınların hidrolojik ve hidrolik yükleri karşısında barajların;

- performanslarını,
- risk değerlerini,
- uygun boyut rehabilitasyonlarını ,

belirlemek amacıyla BARAJ_RİSK programı oluşturulmuştur. Böylece risk oluşturan durumlarda yapılacak boyut rehabilitasyonu maliyet analizine hazır bir çalışma da yapılmış olacaktır.

Tümüyle özgün olarak hazırlanan bu program, hem inşa ve hem de işletmede olan barajlarda kullanılabileceği gibi henüz proje safhasındaki barajlar için de ciddi bir değerlendirme mekanizması olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Program içinde ayrıca hesabı yapılan maksimum akımlara ait istatistiksel değerlendirmelere benzer bazı çalışmalar arasında HECWRC (U.S. Army Corps of Engineers Flood Flow Frequency Analysis), British Flood Studies Software, CFA, Fortran Routines for Use with the Method of L Moments sayılabilir (Maidment, 1993).

Ancak mevcut programlarda taşkınların yalnızca istatistiksel değerlendirmeleri ele alınmıştır. Geliştirilmek istenen Baraj_Risk programında ise elde edilen maksimum akımlara ait gözlenmiş verilerin istatistiksel değerlendirmeleri programın sadece küçük bir bölümünü oluşturmaktadır.

Elde edilen parametrelere göre dağılım belirlenmesi ve alternatif taşkın boyutlandırmasının yanı sıra, risk analizi ile alternatif tüm boyutlar için risk ve güvenilirlik değerlendirmesi yapılmıştır.

Hazırlanan bu programda;

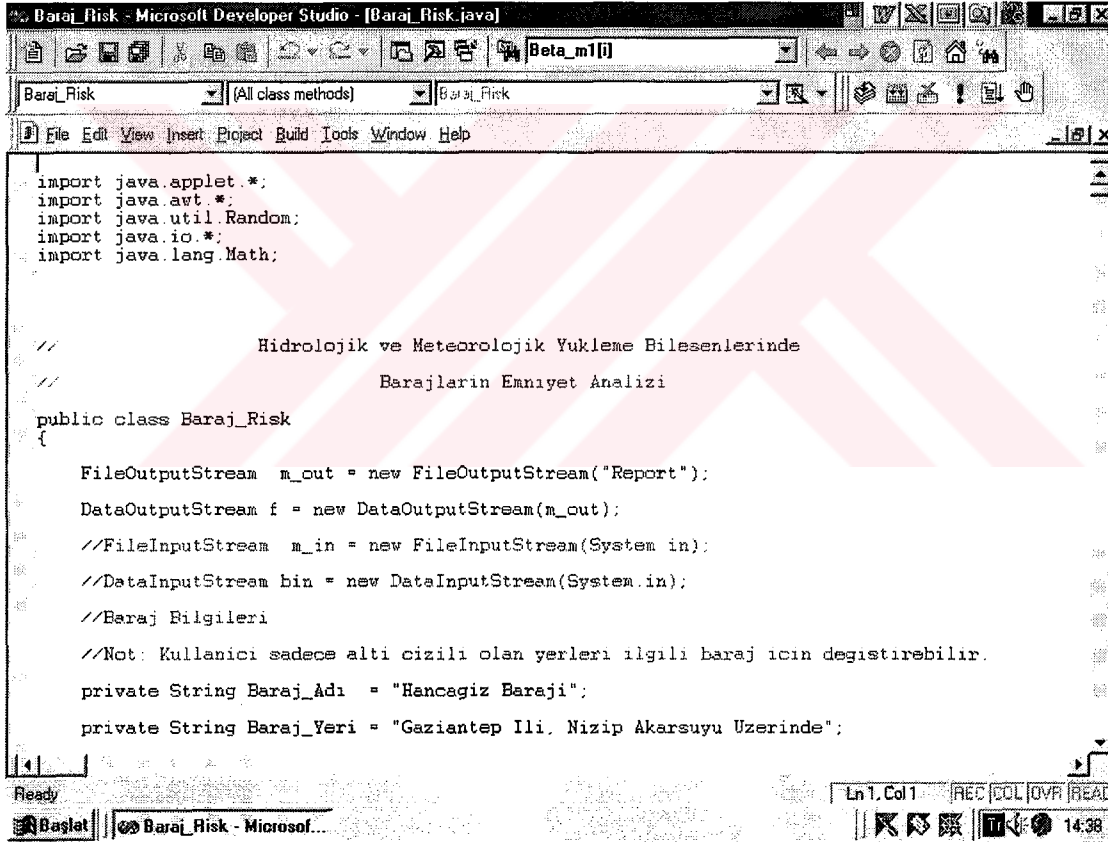
- Gözlenmiş maksimum akım verilerinin istatistik anlamda değerlendirilmesi, karşılaştırılması, yorumlanması ve uygun istatistiksel dağılıma göre, (risk analizinde kullanmaya hazır halde) parametreleri belirlenebilmekte,
- MFOSM ve AFOSM gibi gelişmiş risk hesap yöntemlerinin kullanılmasıyla gerçekçi risk değerlendirmeleri yapılabilmekte,
- Riskin belirli bir değerde çıkması durumunda, bu değeri düşürecek yeni boyutlara göre yeniden risk hesapları yapılabilmekte,
- Söz konusu boyut rehabilitasyonu değişik boyutlar için yapılmakta olup, böylelikle yeni boyutları maliyet analizi ve fiziki yapılabilirlik açısından değerlendirmek için veri sağlanabilmekte,
- Dolusavakların taşkın karşısındaki davranışlarının ve risk düzeylerinin, elde edilen yeni gözlem verileriyle yeniden değerlendirmesine gerek duyulduğu için, bu program sayesinde yeni veriler rahatlıkla eklenebilmekte ve yeni sonuçlar hızla alınabilmekte,
- Risk seviyelerinin belirlenmesinde etkili olan hazne sönümleme faktörünün, (hazne işletme seviyesine bağlı olarak) değerleri ve bu değerlerin sonuca etkisi doğrudan görülebilmekte,
- Program içerisinde bir alt bölüm olarak değerlendirilebilecek olan, verilerin istatistiksel değerlendirmeleriyle ilgili bölüme, yeni dağılım kontrolü yöntemlerinin ilavesi ve böylelikle daha gerçekçi sonuçlara ulaşım sağlanabilmektedir.

5.2. Programın Özellikleri

1. Söz konusu program JAVA (Davis, 1996) dilinde hazırlanmış olup bu sayede;
 - Sonuca ulaşmada yüksek bir hız sağlanmış,
 - Verilerin hangi sınırlar altında ve hangi boyutta programa aktarılacağı disipline edilmiş,

- Program içerisindeki herhangi bir hesap bölümünü, tümünü çalıştırma gereği olmadan alıp kullanabilme özelliğinden faydalanılmış,
- En önemlisi program internet ortamına aktarılabilme özelliğini kazanmış,
- Bu sayede uzaktaki bir bilgisayarla, programın bulunduğu makineye bağlanarak, bu programın tümü veya bir bölümünü kullanılabilme imkanı elde edilmiş,
- Yapılması düşünülebilecek olan ekleme veya değişikliklere uyumu kolaylaştırılmış,
- Yazım formatı itibarıyla C++ diline büyük oranda uyum sağladığı için bu dile dönüşümü kolayca yapılabilir hale getirilmiştir.

Baraj_Risk programı ana kodu başlangıç sayfası Şekil 5.1’de verilmiştir.



```

import java.applet.*;
import java.awt.*;
import java.util.Random;
import java.io.*;
import java.lang.Math;

// Hidrolojik ve Meteorolojik Yükleme Bileşenlerinde
// Barajların Emniyet Analizi

public class Baraj_Risk
{
    FileOutputStream m_out = new FileOutputStream("Report");
    DataOutputStream f = new DataOutputStream(m_out);
    //FileInputStream m_in = new FileInputStream(System.in);
    //DataInputStream bin = new DataInputStream(System.in);
    //Baraj Bilgileri
    //Not: Kullanıcı sadece altı çizili olan yerleri ilgili baraj için değiştirebilir.
    private String Baraj_Adi = "Hancagiz Baraji";
    private String Baraj_Veri = "Gaziantep Ili, Nizip Akarsuyu Uzerinde";
}

```

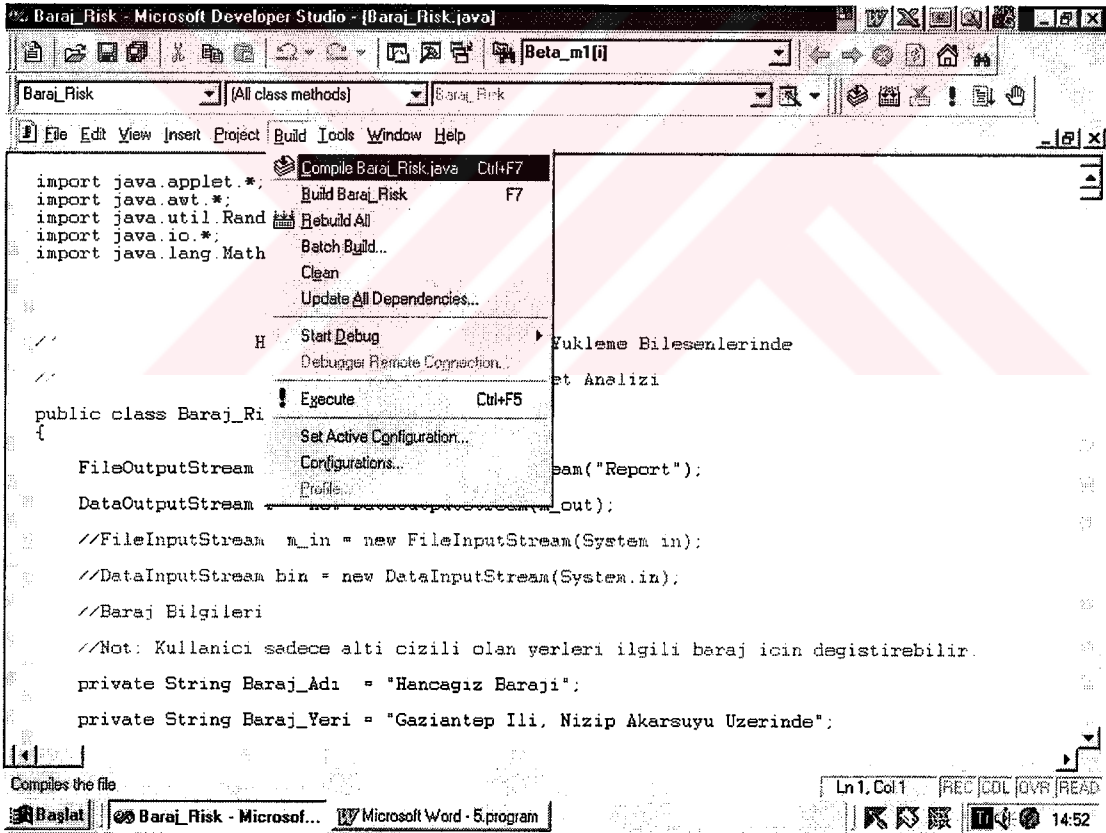
Şekil 5.1. Baraj_Risk programı ana kodu başlangıç sayfası

2. Program içerisinde risklerin hesaplanması için ;
 - Ortalama Değer Birinci Derece İkincil Moment Yöntemi (MFOSM),
 - İleri Birinci Derece İkincil Moment Yöntemi (AFOSM) kullanılmıştır.

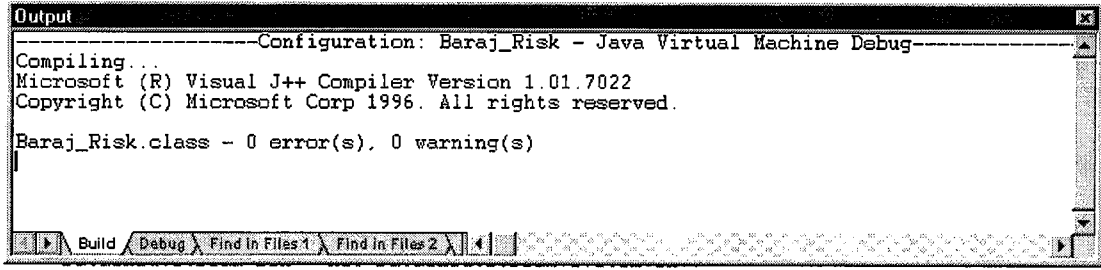
Çünkü bu yöntemler, oldukça yeni geliştirilmiş, yapıların toplam ve bileşke risklerini belirlemekte kullanılabilen güçlü yöntemlerdir. Yöntemler, sadece yapıya etki eden faktörlerin kestirilmiş ortalama değerlerini ve standart sapmalarını gerektirmektedir. Gerekli hesaplama miktarı, diğer risk hesap yöntemlerinden Monte Carlo Simülasyon ve Doğrudan İntegrasyon yöntemlerine göre daha azdır (Yen vd., 1986).

5.3. Programın Girdileri

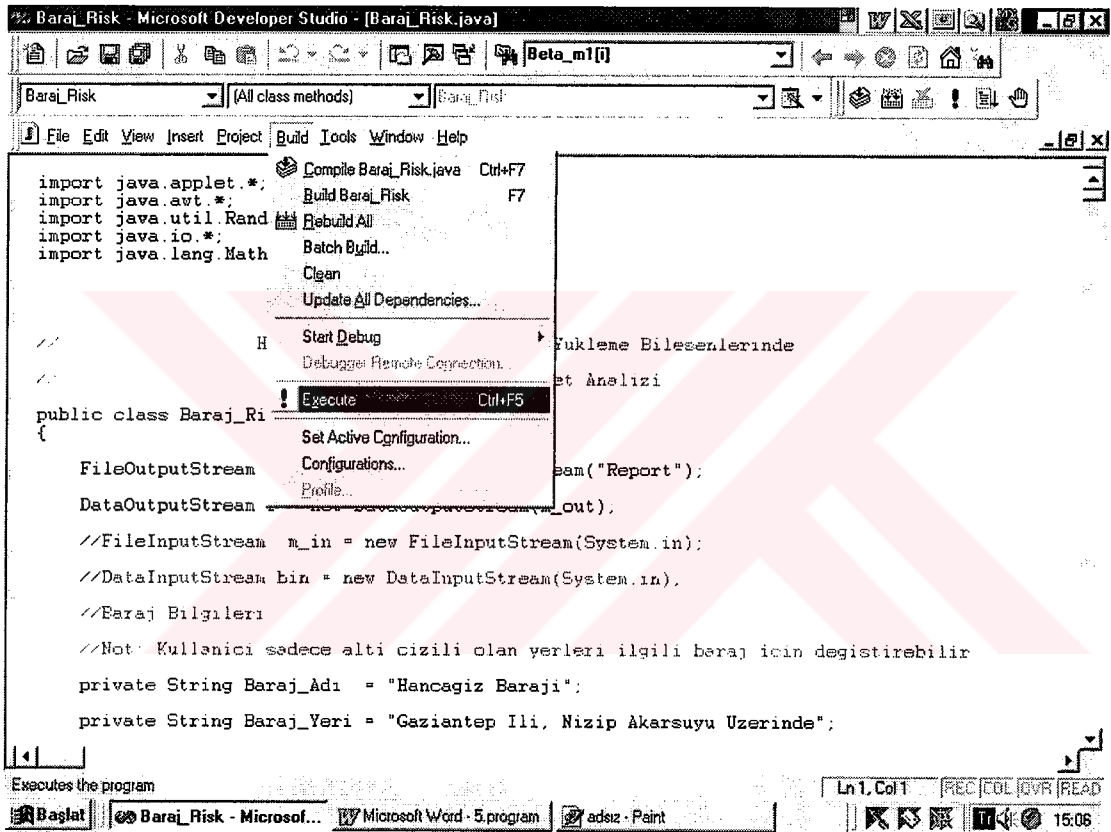
Programın çalışması için gerekli olan veriler, (program listesinin başında bilgi olarak verilen satırda belirtildiği şekilde) altı çizili olan satırlara (hesabı yapılacak her baraj için yeniden) yazıldıktan sonra derle (**compile**) emri verilecek (Şekil 5.2), (Şekil 5.3) ve ardından program çalıştırılacaktır (**execute**) (Şekil 5.4).



Şekil 5.2. Derle (Compile) komutunun verilmesi

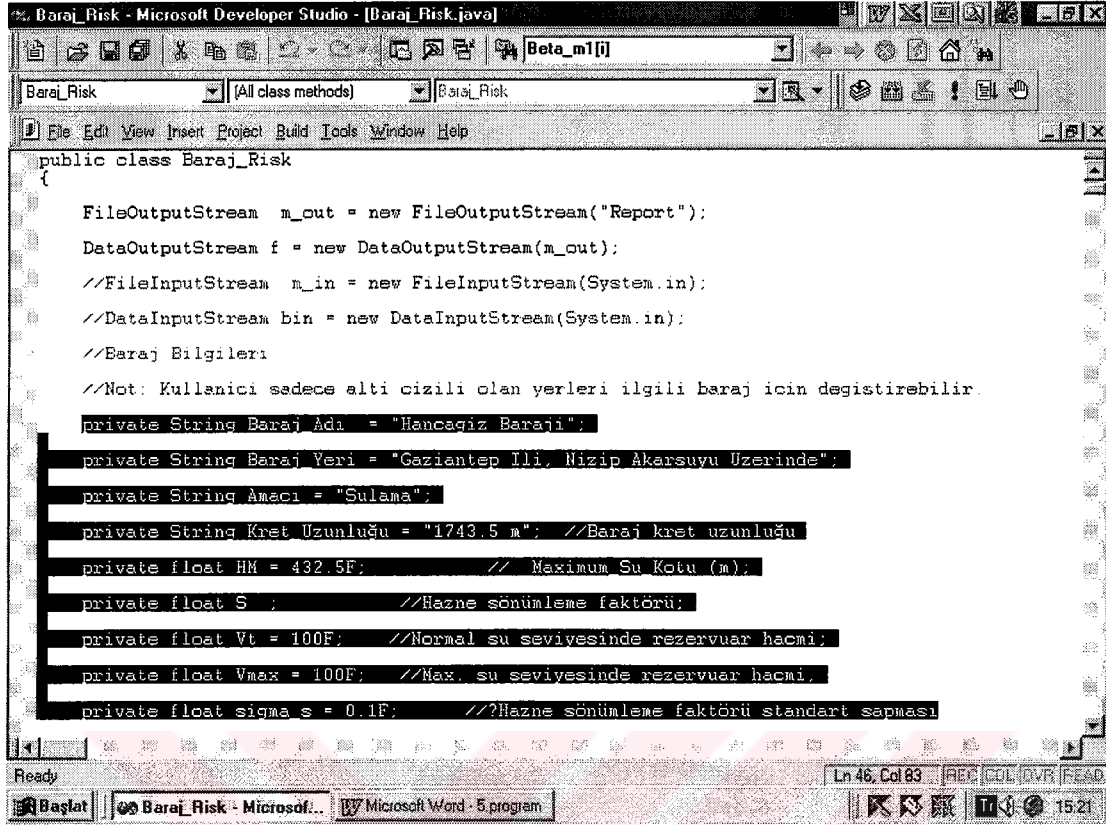


Şekil 5.3. Derle (Compile) işlemi sonucu



Şekil 5.4. Uygula (Execute) komutunun verilmesi

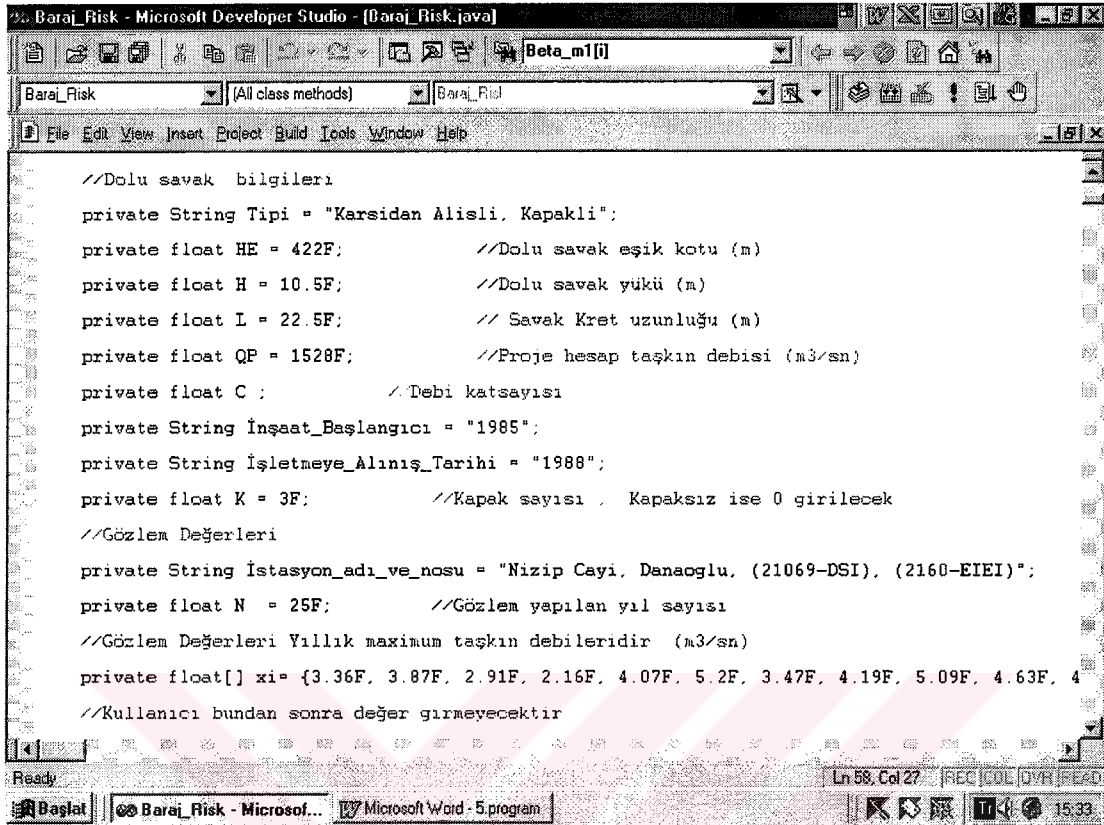
Programa girdi olarak, çıktı raporunda kullanılmak üzere; baraj adı, baraj yeri, amacı, kret uzunluğu, maksimum su kotu (HM), hazne sönümleme faktörü (S), hazne sönümleme faktörü standart sapması (sigma_s) girilmektedir.



Şekil 5.5. Programa girilen baraj verileri

Dolusavakla ilgili olarak ta; dolusavaktipi, dolusavak eşik kotu (HE), dolusavak kret uzunluğu (L), proje hesap taşkın debisi (QP), inşaat başlangıcı, işletmeye alınış tarihi, kapak sayısı (K), gözlem yapılan istasyon adı ve numarası: gözlem yapılan yıl sayısı (N), N yıl için maksimum taşkın debileri (Xi), dolusavak yükü (H) girilmektedir.

Programın girdileri Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da görülmektedir.



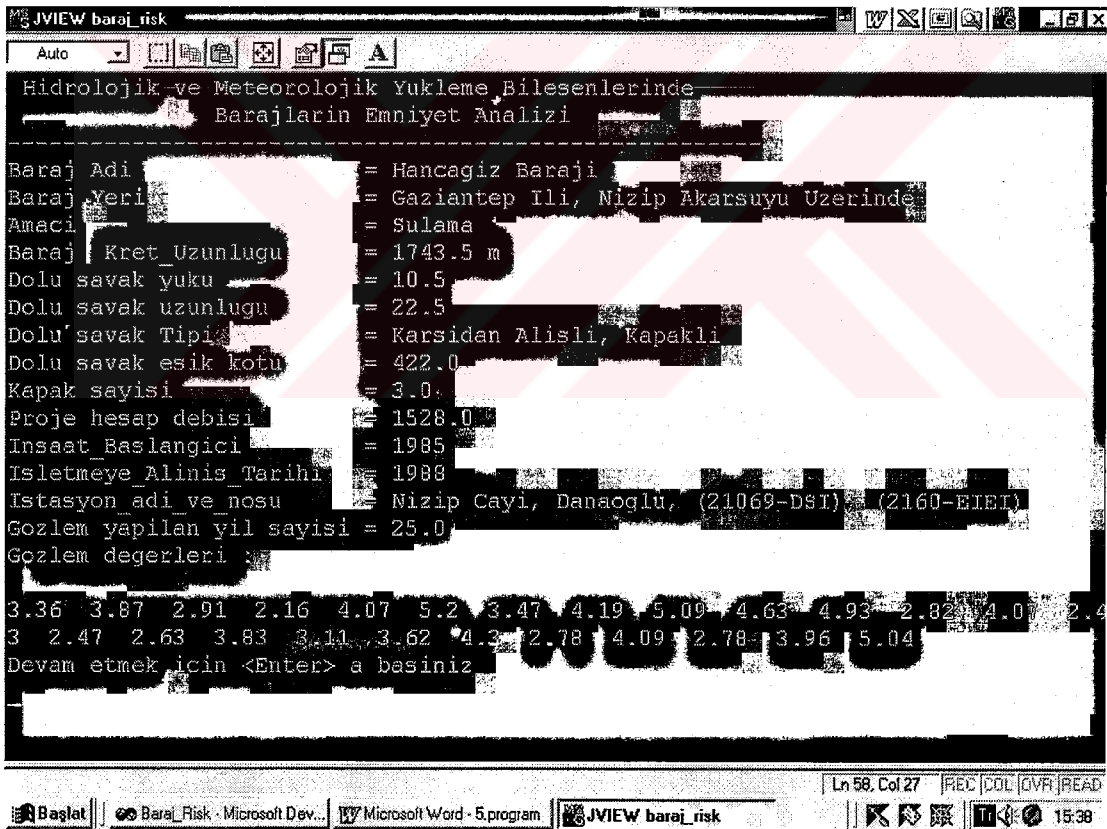
Şekil 5.6. Programa girilen dolusavak verileri

5.4. Programın Çalışması Ve Çıktıları

- Programın çıktı bölümünde; Rapor (Report) dosyasına sonuç değerleri kaydedilmekte ve bunun ilk bölümüne barajla ilgili genel bilgiler işlenmektedir. Barajın adı, yeri, amacı, kret uzunluğu, max. su kotu, dolusavak tipi, taşkın debisi, genişliği, savak yükü, kapak sayısı, inşaat başlangıcı, işletmeye alınış tarihi, gözlem yapılan istasyonun adı, numarası, gözlem yapılan yıl sayısı ve gözlem değerleri.
- Daha sonra, girdi bölümünde verilen N yıllık taşkın değerlerinin istatistiksel dağılımlara (Normal, Gumbel, Frechet, Weibull, Gamma, Lognormal) uygunluğu kontrol edilmekte (Maidment, 1993), (Ang and Tang, 1984),
- Bu kontrol sonucunda bulunan bütün istatistik parametreler raporun ikinci bölümüne yazılmakta,

- Ardından uygun bulunan dağılımlara göre bulunan parametrelerden faydalanılarak $n(i) = 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10\ 000, 15\ 000$ yıllık taşkın debileri hesaplanmakta ve bu değerler raporun üçüncü bölümüne aktarılmaktadır.
- Bundan sonra, MFOSM ve AFOSM yöntemlerine göre barajın riskleri verilen hesap debisi kullanılmak suretiyle belirlenmektedir. Riski tüm boyutlarıyla belirleyebilmek amacıyla bu hesap içerisinde dolusavak kapaklarından m adedinin açılmaması durumu için oluşabilecek riskler ve (isteğe göre değişebilecek olan) risk değerinin tespit edildiği n yıllık taşkın debisine göre (eğer bu debiye göre boyutlandırma yapılmış olsaydı) oluşabilecek riskler belirlenmekte ve bu hesapların sonucu, raporun dördüncü bölümüne yazılmaktadır. Dolusavak kapaksız ise sadece proje hesap debisine göre ve risk veren n yıllık taşkın debisine göre hesap yapılmaktadır.
- Bu aşamada, raporun dördüncü bölümünde verilen risk değerlerinin (proje hesap debisine ve kapakların açılmaması durumuna göre hesaplanan risklerin) sıfır olması durumu değerlendirilmekte ve eğer riskler sıfır ise raporun altıncı bölümünde kayıtlı bulunan ve boyut rehabilitasyonuna gerek olmadığını belirten ifade ekrana gelmektedir. Risk değerlerinden herhangi birinin bile sıfırdan farklı olması durumunda boyut rehabilitasyonuna geçilmektedir.
- Raporun beşinci bölümünü oluşturan boyut rehabilitasyonu bölümünde ise, dolusavağın boyutlarını oluşturan efektif savak genişliği ve savak yükü ele alınarak üç ayrı değerlendirme yapılmakta,
 - Bunlardan birinde genişlik (L) sabit tutulmakta, buna karşılık savak yükü (H), 10'ar cm artırılmak suretiyle yeni dolusavak debileri elde edilmekte ve bu debilere göre yeniden risk hesabı yapılmaktadır. Bu işlem 10'ar cm'lik artırımlarla tüm risklerin sıfır olduğu seviyeye kadar devam etmektedir. Raporun beşinci bölümünün ilk kısmında bu işlemler verilmektedir.
 - İkinci değerlendirmede savak yükü (H) sabit tutulmak suretiyle genişlik (L) artırılmakta ve aynı döngü bu yeni durum için denetlenmektedir. Bu işlemin sonuç değerleri raporun beşinci bölümünün ikinci kısmına kaydedilmektedir.

- Üçüncü değerlendirmede ise hem L ve hem de H değerleri, eşit oranda (10 cm) artırılarak oluşacak yeni debiye göre risk hesabı yapılmakta ve riski sayısal anlamda sıfırlayan boyutlar belirlenmektedir.
- Rehabilitasyon işlemleri neticesinde, ekrana raporun altıncı bölümünün ikinci kısmı gelmekte ve projeci yeni boyutların uygulanması durumu için maliyet analizi konusunda uyarılmaktadır. Söz konusu maliyet analizinde; barajın üretim girdileri, ömrü ve belirlenen riskin gelişmesi halinde oluşacak zararın değerlendirilmesinin yanı sıra fiziksel yapılabilirlik de önem taşımaktadır.
- Programın ekran ıktıları, her ekran bilgisinin ardında belirtildiği gibi <enter> tuşuyla belirecek ve bütün ekran raporlarının alınmasıyla yine aynı tuşla programa geri dönülecektir (şekil 5.7).



şekil 5.7. Uygula (Execute) komutu sonucu ekranda bilgilerin alınışı

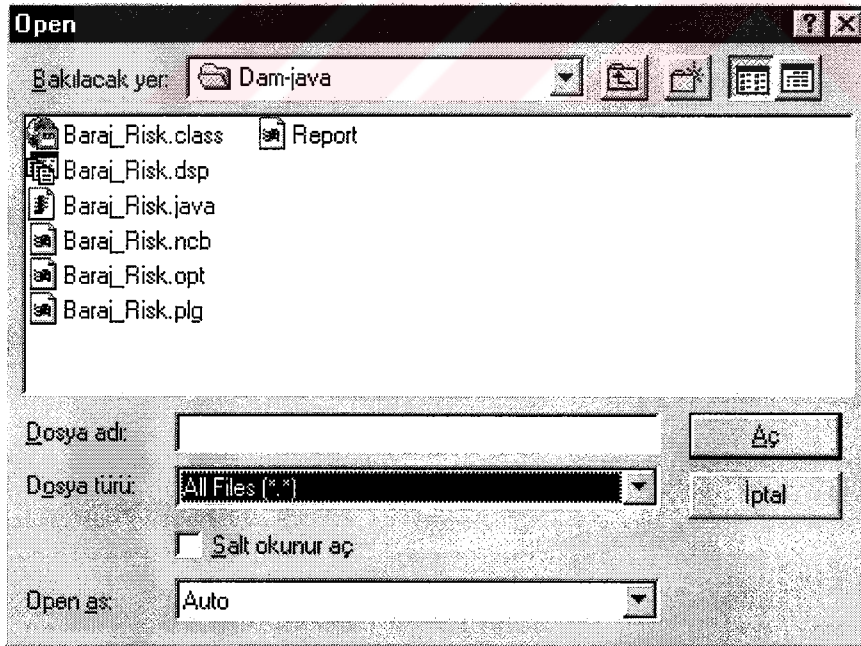
- Sonuç raporunun yazıcıya aktarılması için, <Report> dosyası açılacak ve (eğer isteniyorsa arzu edilen düzenlemeler yapıldıktan sonra) <yazdır> emri verilmek suretiyle yazılı sonuç dokümanı elde edilecektir (şekil 5.8), (şekil 5.9).

Program içinde kullanılan bazı semboller BARAJ_RISK program listesi içinde verilmiştir.

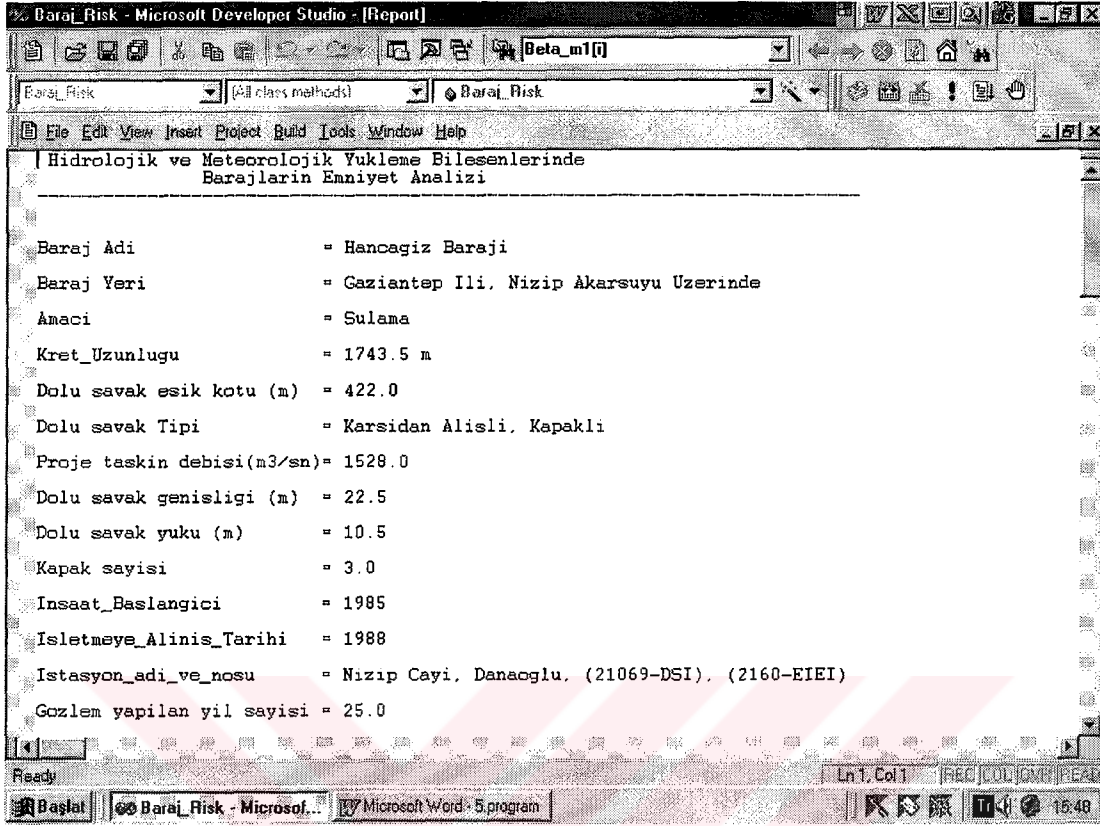
Programın ilk bölümünde girdi olarak verilen gözlenmiş maksimum akım değerlerinden faydalanılarak, (Bayazıt, 1996), (Bayazıt, 1981), (Bayazıt ve Oğuz, 1985) gibi istatistik kitap ve yayınlarda genel olarak verilen dağılımlardan normal dağılım ve özellikle taşkın debileri için kullanılan ekstrem değer dağılımlarından Gumbel, Frechet, Weibull dağılımları ile Gamma ve Lognormal dağılımların parametreleri hesaplanmaktadır.

Ardından bu dağılımlardan uygun bulunanları için çeşitli yıllara ait taşkın debileri hesaplanmaktadır.

Bunun dışında, (risk hesap yöntemleri Bölüm 4.'te verilen formülasyonlara uygun olarak) riskler hesaplanmakta, ancak bu hesaplarda değerler normal dağılıma uygun olarak alınmaktadır. Normal dağılıma uymayan değerler, programa böyle bir dönüşüm bölümü eklenmesiyle normal dağılıma dönüştürülebilecektir (Ang and Tang, 1984).



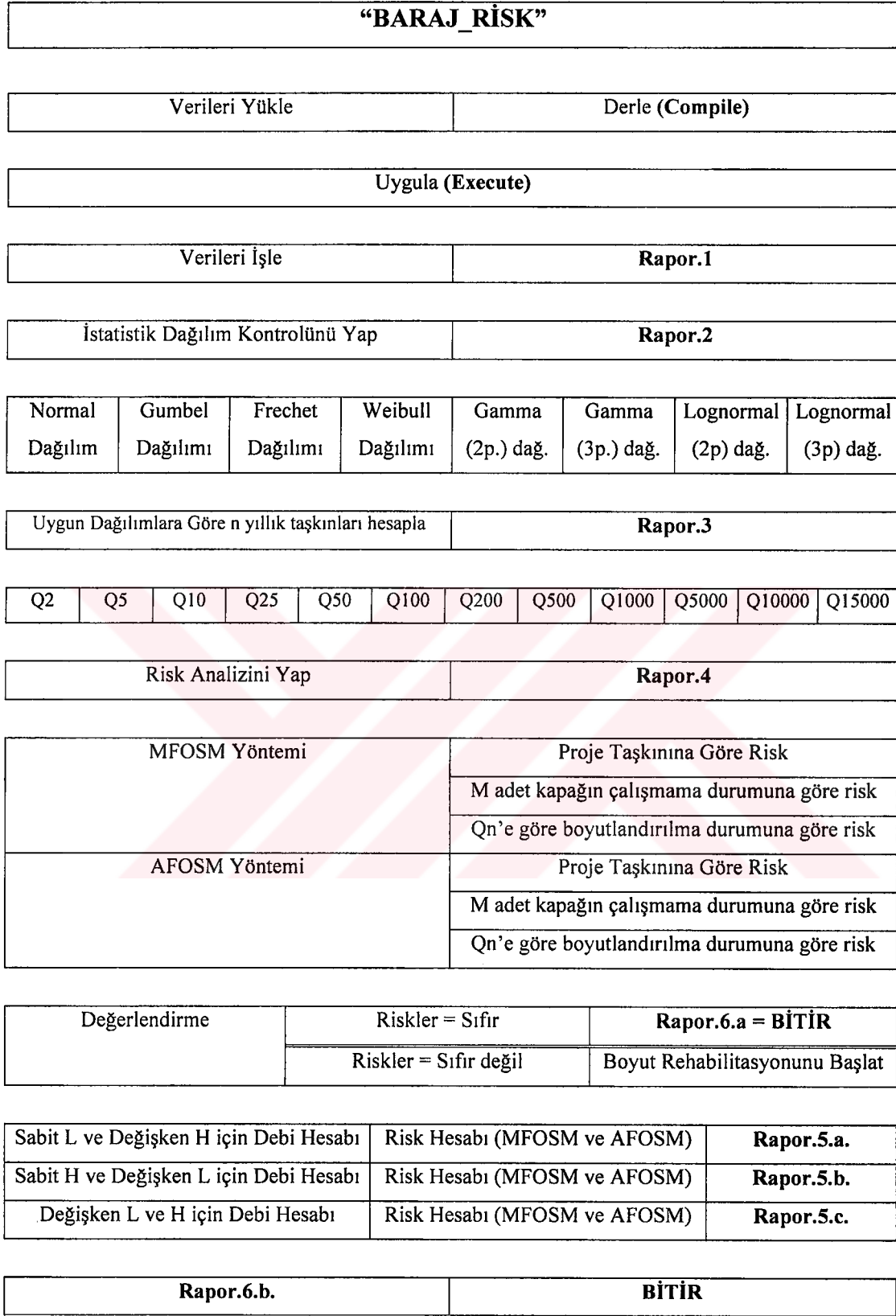
Şekil 5.8. Programın uygulama (Exe) ve rapor dosyalarının çağırılması işlemi



Şekil 5.9. Yazdırılmak üzere hazırlanan rapor dosyası başlangıç sayfası

5.5. Programın Akış Şeması:

BARAJ_RISK programı akış şeması Şekil 5.10'da, program listesi ise EK A' da verilmiştir.



Şekil 5.10. BARAJ_RİSK Programı akış şeması

6. BARAJ_RISK PROGRAMINDA VERİLERİN İŞLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Veri Tabanının Oluşturulması

Gözlenmiş maksimum akım değerlerine dayanarak risk analizi uygulaması yapacak Baraj_Risk bilgisayar programı için veriler, Türkiye’de barajlarla ilgili yetkili devlet kuruluşu olan Devlet Su İşleri’nden sağlanmaktadır.

Söz konusu kurumdan, üzerinde çalışma yapılacak baraja ait tanım ve tasarım bilgileri alınabilmekte, ancak akım gözlemleri için DSİ’nin yanı sıra EİEİ’nin de akım gözlem istasyonları ve bu istasyonların gözlem verilerinden faydalanılabilmektedir. Bu konuda, DSİ ve EİEİ tarafından yayımlanan Akım Gözlem Yıllıkları ile bu bilgilerin derlenmesinden oluşturulan başvuru yayımlardan faydalanılabilmektedir (Kulga ve Dizdar, 1994).

6.2. Risk Analizi Uygulanacak Barajlara Ait Veriler ve Sonuç Raporları

Risk analizi uygulanacak barajlardan, istatistik anlamda değerlendirme yapmak ve anlamlı sonuçlara ulaşmak için veri sayısı yeterli düzeyde olan (mümkünse en az 30 yıllık) verilere sahip barajlar seçilmiş olup bu barajlara ait bilgilerden;

Baraj adı, baraj yeri, inşa amacı, kret uzunluğu, dolusavak eşik kotu, dolusavak tipi, proje taşkın debisi, dolusavak genişliği, dolusavak yükü, kapak sayısı, inşaatın başlangıç ve bitiş tarihleri, risk hesabında kullanılacak akım verilerinin elde edildiği gözlem istasyonunun adı, numarası, işleten kuruluş, gözlem yapılan yıl sayısı ve gözlem değerleri girilmektedir.

Risk seviyesini ölçmek amacıyla, programda analize tabi tutulacak barajlardan;

- Gaziantep ili, Nizip Akarsuyu üzerinde kurulu bulunan, karşıdan alıslı, kapaklı tipte dolusavağı bulunan ve 25 yıllık akım gözlem değeri mevcut bulunan Hancağız Barajı verileri (EK B.1),
- Şanlıurfa ili, Siverek ilçesi, Şehir Çayı üzerinde bulunan, karşıdan alıslı, kontrollü tipte dolusavağı bulunan ve 27 yıllık akım gözlem değeri bulunan Hacıhıdır Barajı verileri (EK B.2),
- Gümüşhane ili, Harşit ırmağı üzerinde kurulu bulunan, karşıdan alıslı, kontrolsüz tipte dolusavağı bulunan ve 27 yıllık akım gözlem değeri bulunan Kürtün Barajı verileri (EK B.3),
- Antalya ili, Manavgat Irmağı üzerinde kurulu bulunan, karşıdan alıslı, kapaklı tipte dolusavağı bulunan ve 44 yıllık akım gözlem değeri bulunan Manavgat Barajı verileri (EK B.4),
- Çatalan Bucağı, Seyhan Nehri üzerinde kurulu bulunan, karşıdan alıslı, kapaklı tipte dolusavağı bulunan ve 24 yıllık akım gözlem değeri bulunan Çatalan Barajı verileri (EK B.5),
- Antalya İli, Manavgat Çayı üzerinde kurulu bulunan, karşıdan alıslı, kapaklı tipte dolusavağı bulunan ve 44 yıllık akım gözlem değeri bulunan Oymapınar Barajı verileri (EK B.6),

kullanılmıştır (Anonymous, 1980), (Anonymous, 1981.a), (Anonymous, 1981.b), (Anonymous, 1987), (Orhon v.d., 1991), (Kulga ve Dizdar, 1994), (Anonymous, 1996), (Özkan ve Yılmaz, 1999).

Yukarıda sözü edilen barajlar, BARAJ_RISK programında risk analizine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar,

- Hancağız Barajı için Ek C.1' de,
- Hacıhıdır Barajı için Ek C.2' de,
- Kürtün Barajı için Ek C.3'te,
- Manavgat Barajı için Ek C.4'te,
- Çatalan Barajı için Ek C.5'te,
- Oymapınar Barajı için Ek C.6'da verilmiştir.

6.3. Raporların Değerlendirilmesi

Hancağız, Hacıhıdır ve Kürtün barajları, gerek proje taşkın debisi esas alınarak yapılan risk analizi ve gerekse dolusavak kapaklarının biri veya ikisinin kapalı olması durumunda bile, gözlenmiş maksimum akım değerlerine dayanan bir taşkın durumunda risk değerleri sıfır sonucunu vermektedir. Ancak;

- Manavgat Barajı için MFOSM yöntemine göre yapılan analiz sonucunda, dolusavağın üç kapağından ikisinin kapalı olması durumunda 0.0003'lük bir risk değeri,
- Çatalan Barajı için MFOSM yöntemine göre yapılan analiz sonucunda, dolusavağın altı kapağından beşinin kapalı olması durumunda 0.0418'lik bir risk değeri,
- Oymapınar Barajı için MFOSM yöntemine göre yapılan analiz sonucunda, dolusavağın dört kapağından birisinin kapalı olması durumunda 0.0001'lik, ikisinin kapalı olması durumunda 0.3745'lik bir risk değeri saptanmıştır.

Söz konusu bu üç baraj için AFOSM yöntemine göre yapılan risk analizi sonucunda herhangi bir risk değeri elde edilmemiştir.

6.3.1. Boyut Rehabilitasyonunun Değerlendirilmesi

Risk değeri saptanan barajlar için yapılan boyut rehabilitasyonu sonucunda;

Manavgat Barajının dolusavak kapaklarından ikisinin de kapalı olması durumunda oluşabilecek bir risk değeri, dolusavağın mevcut boyutları $L=28.5$ m ve $H=17.3$ m iken bu boyutların,

- a) $L=28.5$ m, $H=18.1$ m,
- b) $L=30.5$ m, $H=17.3$ m,
- c) $L=29.1$ m, $H=17.9$ m değerlerini

alması halinde sıfırlanmaktadır.

Çatalan Barajının dolusavak kapaklarından beşinin de kapalı olması durumunda oluşabilecek bir risk değeri, dolusavağın mevcut boyutları $L=66$ m ve $H=16.44$ m iken bu boyutların,

- a) $L=66$ m, $H=22.44$ m,
- b) $L=105.1$ m, $H=16.44$ m,

c) $L=71$ m, $H=21.44$ m değerlerini alması halinde sıfırlanmaktadır.

Oymapınar Barajının dolusavak kapaklarının ikisinin de kapalı olması durumunda gelen taşkın karşısında, dolusavağın mevcut boyutları $L=28.2$ m ve $H=15$ m iken bu boyutların

a) $L=28.2$ m, $H=15.1$ m,

b) $L=28.6$ m $H=15$ m,

c) $L=28.3$ m $H=15.1$ m değerlerinde

risk sıfırlanmakta, kapaklardan üçünün de kapalı olması durumunda gelen taşkın karşısında,

a) $L=28.2$ m, $H=24.1$ m,

b) $L=57.3$ m, $H=15$ m,

c) $L=34.3$ m, $H=21.1$ m değerlerine

göre bir boyutlandırma yapılması durumunda risk sıfırlanmaktadır.

Ancak sayısal anlamda riskin sıfır çıkması durumunda bile risk asla ortadan kalkmamaktadır. Çünkü risk hesabında kullanılan verilerin stokastik özellikli hidrolojik ve meteorolojik veriler olduğu ve dolayısıyla zaman içinde gözlenen yeni değerlerin değiştiği unutulmamalıdır.

6.3.2. Hazne Sönümleme Faktörünün Etkisi

Haznenin normal su seviyesindeki rezervuar hacmi ile, maksimum su seviyesindeki rezervuar hacminin bir fonksiyonu olan hazne sönümleme faktörü, risk değerinin hesabı için kullanılan MFOSM ve AFOSM yöntemlerinin her ikisinde de önemli ve sonuçta oldukça etkili olduğundan, riskin azaltılması amacıyla yapılan boyut rehabilitasyonunun yanı sıra barajın işletme şekli ve dolusavak tipi ile yakından ilgili olan bu faktörde yapılabilecek bir değişikliğin de risk değerlerini önemli ölçüde değiştireceği açık olup bu konuda yapılacak çalışmalar için bir ön fikir oluşturması açısından anlamlıdır.

Farklı rezervuar seviyelerinde, hazne sönümleme faktöründe meydana gelen değişiklikler sonucu riskteki değişim Bölüm 6.6'daki tablolarda gösterilmiştir.

6.4. Risk analizi Uygulanan Barajların Karşılaştırılması

Risk analizi çalışması sonunda risk değerine rastlanmayarak (gözlenmiş maksimum akım değerleri için) güvenilir olduğu kabul edilen Hancağız, Hacıhıdır ve Kürtün barajları için özet rapor Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1. Hancağız, Hacıhıdır ve Kürtün barajları için risk analizi özet raporu

Baraj Adı	Hancağız	Hacıhıdır	Kürtün
Yeri	Gaziantep	Şanlıurfa	Gümüşhane
Amacı	Sulama	Sulama	Enerji
Dolusavak Tipi	Karşıdan alışı, kapaklı	Karşıdan alışı, kontrollü	Karşıdan alışı, kontrolsüz
Dolusavak Yüğü (m)	10.5	10	11.6
Dolusavak Genişliği (m)	22.5	13.65	30
Proje taşkın debisi (m3/sn)	1528	621	3775
Hazne sönümlleme faktörü	1	1	1
Kapak sayısı	3	3	3
Akım gözlemi sayısı	25	27	27
MFOSM Riskleri			
<u>Qproje durumu</u>	0	0	0
m=1 kapak kapalı	0	0	0
m=2 kapak kapalı	0	0	0
<u>Qgözlem durumu</u>			
Q100	0.0003	0.0005	0.0003
Q200	0	0.0001	0
Q500	0	0	0
AFOSM Riskleri			
<u>Qproje durumu</u>	0	0	0
a=1 kapak kapalı	0	0	0
a=2 kapak kapalı	0	0	0
<u>Qgözlem durumu</u>			
Q100	0.0004	0.0008	0.0004
Q200	0	0.0001	0
Q500	0	0	0
Rapor	Güvenilir	Güvenilir	Güvenilir

Risk analizi sonucu, özel durumlar için (belirli sayıda kapağın kapalı olması durumunda) ortaya çıkan risklerin, boyut rehabilitasyonu ile değiştiği Manavgat, Çatalan ve Oymapınar barajları için özet rapor Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2. Manavgat, Çatalan ve Oymapınar barajlarında rehabilitasyon raporu

Baraj Adı	Manavgat	Çatalan	Oymapınar
Yeri	Antalya	Adana	Antalya
Amacı	Enerji, sulama, Taşkın kontrolü	Enerji, sulama, Taşkın kontrolü	Enerji
Dolusavak Tipi	Karşıdan alışı, kapaklı	Karşıdan alışı, kapaklı	Karşıdan alışı, kapaklı
Dolusavak Yüğü (m)	17.3	16.44	15
Dolusavak Genişliği (m)	28.5	66	28.2
Proje taşkın debisi (m ³ /sn)	4.000	10.055	3.100
Hazne sönümleme faktörü	0.90	0.74	1
Kapak sayısı	3	6	4
Akım gözlemi sayısı	44	24	44
MFOSM Riskleri			
Qproje durumu	0	0	0
m=1 kapak kapalı	0	0	0
m=2 kapak kapalı	0.0003	0	0.0001
m=3 kapak kapalı	-	0	0.3745
m=4 kapak kapalı	-	0	-
m=5 kapak kapalı	-	0.0418	-
Qgözlem durumu			
Q100	-	-	-
Q200	0	0	0.0004
	0	0	0
AFOSM Riskleri			
Qproje durumu	0	0	0
a=1 kapak kapalı	0	0	0
a=2 kapak kapalı	0	0	0
a=3 kapak kapalı	-	0	-
a=4 kapak kapalı	-	0	-
a=5 kapak kapalı	-	0	-
Qgözlem durumu			
Q100	-	-	-
Q200	0.0002	0	0.001
Q500	0	0	0.0001
	0	0	0
Ara rapor	Rehabilitasyon	Rehabilitasyon	Rehabilitasyon
Rehabilitate Edilen Riskler	m(2)=0.0003	m(5)=0.0418	m(3)=0.3745
Rehabilitasyon Boyutları			
Sabit L – Değişken h	L=28.5 ve H=18.2	L=66.00 ve H=22.54	L=28.2 ve H=24.2
Sabit H – Değişken L	L=30.6 ve H=17.3	L=105.2 ve H=16.44	H=15.0 ve L=57.4
Değişken L ve H	L=29.2 ve H=18.0	L=71.10 ve H=21.54	L=34.4 ve H=21.2

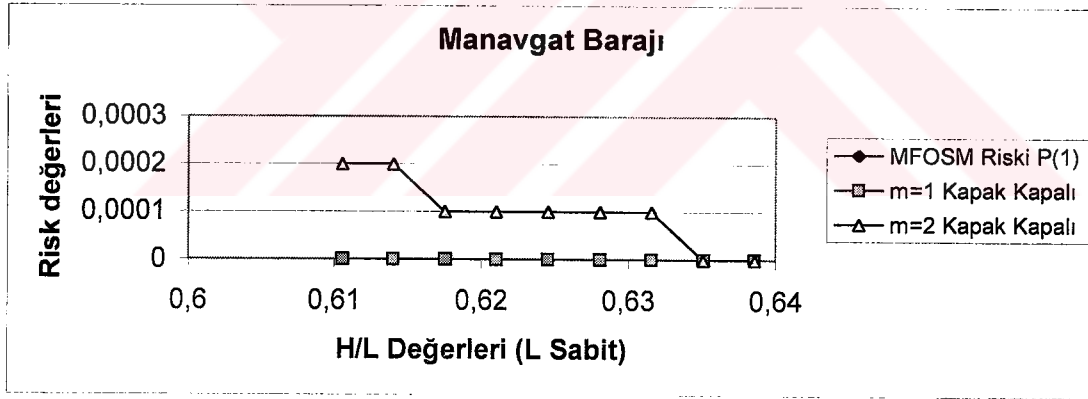
6.5. Boyut Rehabilitasyonu Uygulanan Barajlarda Riskin Değişimi

6.5.1. Manavgat Barajı

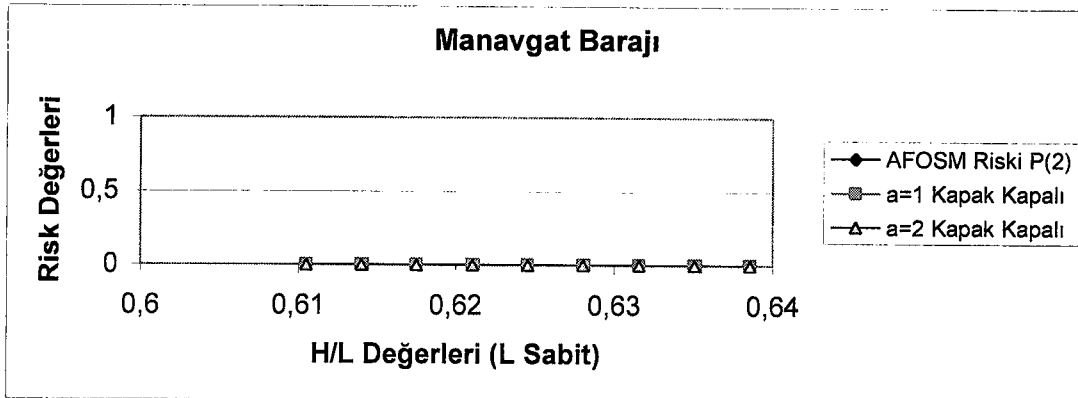
Manavgat barajında değişken yükseklikli veya değişken genişlikli dolusavak boyutları için riskin değişimi; Tablo 6.3, Tablo 6.4, Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.3. Manavgat barajında değişken yükseklikli dolusavak boyutları için risk

Sabit L	Değişken H	H/L Oranı	MFOSM Riski P (1)	m=1 Kapak Kapalı	m=2 Kapak kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1 Kapak kapalı	a=2 Kapak Kapalı
28,5	17,4	0,610526	0	0	0,0002	0	0	0
28,5	17,5	0,614035	0	0	0,0002	0	0	0
28,5	17,6	0,617544	0	0	0,0001	0	0	0
28,5	17,7	0,621053	0	0	0,0001	0	0	0
28,5	17,8	0,624561	0	0	0,0001	0	0	0
28,5	17,9	0,62807	0	0	0,0001	0	0	0
28,5	18	0,631579	0	0	0,0001	0	0	0
28,5	18,1	0,635088	0	0	0	0	0	0
28,5	18,2	0,638596	0	0	0	0	0	0



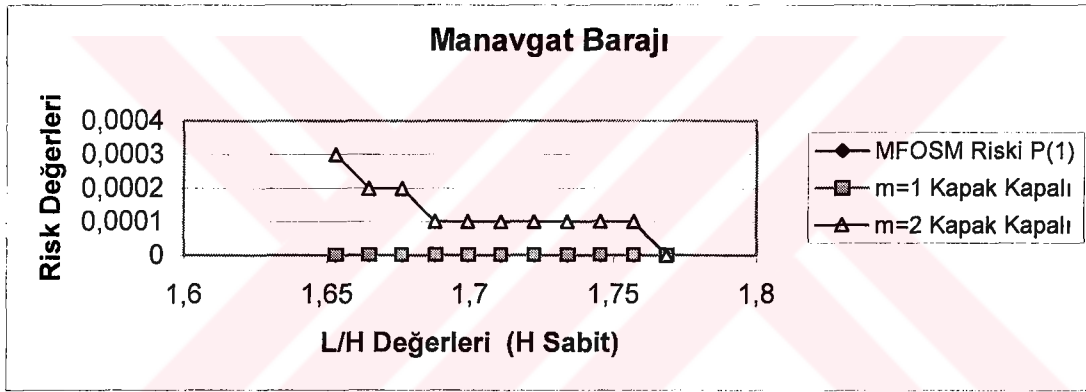
Şekil 6.1. Manavgat barajında MFOSM yöntemine göre risk değişimi



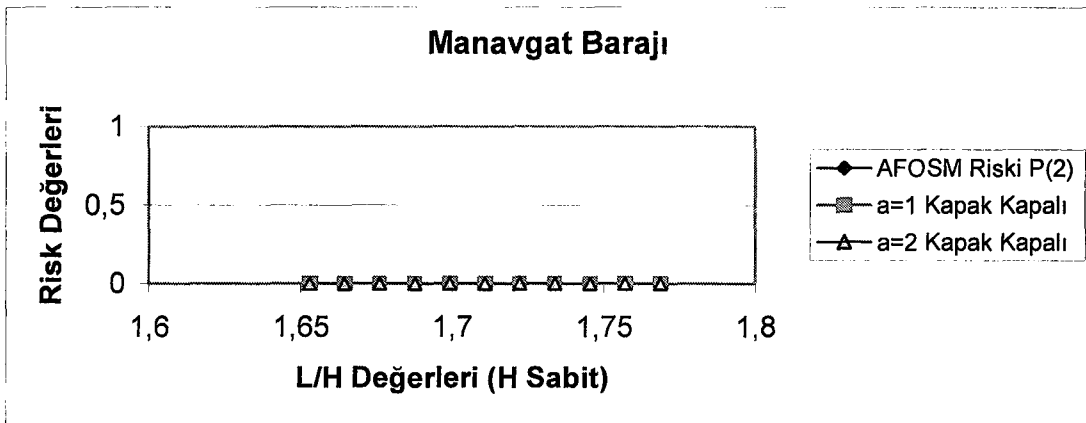
Şekil 6.2. Manavgat barajında AFOSM yöntemine göre risk değişimi

Tablo 6.4. Manavgat barajında değişken genişlikli dolusavak boyutları için risk

Sabit H	Değişken L	L/H Oranı	MFOSM Riski P (1)	M=1 Kapak Kapalı	m=2 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1 Kapak Kapalı	a=2 Kapak kapalı
17,3	28,6	1,653179	0	0	0,0003	0	0	0
17,3	28,8	1,66474	0	0	0,0002	0	0	0
17,3	29	1,676301	0	0	0,0002	0	0	0
17,3	29,2	1,687861	0	0	0,0001	0	0	0
17,3	29,4	1,699422	0	0	0,0001	0	0	0
17,3	29,6	1,710983	0	0	0,0001	0	0	0
17,3	29,8	1,722543	0	0	0,0001	0	0	0
17,3	30	1,734104	0	0	0,0001	0	0	0
17,3	30,2	1,745665	0	0	0,0001	0	0	0
17,3	30,4	1,757225	0	0	0,0001	0	0	0
17,3	30,6	1,768786	0	0	0	0	0	0



Şekil 6.3. Manavgat barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi



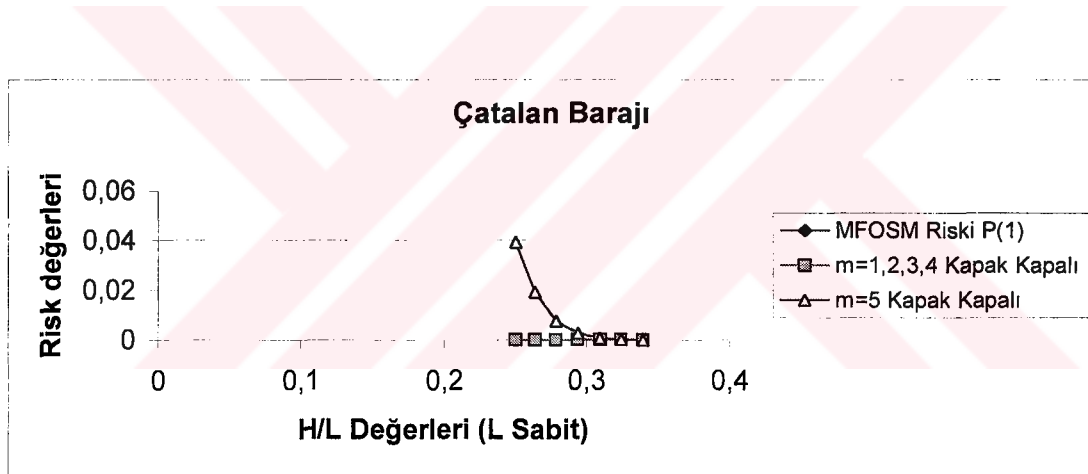
Şekil.6.4. Manavgat barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi.

6.5.2. Çatalan Barajı

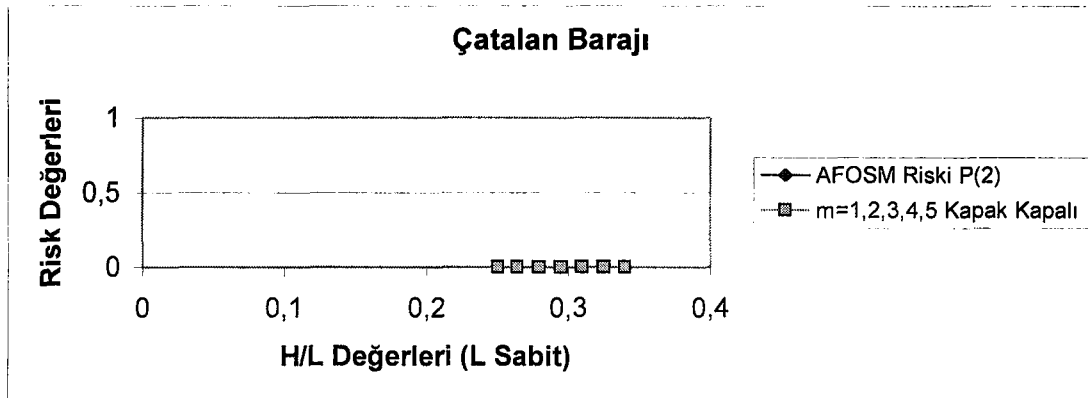
Çatalan barajında değişken yükseklikli veya değişken genişlikli dolusavak boyutları için riskin değişimi; Tablo 6.5, Tablo 6.6, Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’de verilmiştir.

Tablo 6.5. Çatalan barajı için değişken yükseklikli dolusavak boyutları için risk

Sabit L	Değişken H	H/L Oranı	MFOSM Riski P (1)	m=1,2,3,4 Kapak Kapalı	m=5 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1,2,3,4,5 Kapak Kapalı
66	16,54	0,250606	0	0	0,0392	0	0
66	17,44	0,264242	0	0	0,0192	0	0
66	18,44	0,279394	0	0	0,0078	0	0
66	19,44	0,294545	0	0	0,0027	0	0
66	20,44	0,309697	0	0	0,0008	0	0
66	21,44	0,324848	0	0	0,0002	0	0
66	22,44	0,34	0	0	0	0	0



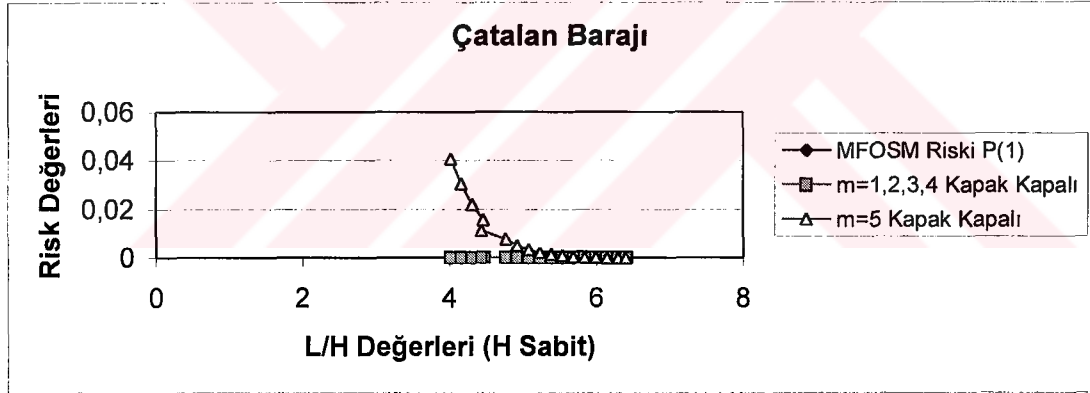
Şekil 6.5. Çatalan barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi



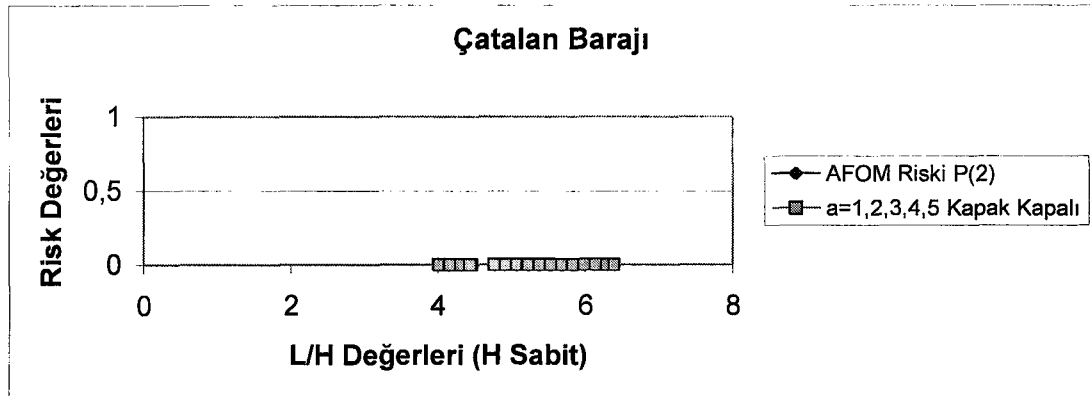
Şekil 6.6. Çatalan barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi

Tablo 6.6. Çatalan barajı için değişken genişlikli dolusavak boyutları için risk

Sabit H	Değişken L	L/H Oranı	MFOSM Riski P (1)	m=1,2,3,4 Kapak Kapalı	m=5 Kapak kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1,2,3,4,5 Kapak Kapalı
16,44	66,1	4,020681	0	0	0,0409	0	0
16,44	68,5	4,166667	0	0	0,0307	0	0
16,44	71	4,318735	0	0	0,0222	0	0
16,44	73,5	4,470803	0	0	0,0158	0	0
16,44	73	4,440389	0	0	0,0113	0	0
16,44	78,5	4,774939	0	0	0,0078	0	0
16,44	81	4,927007	0	0	0,0052	0	0
16,44	83,5	5,079075	0	0	0,0035	0	0
16,44	86	5,231144	0	0	0,0023	0	0
16,44	88,5	5,383212	0	0	0,0014	0	0
16,44	91	5,53528	0	0	0,0009	0	0
16,44	93,5	5,687348	0	0	0,0006	0	0
16,44	96	5,839416	0	0	0,0003	0	0
16,44	98,5	5,991484	0	0	0,0002	0	0
16,44	101	6,143552	0	0	0,0001	0	0
16,44	103,5	6,29562	0	0	0,0001	0	0
16,44	105,2	6,399027	0	0	0	0	0



Şekil 6.7. Çatalan barajı için MFOSM yönteminde riskin değişimi



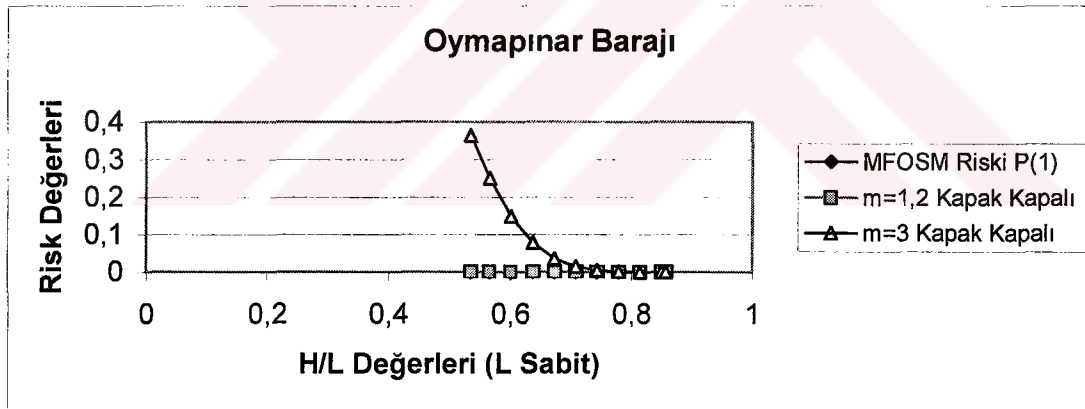
Şekil 6.8. Çatalan barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi

6.5.3. Oymapınar Barajı

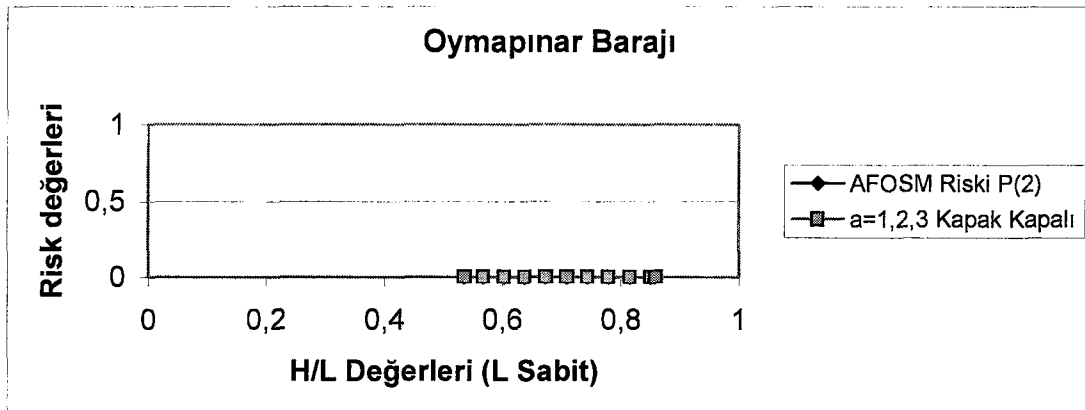
Oymapınar barajında değişken yükseklikli veya değişken genişlikli dolusavak boyutları için riskin değişimi; Tablo 6.7, Tablo 6.8, Şekil 6.9, Şekil 6.10, Şekil 6.11 ve Şekil 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.7. Oymapınar barajında değişken yükseklikli dolusavak boyutları için risk

Sabit L	Değişken H	H/L Oranı	MFOSM Riski P (1)	m=1,2 Kapak kapalı	m=3 Kapak kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1,2,3 Kapak Kapalı
28,2	15,1	0,535461	0	0	0,3632	0	0
28,2	16	0,567376	0	0	0,2514	0	0
28,2	17	0,602837	0	0	0,1492	0	0
28,2	18	0,638298	0	0	0,0793	0	0
28,2	19	0,673759	0	0	0,0359	0	0
28,2	20	0,70922	0	0	0,0143	0	0
28,2	21	0,744681	0	0	0,0047	0	0
28,2	22	0,780142	0	0	0,0013	0	0
28,2	23	0,815603	0	0	0,0003	0	0
28,2	24	0,851064	0	0	0,0001	0	0
28,2	24,2	0,858156	0	0	0	0	0



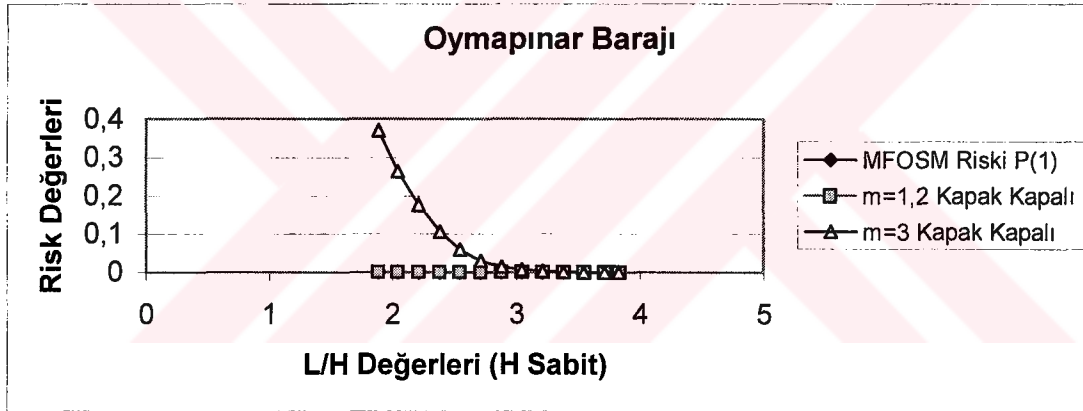
Şekil 6.9. Oymapınar barajında MFOSM yöntemine göre risk değişimi



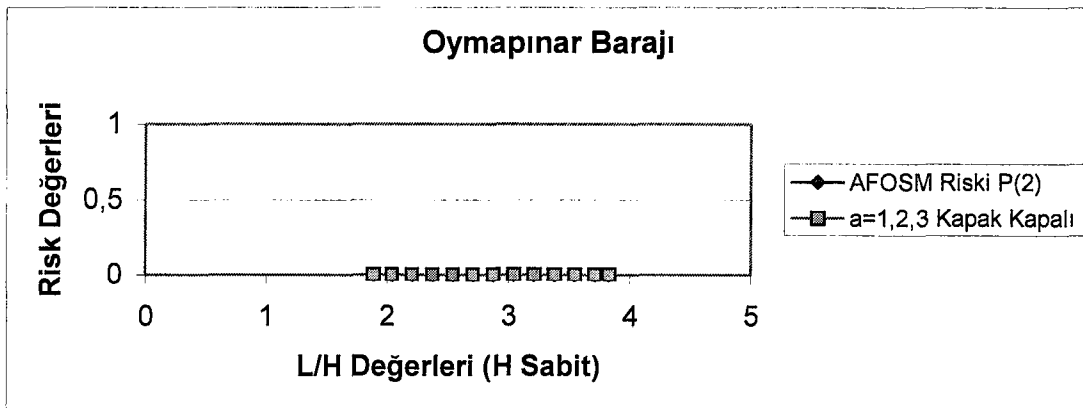
Şekil 6.10. Oymapınar barajında AFOSM yönteminde risk değişimi

Tablo 6.8. Oymapınar barajında değişken genişlikli dolusavak boyutları için risk

Sabit H	Değişken L	L/H Oranı	MFOSM Riski P (1)	m=1,2 Kapak Kapalı	m=3 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1,2,3 Kapak kapalı
15	28,3	1,886667	0	0	0,3707	0	0
15	30,7	2,046667	0	0	0,2643	0	0
15	33,2	2,213333	0	0	0,1762	0	0
15	35,7	2,38	0	0	0,1075	0	0
15	38,2	2,546667	0	0	0,0606	0	0
15	40,7	2,713333	0	0	0,0314	0	0
15	43,2	2,88	0	0	0,015	0	0
15	45,7	3,046667	0	0	0,0066	0	0
15	48,2	3,213333	0	0	0,0027	0	0
15	50,7	3,38	0	0	0,001	0	0
15	53,2	3,546667	0	0	0,0003	0	0
15	55,7	3,713333	0	0	0,0001	0	0
15	57,4	3,826667	0	0	0	0	0



Şekil 6.11. Oymapınar barajında MFOSM yöntemine göre risk değişimi



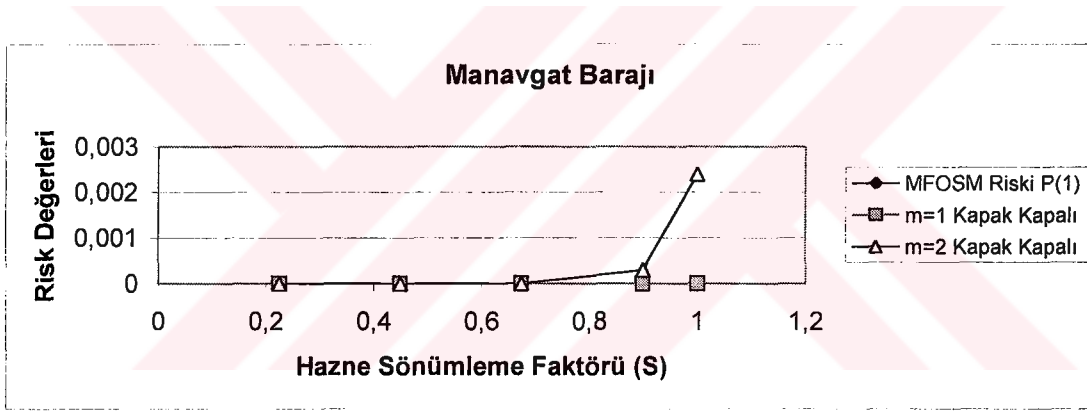
Şekil 6.12. Oymapınar barajında AFOSM yöntemine göre risk değişimi

6.6. Hazne Sönümlleme Faktörünün Risk Değerine Etkisi

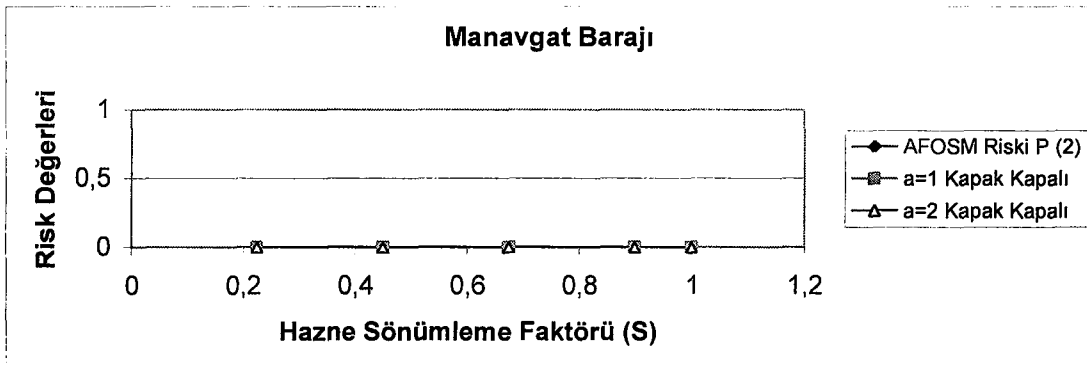
Hazne sönümlleme faktörünün risk değerinde oluşturduğu değişimleri (Manavgat, Çatalan ve Oymapınar barajları için) Tablo 6.9, Tablo 6.10, Tablo 6.11, Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15, Şekil 6.16, Şekil 6.17 ve Şekil 6.18’de görmek mümkündür.

Tablo 6.9. Manavgat barajı için değişken rezervuar değerlerinde riskin değişimi

Max.Rez. Hacmi Vmax	Su Seviyesi H	Rezervuar hacmi Vt	Sönümlleme Faktörü S	MFOM Riski P (1)	m=1 Kapak Kapalı	m=2 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1 Kapak Kapalı	a=2 Kapak Kapalı
88,98	Min. S. S.	20	0,224769611	0	0	0	0	0	0
88,98		40	0,449539222	0	0	0	0	0	0
88,98		60	0,674308833	0	0	0	0	0	0
88,98	Nor. S. S.	80	0,899078445	0	0	0,0003	0	0	0
88,98	Max.S. S.	88,98	1	0	0	0,0024	0	0	0



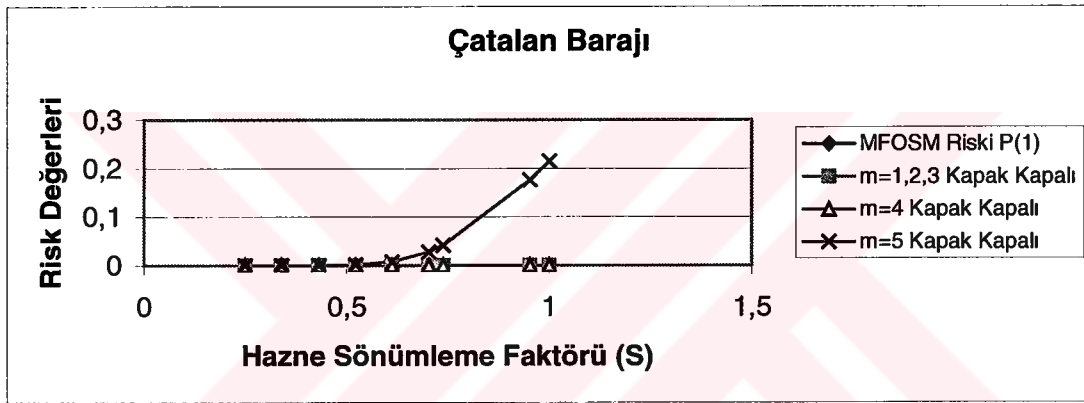
Şekil 6.13. Manavgat barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (Değişik rezervuar seviyelerinde)



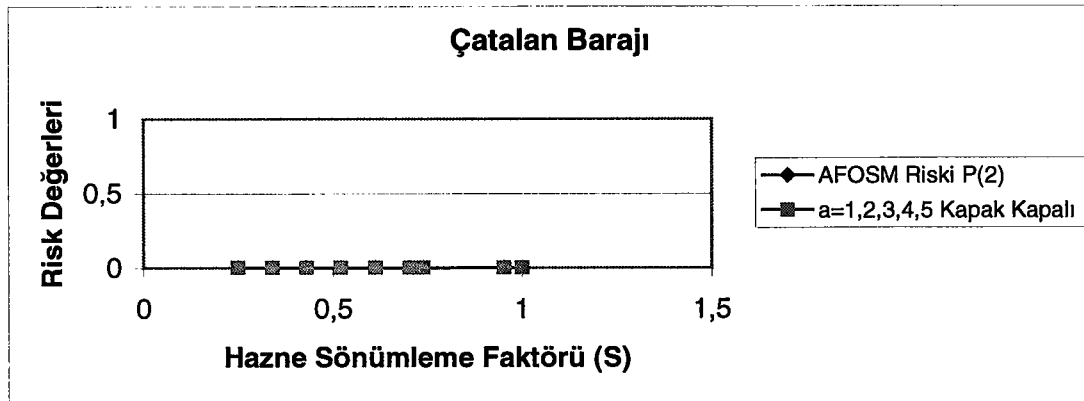
Şekil 6.14. Manavgat barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi (Değişik rezervuar seviyelerinde)

Tablo 6.10. Çatalan barajı için değişken rezervuar değerlerinde riskin değişimi

Max.Rez. Hacmi Vmax	Su Seviyesi H	Rezervuar hacmi Vt	Sönümlleme Faktörü S	MFOM Riski P (1)	m=1,2,3 Kapak Kapalı	m=4 Kapak Kapalı	m=5 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	A=1,2,3,4, 5 Kapak Kapalı
2206	Min.S.S.	550	0,249320036	0	0	0	0	0	0
2206		750	0,339981868	0	0	0	0	0	0
2206		950	0,430643699	0	0	0	0	0	0
2206		1150	0,52130553	0	0	0	0,0008	0	0
2206		1350	0,611967362	0	0	0	0,0069	0	0
2206		1550	0,702629193	0	0	0	0,0274	0	0
2206	Nor.S.S.	1629	0,738440617	0	0	0	0,0409	0	0
2206	Taşkın Ü.S.	2100	0,951949229	0	0	0,0001	0,1762	0	0
2206	Max.S.S.	2206	1	0	0	0,0002	0,2148	0	0



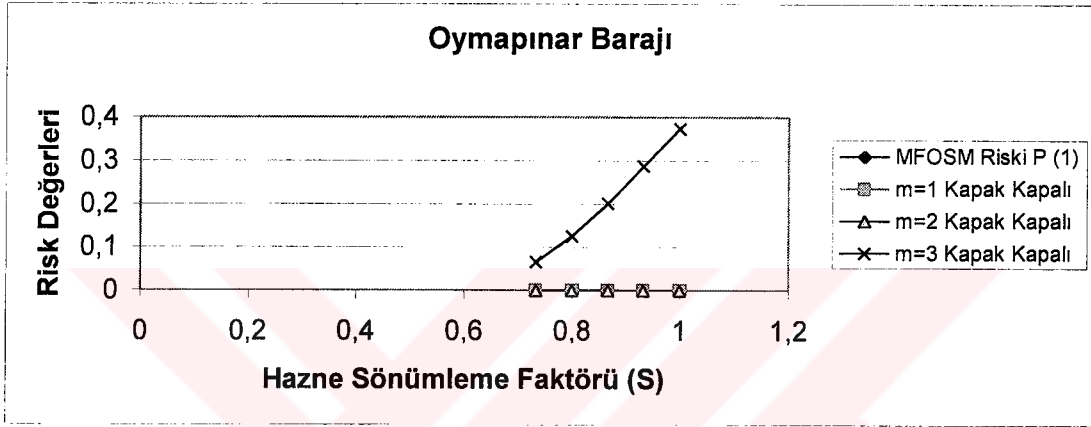
Şekil 6.15. Çatalan barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (Değişik rezervuar seviyelerinde)



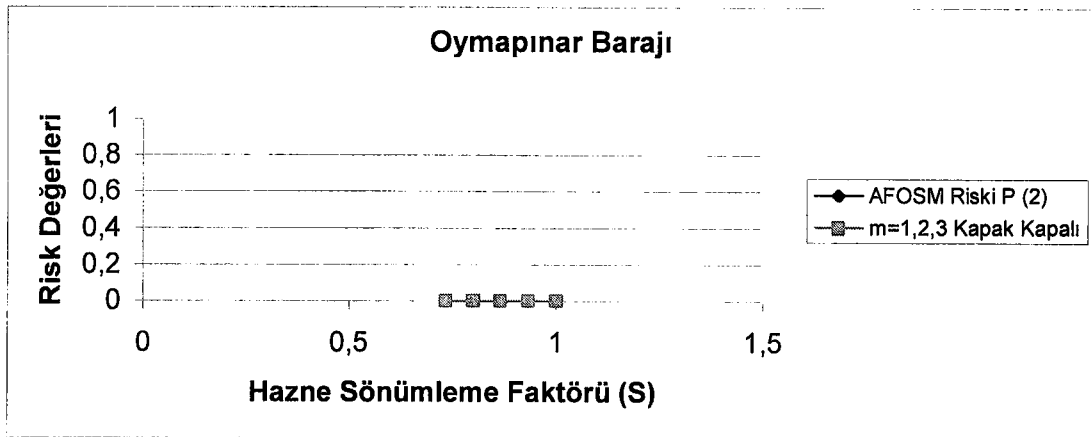
Şekil 6.16. Çatalan barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi (Değişik rezervuar seviyelerinde)

Tablo 6.11. Oymapınar barajı için değişken rezervuar değerlerinde riskin değişimi

Max.Rez. Hacmi V _{max}	Su Seviyesi H	Rezervua r hacmi V _t	Sönümlleme Faktörü S	MFOM Riski P (1)	m=1 Kapak Kapalı	m=2 Kapak Kapalı	M=3 Kapak Kapalı	AFOSM Riski P (2)	a=1,2,3 Kapak Kapalı
300	Min S.S.	220,2	0,734	0	0	0	0,0655	0	0
300		240	0,8	0	0	0	0,1251	0	0
300		260	0,866666667	0	0	0	0,2005	0	0
300		280	0,933333333	0	0	0	0,2877	0	0
300	N.S.S=M.S.S	300	1	0	0	0,0001	0,3745	0	0



Şekil 6.17. Oymapınar barajı için MFOSM yöntemine göre riskin değişimi (Değişik rezervuar seviyelerinde)



Şekil 6.18. Oymapınar barajı için AFOSM yöntemine göre riskin değişimi (Değişik rezervuar seviyelerinde)

6.7. Risklerin Sabit Değerleri İçin Dolusavak Boyutlarının Değişimi

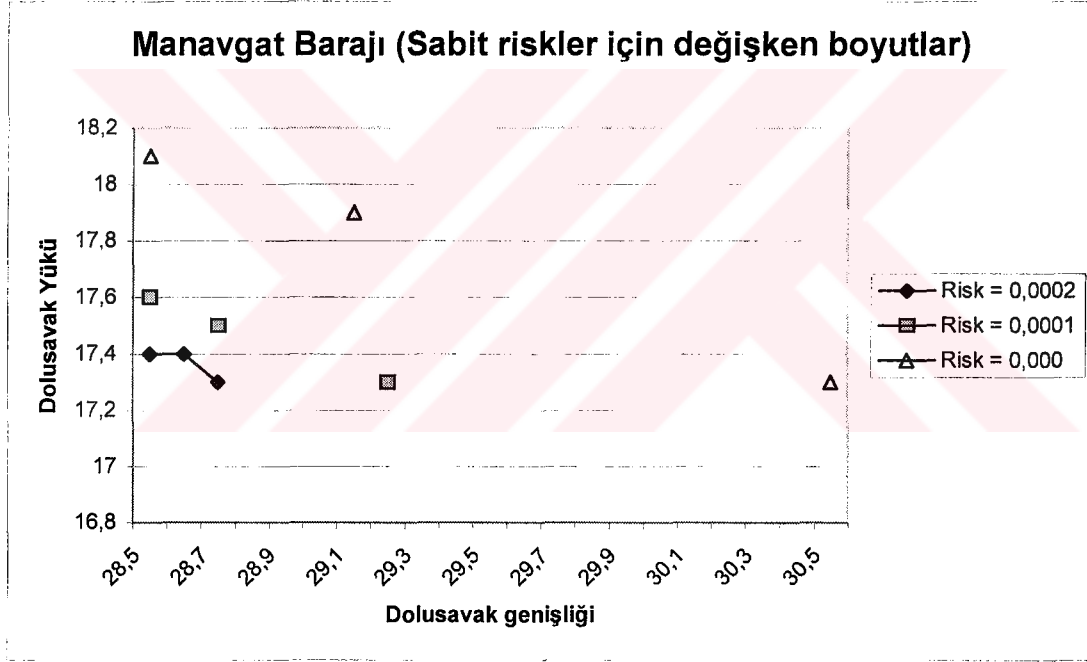
Manavgat, Çatalan ve Oymapınar Barajları için, risk analizi çalışması sonunda elde edilen risklerden bir kısmı için yapılabilecek farklı bir grafik değerlendirme ile aynı riskleri veren farklı boyutları kolayca görmek ve buradan hareketle, yapılabilecek herhangi bir boyut rehabilitasyonu çalışması için maliyet analizinde etkili bir veri oluşturulabildiğini görmek mümkündür.

Manavgat Barajı için yapılan risk analizinde (MFOSM'a göre), dolusavak kapaklarından ikisinin kapalı olması halinde bulunan $P_m(2)=0.0003$ değerindeki riskin azalan değerlerinde hangi farklı boyutların etkili olduğu görülebilmektedir (Tablo 6.12) ve (Şekil 6.19).

Benzer çalışma Çatalan Barajı için $P_m(5)0.0418$ ve Oymapınar Barajı için $P_m(3)=0.3745$ risklerinde uygulanmıştır (MFOSM'a göre), (Tablo 6.13), (Şekil 6.20), (Tablo 6.14), (Şekil 6.21).

Tablo 6.12. Manavgat barajı için aynı risk değerini veren değişik dolusavak boyutları

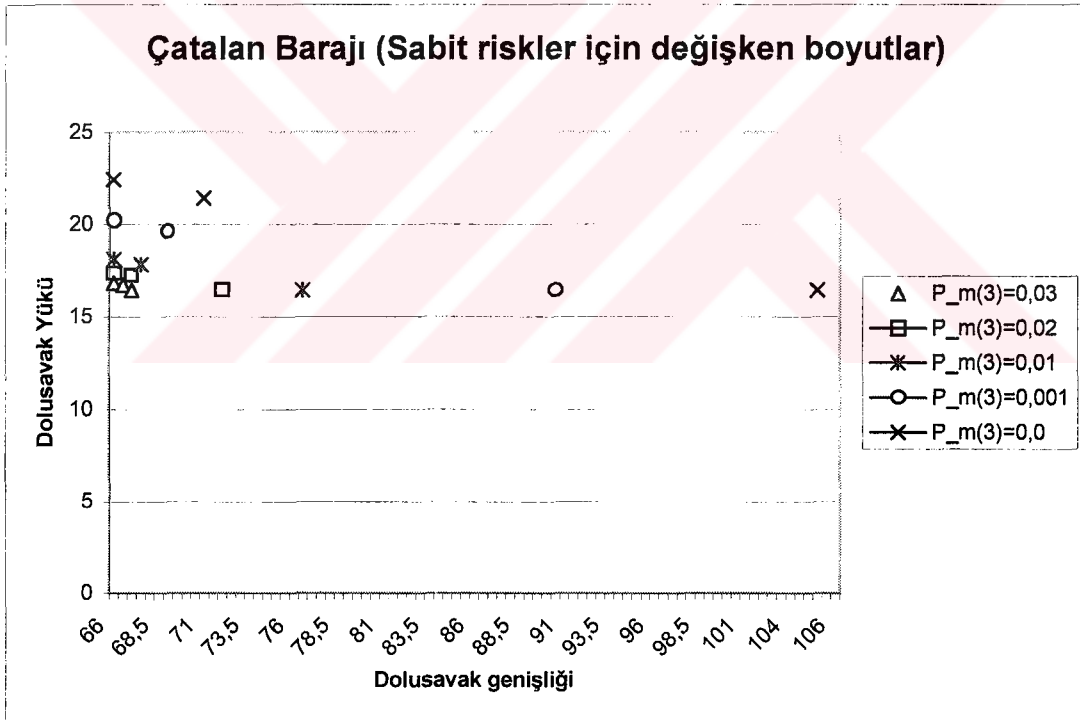
Dolusavak genişliği	Pm(2)=0.0002 riskini veren dolusavak yükü	Pm(2)=0.0001 riskini veren dolusavak yükü	Pm(2)=0.0000 riskini veren dolusavak yükü
28,5	17,4	17,6	18,1
28,6	17,4		
28,7	17,3	17,5	
29,1			17,9
29,2		17,3	
30,5			17,3



Şekil 6.19. Manavgat barajında benzer risk değerlerini veren dolusavak boyutlarının değişimi (Risk=0.000 çizgisinin üstünde kalan bölge boyut bakımından güvenilir bölgedir.)

Tablo 6.13. Çatalan barajı için aynı risk değerini veren değişik dolusavak boyutları

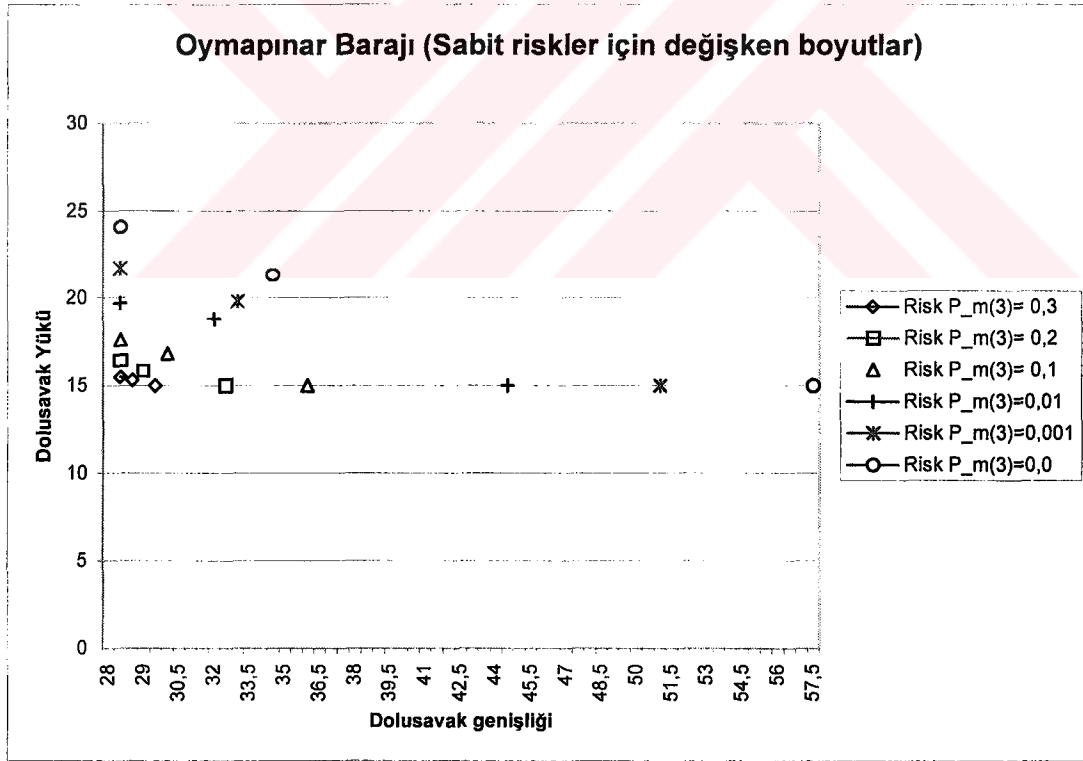
Dolusavak Genişliği	$P_m(3)=0,03$ riskini veren yükseklik	$P_m(3)=0,02$ riskini veren yükseklik	$P_m(3)=0,01$ riskini veren yükseklik	$P_m(3)=0,001$ riskini veren yükseklik	$P_m(3)=0,0$ riskini veren yükseklik
66	16,84	17,34	18,14	20,24	22,44
66,5	16,74				
67,0	16,44	17,24			
67,5			17,84		
69				19,64	
71					21,44
72		16,44			
76,5			16,44		
90,5				16,44	
105					16,44



Şekil 6.20. Çatalan barajı için benzer risk değerlerini veren dolusavak boyutlarının değişimi ($P_m(3)=0.0$ çizgisinin üstünde kalan bölge boyut bakımından güvenilir bölgedir.)

Tablo 6.14. Oymapınar barajı için aynı risk değerini veren değişik dolusavak boyutları

Dolusavak Genişliği	P _m (3)=0,3 riskini veren yükseklik	P _m (3)=0,2 riskini veren yükseklik	P _m (3)=0,1 riskini veren yükseklik	P _m (3)=0,01 riskini veren yükseklik	P _m (3)=0,001 riskini veren yükseklik	P _m (3)=0,0 riskini veren yükseklik
28,2	15,5	16,4	17,6	19,7	21,7	24,1
28,5	15,3					
29		15,8				
29,5	15					
30			16,8			
32				18,8		
32,5		15				
33					19,8	
34,5						21,3
36			15			
44,5				15		
51					15	
57,5						15



Şekil 6.21. Oymapınar barajında aynı risk değerlerini veren dolusavak boyutlarının değişimi (P_m(3)=0.0 çizgisinin üstünde kalan bölge boyut bakımından güvenilir bölgedir.)

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Stokastik özellik gösteren meteorolojik ve hidrolojik olaylardan hareketle projelendirilen ve pek çok amacın göz önünde bulundurulduğu barajlarda, ilk yapıldıkları yıllardan beri dünya üzerinde çeşitli yerlerde yetersizlikler görülmekte, kaza-yıkılma veya devre dışı kalma şeklindeki olumsuzluklarla karşılaşmaktadır.

Barajların inşa maliyetlerinin yüksekliği, giderek daha az yerde baraj yapılabilmesi ve eski barajlardan bazılarının yeterli güvenlikte olmamaları nedeniyle rehabilitasyona ihtiyaç duyar hale gelmeleri; planlamacı ve uygulayıcılara baraj yapımı ile birlikte bu barajların nasıl korunacağı, ne şekilde uzun ömürlü ve verimli çalıştırılacağı, risk olarak kabul edilen tehlikelere karşı nasıl hazırlıklı olunacağı gibi konuları araştırmaya itmektedir.

Bazen de mümkün olabilecek rehabilitasyon çalışmaları gündeme gelebilmektedir. Üstelik bu çalışmalar yeni planlanacak barajlar için güncel bilgi ve tecrübe olarak kullanılabilmekte, benzeri riskler azaltılabilmekte veya tamamen önlenebilmektedir.

Barajların performanslarının sürekli izlenmesi, hasara yol açabilecek herhangi bir kusurun kontrolünü sağlayacaktır. Mevcut barajlar üzerinde yapılacak çalışmalarla yetersizliklerin nedenleri, etkileri ve alınacak önlemler hakkında önemli bilgiler edinilebilir.

Bu çalışmada, bir baraj için tehlike oluşturabilecek faktörler belirlenmiş ve bunlardan baraj güvenliği açısından büyük önem taşıyan taşkınlar, etken risk faktörü olarak dolusavakların güvenilirlik düzeylerini saptamada esas alınmıştır. Riskin söz konusu olduğu durumlarda ise gerekli rehabilitasyon değerleri ortaya konmuştur.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde sadece akım gözlemlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi veya değerlerin risk analizine uyarlanması gibi tekil

alışmalarla karşılaşılmış olmasına rağmen, değişik programlarda yapılmış çalışmalardan farklı olarak **dolusavak boyutlandırması ve güvenliği bütün olarak ele alınmış ve bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.**

Geliştirilen **BARAJ_RİSK** programı, gözlenmiş **maksimum akım** değerlerini istatistik anlamda işleyerek, bu değerlerle oluşabilecek **taşkın** değeri karşısında barajların gösterdikleri **güvenlik performansını** ve **risk** değerini hesaplamakta, risk oluşturan durumlarda **teklif** edilebilecek **uygun boyut rehabilitasyonunu** belirleyerek, **teknik ve mali analize hazır** hale getirmektedir.

Program içerisinde risk hesaplama yöntemi olarak yeni geliştirilen, yapıların toplam ve bileşke risklerini belirlemekte kullanılabilen güçlü metotlar olarak kabul edilen **MFOSM** ve **AFOSM** kullanılmaktadır. Ancak **BARAJ_RİSK** programında yapılacak bir revizyonla yine aynı programda veya benzeri programlarda, daha önceki bölümlerde adı geçen **çeşitli yöntemlerden** bir veya birkaçının **kullanılması olanağı da vardır.**

Yukarıda sözü edilen yöntemler, parametre dağılımının normal dağılıma uyduğu kabulü ile hesap yaptığından, çalışılan barajlara ait gözlem verilerinin normal dağılıma uyduğu kabulü ile analiz yapılmıştır. Söz konusu program, dağılımların normal dağılıma dönüştürölmesi işlemini kapsayacak şekilde **genişletilebilir.**

Program içerisinde kullanılan dolusavak debi formölasyonları ve debi katsayılarının hesabı için, dolusavak tipi olarak kapaklı veya kapaksız, karşıdan alışlı, serbest akışlı dolusavaklara ait hesaplara uygunluk söz konusu olup, **diğer dolusavak tiplerine göre** hesap durumunda program içinde gerekli **düzenlemeler yapılabilir.**

Söz konusu program, **hem inşa ve hem de işletmedeki** barajların risk değerdendirmelerini gözlenmiş akım değerlerine dayanarak belirleyebildiği gibi, henüz **proje aşamasındaki** barajlar için de önemli bir değerdendirme mekanizması olarak kullanılabilmektedir. Böylelikle, baraj henüz **tasarım aşamasında** iken gerektiğinde **revizyona** tabi tutulabilecektir.

Dahası **rehabilitasyon** alışmasının da **aynı program içinde** bulunuyor olması, kullanıcı için çok büyük **kolaylık ve sürat** sağlamaktadır. Kısacası program, sadece baraj güvenliğinin seviyesini belirlemekle kalmamakta, **baraj nasıl güvenli seviyeye gelir** sorusuna cevap ta vermektedir.

Elde edilen parametrelere göre dağılımın belirlenmesi ve alternatif taşkın boyutlandırmasının yanısıra, risk analizi ile alternatif tüm boyutlar için risk ve güvenilirlik değerlendirmesi yapılmıştır. Hazırlanan bu programda;

- Gözlenmiş maksimum akım verilerinin istatistik anlamda değerlendirilmesi, karşılaştırılması, yorumlanması ve uygun istatistiksel dağılıma göre, (risk analizinde kullanmaya hazır halde) parametreler belirlenebilmekte,
- MFOSM ve AFOSM gibi gelişmiş risk hesap yöntemlerinin kullanılmasıyla risk değerlendirmeleri yapılabilmekte,
- Riskin belirli bir değerde çıkması durumunda, bu değeri düşürecek yeni boyutlara göre yeniden risk hesapları yapılabilmekte,
- Söz konusu boyut rehabilitasyonu değişik boyutlar için yapılmakta olup, böylelikle yeni boyutları maliyet analizi ve fiziki yapılabilirlik açısından değerlendirmek için veri sağlanabilmekte,
- Dolusavakların taşkın karşısındaki davranışlarının ve risk düzeylerinin, elde edilen yeni gözlem verileriyle yeniden değerlendirmesine gerek duyulduğu için, bu program sayesinde yeni veriler rahatlıkla eklenebilmekte ve yeni sonuçlar hızla alınabilmekte,
- Risk seviyelerinin belirlenmesinde etkili olan hazne sönümlleme faktörünün, (hazne işletme seviyesine bağlı olarak) değerleri ve bu değerlerin sonuca etkisi doğrudan görülebilmekte,
- Program içerisinde bir alt bölüm olarak değerlendirilebilecek olan, verilerin istatistiksel değerlendirmeleriyle ilgili bölüme, yeni dağılım kontrolü yöntemlerinin ilavesi ve böylelikle daha net sonuçlara ulaşım sağlanabilmektedir.

Geliştirilen programın **pratikte uygulanabilirliğinin gösterilmesi bakımından** bazı barajların gerçek gözlenmiş değerleriyle uygulamalar yapılmış ve bunlara ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- **Hancağız, Hacıhıdır ve Kürtün** barajlarının, gerek proje taşkın debisi esas alınarak yapılan risk analizi ve gerekse dolusavak kapaklarının biri veya ikisinin kapalı olması durumunda bile, gözlenmiş maksimum akım değerlerine dayanan bir taşkın durumunda **risk değerleri sıfır** sonucunu vermektedir.

- Manavgat Barajı için MFOSM metoduna göre yapılan analiz sonucunda, dolusavağın üç kapağından birisi kapalı iken risk oluşmamakta, ikisinin kapalı olması durumunda ise 0.0003'lük bir risk değeri oluşmaktadır.
- Çatalan Barajı için MFOSM metoduna göre yapılan analiz sonucunda, dolusavağın altı kapağından dört kapağı kapalı iken risk görülmemekte, beşinin kapalı olması durumunda ise 0.0418'lik bir risk değeri söz konusu olmaktadır.
- Oymapınar Barajı için MFOSM metoduna göre yapılan analiz sonucunda, dolusavağın dört kapağından birisinin kapalı olması durumunda 0.0001'lik, ikisinin kapalı olması durumunda 0.3745'lik bir risk değeri saptanmıştır.

Söz konusu bu barajlar için AFOSM metoduna göre yapılan risk analizi sonucunda herhangi bir risk değeri elde edilmemiştir. Risk değeri saptanan barajlar için yapılan boyut rehabilitasyonu sonucunda; Manavgat, Çatalan ve Oymapınar Barajlarının dolusavak kapaklarının bir bölümünün kapalı olması durumunda, gelen taşkın karşısında alternatif olabilecek çeşitli dolusavak boyutları için risk değerlerinde düşme gözlenmiştir.

Üstelik elde edilen boyut rehabilitasyonu değerlerinin risk ile değişimini gösteren **grafik, risksiz bölgeyi göstermesi ve alınacak önlemler için baraj yerinin özelliklerine, teknik ve mali koşullara bağlı olarak en uygun boyut değerlerini de kapsamı** bakımından önemlidir.

Haznenin normal su seviyesindeki rezervuar hacmi ile, maksimum su seviyesindeki rezervuar hacminin bir fonksiyonu olan **hazne sönümlleme faktörü**, risk değerinin hesabı için kullanılan MFOSM ve AFOSM yöntemlerinin her ikisinde de önemli olup **sonuçta oldukça etkili** olduğu görülmüştür. Bu yüzden riskin azaltılması amacıyla yapılan boyut rehabilitasyonunun yanı sıra barajın işletme şekli ve dolusavak tipi ile yakından ilgili olan bu faktörde yapılabilecek bir değişiklik te risk değerlerini önemli ölçüde değiştirebilecektir.

Öte yandan sayısal anlamda sıfır çıkması durumunda bile riskin asla ortadan kalkmadığı, riskin hesabında kullanılan verilerin stokastik özellikli hidrolojik ve meteorolojik değerler olduğu ve dolayısıyla zaman içinde gözlenen yeni değerlerin değişmesiyle risk değerlerinde de değişimler olabileceği gerçeğinden hareketle;

- her zaman için kabul edilebilir bir risk değerin belirlenmesi ve olasılığı oldukça düşük tutulması gereken bu değere göre boyutlandırma yapmanın zorunluluğu,
- buna rağmen teorik anlamda kabul edilen risk ve boyut değerlerinin pratiğe dökülmesi esnasında, mali ve teknolojik kısıtlar başta olmak üzere daha pek çok bağlayıcı faktörün de göz ardı edilmemesi gerektiği unutulmamalıdır.

Programla görülebilecek bir riskin azaltılması amacıyla yapılacak **rehabilitasyon çalışmasının temeli, dolusavak boyutlarındaki değişime ve hazne işletme seviyesinin belirlediği hazne sönümleme faktörüne dayanmakta** olup, benzeri bir risk azaltma çalışması için kullanılacak alternatif faktörlerin tip ve büyüklükleri irdelemeye açıktır.

BARAJ_RISK programı özgün bir program olarak, barajın ömrü boyunca gözlenecek **maksimum taşkın değerlerini işleyen ve güncel risk değerlendirmesi yapan** kişi veya uzman grubuna, akademisyene, etüt ve plan sorumlusuna, proje tasarımcısına, uygulamacı durumundaki özel ve kamu birimlerine **etkin, hızlı ve güvenilir bir araç** olarak görev yapabilme özelliğine sahiptir.

Sonuç olarak bu çalışmada geliştirilen program, yeni verilerin kolayca işlenebildiği, istatistik yorumlara açıklığı, gerek kullanılan risk yöntemleri ve gerekse bu yöntemlerin değişik versiyonlardaki kullanımlarının esnekliği (farklı sayıdaki dolusavak kapaklarının kullanılması durumundaki risk, değişik dolusavak boyutlarındaki risk, vs. gibi) rahat kullanımdan dolayı, esnek bir yapıda olup, rehabilitasyon ve uyarlamalara kolayca adapte olabildiğinden, uzun süreli bir kullanım sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akçakoca, H.**, 1997. Güneydoğu Anadolu Projesi Su Kaynakları, GAP İdaresi Yayını, Ankara.
- Akmandor N., Pazarcı H., Köni H.**, 1994. Orta Doğu Ülkelerinde Su Sorunu, TESAV Yayınları, No:4, Ankara.
- Aktan, Ö.**, 1995. Bilgisayar İle Dolusavak Deşarj Debisi ve Taşkın Öteleme Hesabı, *DSİ Teknik Bülteni*, **83**, 49-63, Ankara.
- Alexander, W.J.R.**, 1995. Floods, Droughts And Climate Change, *South African Journal Of Science*, Vol.91, **8**, 403-409.
- Al-Weshah, R.A., El-Khoury, F.**, 1999. Flood Analysis And Mitigation For Petra Area In Jordan, *Journal Of Water Resources Planning And Management*, Vol.125, **3**, 170-177.
- Ang, A.H.S., Tang, W.H.**, 1984. *Probability Concepts In Engineering Planning And design*, Vol:2, Decision, Risk And Reliability, John Wiley And Sons Inc., USA.
- Anonymous**, 1977. Yedikır-Suluova projesi planlama raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1980. Oymapınar Barajı, mansap biriktirmesi yapırlılık raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1981a. Harşit Projesi, Kürtün barajı, dolusavak genel yerleşim planı ve enkesitleri, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara
- Anonymous**, 1981b. Samsun-Merkez Kürtün ırmağı ıslahı planlama raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1987. Çatalan Barajı Ve HES Tesisleri Kati Projesi, C:1, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1988a. Adıyaman Kahta Projesi, Çamgazi Barajı, Dolusavak Hacim-Satıh, Deşarj Eğrileri, Feyezan Hidrografları, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1989b. Pasinler Projesi Demirdöven Barajı Sulaması Planlama Revizyon Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara

- Anonymous**, 1990a. Türkiye Maksimum Yağışlar Frekans Atlası, DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonymous**, 1990b. Hydraulic Design of Spillways, Engineer Manual, No: 1110-2-1603, Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Washington, D.C., 20314-1000, USA.
- Anonymous**, 1991. Hidrolojik Analiz ve Tasarım, İTÜ İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı, EİEİ için hazırlanıp yayımlanmamış, İstanbul.
- Anonymous**, 1992a. Gaziantep Projesi, Kayacık Barajı, Dolusavak Genel Yerleşim Planı Ve Enkesitleri, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1992b. Gaziantep Projesi, Kayacık Barajı, Dolusavak Hacim-Satış, Deşarj Eğrileri, Feyezan Hidrografları, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1992c. Gaziantep Projesi, Kayacık Barajı, planlama revizyon raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1993. Emergency Action Plans, Dams Management Handbook: <http://www.fs.fed.us/im/directives/fsh/7509.11/7509.11.50tx>.
- Anonymous**, 1994. Bozdoğan Akçay Projesi, Kemer Barajı, Taşkın Hidrografları ve Dolusavak Deşarj Eğrileri, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara
- Anonymous**, 1996a. Özetle Baraj Nedir? , DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonymous**, 1996b. Türkiye'deki Barajlar, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous**, 1996. Engineering end Design – *Risk Based Analysis For Flood Damage Reduction Studies*, Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Washington DC, 20314-1000, USA.
- Anonymous**, 1998a. Federal Guidelines for Dam Safety: Emergency Action Planning for Dam Owners, Interagency Committee On Dam Safety, USA.
- Anonymous**, 1998b. Selecting and Accommodating Inflow Design Floods for Dams, Interagency Committee On Dam Safety USA.
- Anonymous**, 1998c. Guidelines For Operation And Maintenance Of Dams In Texas, Office of Water Resource Management, Water Quantity Division, Flood & Weather Management Section, Dam Safety Team, Texas, USA.
- Anonymous, Düzenli Yayın**, Akım Gözlem Yıllıkları, DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- ASWCC**, 1993. Rules Governing Design And Operation Of Dams, Arkansas Soil And Water Conservation Commission web site: <http://www.state.ar.us/aswcc/DAMRULES.htm>.

- Bayazıt, M., 1981.** Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., Oğuz, B., 1985.** Mühendisler İçin İstatistik, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Bayazıt, M., 1987.** Hidroloji, İTÜ Yayını, İstanbul.
- Bayazıt, M., 1991.** Hidroloji Uygulamaları, İTÜ, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., 1996.** İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., 1997.** Biriktirme Haznelerinin Tasarım Ve İşletilmesi, İTÜ, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M., 1998.** Hidrolojik Modeller, İTÜ, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Beard, L.R., 1978.** Impact of hydrologic uncertainties on flood insurance, *Journal of the Hydraulics Division*, Vol.104, November, No.HY11, 1473-1484.
- Bernier, J., 1993.** Estimation of Uncertainties For Design Extreme Values Of Values Of Waves And Sea Level, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.179, ASCE, New York, USA.
- Bilen Ö., 1996.** Orta Doğu Su Sorunları ve Türkiye, TESAV Yayınları, No:10, Ankara.
- Bilgi, V., 1992a.** Baraj Dolusavak Hesapları, C:1, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bilgi, V., 1992b.** Baraj Dolusavak Hesapları, C:3, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bilgi, V., 1992c.** Baraj Derivasyon ve Dipsavak Hesapları, C:1, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bilgi, V., 1992d.** Baraj Derivasyon ve Dipsavak Hesapları, C:3, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Bowles, S.D., Anderson, L.R., et al., 1997.** A Role For Risk Assessment in Dam Safety Management, *Proceedings of the 3rd International Conference Hydropower 97*, Trondheim, Norway.
- Bowles, S.D., Anderson, L.R., et al., 1998a.** The Practice of Dam Safety Risk Assessment and Management: Its Roots, Its Branches, And Its Fruit, *Presented at Eighteenth USCOLD Annual Meeting and Lecture*, Buffalo, New York.
- Bowles, S.D., Anderson, L.R., et al., 1998b.** Portfolio Risk Assessment: A Tool For Dam Safety Risk Management, *Proceedings of the 1998 USCOLD Annual Lecture*, Buffalo, New York.

- Bowles, S.D., Parsons, A.M., Anderson, L.R., Glover, T.F., 1998.** Portfolio Risk Assessment of SA Water's Large Dams, *Proceedings of the 1998 Australian Committee on Large Dams ANCOLD Annual Meeting*, Sydney, New South Wales, Australia.
- Bowles, S.D., Anderson, L.R., Glover, T.F., Chauhan, S.S., 1999a.** Understanding And Managing The Risk Of Aging Dams: Principles And Case Studies, *Nineteenth USCOLD Annual Meeting and Lecture*, Atlanta, Georgia.
- Bowles, S.D., Anderson, L.R., Evelyn, J.B., Glover, T.F., Van Dorpe, D.M., 1999b.** Alamo Dam Demonstration Risk Assessment, *Proceedings of the Australian Committee on Large Dams ANCOLD Annual Meeting*, Jindabyne, New South Wales, Australia.
- Bowles, S.D. 1989.** Risk Assessment In Dam Safety Decision Making, *Risk-Based Decision Making In Water Resources*, p.254, ASCE, New York, USA.
- Brill, L., Coledan, S., et al., 1998.** Self-adjusting dam spillway, *Popular Mechanics*, Vol.175, 8, 20-21.
- Bulu, A., 1989,** Barajların Risk Analizi, Akdeniz Üniversitesi, *Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 4, 19-29.
- Cheng, S.T., 1993.** Statistics Of Dam Failures, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.97, ASCE, New York, USA.
- Cheng, S.T., Yen, B.C., Tang, W.H., 1986.** Wind Induced Overtopping Risk Of Dams, *Stochastic And Risk Analysis In Hydraulic Engineering*, p.66, Water Resources Pub., Littleton, USA.
- Cheng, S.T., Yen, B.C., Tang, W.H., 1993.** Stochastic Risk Modeling Of Dam Overtopping, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.123, ASCE, New York, USA.
- Cooper, D.F., Chapman, C.B., 1993.** Risk Analysis for Large Projects, John Wiley and Sons, USA.
- Costello, D.R., 1985.** New Venture Analysis, Dow Jones-Irwin, Illinois, USA.
- Countryman, J.D., 1998.** Testimony, Hearing on Folsom Dam Modifications, Committee on Resources, Subcommittee on Water & Power, State Capitol, Sacramento, California.
- Davis, S.R., 1996.** Learn Java Now, Microsoft Press, USA.
- Delong, J.V., 1998.** Dam fools, *Reason*, Vol.29, Issue.11, p.40.
- Diacon, A., Stematiu, D., Mircea, N., 1992.** An analysis of the Belci dam failure, *International Water Power and Dam Safety*, Vol.44, 9, 67-72.

- DNRC**, 1989. Dam Safety Rules, Department of Natural Resources And Conservation, Water Resources Division, Montana, USA.
- Dubler J. R., Grigg, N. S.**, 1996. Dam safety policy for spillway design floods, *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, Vol.122, 4, 163-170.
- Duckstein L., Shrestha B.P., Stakhiv E.Z.**, 1991. Multicriterion Risk and Reliability Analysis in Hydrologic System Design and Operation, NATO ASI Series, Vol. G 29, *Water Resources Engineering Risk Assessment*, Springer - Verlag Berlin Heidelberg.
- Ely, L.L., Enzel, Y., O'connor, J.E., Baker, V.R.**, 1991. Paleoflood Records and Risk Assessment: Examples From the Colorado River Basin, NATO ASI Series, Vol. G 29, *Water Resources Engineering Risk Assessment*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Enzel, Y., Ely, L.L., House, P.K., Baker, V.R., Duckstein, L., Weber,J.**, 1991. The Contribution of long-term Records of Hydrologic Extremes to Risk Analyses, NATO ASI Series, Vol. G 29, *Water Resources Engineering Risk Assessment*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Erkek, C., Ağralıoğlu, N.**, 1986. Su Kaynakları Mühendisliği, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.
- Featherstone, R.E., Nalluri, C.**, 1984. Civil Engineering Hydraulics, ELBS Print, USA.
- Fernandez-Gago, R.H. and Espino, J.A.H.**, 1998. Some Thoughts on Dam Safety, *International Water Power and Dam Construction*, Vol:50, 6, 11-13.
- Fice, J.L., Fiwes F.**, 1985. 2nd International Conference on the "The control of spillway gates during floods, The Hydraulics of Floods and Flood Control" Cambridge, England:24-26 September, P.G3.
- Froehlich, D.C.**, 1995. Peak Outflow From Breached Embankment Dam, *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol.121, 1, 90-97.
- Gündüz, A.**, 1996. Mühendislikte Olasılık, İstatistik, Risk ve Güvenilirlik, Küre Basım Yayım, İstanbul.
- Hagen, V.K.**, 1996. Peak outflow from beached embankment dam, *Journal of Water Resources Planning & Management*, Vol.122, 4, 314-316.
- Haktanir, T.**, 1992. Comparison of various flood frequency distributions using annual flood peaks data of rivers in Anatolia, *Journal of Hydrology*, N.136, 1-31.
- Hartfort, D.N.D.**, 1998. Task Committee on dam risk management, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.124, 7, 662-663.

- Hawk, J. K.**, 1992. Evaluating spillway adequacy, *Civil Engineering*, Vol.62, 5, 74-76.
- Helsel, D.R., Hirsch, R.M.** 1992. Statistical Methods In Water Resources, Elsevier Pub., USA
- Hosking, J.R.M., Wallis, J.R.**, 1996. Regional Frequency Analysis, Cambridge University Press.
- Jackson, D.D.**, 1999. When 20 million tons of water flooded Johnstown, Greater Johnstown / Cambria County, *About the Region*, General Information, <http://www.visitjohnstownpa.com/flood.htm>
- Kernighan B.**, 1988. The C Programming Language, Prentice Hall Software Series, USA.
- Khatsuria, R.M.**, 1997. Staying High and Dry, *International Water Power and Dam Construction*, Vol:49, 4, 32-33.
- Kite, G.W.**, 1976. Frequency and Risk Analyses in Hydrology, Inland Waters Directorate, Water Resources Branch, Applied Hydrology Division, Network Planning and Forecasting Section, Ottawa, Canada.
- Koç, M.Ç.**, 1998. Türkiye Barajlarında Dolusavak Kapasitelerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kulga, Z.**, 1997. Türkiye Barajlarının Hidrolojik Yönden Güvenlik Kontrolü, TMMOB İnşaat Müh. Odası, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 392, 21-23.
- Kulga, Z., Dizdar, M.**, 1994. Türkiye Akarsu Havzaları Maksimum Akımlar Frekans Analizi, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Lafitte, R.**, 1993. Probabilistic Risk Analysis of Large Dams: Its Value and Limits, *International Water Power and Dam Construction*, Vol:45, 3, 13-16.
- Landels, J.G.**, 1996. Eski Yunan ve Roma'da Mühendislik, Çeviri: Barış Bıçakçı, Tübitak Yayınları, Kavaklıdere, Ankara.
- Lemperiere, F.**, 1993. Dams That Have Failed by Flooding: An Analysis of 70 Failures, *International Water Power and Dam Construction*, Vol:45, 9/10, 19-24.
- Maidment D.R.**, 1993. Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc. USA.
- Marengo, H.**, 1996. Flood Safety Analysis, *International Water Power and Dam Construction*, Vol:48, 5, 21-25.

- Mc Clelland D.M., Bowles, D.S., 1999.** Life-Loss Estimation: What Can We Learn From Case Histories?, *Proceedings of the Australian Committee on Large Dams (ANCOLD) Annual Meeting*, Jindabyne, New South Wales, Australia.
- Minato, T.M., Ashley, D.B., 1998.** Data-Driven Analysis of “Corporate Risk” Using Historical Cost-Control Data, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.124, 1.
- Mirtskhoulava, D.Ts., 1993.** On The Estimation Of Reliability Of Hydraulic Structures, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.221, ASCE, New York, USA.
- Morgan, M.G., Henrion, M., 1992.** Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis, Cambridge University Press, USA.
- Moric, P., 1997.** Questioning The Need For Spillways, *International Water Power and Dam Construction*, Vol:49, 1, 24-26.
- Myers, B.K., Marilley, J.M., 1997.** Automated monitoring at Tolt dam, *Civil Engineering*, Vol.67, 3, 44-46.
- Nielsen N.M., Vick S.G., Hartfort D.N.D., 1994.** Risk Analysis in British Columbia, *International Water Power and Dam Construction*, Vol:45, 8, 35-40.
- Orhon, M., Esendal, S., Kazak, M.A., 1991.** Türkiye’deki Barajlar, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Önöz, B., 1992.** Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, *Doktora Tezi*, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Önöz, B., Bayazıt, M., 1995.** Best-fit distributions of largest available flood samples, *Journal of Hydrology*, 167, 195-208.
- Özal, K., 1966.** Küçük Toprak Barajların Planlama, Projelendirme, İnşaat ve İşletme Esasları, ODTÜ Matbaası, Ankara.
- Özkan, Ş.Ö., Yılmaz, Ş., 1999.** Türkiye’deki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Owen D.B. 1962.** *Handbook of Statistical Tables*, Addison-Wesley Publishing Company, USA.
- Pasin, C., Ercömert, T., 1988.** Dünya Bankası Teknik Rehberi, Barajların Emniyeti, DSİ Genel Müd. Yayını, Ankara.
- Plate, E., 1986.** *Reliability Analysis In Hydraulic Design*,. Stochastic And Risk Analysis In Hydraulic Engineering, p.37, Water Resources Pub., Littleton, USA.

- Plate, E., Ihringer, J., 1986.** *Failure Probability Of Flood Levees On A Tidal River, Stochastic And Risk Analysis In Hydraulic Engineering*, p.48, Water Resources Pub., Littleton, USA.
- Plate, E., 1993.** Some Remarks On The Use Of Reliability Analysis In Hydraulic Engineering Applications, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.5, ASCE, New York, USA.
- Prakash, A., 1992.** Design Basis Flood For Rehabilitation Of Existing Dams, *Journal Of Hydraulic Engineering*, V:118, 2, 291-305.
- Roland, H.E., Moriarty, B., 1990.** System Safety Engineering And Management, John Wiley And Sons, Canada.
- Salmon G.M., Cattnach D., 1997.** Risk Management at Wahleach Dam, *Civil Engineering*, Vol.67, 2, 39-41.
- Salmon G.M., Hartfort D.N.D., 1995.** Risk Analysis for Dam Safety, *International Water Power and Dam Safety*, Vol:47, 3, 42-47.
- SEO, 1999.** New Mexico Dam Safety Design Criteria, New Mexico Office of the State Engineer, <http://www.seo.state.nm.us/publications/dam-criteria/dam-table-E-3.htm>
- Sklar, L.S., LUERS, A.L., 1997.** "Report on A Site Visit To The Three George's Dam, Yangtze River, Hubei Province, China", Sklar - Luers & Associates, 7502 Lynn Avenue, El Cerrito, California 94530, USA.
- Stroustrup, B., 1997.** The C++ Programming Language, Addison Wesley Longman Inc., USA.
- Sungur, T., 1993.** Su Yapıları C.1, Baraj ve Göletler, Su Biriktirme Yapıları, DSI Basımevi, Ankara.
- Svendsen, V.N., Grotta, L., 1995.** New Requirements For Dam Safety In Norway, *The International Journal On Hydropower And Dams*, Volume:2, 3, 36-37.
- Swain, R.E., Bowles, D., Ostenaa, D., 1998.** A Framework For Characterization Of Extreme Floods For Dam Safety Risk Assessments, *Proceedings of the 1998 USCOLD Annual Lecture*, Buffalo, New York.
- Şentürk, F., 1994.** Hydraulics Of Dams And Reservoirs, Water Resources Pub., USA.
- Tang, W.H., Yen, B.C., 1993,** Probabilistic Inspection Scheduling For Dams, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.107, ASCE, New York, USA.
- Taylor, P.S., 1998.** Money over the dam, *Canadian Business*, Vol.71, 2, 18-19.

- Thompson, K.D., Stedinger, J.R., 1997.** Evaluation and Presentation of Dam Failure and Flood Risks, *Journal of Water Resources Planning & Management*, Vol.123, 4, 216-227.
- Temelsu, 1979.** Ceyhan-Berke project feasibility report, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara
- Tung, Y.K., Yen, B.C., 1993.** Some Recent Progress In Uncertainty Analysis For Hydraulic Design, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.17, ASCE, New York, USA.
- Tung, Y.K., 1993.** Confidence Intervals Of Optimal Risk-Based Hydraulic Design Parameters, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.81, ASCE, New York, USA.
- Türkman F., 1990.** Su Yapılarının Risk Ve Güvenilirliğinin Belirlenmesi, *Su Mühendisliği Problemleri Semineri*, DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- USBR, 1987.** Design Of Small Dams, Water Resources Technical Pub., USA.
- Utah Law, 1999.** Requirements for the Design, Construction and Abandonment of Dams, R655. Natural Resources, Water Rights, Code-Co's Internet Access to Utah Law: <http://www.code-co.com/utah/admin/data/r655011.htm>
- Uzel, T., 1991.** Barajların Güvenliği, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Valenti, M., 1998.** Preventing dam flooding, *Journal of Mechanical Engineering*, Vol.120, 8, 26-27.
- Vischer, D.L., Hager, W.H., 1998.** Dam Hydraulics, John Wiley and Sons Pub., USA.
- Vogel, R.M., Wilson, I, 1996.** Probability Distribution Of Annual Maximum, Mean, And Minimum Streamflows In The United States, ASCE, *Journal Of Hydrologic Engineering*, Vol.1, 2.
- Vogel, R.M., Fennessey N.M., 1993.** L Moment Diagrams Should Replace Product Moment Diagrams, *Water Resources Research*, Vol.29, 6, 1745-1752.
- Vogel, R.M., Mcmartin D.E., 1991.** Probability plot goodness-of-fit and skewness estimation procedures for the Pearson type 3 distribution, *Water Resources Research*, Vol.27, 12, 3149-3158, USA.
- Vogel, R.M., 1986.** The probability plot correlation test for the normal, lognormal and Gumbel distributional hypotheses, *Water Resources Research*, Vol.22, 4, 587-590.
- Wallis J.R., Wood, E.F., 1985.** Relative accuracy of Log Pearson III procedures, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.111, 7, July, 1043-1056.

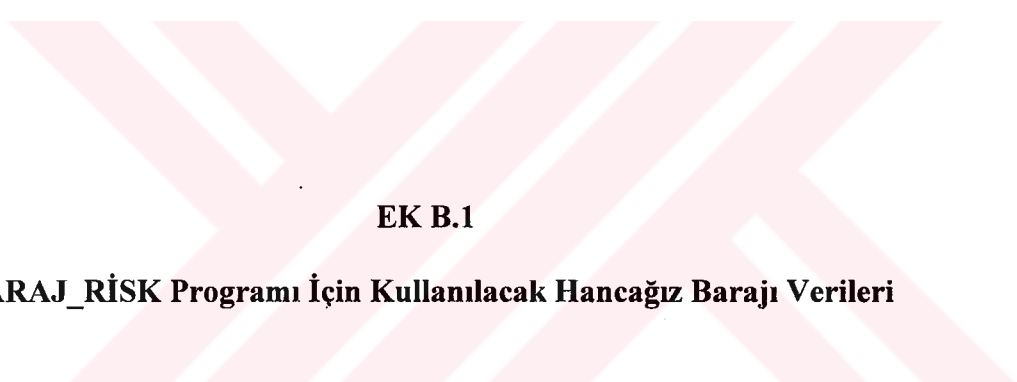
- Werner, L.**, 1997. Dam safety, *Scientific American*, Vol.277, 1, 31-32.
- Wilson, E.M.**, 1979. Engineering Hydrology, The Macmillan Press., Hong Kong.
- Woodward C.**, 1998. Consultant Review Report No.1, Project.D97245, Horsetooth Dam, Colorado.
- Yen, B.C., Tung Y.K.**, 1993. Some Recent Progress In Reliability Analysis For Hydraulic Design, *Reliability And Uncertainty Analyses In Hydraulic Design*, p.35, ASCE, New York, USA.
- Yen, B.C., Cheng, S.T., Melching, C.S.**, 1986. First Order Reliability Analysis, *Stochastic And Risk Analysis In Hydraulic Engineering*, p.1, Water Resources Pub., Littleton, USA.
- Yıldız, D.**, 1992. Baraj Güvenliği Ve Barajlarda Kapaklı Veya Kapaksız Dolusavakların Tercihi Üzerine, Düşünceler, *DSİ Teknik Bülteni*, 75, 3-25.
- Yıldız, D.**, 1998. Baraj Güvenliği Ve Dolusavaklar, TMMOB İnşaat Müh. Odası, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 393, 26-38.
- Yurdusev, M.A.**, 1990. Risk And Reliability Assessment of Concrete Gravity Dams On The Example Of Kemer Dam, *Master Thesis*, DEU, Fen Bil. Enst., İzmir.
- Zawada, P.K.**, 1997. Palaeoflood hydrology: Method and application in flood-prone southern Africa, *South African Journal of Science*, Vol.93, 3, 111-132.

EKLER

EK A

BARAJ_RİSK Program Listesi

**(Arka kapak içinde JAVA 1.0 ve üst versiyonlarında
çalışacak şekilde takdim edilmiştir)**



EK B.1

BARAJ_RİSK Programı İçin Kullanılacak Hancağz Barajı Verileri

```

private String Baraj_Adı = "Hancagiz Baraji";

private String Baraj_Yeri = "Gaziantep Ili, Nizip Akarsuyu Uzerinde";

private String Amacı = "Sulama";

private String Kret_Uzunluğu = "1743.5 m"; //Baraj kret uzunluğu

private float HM = 432.5F;          // Maximum_Su_Kotu (m);

private float S ;                    //Hazne sönümleme faktörü;

private float Vt = 100F; //Normal su seviyesinde rezervuar hacmi;

private float Vmax = 100F; //Max. su seviyesinde rezervuar hacmi,

private float sigma_s = 0.1F; //?Hazne sönümleme faktörü standart sapması

//Dolu savak bilgileri

private String Tipi = "Karsidan Alisli, Kapakli";

private float HE = 422F;              //Dolu savak eşik kotu (m)

private float H = 10.5F;              //Dolu savak yükü (m)

private float L = 22.5F;              // Savak Kret uzunluğu (m)

private float QP = 1528F;             //Proje hesap taşkın debisi (m3/sn)

private float C ;                     //Debi katsayısı

private String İnşaat_Başlangıcı = "1985";

private String İşletmeye_Alinış_Tarihi = "1988";

private float K = 3F;                 //Kapak sayısı ; Kapaksız ise 0 girilecek

//Gözlem Değerleri

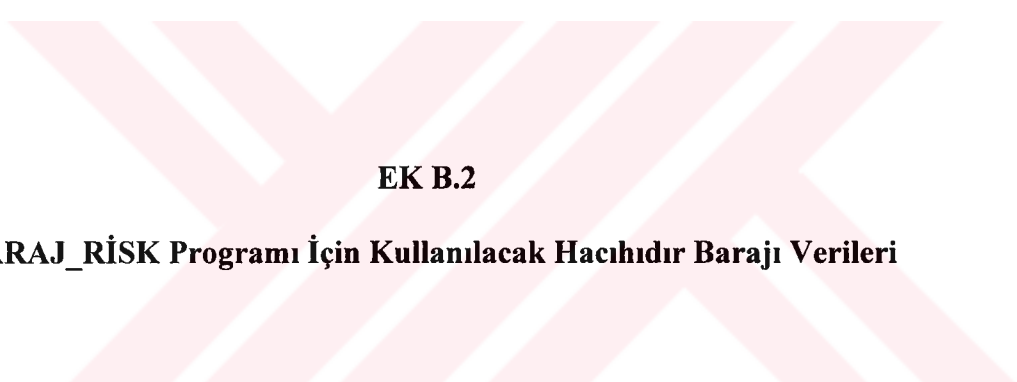
private String İstasyon_adı_ve_nosu = "Nizip Cayi, Danaoglu, (21069-DSI), (2160-
EIEI)";

private float N = 25F;                //Gözlem yapılan yıl sayısı

//Gözlem Değerleri Yıllık maximum taşkın debileridir. (m3/sn)

private float[] xi= {29F, 48F, 18.5F, 8.7F, 59F, 182F, 32.2F, 66.6F, 164F, 103F, 139F,
16.9F, 58.6F, 11.4F, 11.9F, 14F, 46.2F, 22.5F, 37.5F, 74.1F, 16.2F, 60.3F, 16.2F, 52.8F,
155F}; //N tane maximum akım değeri okunacak

```



EK B.2

BARAJ_RİSK Programı İçin Kullanılacak Hacihıdır Barajı Verileri

```

private String Baraj_Adı = "Hacihidir Baraji";

private String Baraj_Yeri = "Sanliurfa Siverek Ilcesi, Sehir Cayi Uzeri";

private String Amacı = "Sulama";

private String Kret_Uzunluğu = "737m"; //Baraj kret uzunluğu

private float HM = 632F; // Maximum_Su_Kotu (m);

private float S ; //Hazne sönümleme faktörü;

private float Vt = 67.6F; //Normal su seviyesinde rezervuar hacmi;

private float Vmax = 67.6F; //Max. su seviyesinde rezervuar hacmi,

private float sigma_s = 0.1F; //?Hazne sönümleme faktörü standart sapması

//Dolu savak bilgileri

private String Tipi = "Karsidan Alisli, Kontrollu ";

private float HE = 622F; //Dolu savak eşik kotu (m)

private float H = 10F; //Dolu savak yükü (m)

private float L = 13.65F; // Savak Kret uzunluğu (m)

private float QP = 621F; //Proje hesap taşkın debisi (m3/sn)

private float C ; //Debi katsayısı

private String İnşaat_Başlangıcı = "1989";

private String İşletmeye_Alınış_Tarihi = "1995";

private float K = 3F; //Kapak sayısı ; Kapaksız ise 0 girilecek

//Gözlem Değerleri

private String İstasyon_adı_ve_nosu = "Hacihidir D. Millet B. (21 019), DSI ";

private float N = 27F; //Gözlem yapılan yıl sayısı

//Gözlem Değerleri Yıllık maximum taşkın debileridir. (m3/sn)

private float[] xi = {17.5F, 48F, 32.5F, 18.5F, 33F, 33F, 0.73F, 32F, 40F, 1.45F, 1.7F,
62F, 50F, 9.2F, 39F, 6.6F, 21F, 28F, 42F, 23F, 22F, 17.5F, 12F, 24F, 54F, 10.5F, 18F}; //N
tane maximum akım değeri okunacak

```

EK B.3

BARAJ_RİSK Programı İçin Kullanılacak Kürtün Barajı Verileri

```

private String Baraj_Adi = "Kurtun Baraji";

private String Baraj_Yeri = "Gumushane Ili, Harsit Irmagi Uzeri";

private String Amaci = "Enerji";

private String Kret_Uzunlugu = "181 m"; //Baraj kret uzunlugu

private float HM = 640F; //Maximum_Su_Kotu (m);

private float S ; //Hazne sönümleme faktörü;

private float Vt = 108.2F; //Normal su seviyesinde rezervuar hacmi;

private float Vmax = 108.2F; //Max. su seviyesinde rezervuar hacmi,

private float sigma_s = 0.1F; //?Hazne sönümleme faktörü standart sapması

//Dolu savak bilgileri

private String Tipi = "Karsidan Alisli, Kontrolsuz";

private float HE = 628.4F; //Dolu savak eşik kotu (m)

private float H = 11.6F; //Dolu savak yükü (m)

private float L = 30F; // Savak Kret uzunlugu (m)

private float QP = 3775F; //Proje hesap taşkın debisi (m3/sn)

private float C ; //Debi katsayısı

private String İnşaat_Başlangıcı = "1986";

private String İşletmeye_Alinış_Tarihi = "-";

private float K = 3F; //Kapak sayısı ; Kapaksız ise 0 girilecek

//Gözlem Değerleri

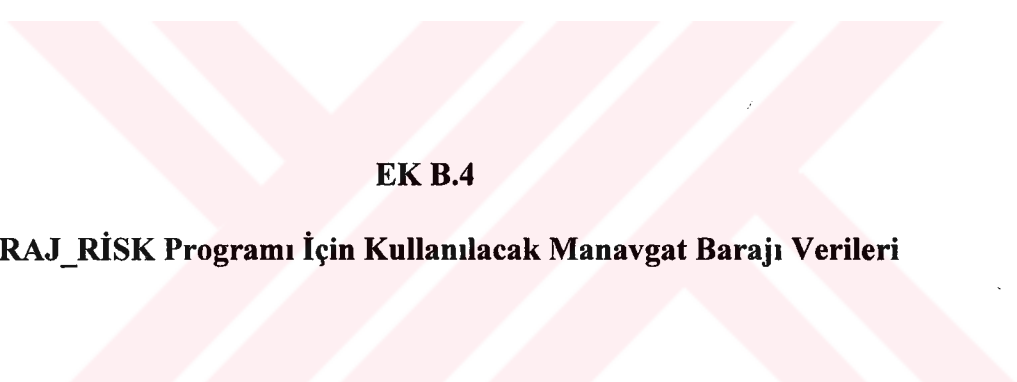
private String İstasyon_adi_ve_nosu = "Kurtun Cayi, Ahirli, (14014), DSI";

private float N = 27F; //Gözlem yapılan yıl sayısı

//Gözlem Değerleri Yıllık maximum taşkın debileridir. (m3/sn)

private float[] xi= {39F, 8.6F, 26F, 142F, 160F, 15.5F, 11F, 110F, 120F, 24F, 330F,
135F, 23F, 160F, 49F, 26F, 62F, 21F, 73F, 115F, 75F, 5.9F, 61F, 29F, 150F, 90F, 59F};
//N tane maximum akım değeri okunacak

```



EK B.4

BARAJ_RISK Programı İçin Kullanılacak Manavgat Barajı Verileri

```

private String Baraj_Adı = "Manavgat Barajı";

private String Baraj_Yeri = "Antalya İli, Manavgat İrmagi Uzerinde";

private String Amacı = "Enerji, Sulama, Taskin Kontrolu";

private String Kret_Uzunluğu = "360 m"; //Baraj kret uzunluğu

private float HM = 32.3F; // Maximum_Su_Kotu (m);

private float S ; //Hazne sönümleme faktörü;

private float Vt = 80F; //Normal su seviyesinde rezervuar hacmi;

private float Vmax = 88.98F; //Max. su seviyesinde rezervuar hacmi,

private float sigma_s = 0.1F; //?Hazne sönümleme faktörü standart sapması

//Dolu savak bilgileri

private String Tipi = "Karsidan Alisli, Kapakli";

private float HE = 15F; //Dolu savak eşik kotu (m)

private float H = 17.3F; //Dolu savak yükü (m)

private float L = 28.5F; // ?Savak Kret uzunluğu (m)

private float QP = 4000F; //Proje hesap taşkın debisi (m3/sn)

private float C ; //Debi katsayısı

private String İnşaat_Başlangıcı = "1984";

private String İşletmeye_Almış_Tarihi = "1987";

private float K = 3F; //Kapak sayısı ; Kapaksız ise 0 girilecek

//Gözlem Değerleri

private String İstasyon_adı_ve_nosu = "Manavgat I. Homa, (9 901),EIEI";

private float N =44F; //Gözlem yapılan yıl sayısı

//Gözlem Değerleri Yıllık maximum taşkın debileridir. (m3/sn)

private float[] xi= {711F, 718.8F, 724F, 650F, 558.2F, 804F, 540F, 875F, 481.2F,
708F, 830F, 620F, 734.4F, 434F, 778F, 750F, 519.2F, 870F, 778F, 529.6F, 680F, 550F, 804F,
409F, 521F, 929F, 734F, 893F, 710F, 929F, 399F, 495F, 570F, 290F, 818F, 516F, 980F,
773F, 753F, 711F, 971F, 1290F, 366F, 1290F}; //N tane maximum akım değeri okunacak

```

EK B.5

BARAJ_RİSK Programı İçin Kullanılacak Çatalan Barajı Verileri

```

private String Baraj_Adı = "Catalan Barajı";

private String Baraj_Yeri = "Catalan Bucagının 1 km akis asagısında, Seyhan nehri
uzerinde";

private String Amacı = " Taskin koruma, enerji, sulama";

private String Kret_Uzunluğu = " 894 m"; //Baraj kret uzunluğu

private float HM = 126.44F;      // Maximum_Su_Kotu (m);

private float S ;                //Hazne sönümleme faktörü;

private float Vt = 1629F; //Normal su seviyesinde rezervuar hacmi;

private float Vmax = 2206F; //Max. su seviyesinde rezervuar hacmi,

private float sigma_s = 0.1F;    //?Hazne sönümleme faktörü standart sapması

//Dolu savak bilgileri

private String Tipi = " Karsidan alisli, kapakli";

private float HE = 110F;          //Dolu savak eşik kotu (m)

private float H = 16.44F;        //Dolu savak yükü (m)

private float L = 66F;           // Savak Kret uzunluğu (m)

private float QP = 10055F;        //Proje hesap taşkın debisi (m3/sn)

private float C ;                //Debi katsayısı

private String İnşaat_Başlangıcı = "1982";

private String İşletmeye_Alinış_Tarihi = "1996";

private float K = 6F;            //Kapak sayısı ; Kapaksız ise 0 girilecek

//Gözlem Değerleri

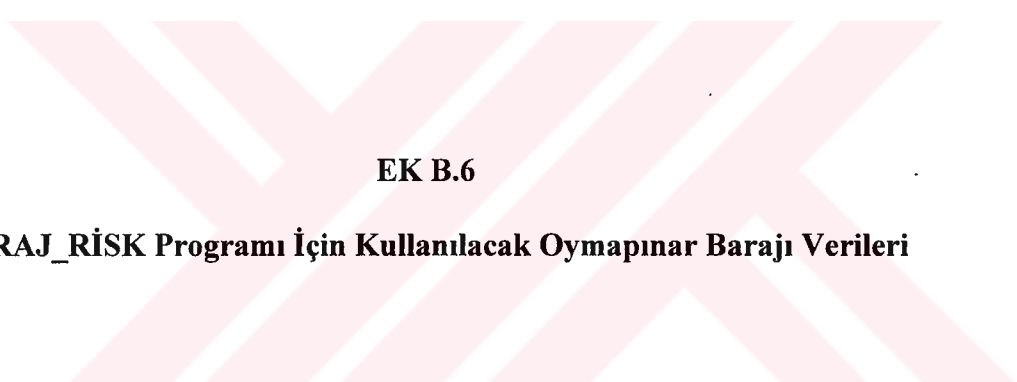
private String İstasyon_adı_ve_nosu = " Seyhan N. – Uctepe , 1818, (EIEI)";

private float N = 24F;           //Gözlem yapılan yıl sayısı

//Gözlem Değerleri Yıllık maximum taşkın debileridir. (m3/sn)

private float[] xi= {1700F, 1046F, 1224F, 1331F, 1258F, 705F, 672F, 405F, 934F,
1957F, 759F, 1205F, 988F, 3278F, 1409F, 1947F, 692F, 1187F, 625F, 1018F, 1215F, 1325F,
648F, 1094F};                  //N tane maximum akım değeri okunacak

```



EK B.6

BARAJ_RİSK Programı İçin Kullanılacak Oymapınar Barajı Verileri

```

private String Baraj_Adı = "Oymapinar Barajı";

private String Baraj_Yeri = "Antalya İli, Manavgat Cayı Uzerinde";

private String Amacı = "Enerji";

private String Kret_Uzunluğu = "358m"; //Baraj kret uzunluğu

private float HM =184F;          // Maximum_Su_Kotu (m);

private float S ;                //Hazne sönümlleme faktörü;

private float Vt = 300F;  //Normal su seviyesinde rezervuar hacmi;

private float Vmax = 300F; //Max. su seviyesinde rezervuar hacmi,

private float sigma_s = 0.1F;    //?Hazne sönümlleme faktörü standart sapması

//Dolu savak bilgileri

private String Tipi = "Karsidan Alisli, Kapakli";

private float HE = 169F;          //Dolu savak eşik kotu (m)

private float H = 15F;            //Dolu savak yükü (m)

private float L =28.2F;           // Savak Kret uzunluğu (m)

private float QP =3100F;          //Proje hesap taşkın debisi (m3/sn)

private float C ;                 //Debi katsayısı

private String İnşaat_Başlangıcı = "1977";

private String İşletmeye_Alinış_Tarihi = "1984";

private float K =4F;              //Kapak sayısı ; Kapaksız ise 0 girilecek

//Gözlem Değerleri

private String İstasyon_adı_ve_nosu = "Manavgat I. Homa, (9 901),EIEI";

private float N =44F;             //Gözlem yapılan yıl sayısı

//Gözlem Değerleri Yıllık maximum taşkın debileridir. (m3/sn)

```

```

private float[] xi= {711F, 718.8F, 724F, 650F, 558.2F, 804F, 540F, 875F, 481.2F,
708F, 830F, 620F, 734.4F, 434F, 778F, 750F, 519.2F, 870F, 778F, 529.6F, 680F, 550F, 804F,
409F, 521F, 929F, 734F, 893F, 710F, 929F, 399F, 495F, 570F, 290F, 818F, 516F, 980F,
773F, 753F, 711F, 971F, 1290F, 366F, 1290F}; //N tane maximum akım değeri okunacak

```


EK C.1

Program Sonucu Elde Edilen Hancağz Barajı Raporu

**Hidrolojik ve Meteorolojik Yükleme Bileşenlerinde
Barajların Emniyet Analizi**

Baraj Adı	= Hancagiz Barajı
Baraj Yeri	= Gaziantep İli, Nizip Akarsuyu Üzerinde
Amacı	= Sulama
Kret_Uzunlugu	= 1743.5 m
Dolu savak esik kotu (m)	= 422
Dolu savak Tipi	= Karsidan Alisli, Kapakli
Proje taskin debisi(m ³ /sn)	= 1528
Dolu savak genisligi	(m) = 22.5
Dolu savak yuku (m)	= 10.5
Kapak sayisi	= 3
Insaat_Baslangici	= 1985
Isletmeye_Alinis_Tarihi	= 1988
Istasyon_adi_ve_nosu	= Nizip Cayi, Danaoglu, (21069-DSI), (2160-EIEI)
Gozlem yapilan yil sayisi	= 25
Maksimum akim gozlem degerleri	= 29, 48, 18.5, 8.7, 59, 182, 32.2, 66.6, 164, 103, 139, 16.9, 58.6, 11.4, 11.9, 14, 46.2, 22.5, 37.5, 74.1, 16.2, 60.3, 16.2, 52.8, 155,

Gözlem Değerlerinin İstatistik Parametreleri

DAGILIMLAR	PARAMETRELER	DURUM
1. Normal Dagilim	Ortalama: 57.744 Standart sapma: 51.5614 Carpiklik katsayisi: 1.79631 Kurtosis katsayisi: 3.03124	
2. Gumbel (EV1)	Alfa G : 40.2195 U G : 34.5293 Csx : 1.79631	Csx = 1.14

3. Frechet (EV2)	Alfa F : 35.0237	
	U F : 34.0471	
	Csx : 1.79631	Csx > 1.14
4. Weibull (EV3)	Alfa W : 0	
	U W : 0	
	Csx : 1.79631	Csx < 1.14
5. Gamma (2 parametrelili)	Alfa 2 : 1.25419	
	Beta 2 : 46.0407	
	Csx 2 : 1.78586	Csx = 1.79631
6. Gamma (3 parametrelili)	Alfa 3 : 1.23965	
	Beta 3 : 46.3101	
	Xo 3 : 0.335841	Xo 3 > 0 olmalı
7. Lognormal 2 parametrelili	Y L2 : 3.76287	
	S L2 : 0.765702	
8. Lognormal 3 parametrelili	A L3 : 2.24228	
	B L3 : -0.445974	
	Xo L3 : -36.8895	Xo L3 > 0

2,5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 15000 yıllık taskin degerleri

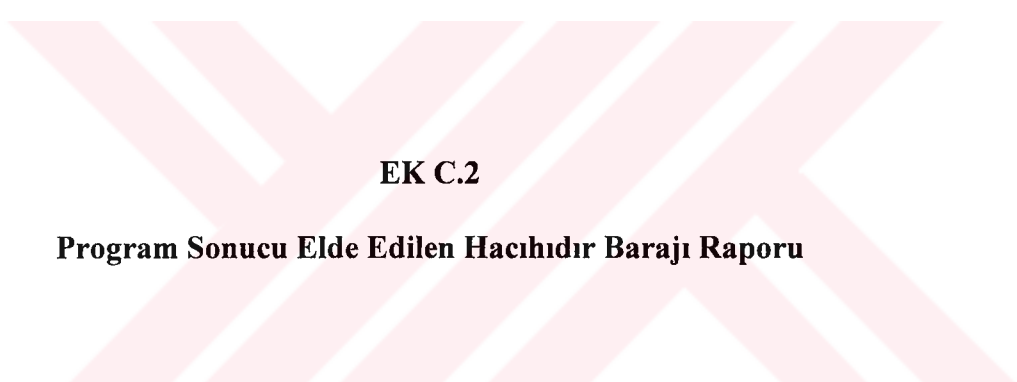
Dagilimler	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
Frechet D.	46.6844	83.3471	105.735	132.042	150.223	167.21
Gamma 2 D.	43.2037	90.898	125.702	170.818	204.591	238.15
Lognormal 2 D.	43.0719	81.9459	114.774	164.49	206.967	256.45
	Q200	Q500	Q1000	Q5000	Q10000	Q15000
Fr. D.	183.171	202.815	216.671	245.826	257.194	263.537
G 2 D.	271.569	300.443	348.653			
Lg 2 D.	310.561	390.759	455.425	628.18	715.51	853.296

Hancagiz Baraji

Dolu savagina ait risk tablosu

Risk Metodu	QP'ye gore risk (Proje taskini)	QPm'ye gore risk (m kapak kapali)	Qs' e gore risk (n yillik taskin)
MFOSM	$P(1)=0$	$P_{m[1]}=0$ $P_{m[2]}=0$	$Ps[100]=0.0003$ $Ps[200]=0$
AFOSM	$P(2)=0$	$P_{a[1]}=0$ $P_{a[2]}=0$	$Psa[100]=0.0004$ $Psa[200]=0$

Soz konusu barajda butun riskler sifir oldugu icin boyut
rehabilitasyonuna gerek yoktur.



EK C.2

Program Sonucu Elde Edilen Hacıh dır Barajı Raporu

**Hidrolojik ve Meteorolojik Yükleme Bileşenlerinde
Barajların Emniyet Analizi**

Baraj Adı	= Hacıhıdır Barajı
Baraj Yeri	= Sanlıurfa Siverek İlcesi, Şehir Cayı Uzeri
Amacı	= Sulama
Kret_Uzunlugu	= 737m
Dolu savak esik kotu (m)	= 622
Dolu savak Tipi	= Karsıdan Alıslı, Kontrollu
Proje taskin debisi(m ³ /sn)	= 621
Dolu savak genisligi (m)	= 13.65
Dolu savak yuku (m)	= 10
Kapak sayisi	= 3
Insaat_Baslangici	= 1989
Isletmeye_Alinis_Tarihi	= 1995
Istasyon_adi_ve_nosu	= Hacıhıdır D. Millet B. (21 019), DSI
Gozlem yapılan yıl sayisi	= 27
Maksimum akim gozlem degerleri	= 17.5, 48, 32.5, 18.5, 33, 33, 0.73, 32, 40, 1.45, 1.7, 62, 50, 9.2, 39, 6.6, 21, 28, 42, 23, 22, 17.5, 12, 24, 54, 10.5, 18,

Gozlem Degerlerinin Istatistik Parametreleri

DAGILIMLAR	PARAMETRELER	DURUM
1. Normal Dagilim	Ortalama: 25.8215 Standart sapma: 16.6245 Carpiklik katsayisi: 1.53591 Kurtosis katsayisi: 2.17443	
2. Gumbel (EV1)	Alfa G : 12.9677 U G : 18.3366 Csx : 1.53591	Csx = 1.14

3. Frechet (EV2)	Alfa F : 12.0777	
	U F : 18.1984	
	Csx : 1.53591	Csx > 1.14
4. Weibull (EV3)	Alfa W : 0	
	U W : 0	
	Csx : 1.53591	Csx < 1.14
5. Gamma (2 parametreli)	Alfa 2 : 2.41248	
	Beta 2 : 10.7033	
	Csx 2 : 1.28765	Csx = 1.53591
6. Gamma (3 parametreli)	Alfa 3 : 1.69562	
	Beta 3 : 12.7669	
	Xo 3 : 4.17368	Xo 3 > 0 olmalı
7. Lognormal 2 parametreli	Y L2 : 3.07781	
	S L2 : 0.588884	
8. Lognormal 3 parametreli	A L3 : 2.02881	
	B L3 : -0.4929	
	Xo L3 : -9.10283	Xo L3 > 0

2,5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 15000 yıllık taskin degerleri

Dagilimler	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
Frechet D.	22.5843	35.6448	43.8895	53.8694	60.9702	67.773
Gamma 2 D.	22.3303	37.7745	48.0817	60.866	70.1425	79.202
Gamma 3 D.	21.8316	37.2924	47.982	61.4977	71.4226	81.181
Lognormal 2 D.	21.7109	35.6047	46.1357	60.847	72.6045	85.619
	Q200	Q500	Q1000	Q5000	Q10000	Q15000
Frechet D.	74.3172	82.606	88.6204	101.792	107.143	110.18
Gamma 2 D.	88.0804	108.08	141.445			
Gamma 3 D.	90.8234	99.0692	112.834			
Lognormal 2 D.	99.1997	118.368	133.163	170.53	188.485	215.82

Hacihidir Baraji

Dolu savagina ait risk tablosu

Risk Metodu	QP'ye gore risk (Proje taskini)	QPm'ye gore risk (m kapak kapali)	Qs' e gore risk (n yillik taskin)
MFOSM	$P(1)=0$	$P_m[1]=0$ $P_m[2]=0$	$Ps[100]=0.0005$ $Ps[200]=0.0001$ $Ps[500]=0$
AFOSM	$P(2)=0$	$P_a[1]=0$ $P_a[2]=0$	$Psa[100]=0.0008$ $Psa[200]=0.0001$ $Psa[500]=0$

Soz konusu barajda butun riskler sifir oldugu icin boyut

rehabilitasyonuna gerek yoktur.



EK C.3

Program Sonucu Elde Edilen Kürtün Barajı Raporu

**Hidrolojik ve Meteorolojik Yükleme Bileşenlerinde
Barajların Emniyet Analizi**

Baraj Adı	= Kurtun Barajı
Baraj Yeri	= Gumushane İli, Harsit İrmagi Üzeri
Amacı	= Enerji
Kret_Uzunlugu	= 181 m
Dolu savak esik kotu (m)	= 628.4
Dolu savak Tipi	= Karsidan Alisli, Kontrolsuz
Proje taskin debisi(m ³ /sn)	=3775
Dolu savak genisligi (m)	= 30
Dolu savak yuku (m)	= 11.6
Kapak sayisi	= 3
Insaat_Baslangici	= 1986
Isletmeye_Alinis_Tarihi	= -
Istasyon_adi_ve_nosu	= Kurtun Cayi, Ahirli, (14014), DSI
Gozlem yapilan yil sayisi	= 27
Maksimum akim gozlem degerleri = 39, 8.6, 26, 142, 160, 15.5, 11, 110, 120, 24, 330, 135, 23, 160, 49, 26, 62, 21, 73, 115, 75, 5.9, 61, 29, 150, 90, 59,	

Gözlem Değerlerinin İstatistik Parametreleri

DAGILIMLAR	PARAMETRELER	DURUM
1. Normal Dagilim	Ortalama: 78.5185 Standart sapma: 71.3798 Carpiklik katsayisi: 1.7838 Kurtosis katsayisi: 6.11824	
2. Gumbel (EV1)	Alfa G : 55.6785 U G : 46.3809 Csx : 1.7838	Csx = 1.14

3. Frechet (EV2)	Alfa F : 48.577	
	U F : 45.7153	
	Csx : 1.7838	Csx > 1.14
4. Weibull (EV3)	Alfa W : 0	
	U W : 0	
	Csx : 1.7838	Csx < 1.14
5. Gamma (2 parametrelili)	Alfa 2 : 1.21002	
	Beta 2 : 64.8901	
	Csx 2 : 1.81817	Csx = 1.7838
6. Gamma (3 parametrelili)	Alfa 3 : 1.25709	
	Beta 3 : 63.6637	
	Xo 3 : -1.51257	Xo 3 > 0 olmalı
7. Lognormal 2 parametrelili	Y L2 : 4.06215	
	S L2 : 0.776121	
8. Lognormal 3 parametrelili	A L3 : 2.23186	
	B L3 : -0.448057	
	Xo L3 : -53.2674	Xo L3 > 0

2,5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 15000 yıllık taskın değerleri

Dagilimler	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
Frechet D.	63.2484	114.178	145.328	181.981	207.349	231.09
Gamma 2 D	58.3894	124.416	172.597	235.054	281.808	328.27
Lognormal 2 D.	58.0992	111.508	156.897	225.961	285.203	354.43
	Q200	Q500	Q1000	Q5000	Q10000	Q15000
Frechet D.	253.402	280.913	300.344	341.309	357.3143	366.253
Gamma 2 D.	374.531	414.503	481.243			
Lognormal 2 D.	430.326	543.148	634.352	878.816	1002.76	1198.74

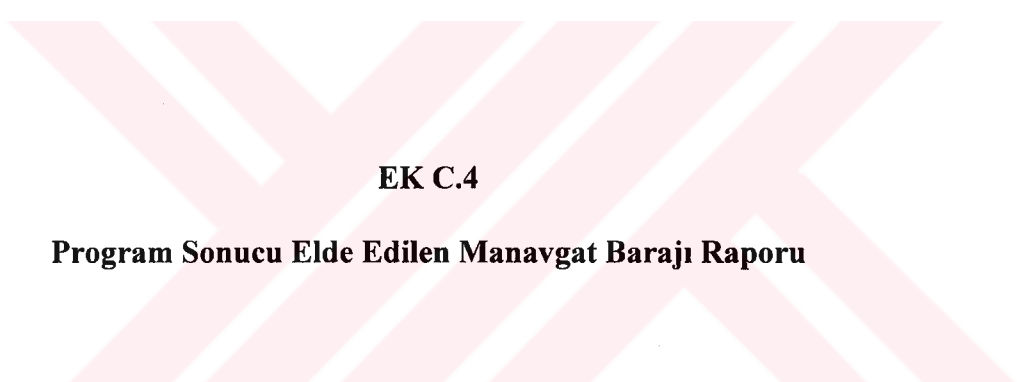
Kurtun Barajı

Dolu savagina ait risk tablosu

Risk Metodu	QP'ye gore risk (Proje taskini)	QPm'ye gore risk (m kapak kapali)	Qs' e gore risk (n yillik taskin)
MFOSM	$P(1)=0$	$P_{m[1]}=0$ $P_{m[2]}=0$	$Ps[100]=0.0003$ $Ps[200]=0$
AFOSM	$P(2)=0$	$P_{a[1]}=0$ $P_{a[2]}=0$	$Psa[100]=0.0004$ $Psa[200]=0$

Soz konusu barajda butun riskler sifir oldugu icin boyut

rehabilitasyonuna gerek yoktur.



EK C.4

Program Sonucu Elde Edilen Manavgat Barajı Raporu

**Hidrolojik ve Meteorolojik Yukleme Bilesenlerinde
Barajların Emniyet Analizi**

Baraj Adi	= Manavgat Barajı
Baraj Yeri	= Antalya İli, Manavgat İrmagi Uzerinde
Amaci	= Enerji, Sulama, Taskin Kontrolu
Kret_Uzunlugu	= 360 m
Dolu savak esik kotu (m)	= 15
Dolu savak Tipi	= Karsidan Alisli, Kapakli
Proje taskin debisi(m ³ /sn)	= 4000
Dolu savak genisligi (m)	= 28.5
Dolu savak yuku (m)	= 17.3
Kapak sayisi	= 3
Insaat_Baslangici	= 1984
Isletmeye_Alinis_Tarihi	= 1987
Istasyon_adi_ve_nosu	= Manavgat I. Homa, (9 901),EIEI
Gozlem yapilan yil sayisi	= 44

Maksimum akim gozlem degerleri = 711, 718.8, 724, 650, 558.2, 804, 540, 875, 481.2, 708, 830, 620, 734.4, 434, 778, 750, 519.2, 870, 778, 529.6, 680, 550, 804, 409, 521, 929, 734, 893, 710, 929, 399, 495, 570, 290, 818, 516, 980, 773, 753, 711, 971, 1290, 366, 1290

Gozlem Degerlerinin Istatistik Parametreleri

DAGILIMLAR	PARAMETRELER	DURUM
1. Normal Dagilim	Ortalama: 704.418 Standart sapma: 211.348 Carpiklik katsayisi: 1.88508 Kurtosis katsayisi: 3.75862	
2. Gumbel (EV1)	Alfa G : 164.858 U G : 609.262 Csx : 1.88508	Csx = 1.14
3. Frechet (EV2)	Alfa F : 141.932 U F : 607.249 Csx : 1.88508	Csx > 1.14

4. Weibull (EV3)	Alfa W : 0	
	U W : 0	
	Csx : 1.88508	Csx < 1.14
5. Gamma (2 parametrelili)	Alfa 2 : 11.1087	
	Beta 2 : 63.4113	
	Csx 2 : 0.600065	Csx = 1.88508
6. Gamma (3 parametrelili)	Alfa 3 : 1.12565	
	Beta 3 : 199.204	
	Xo 3 : 480.185	Xo 3 > 0 olmalı
7. Lognormal 2 parametrelili	Y L2 : 6.51427	
	S L2 : 0.293591	
8. Lognormal 3 parametrelili	A L3 : 2.31672	
	B L3 : -0.431644	
	Xo L3 : 331.967	Xo L3 > 0

2,5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 15000 yıllık taskin degerleri

Dagilimlar	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
Frechet D.	658.35	805.292	894.011	997.206	1067.82	1133.2
Gamma 2 D.	683.495	873.497	985.089	1114.22	1202.99	1286.6
Gamma 3 D.	642.282	836.934	981.284	1170.86	1313.31	1455.3
Lognormal 2 D.	674.704	863.411	982.471	1127.84	1231.68	1337.2
	Q200	Q500	Q1000	Q5000	Q10000	Q15000
Frechet D.	1194.22	1268.54	1320.45	1428.21	1469.65	1492.6
Gamma 2 D.	1366.36	1431.67	1540.51			
Gamma 3 D.	1596.94	1719.95	1924.95			
Lognormal 2 D.	1439.05	1571.55	1666.59	1885.3	1981.78	2120.2

Manavgat Barajı
Dolu savagina ait risk tablosu

Risk Metodu	QP'ye gore risk (Proje taskini)	QPM'ye gore risk (m kapak kapali)	Qs' e gore risk (n yillik taskin)
MFOSM	P(1)=0	P _m [1]=0 P _m [2]=0.0003	Ps[100]=0
AFOSM	P(2)=0	P _a [1]=0 P _a [2]=0	Psa[100]=0.0002 Psa[200]=0

Degisen H lere gore Risk Degerlendirme tablosu

L	H	Yeni QP	MFOSM riski			AFOSM riski		
L sabit			P(1)	P _m (i)	P(2)	P(2)	P _a (i)	
L=28.5	Hi[1]=17.4	QP_Hi[1]=4034.73	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[2]=17.5	QP_Hi[2]=4069.56	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[3]=17.6	QP_Hi[3]=4104.5	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[4]=17.7	QP_Hi[4]=4139.53	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[5]=17.8	QP_Hi[5]=4174.66	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[6]=17.9	QP_Hi[6]=4209.89	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[7]=18	QP_Hi[7]=4245.21	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[8]=18.1	QP_Hi[8]=4280.64	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L=28.5	Hi[9]=18.2	QP_Hi[9]=4316.16	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0

Degisen L lere gore Risk Degerlendirme tablosu

L	H	Yeni QP	MFOSM riski			AFOSM riski		
L sabit			P(1)	P _m (i)	P(2)	P(2)	P _a (i)	
L[1]=28.6	H=17.3	QP[1]=4014.04	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0003	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[2]=28.7	H=17.3	QP[2]=4028.07	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[3]=28.8	H=17.3	QP[3]=4042.11	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[4]=28.9	H=17.3	QP[4]=4056.14	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[5]=29	H=17.3	QP[5]=4070.18	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[6]=29.1	H=17.3	QP[6]=4084.21	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[7]=29.2	H=17.3	QP[7]=4098.25	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[8]=29.3	H=17.3	QP[8]=4112.28	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[9]=29.4	H=17.3	QP[9]=4126.32	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[10]=29.5	H=17.3	QP[10]=4140.35	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[11]=29.6	H=17.3	QP[11]=4154.39	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[12]=29.7	H=17.3	QP[12]=4168.42	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[13]=29.8	H=17.3	QP[13]=4182.46	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[14]=29.9	H=17.3	QP[14]=4196.49	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[15]=30	H=17.3	QP[15]=4210.53	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[16]=30.1	H=17.3	QP[16]=4224.56	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[17]=30.2	H=17.3	QP[17]=4238.6	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[18]=30.3	H=17.3	QP[18]=4252.63	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[19]=30.4	H=17.3	QP[19]=4266.67	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[20]=30.5	H=17.3	QP[20]=4280.7	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[21]=30.6	H=17.3	QP[21]=4294.74	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0

Degisen L ve H'lere gore Risk Degerlendirme tablosu

L	H	Yeni QP	MFOSM riski			AFOSM riski		
			P(1)	P _m (i)	P _m (2)	P(2)	P _a (i)	P _a (2)
L[1]=28.6]	H[1]=17.4	QP[1]=4048.89	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0002	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[2]=28.7	H[2]=17.5	QP[2]=4098.12	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[3]=28.8	H[3]=17.6	QP[3]=4147.7	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[4]=28.9	H[4]=17.7	QP[4]=4197.63	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[5]=29	H[5]=17.8	QP[5]=4247.9	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[6]=29.1	H[6]=17.9	QP[6]=4298.52	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0
L[7]=29.2	H[7]=18	QP[7]=4349.48	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P(2)=0	P _a [1]=0	P _a [2]=0

Yukarida goruldugu uzere, degisen H ve L' ler icin

boyut rehabilitasyonu yapilmis ve riski sifir yapan

yeni boyutlar elde edilmistir. Projecinin , bundan

sonra yeni boyutlar icin maliyet analizi

yapmasi gerekmektedir.

EK C.5

Program Sonucu Elde Edilen Çatalan Barajı Raporu

**Hidrolojik ve Meteorolojik Yukleme Bilesenlerinde
Barajlarin Emniyet Analizi**

Baraj Adi	= Catalan Baraji
Baraj Yeri	= Catalan Bucaginin 1 km akis asagisinda, Seyhan nehri uzerinde
Amaci	= Taskin koruma, enerji, sulama
Kret_Uzunlugu	= 894 m
Dolu savak esik kotu (m)	= 110
Dolu savak Tipi	= Karsidan alisli, kapakli
Proje taskin debisi(m3/sn)	= 10055
Dolu savak genisligi (m)	= 66
Dolu savak yuku (m)	= 16.44
Kapak sayisi	= 6
Insaat_Baslangici	= 1982
Isletmeye_Alinis_Tarihi	= 1996
Istasyon_adi_ve_nosu	= Seyhan N. - Uctepe , 1818, (EIEI)
Gozlem yapilan yil sayisi	= 24
Maksimum akim gozlem degerleri	= 1700, 1046, 1224, 1331, 1258, 705, 672, 405, 934, 1957, 759, 1205, 988, 3231, 1409, 1947, 692, 1187, 625, 1018, 1215, 1325, 648, 1094,

Gozlem Degerlerinin Istatistik Parametreleri

DAGILIMLAR	PARAMETRELER	DURUM
1. Normal Dagilim	Ortalama: 1192.58 Standart sapma: 597.318 Carpiklik katsayisi: 2.54243 Kurtosis katsayisi: 6.69699	
2. Gumbel (EV1)	Alfa G : 465.926 U G : 923.651 Csx : 2.54243	Csx = 1.14
3. Frechet (EV2)	Alfa F : 363.93 U F : 919.278	

	Csx : 2.54243	Csx > 1.14
4. Weibull (EV3)	Alfa W : 0	
	U W : 0	
	Csx : 2.54243	Csx < 1.14
5. Gamma (2 parametrelili)	Alfa 2 : 3.98627	
	Beta 2 : 299.173	
	Csx 2 : 1.00172	Csx = 2.54243
6. Gamma (3 parametrelili)	Alfa 3 : 0.618817	
	Beta 3 : 759.319	
	Xo 3 : 722.704	Xo 3 > 0 olmalı
7. Lognormal 2 parametrelili	Y L2 : 6.97196	
	S L2 : 0.473109	
8. Lognormal 3 parametrelili	A L3 : 2.88862	
	B L3 : -0.346187	
	Xo L3 : 365.289	Xo L3 > 0

2,5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 15000 yıllık taskin degerleri

Dagilimlar	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
Frechet D.	1049.05	1407.92	1613.97	1843.15	1993.23	2127.3
Gamma 2 D.	1094.62	1645.35	1992.99	2412.9	2710.96	2997.8
Gamma 3 D.	977.549	1501.99	1939.23	2543.72	3013.21	3489.2
Lognormal 2 D.	1066.31	1586.64	1953.82	2440.36	2812.52	3210.8
	Q200	Q500	Q1000	Q5000	Q10000	Q15000
Frechet D.	2247.57	2388.15	2482.23	2666.18	2732.66	2768.4
Gamma 2 D.	3276.62	3509.58	3899.03			
Gamma 3 D.	3971.3	4396	5103.82			
Lognormal 2 D.	3614.04	4165.18	4578.54	5585.02	6052.77	6748.5

Catalan Baraji
Dolu savagina ait risk tablosu

Risk Metodu	QP'ye gore risk (Proje taskini)	QPM'ye gore risk (m kapak kapali)	Qs' e gore risk (n yillik taskin)
MFOSM	P(1)=0	P_m[1]=0 P_m[2]=0 P_m[3]=0 P_m[4]=0 P_m[5]=0.0418	Ps[100]=0
AFOSM	P(2)=0	P_a[1]=0 P_a[2]=0 P_a[3]=0 P_a[4]=0 P_a[5]=0	Psa[100]=0

Degisen H lere gore Risk Degerlendirme tablosu

L	H	Yeni QP	MFOSM riski P(1)	Pm(i)	AFOSM riski P(2)
L=66	Hi[1]=16.54	QP_Hi[1]=10146.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0392	P(2)=0
L=66	Hi[2]=16.64	QP_Hi[2]=10239	P(1)=0	P_m[5]=0.0359	P(2)=0
L=66	Hi[3]=16.74	QP_Hi[3]=10331.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0336	P(2)=0
L=66	Hi[4]=16.84	QP_Hi[4]=10424.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0314	P(2)=0
L=66	Hi[5]=16.94	QP_Hi[5]=10517.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0287	P(2)=0
L=66	Hi[6]=17.04	QP_Hi[6]=10610.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0268	P(2)=0
L=66	Hi[7]=17.14	QP_Hi[7]=10704	P(1)=0	P_m[5]=0.0244	P(2)=0
L=66	Hi[8]=17.24	QP_Hi[8]=10797.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0228	P(2)=0
L=66	Hi[9]=17.34	QP_Hi[9]=10891.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0207	P(2)=0
L=66	Hi[10]=17.44	QP_Hi[10]=10986.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0192	P(2)=0
L=66	Hi[11]=17.54	QP_Hi[11]=11080.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0179	P(2)=0
L=66	Hi[12]=17.64	QP_Hi[12]=11175.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0162	P(2)=0
L=66	Hi[13]=17.74	QP_Hi[13]=11270.9	P(1)=0	P_m[5]=0.015	P(2)=0
L=66	Hi[14]=17.84	QP_Hi[14]=11366.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0136	P(2)=0
L=66	Hi[15]=17.94	QP_Hi[15]=11462.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0125	P(2)=0
L=66	Hi[16]=18.04	QP_Hi[16]=11558	P(1)=0	P_m[5]=0.0113	P(2)=0
L=66	Hi[17]=18.14	QP_Hi[17]=11654.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0104	P(2)=0
L=66	Hi[18]=18.24	QP_Hi[18]=11750.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0094	P(2)=0
L=66	Hi[19]=18.34	QP_Hi[19]=11847.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0087	P(2)=0
L=66	Hi[20]=18.44	QP_Hi[20]=11944.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0078	P(2)=0
L=66	Hi[21]=18.54	QP_Hi[21]=12041.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0071	P(2)=0
L=66	Hi[22]=18.64	QP_Hi[22]=12139.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0064	P(2)=0
L=66	Hi[23]=18.74	QP_Hi[23]=12237.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0059	P(2)=0
L=66	Hi[24]=18.84	QP_Hi[24]=12335.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0052	P(2)=0
L=66	Hi[25]=18.94	QP_Hi[25]=12433.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0047	P(2)=0
L=66	Hi[26]=19.04	QP_Hi[26]=12532.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0043	P(2)=0
L=66	Hi[27]=19.14	QP_Hi[27]=12631.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0038	P(2)=0
L=66	Hi[28]=19.24	QP_Hi[28]=12730.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0035	P(2)=0
L=66	Hi[29]=19.34	QP_Hi[29]=12829.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0031	P(2)=0
L=66	Hi[30]=19.44	QP_Hi[30]=12929.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0027	P(2)=0
L=66	Hi[31]=19.54	QP_Hi[31]=13029.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0025	P(2)=0
L=66	Hi[32]=19.64	QP_Hi[32]=13129.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0022	P(2)=0
L=66	Hi[33]=19.74	QP_Hi[33]=13229.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0019	P(2)=0
L=66	Hi[34]=19.84	QP_Hi[34]=13330.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0018	P(2)=0
L=66	Hi[35]=19.94	QP_Hi[35]=13431.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0015	P(2)=0
L=66	Hi[36]=20.04	QP_Hi[36]=13532.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0013	P(2)=0
L=66	Hi[37]=20.14	QP_Hi[37]=13633.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0012	P(2)=0
L=66	Hi[38]=20.24	QP_Hi[38]=13735.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0011	P(2)=0
L=66	Hi[39]=20.34	QP_Hi[39]=13837.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L=66	Hi[40]=20.44	QP_Hi[40]=13939.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L=66	Hi[41]=20.54	QP_Hi[41]=14042	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L=66	Hi[42]=20.64	QP_Hi[42]=14144.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L=66	Hi[43]=20.74	QP_Hi[43]=14247.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0

L=66	Hi[44]=20.84	QP_Hi[44]=14350.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L=66	Hi[45]=20.94	QP_Hi[45]=14454.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L=66	Hi[46]=21.04	QP_Hi[46]=14557.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L=66	Hi[47]=21.14	QP_Hi[47]=14661.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L=66	Hi[48]=21.24	QP_Hi[48]=14765.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L=66	Hi[49]=21.34	QP_Hi[49]=14870.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L=66	Hi[50]=21.44	QP_Hi[50]=14975	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L=66	Hi[51]=21.54	QP_Hi[51]=15079.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L=66	Hi[52]=21.64	QP_Hi[52]=15185	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L=66	Hi[53]=21.74	QP_Hi[53]=15290.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L=66	Hi[54]=21.84	QP_Hi[54]=15396	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L=66	Hi[55]=21.94	QP_Hi[55]=15501.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L=66	Hi[56]=22.04	QP_Hi[56]=15608	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L=66	Hi[57]=22.14	QP_Hi[57]=15714.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L=66	Hi[58]=22.24	QP_Hi[58]=15820.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L=66	Hi[59]=22.34	QP_Hi[59]=15927.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L=66	Hi[60]=22.44	QP_Hi[60]=16034.8	P(1)=0	P_m[5]=0	P(2)=0
L=66	Hi[61]=22.54	QP_Hi[61]=16142.1	P(1)=0	P_m[5]=0	P(2)=0

Degisen L lere gore Risk Degerlendirme tablosu

L	H sabit	Yeni QP	MFOSM riski		AFOSM riski
			P(1)	Pm(i)	P(2)
L[1]=66.1	H=16.44	QP[1]=10070.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0409	P(2)=0
L[2]=66.2	H=16.44	QP[2]=10085.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0409	P(2)=0
L[3]=66.3	H=16.44	QP[3]=10100.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0401	P(2)=0
L[4]=66.4	H=16.44	QP[4]=10115.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0401	P(2)=0
L[5]=66.5	H=16.44	QP[5]=10131.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0392	P(2)=0
L[6]=66.6	H=16.44	QP[6]=10146.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0392	P(2)=0
L[7]=66.7	H=16.44	QP[7]=10161.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0384	P(2)=0
L[8]=66.8	H=16.44	QP[8]=10176.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0384	P(2)=0
L[9]=66.9	H=16.44	QP[9]=10192.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0375	P(2)=0
L[10]=67	H=16.44	QP[10]=10207.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0367	P(2)=0
L[11]=67.1	H=16.44	QP[11]=10222.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0367	P(2)=0
L[12]=67.2	H=16.44	QP[12]=10237.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0359	P(2)=0
L[13]=67.3	H=16.44	QP[13]=10253.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0359	P(2)=0
L[14]=67.4	H=16.44	QP[14]=10268.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0351	P(2)=0
L[15]=67.5	H=16.44	QP[15]=10283.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0351	P(2)=0
L[16]=67.6	H=16.44	QP[16]=10298.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0344	P(2)=0
L[17]=67.7	H=16.44	QP[17]=10314	P(1)=0	P_m[5]=0.0344	P(2)=0
L[18]=67.8	H=16.44	QP[18]=10329.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0336	P(2)=0
L[19]=67.9	H=16.44	QP[19]=10344.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0329	P(2)=0
L[20]=68	H=16.44	QP[20]=10359.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0329	P(2)=0
L[21]=68.1	H=16.44	QP[21]=10374.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0322	P(2)=0
L[22]=68.2	H=16.44	QP[22]=10390.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0322	P(2)=0
L[23]=68.3	H=16.44	QP[23]=10405.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0314	P(2)=0
L[24]=68.4	H=16.44	QP[24]=10420.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0314	P(2)=0
L[25]=68.5	H=16.44	QP[25]=10435.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0307	P(2)=0
L[26]=68.6	H=16.44	QP[26]=10451.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0307	P(2)=0
L[27]=68.7	H=16.44	QP[27]=10466.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0301	P(2)=0
L[28]=68.8	H=16.44	QP[28]=10481.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0294	P(2)=0
L[29]=68.9	H=16.44	QP[29]=10496.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0294	P(2)=0
L[30]=69	H=16.44	QP[30]=10512	P(1)=0	P_m[5]=0.0287	P(2)=0
L[31]=69.1	H=16.44	QP[31]=10527.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0287	P(2)=0
L[32]=69.2	H=16.44	QP[32]=10542.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0281	P(2)=0
L[33]=69.3	H=16.44	QP[33]=10557.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0281	P(2)=0
L[34]=69.4	H=16.44	QP[34]=10573	P(1)=0	P_m[5]=0.0274	P(2)=0
L[35]=69.5	H=16.44	QP[35]=10588.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0274	P(2)=0
L[36]=69.6	H=16.44	QP[36]=10603.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0268	P(2)=0
L[37]=69.7	H=16.44	QP[37]=10618.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0262	P(2)=0
L[38]=69.8	H=16.44	QP[38]=10633.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0262	P(2)=0
L[39]=69.9	H=16.44	QP[39]=10649.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0256	P(2)=0
L[40]=70	H=16.44	QP[40]=10664.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0256	P(2)=0
L[41]=70.1	H=16.44	QP[41]=10679.6	P(1)=0	P_m[5]=0.025	P(2)=0
L[42]=70.2	H=16.44	QP[42]=10694.9	P(1)=0	P_m[5]=0.025	P(2)=0
L[43]=70.3	H=16.44	QP[43]=10710.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0244	P(2)=0
L[44]=70.4	H=16.44	QP[44]=10725.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0244	P(2)=0
L[45]=70.5	H=16.44	QP[45]=10740.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0239	P(2)=0
L[46]=70.6	H=16.44	QP[46]=10755.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0233	P(2)=0
L[47]=70.7	H=16.44	QP[47]=10771	P(1)=0	P_m[5]=0.0233	P(2)=0
L[48]=70.8	H=16.44	QP[48]=10786.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0228	P(2)=0
L[49]=70.9	H=16.44	QP[49]=10801.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0228	P(2)=0
L[50]=71	H=16.44	QP[50]=10816.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0222	P(2)=0

L[51]=71.1	H=16.44	QP[51]=10832	P(1)=0	P_m[5]=0.0222	P(2)=0
L[52]=71.2	H=16.44	QP[52]=10847.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0217	P(2)=0
L[53]=71.3	H=16.44	QP[53]=10862.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0217	P(2)=0
L[54]=71.4	H=16.44	QP[54]=10877.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0212	P(2)=0
L[55]=71.5	H=16.44	QP[55]=10892.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0207	P(2)=0
L[56]=71.6	H=16.44	QP[56]=10908.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0207	P(2)=0
L[57]=71.7	H=16.44	QP[57]=10923.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0202	P(2)=0
L[58]=71.8	H=16.44	QP[58]=10938.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0202	P(2)=0
L[59]=71.9	H=16.44	QP[59]=10953.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0197	P(2)=0
L[60]=72	H=16.44	QP[60]=10969.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0197	P(2)=0
L[61]=72.1	H=16.44	QP[61]=10984.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0192	P(2)=0
L[62]=72.2	H=16.44	QP[62]=10999.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0192	P(2)=0
L[63]=72.3	H=16.44	QP[63]=11014.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0188	P(2)=0
L[64]=72.4	H=16.44	QP[64]=11030	P(1)=0	P_m[5]=0.0183	P(2)=0
L[65]=72.5	H=16.44	QP[65]=11045.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0183	P(2)=0
L[66]=72.6	H=16.44	QP[66]=11060.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0179	P(2)=0
L[67]=72.7	H=16.44	QP[67]=11075.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0179	P(2)=0
L[68]=72.8	H=16.44	QP[68]=11091	P(1)=0	P_m[5]=0.0174	P(2)=0
L[69]=72.9	H=16.44	QP[69]=11106.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0174	P(2)=0
L[70]=73	H=16.44	QP[70]=11121.4	P(1)=0	P_m[5]=0.017	P(2)=0
L[71]=73.1	H=16.44	QP[71]=11136.7	P(1)=0	P_m[5]=0.017	P(2)=0
L[72]=73.2	H=16.44	QP[72]=11151.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0166	P(2)=0
L[73]=73.3	H=16.44	QP[73]=11167.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0162	P(2)=0
L[74]=73.4	H=16.44	QP[74]=11182.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0162	P(2)=0
L[75]=73.5	H=16.44	QP[75]=11197.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0158	P(2)=0
L[76]=73.6	H=16.44	QP[76]=11212.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0158	P(2)=0
L[77]=73.7	H=16.44	QP[77]=11228.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0154	P(2)=0
L[78]=73.8	H=16.44	QP[78]=11243.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0154	P(2)=0
L[79]=73.9	H=16.44	QP[79]=11258.6	P(1)=0	P_m[5]=0.015	P(2)=0
L[80]=74	H=16.44	QP[80]=11273.8	P(1)=0	P_m[5]=0.015	P(2)=0
L[81]=74.1	H=16.44	QP[81]=11289	P(1)=0	P_m[5]=0.0146	P(2)=0
L[82]=74.2	H=16.44	QP[82]=11304.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0143	P(2)=0
L[83]=74.3	H=16.44	QP[83]=11319.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0143	P(2)=0
L[84]=74.4	H=16.44	QP[84]=11334.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0139	P(2)=0
L[85]=74.5	H=16.44	QP[85]=11350	P(1)=0	P_m[5]=0.0139	P(2)=0
L[86]=74.6	H=16.44	QP[86]=11365.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0136	P(2)=0
L[87]=74.7	H=16.44	QP[87]=11380.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0136	P(2)=0
L[88]=74.8	H=16.44	QP[88]=11395.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0132	P(2)=0
L[89]=74.9	H=16.44	QP[89]=11410.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0132	P(2)=0
L[90]=75	H=16.44	QP[90]=11426.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0129	P(2)=0
L[91]=75.1	H=16.44	QP[91]=11441.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0125	P(2)=0
L[92]=75.2	H=16.44	QP[92]=11456.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0125	P(2)=0
L[93]=75.3	H=16.44	QP[93]=11471.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0122	P(2)=0
L[94]=75.4	H=16.44	QP[94]=11487.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0122	P(2)=0
L[95]=75.5	H=16.44	QP[95]=11502.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0119	P(2)=0
L[96]=75.6	H=16.44	QP[96]=11517.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0119	P(2)=0
L[97]=75.7	H=16.44	QP[97]=11532.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0116	P(2)=0
L[98]=75.8	H=16.44	QP[98]=11548	P(1)=0	P_m[5]=0.0116	P(2)=0
L[99]=75.9	H=16.44	QP[99]=11563.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0113	P(2)=0
L[100]=76	H=16.44	QP[100]=11578.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0113	P(2)=0
L[101]=76.1	H=16.44	QP[101]=11593.7	P(1)=0	P_m[5]=0.011	P(2)=0
L[102]=76.2	H=16.44	QP[102]=11609	P(1)=0	P_m[5]=0.0107	P(2)=0
L[103]=76.3	H=16.44	QP[103]=11624.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0107	P(2)=0
L[104]=76.4	H=16.44	QP[104]=11639.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0104	P(2)=0
L[105]=76.5	H=16.44	QP[105]=11654.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0104	P(2)=0
L[106]=76.6	H=16.44	QP[106]=11669.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0102	P(2)=0
L[107]=76.7	H=16.44	QP[107]=11685.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0102	P(2)=0
L[108]=76.8	H=16.44	QP[108]=11700.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0099	P(2)=0
L[109]=76.9	H=16.44	QP[109]=11715.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0099	P(2)=0
L[110]=77	H=16.44	QP[110]=11730.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0096	P(2)=0
L[111]=77.1	H=16.44	QP[111]=11746.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0094	P(2)=0
L[112]=77.2	H=16.44	QP[112]=11761.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0094	P(2)=0
L[113]=77.3	H=16.44	QP[113]=11776.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0091	P(2)=0
L[114]=77.4	H=16.44	QP[114]=11791.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0091	P(2)=0
L[115]=77.5	H=16.44	QP[115]=11807	P(1)=0	P_m[5]=0.0089	P(2)=0
L[116]=77.6	H=16.44	QP[116]=11822.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0089	P(2)=0
L[117]=77.7	H=16.44	QP[117]=11837.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0087	P(2)=0
L[118]=77.8	H=16.44	QP[118]=11852.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0087	P(2)=0
L[119]=77.9	H=16.44	QP[119]=11867.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0084	P(2)=0
L[120]=78	H=16.44	QP[120]=11883.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0082	P(2)=0
L[121]=78.1	H=16.44	QP[121]=11898.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0082	P(2)=0
L[122]=78.2	H=16.44	QP[122]=11913.7	P(1)=0	P_m[5]=0.008	P(2)=0
L[123]=78.3	H=16.44	QP[123]=11928.9	P(1)=0	P_m[5]=0.008	P(2)=0
L[124]=78.4	H=16.44	QP[124]=11944.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0078	P(2)=0
L[125]=78.5	H=16.44	QP[125]=11959.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0078	P(2)=0
L[126]=78.6	H=16.44	QP[126]=11974.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0075	P(2)=0

L[127]=78.7	H=16.44	QP[127]=11989.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0075	P(2)=0
L[128]=78.8	H=16.44	QP[128]=12005.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0073	P(2)=0
L[129]=78.9	H=16.44	QP[129]=12020.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0071	P(2)=0
L[130]=79	H=16.44	QP[130]=12035.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0071	P(2)=0
L[131]=79.1	H=16.44	QP[131]=12050.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0069	P(2)=0
L[132]=79.2	H=16.44	QP[132]=12066	P(1)=0	P_m[5]=0.0069	P(2)=0
L[133]=79.3	H=16.44	QP[133]=12081.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0068	P(2)=0
L[134]=79.4	H=16.44	QP[134]=12096.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0068	P(2)=0
L[135]=79.5	H=16.44	QP[135]=12111.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0066	P(2)=0
L[136]=79.6	H=16.44	QP[136]=12126.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0066	P(2)=0
L[137]=79.7	H=16.44	QP[137]=12142.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0064	P(2)=0
L[138]=79.8	H=16.44	QP[138]=12157.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0062	P(2)=0
L[139]=79.9	H=16.44	QP[139]=12172.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0062	P(2)=0
L[140]=80	H=16.44	QP[140]=12187.9	P(1)=0	P_m[5]=0.006	P(2)=0
L[141]=80.1	H=16.44	QP[141]=12203.1	P(1)=0	P_m[5]=0.006	P(2)=0
L[142]=80.2	H=16.44	QP[142]=12218.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0059	P(2)=0
L[143]=80.3	H=16.44	QP[143]=12233.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0059	P(2)=0
L[144]=80.4	H=16.44	QP[144]=12248.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0057	P(2)=0
L[145]=80.5	H=16.44	QP[145]=12264.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0057	P(2)=0
L[146]=80.6	H=16.44	QP[146]=12279.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0055	P(2)=0
L[147]=80.7	H=16.44	QP[147]=12294.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0054	P(2)=0
L[148]=80.8	H=16.44	QP[148]=12309.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0054	P(2)=0
L[149]=80.9	H=16.44	QP[149]=12325	P(1)=0	P_m[5]=0.0052	P(2)=0
L[150]=81	H=16.44	QP[150]=12340.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0052	P(2)=0
L[151]=81.1	H=16.44	QP[151]=12355.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0051	P(2)=0
L[152]=81.2	H=16.44	QP[152]=12370.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0051	P(2)=0
L[153]=81.3	H=16.44	QP[153]=12385.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0049	P(2)=0
L[154]=81.4	H=16.44	QP[154]=12401.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0049	P(2)=0
L[155]=81.5	H=16.44	QP[155]=12416.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0048	P(2)=0
L[156]=81.6	H=16.44	QP[156]=12431.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0047	P(2)=0
L[157]=81.7	H=16.44	QP[157]=12446.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0047	P(2)=0
L[158]=81.8	H=16.44	QP[158]=12462.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0045	P(2)=0
L[159]=81.9	H=16.44	QP[159]=12477.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0045	P(2)=0
L[160]=82	H=16.44	QP[160]=12492.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0044	P(2)=0
L[161]=82.1	H=16.44	QP[161]=12507.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0044	P(2)=0
L[162]=82.2	H=16.44	QP[162]=12523	P(1)=0	P_m[5]=0.0043	P(2)=0
L[163]=82.3	H=16.44	QP[163]=12538.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0043	P(2)=0
L[164]=82.4	H=16.44	QP[164]=12553.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0041	P(2)=0
L[165]=82.5	H=16.44	QP[165]=12568.8	P(1)=0	P_m[5]=0.004	P(2)=0
L[166]=82.6	H=16.44	QP[166]=12584	P(1)=0	P_m[5]=0.004	P(2)=0
L[167]=82.7	H=16.44	QP[167]=12599.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0039	P(2)=0
L[168]=82.8	H=16.44	QP[168]=12614.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0039	P(2)=0
L[169]=82.9	H=16.44	QP[169]=12629.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0038	P(2)=0
L[170]=83	H=16.44	QP[170]=12644.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0038	P(2)=0
L[171]=83.1	H=16.44	QP[171]=12660.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0037	P(2)=0
L[172]=83.2	H=16.44	QP[172]=12675.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0037	P(2)=0
L[173]=83.3	H=16.44	QP[173]=12690.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0036	P(2)=0
L[174]=83.4	H=16.44	QP[174]=12705.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0035	P(2)=0
L[175]=83.5	H=16.44	QP[175]=12721.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0035	P(2)=0
L[176]=83.6	H=16.44	QP[176]=12736.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0034	P(2)=0
L[177]=83.7	H=16.44	QP[177]=12751.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0034	P(2)=0
L[178]=83.8	H=16.44	QP[178]=12766.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0033	P(2)=0
L[179]=83.9	H=16.44	QP[179]=12782	P(1)=0	P_m[5]=0.0033	P(2)=0
L[180]=84	H=16.44	QP[180]=12797.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0032	P(2)=0
L[181]=84.1	H=16.44	QP[181]=12812.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0032	P(2)=0
L[182]=84.2	H=16.44	QP[182]=12827.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0031	P(2)=0
L[183]=84.3	H=16.44	QP[183]=12843	P(1)=0	P_m[5]=0.003	P(2)=0
L[184]=84.4	H=16.44	QP[184]=12858.2	P(1)=0	P_m[5]=0.003	P(2)=0
L[185]=84.5	H=16.44	QP[185]=12873.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0029	P(2)=0
L[186]=84.6	H=16.44	QP[186]=12888.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0029	P(2)=0
L[187]=84.7	H=16.44	QP[187]=12903.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0028	P(2)=0
L[188]=84.8	H=16.44	QP[188]=12919.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0028	P(2)=0
L[189]=84.9	H=16.44	QP[189]=12934.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0027	P(2)=0
L[190]=85	H=16.44	QP[190]=12949.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0027	P(2)=0
L[191]=85.1	H=16.44	QP[191]=12964.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0026	P(2)=0
L[192]=85.2	H=16.44	QP[192]=12980.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0026	P(2)=0
L[193]=85.3	H=16.44	QP[193]=12995.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0026	P(2)=0
L[194]=85.4	H=16.44	QP[194]=13010.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0025	P(2)=0
L[195]=85.5	H=16.44	QP[195]=13025.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0025	P(2)=0
L[196]=85.6	H=16.44	QP[196]=13041	P(1)=0	P_m[5]=0.0024	P(2)=0
L[197]=85.7	H=16.44	QP[197]=13056.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0024	P(2)=0
L[198]=85.8	H=16.44	QP[198]=13071.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0023	P(2)=0
L[199]=85.9	H=16.44	QP[199]=13086.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0023	P(2)=0
L[200]=86	H=16.44	QP[200]=13102	P(1)=0	P_m[5]=0.0023	P(2)=0
L[201]=86.1	H=16.44	QP[201]=13117.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0023	P(2)=0
L[202]=86.2	H=16.44	QP[202]=13132.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0022	P(2)=0

L[203]=86.3	H=16.44	QP[203]=13147.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0021	P(2)=0
L[204]=86.4	H=16.44	QP[204]=13162.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0021	P(2)=0
L[205]=86.5	H=16.44	QP[205]=13178.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0021	P(2)=0
L[206]=86.6	H=16.44	QP[206]=13193.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0021	P(2)=0
L[207]=86.7	H=16.44	QP[207]=13208.6	P(1)=0	P_m[5]=0.002	P(2)=0
L[208]=86.8	H=16.44	QP[208]=13223.8	P(1)=0	P_m[5]=0.002	P(2)=0
L[209]=86.9	H=16.44	QP[209]=13239.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0019	P(2)=0
L[210]=87	H=16.44	QP[210]=13254.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0019	P(2)=0
L[211]=87.1	H=16.44	QP[211]=13269.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0019	P(2)=0
L[212]=87.2	H=16.44	QP[212]=13284.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0018	P(2)=0
L[213]=87.3	H=16.44	QP[213]=13300	P(1)=0	P_m[5]=0.0018	P(2)=0
L[214]=87.4	H=16.44	QP[214]=13315.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0018	P(2)=0
L[215]=87.5	H=16.44	QP[215]=13330.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0018	P(2)=0
L[216]=87.6	H=16.44	QP[216]=13345.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0017	P(2)=0
L[217]=87.7	H=16.44	QP[217]=13361	P(1)=0	P_m[5]=0.0017	P(2)=0
L[218]=87.8	H=16.44	QP[218]=13376.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0016	P(2)=0
L[219]=87.9	H=16.44	QP[219]=13391.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0016	P(2)=0
L[220]=88	H=16.44	QP[220]=13406.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0016	P(2)=0
L[221]=88.1	H=16.44	QP[221]=13421.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0015	P(2)=0
L[222]=88.2	H=16.44	QP[222]=13437.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0015	P(2)=0
L[223]=88.3	H=16.44	QP[223]=13452.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0015	P(2)=0
L[224]=88.4	H=16.44	QP[224]=13467.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0015	P(2)=0
L[225]=88.5	H=16.44	QP[225]=13482.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0014	P(2)=0
L[226]=88.6	H=16.44	QP[226]=13498.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0014	P(2)=0
L[227]=88.7	H=16.44	QP[227]=13513.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0014	P(2)=0
L[228]=88.8	H=16.44	QP[228]=13528.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0014	P(2)=0
L[229]=88.9	H=16.44	QP[229]=13543.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0013	P(2)=0
L[230]=89	H=16.44	QP[230]=13559	P(1)=0	P_m[5]=0.0013	P(2)=0
L[231]=89.1	H=16.44	QP[231]=13574.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0013	P(2)=0
L[232]=89.2	H=16.44	QP[232]=13589.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0013	P(2)=0
L[233]=89.3	H=16.44	QP[233]=13604.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0013	P(2)=0
L[234]=89.4	H=16.44	QP[234]=13620	P(1)=0	P_m[5]=0.0012	P(2)=0
L[235]=89.5	H=16.44	QP[235]=13635.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0012	P(2)=0
L[236]=89.6	H=16.44	QP[236]=13650.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0012	P(2)=0
L[237]=89.7	H=16.44	QP[237]=13665.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0012	P(2)=0
L[238]=89.8	H=16.44	QP[238]=13680.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0011	P(2)=0
L[239]=89.9	H=16.44	QP[239]=13696.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0011	P(2)=0
L[240]=90	H=16.44	QP[240]=13711.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0011	P(2)=0
L[241]=90.1	H=16.44	QP[241]=13726.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0011	P(2)=0
L[242]=90.2	H=16.44	QP[242]=13741.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0011	P(2)=0
L[243]=90.3	H=16.44	QP[243]=13757.1	P(1)=0	P_m[5]=0.001	P(2)=0
L[244]=90.4	H=16.44	QP[244]=13772.3	P(1)=0	P_m[5]=0.001	P(2)=0
L[245]=90.5	H=16.44	QP[245]=13787.5	P(1)=0	P_m[5]=0.001	P(2)=0
L[246]=90.6	H=16.44	QP[246]=13802.8	P(1)=0	P_m[5]=0.001	P(2)=0
L[247]=90.7	H=16.44	QP[247]=13818	P(1)=0	P_m[5]=0.001	P(2)=0
L[248]=90.8	H=16.44	QP[248]=13833.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L[249]=90.9	H=16.44	QP[249]=13848.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L[250]=91	H=16.44	QP[250]=13863.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L[251]=91.1	H=16.44	QP[251]=13878.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L[252]=91.2	H=16.44	QP[252]=13894.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L[253]=91.3	H=16.44	QP[253]=13909.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L[254]=91.4	H=16.44	QP[254]=13924.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[255]=91.5	H=16.44	QP[255]=13939.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[256]=91.6	H=16.44	QP[256]=13955.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[257]=91.7	H=16.44	QP[257]=13970.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[258]=91.8	H=16.44	QP[258]=13985.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[259]=91.9	H=16.44	QP[259]=14000.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[260]=92	H=16.44	QP[260]=14016.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[261]=92.1	H=16.44	QP[261]=14031.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L[262]=92.2	H=16.44	QP[262]=14046.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L[263]=92.3	H=16.44	QP[263]=14061.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L[264]=92.4	H=16.44	QP[264]=14077	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L[265]=92.5	H=16.44	QP[265]=14092.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L[266]=92.6	H=16.44	QP[266]=14107.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L[267]=92.7	H=16.44	QP[267]=14122.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0007	P(2)=0
L[268]=92.8	H=16.44	QP[268]=14137.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[269]=92.9	H=16.44	QP[269]=14153.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[270]=93	H=16.44	QP[270]=14168.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[271]=93.1	H=16.44	QP[271]=14183.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[272]=93.2	H=16.44	QP[272]=14198.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[273]=93.3	H=16.44	QP[273]=14214.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[274]=93.4	H=16.44	QP[274]=14229.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[275]=93.5	H=16.44	QP[275]=14244.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[276]=93.6	H=16.44	QP[276]=14259.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[277]=93.7	H=16.44	QP[277]=14275.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[278]=93.8	H=16.44	QP[278]=14290.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0

L[279]=93.9	H=16.44	QP[279]=14305.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[280]=94	H=16.44	QP[280]=14320.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[281]=94.1	H=16.44	QP[281]=14336	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[282]=94.2	H=16.44	QP[282]=14351.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[283]=94.3	H=16.44	QP[283]=14366.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[284]=94.4	H=16.44	QP[284]=14381.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[285]=94.5	H=16.44	QP[285]=14396.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[286]=94.6	H=16.44	QP[286]=14412.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[287]=94.7	H=16.44	QP[287]=14427.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[288]=94.8	H=16.44	QP[288]=14442.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[289]=94.9	H=16.44	QP[289]=14457.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[290]=95	H=16.44	QP[290]=14473.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[291]=95.1	H=16.44	QP[291]=14488.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[292]=95.2	H=16.44	QP[292]=14503.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[293]=95.3	H=16.44	QP[293]=14518.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[294]=95.4	H=16.44	QP[294]=14534	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[295]=95.5	H=16.44	QP[295]=14549.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[296]=95.6	H=16.44	QP[296]=14564.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[297]=95.7	H=16.44	QP[297]=14579.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[298]=95.8	H=16.44	QP[298]=14595	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[299]=95.9	H=16.44	QP[299]=14610.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[300]=96	H=16.44	QP[300]=14625.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[301]=96.1	H=16.44	QP[301]=14640.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[302]=96.2	H=16.44	QP[302]=14655.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[303]=96.3	H=16.44	QP[303]=14671.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[304]=96.4	H=16.44	QP[304]=14686.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[305]=96.5	H=16.44	QP[305]=14701.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[306]=96.6	H=16.44	QP[306]=14716.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[307]=96.7	H=16.44	QP[307]=14732.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[308]=96.8	H=16.44	QP[308]=14747.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[309]=96.9	H=16.44	QP[309]=14762.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[310]=97	H=16.44	QP[310]=14777.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[311]=97.1	H=16.44	QP[311]=14793	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[312]=97.2	H=16.44	QP[312]=14808.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[313]=97.3	H=16.44	QP[313]=14823.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[314]=97.4	H=16.44	QP[314]=14838.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[315]=97.5	H=16.44	QP[315]=14854	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[316]=97.6	H=16.44	QP[316]=14869.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[317]=97.7	H=16.44	QP[317]=14884.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[318]=97.8	H=16.44	QP[318]=14899.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[319]=97.9	H=16.44	QP[319]=14914.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[320]=98	H=16.44	QP[320]=14930.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[321]=98.1	H=16.44	QP[321]=14945.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[322]=98.2	H=16.44	QP[322]=14960.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[323]=98.3	H=16.44	QP[323]=14975.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[324]=98.4	H=16.44	QP[324]=14991.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[325]=98.5	H=16.44	QP[325]=15006.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[326]=98.6	H=16.44	QP[326]=15021.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[327]=98.7	H=16.44	QP[327]=15036.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[328]=98.8	H=16.44	QP[328]=15052	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[329]=98.9	H=16.44	QP[329]=15067.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[330]=99	H=16.44	QP[330]=15082.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[331]=99.1	H=16.44	QP[331]=15097.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[332]=99.2	H=16.44	QP[332]=15113	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[333]=99.3	H=16.44	QP[333]=15128.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[334]=99.4	H=16.44	QP[334]=15143.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[335]=99.5	H=16.44	QP[335]=15158.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[336]=99.6	H=16.44	QP[336]=15173.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[337]=99.7	H=16.44	QP[337]=15189.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[338]=99.8	H=16.44	QP[338]=15204.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[339]=99.9	H=16.44	QP[339]=15219.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[340]=100	H=16.44	QP[340]=15234.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[341]=100.1	H=16.44	QP[341]=15250.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[342]=100.2	H=16.44	QP[342]=15265.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[343]=100.3	H=16.44	QP[343]=15280.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[344]=100.4	H=16.44	QP[344]=15295.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[345]=100.5	H=16.44	QP[345]=15311	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[346]=100.6	H=16.44	QP[346]=15326.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[347]=100.7	H=16.44	QP[347]=15341.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[348]=100.8	H=16.44	QP[348]=15356.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[349]=100.9	H=16.44	QP[349]=15372	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[350]=101	H=16.44	QP[350]=15387.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[351]=101.1	H=16.44	QP[351]=15402.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[352]=101.2	H=16.44	QP[352]=15417.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[353]=101.3	H=16.44	QP[353]=15432.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[354]=101.4	H=16.44	QP[354]=15448.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0

L[355]=101.5	H=16.44	QP[355]=15463.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[356]=101.6	H=16.44	QP[356]=15478.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[357]=101.7	H=16.44	QP[357]=15493.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[358]=101.8	H=16.44	QP[358]=15509.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[359]=101.9	H=16.44	QP[359]=15524.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[360]=102	H=16.44	QP[360]=15539.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[361]=102.1	H=16.44	QP[361]=15554.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[362]=102.2	H=16.44	QP[362]=15570	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[363]=102.3	H=16.44	QP[363]=15585.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[364]=102.4	H=16.44	QP[364]=15600.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[365]=102.5	H=16.44	QP[365]=15615.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[366]=102.6	H=16.44	QP[366]=15631	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[367]=102.7	H=16.44	QP[367]=15646.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[368]=102.8	H=16.44	QP[368]=15661.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[369]=102.9	H=16.44	QP[369]=15676.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[370]=103	H=16.44	QP[370]=15691.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[371]=103.1	H=16.44	QP[371]=15707.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[372]=103.2	H=16.44	QP[372]=15722.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[373]=103.3	H=16.44	QP[373]=15737.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[374]=103.4	H=16.44	QP[374]=15752.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[375]=103.5	H=16.44	QP[375]=15768.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[376]=103.6	H=16.44	QP[376]=15783.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[377]=103.7	H=16.44	QP[377]=15798.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[378]=103.8	H=16.44	QP[378]=15813.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[379]=103.9	H=16.44	QP[379]=15829	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[380]=104	H=16.44	QP[380]=15844.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[381]=104.1	H=16.44	QP[381]=15859.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[382]=104.2	H=16.44	QP[382]=15874.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[383]=104.3	H=16.44	QP[383]=15889.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[384]=104.4	H=16.44	QP[384]=15905.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[385]=104.5	H=16.44	QP[385]=15920.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[386]=104.6	H=16.44	QP[386]=15935.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[387]=104.7	H=16.44	QP[387]=15950.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[388]=104.8	H=16.44	QP[388]=15966.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[389]=104.9	H=16.44	QP[389]=15981.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[390]=105	H=16.44	QP[390]=15996.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[391]=105.1	H=16.44	QP[391]=16011.8	P(1)=0	P_m[5]=0	P(2)=0
L[392]=105.2	H=16.44	QP[392]=16027.1	P(1)=0	P_m[5]=0	P(2)=0

Değişen L ve H'lere göre Risk Değerlendirme tablosu

L	H	Yeni QP	MFOSM riski		AFOSM riski P(2)
			P(1)	Pm(i)	
L[1]=66.1	H[1]=16.54	QP[1]=10162.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0384	P(2)=0
L[2]=66.2	H[2]=16.64	QP[2]=10270.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0351	P(2)=0
L[3]=66.3	H[3]=16.74	QP[3]=10378.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0322	P(2)=0
L[4]=66.4	H[4]=16.84	QP[4]=10487.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0294	P(2)=0
L[5]=66.5	H[5]=16.94	QP[5]=10596.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0268	P(2)=0
L[6]=66.6	H[6]=17.04	QP[6]=10706.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0244	P(2)=0
L[7]=66.7	H[7]=17.14	QP[7]=10817.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0222	P(2)=0
L[8]=66.8	H[8]=17.24	QP[8]=10928.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0202	P(2)=0
L[9]=66.9	H[9]=17.34	QP[9]=11040.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0183	P(2)=0
L[10]=67	H[10]=17.44	QP[10]=11152.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0166	P(2)=0
L[11]=67.1	H[11]=17.54	QP[11]=11265.5	P(1)=0	P_m[5]=0.015	P(2)=0
L[12]=67.2	H[12]=17.64	QP[12]=11379	P(1)=0	P_m[5]=0.0136	P(2)=0
L[13]=67.3	H[13]=17.74	QP[13]=11492.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0122	P(2)=0
L[14]=67.4	H[14]=17.84	QP[14]=11607.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0107	P(2)=0
L[15]=67.5	H[15]=17.94	QP[15]=11722.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0096	P(2)=0
L[16]=67.6	H[16]=18.04	QP[16]=11838.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0087	P(2)=0
L[17]=67.7	H[17]=18.14	QP[17]=11954.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0078	P(2)=0
L[18]=67.8	H[18]=18.24	QP[18]=12071.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0069	P(2)=0
L[19]=67.9	H[19]=18.34	QP[19]=12188.6	P(1)=0	P_m[5]=0.006	P(2)=0
L[20]=68	H[20]=18.44	QP[20]=12306.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0054	P(2)=0
L[21]=68.1	H[21]=18.54	QP[21]=12425	P(1)=0	P_m[5]=0.0048	P(2)=0
L[22]=68.2	H[22]=18.64	QP[22]=12544.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0041	P(2)=0
L[23]=68.3	H[23]=18.74	QP[23]=12663.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0037	P(2)=0
L[24]=68.4	H[24]=18.84	QP[24]=12783.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0033	P(2)=0
L[25]=68.5	H[25]=18.94	QP[25]=12904.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0028	P(2)=0
L[26]=68.6	H[26]=19.04	QP[26]=13026	P(1)=0	P_m[5]=0.0025	P(2)=0
L[27]=68.7	H[27]=19.14	QP[27]=13147.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0021	P(2)=0
L[28]=68.8	H[28]=19.24	QP[28]=13270.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0019	P(2)=0
L[29]=68.9	H[29]=19.34	QP[29]=13393.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0016	P(2)=0
L[30]=69	H[30]=19.44	QP[30]=13517	P(1)=0	P_m[5]=0.0014	P(2)=0

L[31]=69.1	H[31]=19.54	QP[31]=13641.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0012	P(2)=0
L[32]=69.2	H[32]=19.64	QP[32]=13765.9	P(1)=0	P_m[5]=0.001	P(2)=0
L[33]=69.3	H[33]=19.74	QP[33]=13891.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0009	P(2)=0
L[34]=69.4	H[34]=19.84	QP[34]=14017.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0008	P(2)=0
L[35]=69.5	H[35]=19.94	QP[35]=14143.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[36]=69.6	H[36]=20.04	QP[36]=14270.6	P(1)=0	P_m[5]=0.0006	P(2)=0
L[37]=69.7	H[37]=20.14	QP[37]=14398.2	P(1)=0	P_m[5]=0.0005	P(2)=0
L[38]=69.8	H[38]=20.24	QP[38]=14526.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0004	P(2)=0
L[39]=69.9	H[39]=20.34	QP[39]=14655.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[40]=70	H[40]=20.44	QP[40]=14784.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0003	P(2)=0
L[41]=70.1	H[41]=20.54	QP[41]=14914.3	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[42]=70.2	H[42]=20.64	QP[42]=15044.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[43]=70.3	H[43]=20.74	QP[43]=15175.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0002	P(2)=0
L[44]=70.4	H[44]=20.84	QP[44]=15307.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[45]=70.5	H[45]=20.94	QP[45]=15439.7	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[46]=70.6	H[46]=21.04	QP[46]=15572.5	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[47]=70.7	H[47]=21.14	QP[47]=15705.9	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[48]=70.8	H[48]=21.24	QP[48]=15839.8	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[49]=70.9	H[49]=21.34	QP[49]=15974.4	P(1)=0	P_m[5]=0.0001	P(2)=0
L[50]=71	H[50]=21.44	QP[50]=16109.5	P(1)=0	P_m[5]=0	P(2)=0
L[51]=71.1	H[51]=21.54	QP[51]=16245.1	P(1)=0	P_m[5]=0.0222	P(2)=0

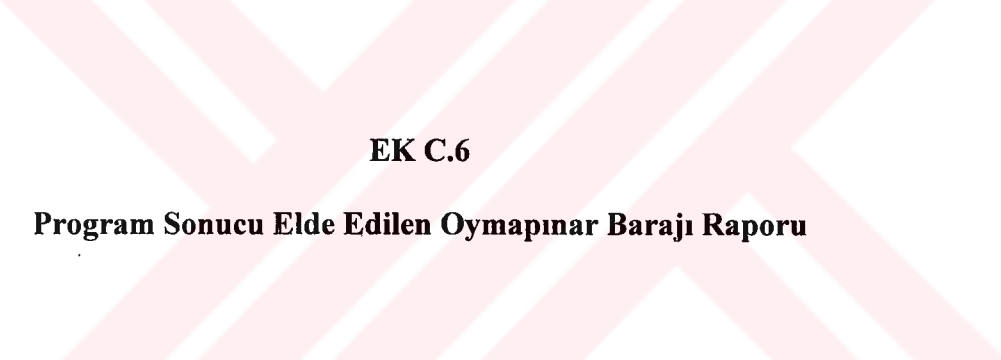
Yukarıda görüldüğü üzere, değişen H ve L' ler için

boyut rehabilitasyonu yapılmış ve riski sıfır yapan

yeni boyutlar elde edilmiştir. Proje için , bundan

sonra yeni boyutlar için maliyet analizi

yapması gerekmektedir.



EK C.6

Program Sonucu Elde Edilen Oymapınar Barajı Raporu

**Hidrolojik ve Meteorolojik Yukleme Bilesenlerinde
Barajların Emniyet Analizi**

Baraj Adi	=Oymapinar Baraji
Baraj Yeri	=Antalya Ili, Manavgat Cayi Uzerinde
Amaci	=Enerji
Kret_Uzunlugu	=358m
Dolu savak esik kotu (m)	=169
Dolu savak Tipi	=Karsidan Alisli, Kapakli
Proje taskin debisi(m3/sn)	=3100
Dolu savak genisligi (m)	=28.2
Dolu savak yuku (m)	=15
Kapak sayisi	=4
Insaat_Baslangici	=1977
Isletmeye_Alinis_Tarihi	=1984
Istasyon_adi_ve_nosu	= Manavgat I. Homa, (9 901),EIEI
Gozlem yapilan yil sayisi	= 44

Maksimum akim gozlem degerleri = 711, 718.8, 724, 650, 558.2, 804, 540, 875, 481.2, 708, 830, 620, 734.4, 434, 778, 750, 519.2, 870, 778, 529.6, 680, 550, 804, 409, 521, 929, 734, 893, 710, 929, 399, 495, 570, 290, 818, 516, 980, 773, 753, 711, 971, 1290, 366, 1290

Gozlem Degerlerinin Istatistik Parametreleri

DAGILIMLAR	PARAMETRELER	DURUM
1. Normal Dagilim	Ortalama: 704.418 Standart sapma: 211.348 Carpiklik katsayisi: 1.88508 Kurtosis katsayisi: 3.75862	
2. Gumbel (EV1)	Alfa G : 164.858 U G : 609.262 Csx : 1.88508	Csx = 1.14
3. Frechet (EV2)	Alfa F : 141.932 U F : 607.249 Csx : 1.88508	Csx > 1.14

4. Weibull (EV3)	Alfa W : 0	
	U W : 0	
	Csx : 1.88508	Csx < 1.14
5. Gamma (2 parametrelili)	Alfa 2 : 11.1087	
	Beta 2 : 63.4113	
	Csx 2 : 0.600065	Csx = 1.88508
6. Gamma (3 parametrelili)	Alfa 3 : 1.12565	
	Beta 3 : 199.204	
	Xo 3 : 480.185	Xo 3 > 0 olmalı
7. Lognormal 2 parametrelili	Y L2 : 6.51427	
	S L2 : 0.293591	
8. Lognormal 3 parametrelili	A L3 : 2.31672	
	B L3 : -0.431644	
	Xo L3 : 331.967	Xo L3 > 0

2,5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 15000 yıllık taskin degerleri

Dagilimlar	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q100
Frechet D.	658.35	805.292	894.011	997.206	1067.82	1133.2
Gamma 2 D.	683.495	873.497	985.089	1114.22	1202.99	1286.6
Gamma 3 D.	642.282	836.934	981.284	1170.86	1313.31	1455.3
Lognormal 2 D.	674.704	863.411	982.471	1127.84	1231.68	1337.2
	Q200	Q500	Q1000	Q5000	Q10000	Q15000
Frechet D.	1194.22	1268.54	1320.45	1428.21	1469.65	1492.6
Gamma 2 D.	1366.36	1431.67	1540.51			
Gamma 3 D.	1596.94	1719.95	1924.95			
Lognormal 2 D.	1439.05	1571.55	1666.59	1885.3	1981.78	2120.2

Oymapinar Baraji
Dolu savagina ait risk tablosu

Risk Metodu	QP'ye gore risk (Proje taskini)	QPm'ye gore risk (m kapak kapali)	Qs' e gore risk (n yillik taskin)
MFOSM	P(1)=0	P _m [1]=0 P _m [2]=0.0001 P _m [3]=0.3745	P _{Ps} [100]=0.0004 P _s [200]=0
AFOSM	P(2)=0	P _a [1]=0 P _a [2]=0 P _a [3]=0	P _{sa} [100]=0.001 P _{sa} [200]=0.0001 P _{sa} [500]=0

Degisen H lere gore Risk Degerlendirme tablosu

L	H	Yeni QP	MFOSM riski				AFOSM riski
L sabit			P(1)	P _m (i)			P(2)
L=28.2	Hi[1]=15.1	QP_Hi[1]=3131.05	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0.0001	P _m [3]=0.3632	P(2)=0
L=28.2	Hi[2]=15.2	QP_Hi[2]=3162.21	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.3483	P(2)=0
L=28.2	Hi[3]=15.3	QP_Hi[3]=3193.46	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.3372	P(2)=0
L=28.2	Hi[4]=15.4	QP_Hi[4]=3224.82	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.3228	P(2)=0
L=28.2	Hi[5]=15.5	QP_Hi[5]=3256.28	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.3121	P(2)=0
L=28.2	Hi[6]=15.6	QP_Hi[6]=3287.85	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2981	P(2)=0
L=28.2	Hi[7]=15.7	QP_Hi[7]=3319.51	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2877	P(2)=0
L=28.2	Hi[8]=15.8	QP_Hi[8]=3351.28	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2743	P(2)=0
L=28.2	Hi[9]=15.9	QP_Hi[9]=3383.14	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2643	P(2)=0
L=28.2	Hi[10]=16	QP_Hi[10]=3415.11	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2514	P(2)=0
L=28.2	Hi[11]=16.1	QP_Hi[11]=3447.18	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2389	P(2)=0
L=28.2	Hi[12]=16.2	QP_Hi[12]=3479.34	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2296	P(2)=0
L=28.2	Hi[13]=16.3	QP_Hi[13]=3511.61	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2177	P(2)=0
L=28.2	Hi[14]=16.4	QP_Hi[14]=3543.97	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.2061	P(2)=0
L=28.2	Hi[15]=16.5	QP_Hi[15]=3576.44	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1977	P(2)=0
L=28.2	Hi[16]=16.6	QP_Hi[16]=3609	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1867	P(2)=0
L=28.2	Hi[17]=16.7	QP_Hi[17]=3641.66	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1788	P(2)=0
L=28.2	Hi[18]=16.8	QP_Hi[18]=3674.42	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1685	P(2)=0
L=28.2	Hi[19]=16.9	QP_Hi[19]=3707.28	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1587	P(2)=0
L=28.2	Hi[20]=17	QP_Hi[20]=3740.23	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1492	P(2)=0
L=28.2	Hi[21]=17.1	QP_Hi[21]=3773.28	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1423	P(2)=0
L=28.2	Hi[22]=17.2	QP_Hi[22]=3806.43	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1335	P(2)=0
L=28.2	Hi[23]=17.3	QP_Hi[23]=3839.67	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1251	P(2)=0
L=28.2	Hi[24]=17.4	QP_Hi[24]=3873.01	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.119	P(2)=0
L=28.2	Hi[25]=17.5	QP_Hi[25]=3906.45	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1112	P(2)=0
L=28.2	Hi[26]=17.6	QP_Hi[26]=3939.98	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.1038	P(2)=0
L=28.2	Hi[27]=17.7	QP_Hi[27]=3973.61	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0968	P(2)=0
L=28.2	Hi[28]=17.8	QP_Hi[28]=4007.33	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0901	P(2)=0
L=28.2	Hi[29]=17.9	QP_Hi[29]=4041.14	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0853	P(2)=0
L=28.2	Hi[30]=18	QP_Hi[30]=4075.06	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0793	P(2)=0
L=28.2	Hi[31]=18.1	QP_Hi[31]=4109.06	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0735	P(2)=0
L=28.2	Hi[32]=18.2	QP_Hi[32]=4143.16	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0681	P(2)=0
L=28.2	Hi[33]=18.3	QP_Hi[33]=4177.35	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.063	P(2)=0
L=28.2	Hi[34]=18.4	QP_Hi[34]=4211.64	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0594	P(2)=0
L=28.2	Hi[35]=18.5	QP_Hi[35]=4246.02	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0548	P(2)=0
L=28.2	Hi[36]=18.6	QP_Hi[36]=4280.5	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0505	P(2)=0
L=28.2	Hi[37]=18.7	QP_Hi[37]=4315.06	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0465	P(2)=0
L=28.2	Hi[38]=18.8	QP_Hi[38]=4349.72	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0427	P(2)=0
L=28.2	Hi[39]=18.9	QP_Hi[39]=4384.47	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0392	P(2)=0
L=28.2	Hi[40]=19	QP_Hi[40]=4419.32	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0359	P(2)=0
L=28.2	Hi[41]=19.1	QP_Hi[41]=4454.25	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0329	P(2)=0
L=28.2	Hi[42]=19.2	QP_Hi[42]=4489.28	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0301	P(2)=0
L=28.2	Hi[43]=19.3	QP_Hi[43]=4524.4	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0274	P(2)=0
L=28.2	Hi[44]=19.4	QP_Hi[44]=4559.61	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0256	P(2)=0
L=28.2	Hi[45]=19.5	QP_Hi[45]=4594.91	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0233	P(2)=0
L=28.2	Hi[46]=19.6	QP_Hi[46]=4630.3	P(1)=0	P _m [1]=0	P _m [2]=0	P _m [3]=0.0212	P(2)=0

L=28.2	Hi[47]=19.7	QP_Hi[47]=4665.78	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0192	P(2)=0
L=28.2	Hi[48]=19.8	QP_Hi[48]=4701.35	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0174	P(2)=0
L=28.2	Hi[49]=19.9	QP_Hi[49]=4737.01	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0158	P(2)=0
L=28.2	Hi[50]=20	QP_Hi[50]=4772.76	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0143	P(2)=0
L=28.2	Hi[51]=20.1	QP_Hi[51]=4808.6	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0129	P(2)=0
L=28.2	Hi[52]=20.2	QP_Hi[52]=4844.53	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0116	P(2)=0
L=28.2	Hi[53]=20.3	QP_Hi[53]=4880.55	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0104	P(2)=0
L=28.2	Hi[54]=20.4	QP_Hi[54]=4916.66	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0091	P(2)=0
L=28.2	Hi[55]=20.5	QP_Hi[55]=4952.85	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0082	P(2)=0
L=28.2	Hi[56]=20.6	QP_Hi[56]=4989.14	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0073	P(2)=0
L=28.2	Hi[57]=20.7	QP_Hi[57]=5025.51	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0066	P(2)=0
L=28.2	Hi[58]=20.8	QP_Hi[58]=5061.97	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0059	P(2)=0
L=28.2	Hi[59]=20.9	QP_Hi[59]=5098.52	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0052	P(2)=0
L=28.2	Hi[60]=21	QP_Hi[60]=5135.16	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0047	P(2)=0
L=28.2	Hi[61]=21.1	QP_Hi[61]=5171.88	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0041	P(2)=0
L=28.2	Hi[62]=21.2	QP_Hi[62]=5208.69	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0037	P(2)=0
L=28.2	Hi[63]=21.3	QP_Hi[63]=5245.59	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0033	P(2)=0
L=28.2	Hi[64]=21.4	QP_Hi[64]=5282.57	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0028	P(2)=0
L=28.2	Hi[65]=21.5	QP_Hi[65]=5319.64	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0025	P(2)=0
L=28.2	Hi[66]=21.6	QP_Hi[66]=5356.8	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0022	P(2)=0
L=28.2	Hi[67]=21.7	QP_Hi[67]=5394.04	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0019	P(2)=0
L=28.2	Hi[68]=21.8	QP_Hi[68]=5431.37	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0017	P(2)=0
L=28.2	Hi[69]=21.9	QP_Hi[69]=5468.79	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0014	P(2)=0
L=28.2	Hi[70]=22	QP_Hi[70]=5506.29	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0013	P(2)=0
L=28.2	Hi[71]=22.1	QP_Hi[71]=5543.87	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0011	P(2)=0
L=28.2	Hi[72]=22.2	QP_Hi[72]=5581.54	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.001	P(2)=0
L=28.2	Hi[73]=22.3	QP_Hi[73]=5619.3	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0008	P(2)=0
L=28.2	Hi[74]=22.4	QP_Hi[74]=5657.14	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0007	P(2)=0
L=28.2	Hi[75]=22.5	QP_Hi[75]=5695.06	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0006	P(2)=0
L=28.2	Hi[76]=22.6	QP_Hi[76]=5733.07	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L=28.2	Hi[77]=22.7	QP_Hi[77]=5771.17	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L=28.2	Hi[78]=22.8	QP_Hi[78]=5809.34	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0004	P(2)=0
L=28.2	Hi[79]=22.9	QP_Hi[79]=5847.6	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L=28.2	Hi[80]=23	QP_Hi[80]=5885.95	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L=28.2	Hi[81]=23.1	QP_Hi[81]=5924.38	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L=28.2	Hi[82]=23.2	QP_Hi[82]=5962.89	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L=28.2	Hi[83]=23.3	QP_Hi[83]=6001.48	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L=28.2	Hi[84]=23.4	QP_Hi[84]=6040.16	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L=28.2	Hi[85]=23.5	QP_Hi[85]=6078.92	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L=28.2	Hi[86]=23.6	QP_Hi[86]=6117.77	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L=28.2	Hi[87]=23.7	QP_Hi[87]=6156.69	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L=28.2	Hi[88]=23.8	QP_Hi[88]=6195.7	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L=28.2	Hi[89]=23.9	QP_Hi[89]=6234.79	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L=28.2	Hi[90]=24	QP_Hi[90]=6273.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L=28.2	Hi[91]=24.1	QP_Hi[91]=6313.21	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0	P(2)=0
L=28.2	Hi[92]=24.2	QP_Hi[92]=6352.55	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0	P(2)=0

Değişen L iere göre Risk Degerlendirme tablosu

L	H sabit	Yeni QP	MFOSM riski		AFOSM riski		
			P(1)	Pm(i)			P(2)
L[1]=28.3	H=15	QP[1]=3110.99	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0.0001	P_m[3]=0.3707	P(2)=0
L[2]=28.4	H=15	QP[2]=3121.99	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0.0001	P_m[3]=0.3669	P(2)=0
L[3]=28.5	H=15	QP[3]=3132.98	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0.0001	P_m[3]=0.3632	P(2)=0
L[4]=28.6	H=15	QP[4]=3143.97	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0.0001	P_m[3]=0.3557	P(2)=0
L[5]=28.7	H=15	QP[5]=3154.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.352	P(2)=0
L[6]=28.8	H=15	QP[6]=3165.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3483	P(2)=0
L[7]=28.9	H=15	QP[7]=3176.95	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3446	P(2)=0
L[8]=29	H=15	QP[8]=3187.94	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3372	P(2)=0
L[9]=29.1	H=15	QP[9]=3198.94	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3336	P(2)=0
L[10]=29.2	H=15	QP[10]=3209.93	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.33	P(2)=0
L[11]=29.3	H=15	QP[11]=3220.92	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3264	P(2)=0
L[12]=29.4	H=15	QP[12]=3231.91	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3228	P(2)=0
L[13]=29.5	H=15	QP[13]=3242.91	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3156	P(2)=0
L[14]=29.6	H=15	QP[14]=3253.9	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3121	P(2)=0
L[15]=29.7	H=15	QP[15]=3264.89	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3085	P(2)=0
L[16]=29.8	H=15	QP[16]=3275.89	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.305	P(2)=0
L[17]=29.9	H=15	QP[17]=3286.88	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2981	P(2)=0
L[18]=30	H=15	QP[18]=3297.87	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2946	P(2)=0

L[19]=30.1	H=15	QP[19]=3308.87	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2912	P(2)=0
L[20]=30.2	H=15	QP[20]=3319.86	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2877	P(2)=0
L[21]=30.3	H=15	QP[21]=3330.85	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.281	P(2)=0
L[22]=30.4	H=15	QP[22]=3341.84	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2776	P(2)=0
L[23]=30.5	H=15	QP[23]=3352.84	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2743	P(2)=0
L[24]=30.6	H=15	QP[24]=3363.83	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2709	P(2)=0
L[25]=30.7	H=15	QP[25]=3374.82	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2643	P(2)=0
L[26]=30.8	H=15	QP[26]=3385.82	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2611	P(2)=0
L[27]=30.9	H=15	QP[27]=3396.81	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2578	P(2)=0
L[28]=31	H=15	QP[28]=3407.8	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2546	P(2)=0
L[29]=31.1	H=15	QP[29]=3418.79	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2514	P(2)=0
L[30]=31.2	H=15	QP[30]=3429.79	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2451	P(2)=0
L[31]=31.3	H=15	QP[31]=3440.78	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.242	P(2)=0
L[32]=31.4	H=15	QP[32]=3451.77	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2389	P(2)=0
L[33]=31.5	H=15	QP[33]=3462.77	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2358	P(2)=0
L[34]=31.6	H=15	QP[34]=3473.76	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2296	P(2)=0
L[35]=31.7	H=15	QP[35]=3484.75	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2266	P(2)=0
L[36]=31.8	H=15	QP[36]=3495.74	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2236	P(2)=0
L[37]=31.9	H=15	QP[37]=3506.74	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2206	P(2)=0
L[38]=32	H=15	QP[38]=3517.73	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2148	P(2)=0
L[39]=32.1	H=15	QP[39]=3528.72	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2119	P(2)=0
L[40]=32.2	H=15	QP[40]=3539.72	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.209	P(2)=0
L[41]=32.3	H=15	QP[41]=3550.71	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2061	P(2)=0
L[42]=32.4	H=15	QP[42]=3561.7	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2033	P(2)=0
L[43]=32.5	H=15	QP[43]=3572.69	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1977	P(2)=0
L[44]=32.6	H=15	QP[44]=3583.69	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1949	P(2)=0
L[45]=32.7	H=15	QP[45]=3594.68	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1922	P(2)=0
L[46]=32.8	H=15	QP[46]=3605.67	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1894	P(2)=0
L[47]=32.9	H=15	QP[47]=3616.67	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1841	P(2)=0
L[48]=33	H=15	QP[48]=3627.66	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1814	P(2)=0
L[49]=33.1	H=15	QP[49]=3638.65	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1788	P(2)=0
L[50]=33.2	H=15	QP[50]=3649.65	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1762	P(2)=0
L[51]=33.3	H=15	QP[51]=3660.64	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1711	P(2)=0
L[52]=33.4	H=15	QP[52]=3671.63	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1685	P(2)=0
L[53]=33.5	H=15	QP[53]=3682.62	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.166	P(2)=0
L[54]=33.6	H=15	QP[54]=3693.62	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1635	P(2)=0
L[55]=33.7	H=15	QP[55]=3704.61	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1587	P(2)=0
L[56]=33.8	H=15	QP[56]=3715.6	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1562	P(2)=0
L[57]=33.9	H=15	QP[57]=3726.6	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1539	P(2)=0
L[58]=34	H=15	QP[58]=3737.59	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1515	P(2)=0
L[59]=34.1	H=15	QP[59]=3748.58	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1492	P(2)=0
L[60]=34.2	H=15	QP[60]=3759.57	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1446	P(2)=0
L[61]=34.3	H=15	QP[61]=3770.57	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1423	P(2)=0
L[62]=34.4	H=15	QP[62]=3781.56	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1401	P(2)=0
L[63]=34.5	H=15	QP[63]=3792.55	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1379	P(2)=0
L[64]=34.6	H=15	QP[64]=3803.55	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1335	P(2)=0
L[65]=34.7	H=15	QP[65]=3814.54	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1314	P(2)=0
L[66]=34.8	H=15	QP[66]=3825.53	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1292	P(2)=0
L[67]=34.9	H=15	QP[67]=3836.52	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1271	P(2)=0
L[68]=35	H=15	QP[68]=3847.52	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.123	P(2)=0
L[69]=35.1	H=15	QP[69]=3858.51	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.121	P(2)=0
L[70]=35.2	H=15	QP[70]=3869.5	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.119	P(2)=0
L[71]=35.3	H=15	QP[71]=3880.5	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.117	P(2)=0
L[72]=35.4	H=15	QP[72]=3891.49	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1131	P(2)=0
L[73]=35.5	H=15	QP[73]=3902.48	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1112	P(2)=0
L[74]=35.6	H=15	QP[74]=3913.48	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1093	P(2)=0
L[75]=35.7	H=15	QP[75]=3924.47	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1075	P(2)=0
L[76]=35.8	H=15	QP[76]=3935.46	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1056	P(2)=0
L[77]=35.9	H=15	QP[77]=3946.45	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.102	P(2)=0
L[78]=36	H=15	QP[78]=3957.45	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1003	P(2)=0
L[79]=36.1	H=15	QP[79]=3968.44	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0985	P(2)=0
L[80]=36.2	H=15	QP[80]=3979.43	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0968	P(2)=0
L[81]=36.3	H=15	QP[81]=3990.43	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0934	P(2)=0
L[82]=36.4	H=15	QP[82]=4001.42	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0918	P(2)=0
L[83]=36.5	H=15	QP[83]=4012.41	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0901	P(2)=0
L[84]=36.6	H=15	QP[84]=4023.4	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0885	P(2)=0
L[85]=36.7	H=15	QP[85]=4034.4	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0853	P(2)=0
L[86]=36.8	H=15	QP[86]=4045.39	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0838	P(2)=0
L[87]=36.9	H=15	QP[87]=4056.38	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0823	P(2)=0
L[88]=37	H=15	QP[88]=4067.38	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0808	P(2)=0
L[89]=37.1	H=15	QP[89]=4078.37	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0793	P(2)=0
L[90]=37.2	H=15	QP[90]=4089.36	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0764	P(2)=0
L[91]=37.3	H=15	QP[91]=4100.35	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0749	P(2)=0
L[92]=37.4	H=15	QP[92]=4111.35	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0735	P(2)=0
L[93]=37.5	H=15	QP[93]=4122.34	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0721	P(2)=0
L[94]=37.6	H=15	QP[94]=4133.33	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0694	P(2)=0

L[95]=37.7	H=15	QP[95]=4144.33	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0681	P(2)=0
L[96]=37.8	H=15	QP[96]=4155.32	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0668	P(2)=0
L[97]=37.9	H=15	QP[97]=4166.31	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0655	P(2)=0
L[98]=38	H=15	QP[98]=4177.3	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.063	P(2)=0
L[99]=38.1	H=15	QP[99]=4188.3	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0618	P(2)=0
L[100]=38.2	H=15	QP[100]=4199.29	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0606	P(2)=0
L[101]=38.3	H=15	QP[101]=4210.28	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0594	P(2)=0
L[102]=38.4	H=15	QP[102]=4221.28	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0571	P(2)=0
L[103]=38.5	H=15	QP[103]=4232.27	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0559	P(2)=0
L[104]=38.6	H=15	QP[104]=4243.26	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0548	P(2)=0
L[105]=38.7	H=15	QP[105]=4254.26	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0537	P(2)=0
L[106]=38.8	H=15	QP[106]=4265.25	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0526	P(2)=0
L[107]=38.9	H=15	QP[107]=4276.24	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0505	P(2)=0
L[108]=39	H=15	QP[108]=4287.23	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0495	P(2)=0
L[109]=39.1	H=15	QP[109]=4298.23	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0485	P(2)=0
L[110]=39.2	H=15	QP[110]=4309.22	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0475	P(2)=0
L[111]=39.3	H=15	QP[111]=4320.21	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0455	P(2)=0
L[112]=39.4	H=15	QP[112]=4331.21	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0446	P(2)=0
L[113]=39.5	H=15	QP[113]=4342.2	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0436	P(2)=0
L[114]=39.6	H=15	QP[114]=4353.19	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0427	P(2)=0
L[115]=39.7	H=15	QP[115]=4364.18	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0409	P(2)=0
L[116]=39.8	H=15	QP[116]=4375.18	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0401	P(2)=0
L[117]=39.9	H=15	QP[117]=4386.17	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0392	P(2)=0
L[118]=40	H=15	QP[118]=4397.16	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0384	P(2)=0
L[119]=40.1	H=15	QP[119]=4408.16	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0375	P(2)=0
L[120]=40.2	H=15	QP[120]=4419.15	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0359	P(2)=0
L[121]=40.3	H=15	QP[121]=4430.14	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0351	P(2)=0
L[122]=40.4	H=15	QP[122]=4441.13	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0344	P(2)=0
L[123]=40.5	H=15	QP[123]=4452.13	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0336	P(2)=0
L[124]=40.6	H=15	QP[124]=4463.12	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0322	P(2)=0
L[125]=40.7	H=15	QP[125]=4474.11	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0314	P(2)=0
L[126]=40.8	H=15	QP[126]=4485.11	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0307	P(2)=0
L[127]=40.9	H=15	QP[127]=4496.1	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0301	P(2)=0
L[128]=41	H=15	QP[128]=4507.09	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0287	P(2)=0
L[129]=41.1	H=15	QP[129]=4518.08	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0281	P(2)=0
L[130]=41.2	H=15	QP[130]=4529.08	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0274	P(2)=0
L[131]=41.3	H=15	QP[131]=4540.07	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0268	P(2)=0
L[132]=41.4	H=15	QP[132]=4551.06	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0256	P(2)=0
L[133]=41.5	H=15	QP[133]=4562.06	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.025	P(2)=0
L[134]=41.6	H=15	QP[134]=4573.05	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0244	P(2)=0
L[135]=41.7	H=15	QP[135]=4584.04	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0239	P(2)=0
L[136]=41.8	H=15	QP[136]=4595.04	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0233	P(2)=0
L[137]=41.9	H=15	QP[137]=4606.03	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0222	P(2)=0
L[138]=42	H=15	QP[138]=4617.02	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0217	P(2)=0
L[139]=42.1	H=15	QP[139]=4628.01	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0212	P(2)=0
L[140]=42.2	H=15	QP[140]=4639.01	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0207	P(2)=0
L[141]=42.3	H=15	QP[141]=4650	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0197	P(2)=0
L[142]=42.4	H=15	QP[142]=4660.99	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0192	P(2)=0
L[143]=42.5	H=15	QP[143]=4671.99	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0188	P(2)=0
L[144]=42.6	H=15	QP[144]=4682.98	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0183	P(2)=0
L[145]=42.7	H=15	QP[145]=4693.97	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0174	P(2)=0
L[146]=42.8	H=15	QP[146]=4704.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.017	P(2)=0
L[147]=42.9	H=15	QP[147]=4715.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0166	P(2)=0
L[148]=43	H=15	QP[148]=4726.95	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0162	P(2)=0
L[149]=43.1	H=15	QP[149]=4737.94	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0158	P(2)=0
L[150]=43.2	H=15	QP[150]=4748.94	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.015	P(2)=0
L[151]=43.3	H=15	QP[151]=4759.93	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0146	P(2)=0
L[152]=43.4	H=15	QP[152]=4770.92	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0143	P(2)=0
L[153]=43.5	H=15	QP[153]=4781.91	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0139	P(2)=0
L[154]=43.6	H=15	QP[154]=4792.91	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0132	P(2)=0
L[155]=43.7	H=15	QP[155]=4803.9	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0129	P(2)=0
L[156]=43.8	H=15	QP[156]=4814.89	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0125	P(2)=0
L[157]=43.9	H=15	QP[157]=4825.89	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0122	P(2)=0
L[158]=44	H=15	QP[158]=4836.88	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0116	P(2)=0
L[159]=44.1	H=15	QP[159]=4847.87	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0113	P(2)=0
L[160]=44.2	H=15	QP[160]=4858.87	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.011	P(2)=0
L[161]=44.3	H=15	QP[161]=4869.86	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0107	P(2)=0
L[162]=44.4	H=15	QP[162]=4880.85	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0102	P(2)=0
L[163]=44.5	H=15	QP[163]=4891.84	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0099	P(2)=0
L[164]=44.6	H=15	QP[164]=4902.84	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0096	P(2)=0
L[165]=44.7	H=15	QP[165]=4913.83	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0094	P(2)=0
L[166]=44.8	H=15	QP[166]=4924.82	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0091	P(2)=0
L[167]=44.9	H=15	QP[167]=4935.82	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0087	P(2)=0
L[168]=45	H=15	QP[168]=4946.81	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0084	P(2)=0
L[169]=45.1	H=15	QP[169]=4957.8	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0082	P(2)=0
L[170]=45.2	H=15	QP[170]=4968.79	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.008	P(2)=0

L[171]=45.3	H=15	QP[171]=4979.79	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0075	P(2)=0
L[172]=45.4	H=15	QP[172]=4990.78	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0073	P(2)=0
L[173]=45.5	H=15	QP[173]=5001.77	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0071	P(2)=0
L[174]=45.6	H=15	QP[174]=5012.77	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0069	P(2)=0
L[175]=45.7	H=15	QP[175]=5023.76	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0066	P(2)=0
L[176]=45.8	H=15	QP[176]=5034.75	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0064	P(2)=0
L[177]=45.9	H=15	QP[177]=5045.74	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0062	P(2)=0
L[178]=46	H=15	QP[178]=5056.74	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.006	P(2)=0
L[179]=46.1	H=15	QP[179]=5067.73	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0059	P(2)=0
L[180]=46.2	H=15	QP[180]=5078.72	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0055	P(2)=0
L[181]=46.3	H=15	QP[181]=5089.72	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0054	P(2)=0
L[182]=46.4	H=15	QP[182]=5100.71	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0052	P(2)=0
L[183]=46.5	H=15	QP[183]=5111.7	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0051	P(2)=0
L[184]=46.6	H=15	QP[184]=5122.69	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0048	P(2)=0
L[185]=46.7	H=15	QP[185]=5133.69	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0047	P(2)=0
L[186]=46.8	H=15	QP[186]=5144.68	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0045	P(2)=0
L[187]=46.9	H=15	QP[187]=5155.67	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0044	P(2)=0
L[188]=47	H=15	QP[188]=5166.67	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0041	P(2)=0
L[189]=47.1	H=15	QP[189]=5177.66	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.004	P(2)=0
L[190]=47.2	H=15	QP[190]=5188.65	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0039	P(2)=0
L[191]=47.3	H=15	QP[191]=5199.65	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0038	P(2)=0
L[192]=47.4	H=15	QP[192]=5210.64	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0036	P(2)=0
L[193]=47.5	H=15	QP[193]=5221.63	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0035	P(2)=0
L[194]=47.6	H=15	QP[194]=5232.62	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0034	P(2)=0
L[195]=47.7	H=15	QP[195]=5243.62	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0033	P(2)=0
L[196]=47.8	H=15	QP[196]=5254.61	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0032	P(2)=0
L[197]=47.9	H=15	QP[197]=5265.6	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.003	P(2)=0
L[198]=48	H=15	QP[198]=5276.6	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0029	P(2)=0
L[199]=48.1	H=15	QP[199]=5287.59	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0028	P(2)=0
L[200]=48.2	H=15	QP[200]=5298.58	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0027	P(2)=0
L[201]=48.3	H=15	QP[201]=5309.57	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0026	P(2)=0
L[202]=48.4	H=15	QP[202]=5320.57	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0025	P(2)=0
L[203]=48.5	H=15	QP[203]=5331.56	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0024	P(2)=0
L[204]=48.6	H=15	QP[204]=5342.55	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0023	P(2)=0
L[205]=48.7	H=15	QP[205]=5353.55	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0022	P(2)=0
L[206]=48.8	H=15	QP[206]=5364.54	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0021	P(2)=0
L[207]=48.9	H=15	QP[207]=5375.53	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0021	P(2)=0
L[208]=49	H=15	QP[208]=5386.52	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.002	P(2)=0
L[209]=49.1	H=15	QP[209]=5397.52	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0019	P(2)=0
L[210]=49.2	H=15	QP[210]=5408.51	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0018	P(2)=0
L[211]=49.3	H=15	QP[211]=5419.5	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0018	P(2)=0
L[212]=49.4	H=15	QP[212]=5430.5	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0017	P(2)=0
L[213]=49.5	H=15	QP[213]=5441.49	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0016	P(2)=0
L[214]=49.6	H=15	QP[214]=5452.48	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0015	P(2)=0
L[215]=49.7	H=15	QP[215]=5463.48	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0015	P(2)=0
L[216]=49.8	H=15	QP[216]=5474.47	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0014	P(2)=0
L[217]=49.9	H=15	QP[217]=5485.46	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0014	P(2)=0
L[218]=50	H=15	QP[218]=5496.45	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0013	P(2)=0
L[219]=50.1	H=15	QP[219]=5507.45	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0013	P(2)=0
L[220]=50.2	H=15	QP[220]=5518.44	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0012	P(2)=0
L[221]=50.3	H=15	QP[221]=5529.43	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0012	P(2)=0
L[222]=50.4	H=15	QP[222]=5540.43	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0011	P(2)=0
L[223]=50.5	H=15	QP[223]=5551.42	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0011	P(2)=0
L[224]=50.6	H=15	QP[224]=5562.41	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.001	P(2)=0
L[225]=50.7	H=15	QP[225]=5573.4	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.001	P(2)=0
L[226]=50.8	H=15	QP[226]=5584.4	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.001	P(2)=0
L[227]=50.9	H=15	QP[227]=5595.39	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0009	P(2)=0
L[228]=51	H=15	QP[228]=5606.38	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0009	P(2)=0
L[229]=51.1	H=15	QP[229]=5617.38	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0008	P(2)=0
L[230]=51.2	H=15	QP[230]=5628.37	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0008	P(2)=0
L[231]=51.3	H=15	QP[231]=5639.36	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0008	P(2)=0
L[232]=51.4	H=15	QP[232]=5650.35	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0007	P(2)=0
L[233]=51.5	H=15	QP[233]=5661.35	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0007	P(2)=0
L[234]=51.6	H=15	QP[234]=5672.34	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0007	P(2)=0
L[235]=51.7	H=15	QP[235]=5683.33	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0006	P(2)=0
L[236]=51.8	H=15	QP[236]=5694.33	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0006	P(2)=0
L[237]=51.9	H=15	QP[237]=5705.32	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0006	P(2)=0
L[238]=52	H=15	QP[238]=5716.31	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0006	P(2)=0
L[239]=52.1	H=15	QP[239]=5727.3	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L[240]=52.2	H=15	QP[240]=5738.3	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L[241]=52.3	H=15	QP[241]=5749.29	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L[242]=52.4	H=15	QP[242]=5760.28	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L[243]=52.5	H=15	QP[243]=5771.28	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L[244]=52.6	H=15	QP[244]=5782.27	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0004	P(2)=0
L[245]=52.7	H=15	QP[245]=5793.26	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0004	P(2)=0
L[246]=52.8	H=15	QP[246]=5804.26	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0004	P(2)=0

L[247]=52.9	H=15	QP[247]=5815.25	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0004	P(2)=0
L[248]=53	H=15	QP[248]=5826.24	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0004	P(2)=0
L[249]=53.1	H=15	QP[249]=5837.23	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[250]=53.2	H=15	QP[250]=5848.23	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[251]=53.3	H=15	QP[251]=5859.22	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[252]=53.4	H=15	QP[252]=5870.21	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[253]=53.5	H=15	QP[253]=5881.21	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[254]=53.6	H=15	QP[254]=5892.2	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[255]=53.7	H=15	QP[255]=5903.19	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[256]=53.8	H=15	QP[256]=5914.18	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[257]=53.9	H=15	QP[257]=5925.18	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[258]=54	H=15	QP[258]=5936.17	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[259]=54.1	H=15	QP[259]=5947.16	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[260]=54.2	H=15	QP[260]=5958.16	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[261]=54.3	H=15	QP[261]=5969.15	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[262]=54.4	H=15	QP[262]=5980.14	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[263]=54.5	H=15	QP[263]=5991.13	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[264]=54.6	H=15	QP[264]=6002.13	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[265]=54.7	H=15	QP[265]=6013.12	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[266]=54.8	H=15	QP[266]=6024.11	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[267]=54.9	H=15	QP[267]=6035.11	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[268]=55	H=15	QP[268]=6046.1	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[269]=55.1	H=15	QP[269]=6057.09	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[270]=55.2	H=15	QP[270]=6068.08	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[271]=55.3	H=15	QP[271]=6079.08	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[272]=55.4	H=15	QP[272]=6090.07	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[273]=55.5	H=15	QP[273]=6101.06	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[274]=55.6	H=15	QP[274]=6112.06	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[275]=55.7	H=15	QP[275]=6123.05	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[276]=55.8	H=15	QP[276]=6134.04	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[277]=55.9	H=15	QP[277]=6145.04	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[278]=56	H=15	QP[278]=6156.03	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[279]=56.1	H=15	QP[279]=6167.02	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[280]=56.2	H=15	QP[280]=6178.01	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[281]=56.3	H=15	QP[281]=6189.01	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[282]=56.4	H=15	QP[282]=6200	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[283]=56.5	H=15	QP[283]=6210.99	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[284]=56.6	H=15	QP[284]=6221.99	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[285]=56.7	H=15	QP[285]=6232.98	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[286]=56.8	H=15	QP[286]=6243.97	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[287]=56.9	H=15	QP[287]=6254.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[288]=57	H=15	QP[288]=6265.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[289]=57.1	H=15	QP[289]=6276.95	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[290]=57.2	H=15	QP[290]=6287.94	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[291]=57.3	H=15	QP[291]=6298.94	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0	P(2)=0
L[292]=57.4	H=15	QP[292]=6309.93	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0	P(2)=0

Degisen L ve H'lere gore Risk Degerlendirme tablosu

L	H	Yeni QP	MFOSM riski			AFOSM riski	
			P(1)	Pm(i)		P(2)	
L[1]=28.3	H[1]=15.1	QP[1]=3142.15	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0.0001	P_m[3]=0.3594	P(2)=0
L[2]=28.4	H[2]=15.2	QP[2]=3184.63	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3409	P(2)=0
L[3]=28.5	H[3]=15.3	QP[3]=3227.44	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.3228	P(2)=0
L[4]=28.6	H[4]=15.4	QP[4]=3270.56	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.305	P(2)=0
L[5]=28.7	H[5]=15.5	QP[5]=3314.02	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2877	P(2)=0
L[6]=28.8	H[6]=15.6	QP[6]=3357.8	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2709	P(2)=0
L[7]=28.9	H[7]=15.7	QP[7]=3401.91	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2546	P(2)=0
L[8]=29	H[8]=15.8	QP[8]=3446.35	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2389	P(2)=0
L[9]=29.1	H[9]=15.9	QP[9]=3491.12	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.2236	P(2)=0
L[10]=29.2	H[10]=16	QP[10]=3536.21	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.209	P(2)=0
L[11]=29.3	H[11]=16.1	QP[11]=3581.64	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1949	P(2)=0
L[12]=29.4	H[12]=16.2	QP[12]=3627.4	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1814	P(2)=0
L[13]=29.5	H[13]=16.3	QP[13]=3673.49	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1685	P(2)=0
L[14]=29.6	H[14]=16.4	QP[14]=3719.92	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1562	P(2)=0
L[15]=29.7	H[15]=16.5	QP[15]=3766.67	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1446	P(2)=0
L[16]=29.8	H[16]=16.6	QP[16]=3813.77	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1314	P(2)=0
L[17]=29.9	H[17]=16.7	QP[17]=3861.19	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.121	P(2)=0
L[18]=30	H[18]=16.8	QP[18]=3908.96	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1112	P(2)=0
L[19]=30.1	H[19]=16.9	QP[19]=3957.06	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.1003	P(2)=0
L[20]=30.2	H[20]=17	QP[20]=4005.49	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0918	P(2)=0
L[21]=30.3	H[21]=17.1	QP[21]=4054.27	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0823	P(2)=0

L[22]=30.4	H[22]=17.2	QP[22]=4103.38	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0749	P(2)=0
L[23]=30.5	H[23]=17.3	QP[23]=4152.83	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0668	P(2)=0
L[24]=30.6	H[24]=17.4	QP[24]=4202.63	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0606	P(2)=0
L[25]=30.7	H[25]=17.5	QP[25]=4252.76	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0537	P(2)=0
L[26]=30.8	H[26]=17.6	QP[26]=4303.24	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0475	P(2)=0
L[27]=30.9	H[27]=17.7	QP[27]=4354.06	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0427	P(2)=0
L[28]=31	H[28]=17.8	QP[28]=4405.22	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0375	P(2)=0
L[29]=31.1	H[29]=17.9	QP[29]=4456.72	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0329	P(2)=0
L[30]=31.2	H[30]=18	QP[30]=4508.57	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0287	P(2)=0
L[31]=31.3	H[31]=18.1	QP[31]=4560.77	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.025	P(2)=0
L[32]=31.4	H[32]=18.2	QP[32]=4613.31	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0217	P(2)=0
L[33]=31.5	H[33]=18.3	QP[33]=4666.19	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0192	P(2)=0
L[34]=31.6	H[34]=18.4	QP[34]=4719.43	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0166	P(2)=0
L[35]=31.7	H[35]=18.5	QP[35]=4773.01	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0143	P(2)=0
L[36]=31.8	H[36]=18.6	QP[36]=4826.94	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0122	P(2)=0
L[37]=31.9	H[37]=18.7	QP[37]=4881.22	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0102	P(2)=0
L[38]=32	H[38]=18.8	QP[38]=4935.86	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0087	P(2)=0
L[39]=32.1	H[39]=18.9	QP[39]=4990.84	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0073	P(2)=0
L[40]=32.2	H[40]=19	QP[40]=5046.17	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0062	P(2)=0
L[41]=32.3	H[41]=19.1	QP[41]=5101.86	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0052	P(2)=0
L[42]=32.4	H[42]=19.2	QP[42]=5157.9	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0043	P(2)=0
L[43]=32.5	H[43]=19.3	QP[43]=5214.29	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0036	P(2)=0
L[44]=32.6	H[44]=19.4	QP[44]=5271.04	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.003	P(2)=0
L[45]=32.7	H[45]=19.5	QP[45]=5328.14	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0024	P(2)=0
L[46]=32.8	H[46]=19.6	QP[46]=5385.59	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.002	P(2)=0
L[47]=32.9	H[47]=19.7	QP[47]=5443.41	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0016	P(2)=0
L[48]=33	H[48]=19.8	QP[48]=5501.58	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0013	P(2)=0
L[49]=33.1	H[49]=19.9	QP[49]=5560.11	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.001	P(2)=0
L[50]=33.2	H[50]=20	QP[50]=5619	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0008	P(2)=0
L[51]=33.3	H[51]=20.1	QP[51]=5678.24	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0007	P(2)=0
L[52]=33.4	H[52]=20.2	QP[52]=5737.85	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0005	P(2)=0
L[53]=33.5	H[53]=20.3	QP[53]=5797.82	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0004	P(2)=0
L[54]=33.6	H[54]=20.4	QP[54]=5858.15	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[55]=33.7	H[55]=20.5	QP[55]=5918.84	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0003	P(2)=0
L[56]=33.8	H[56]=20.6	QP[56]=5979.89	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0002	P(2)=0
L[57]=33.9	H[57]=20.7	QP[57]=6041.31	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[58]=34	H[58]=20.8	QP[58]=6103.09	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[59]=34.1	H[59]=20.9	QP[59]=6165.23	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[60]=34.2	H[60]=21	QP[60]=6227.74	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0.0001	P(2)=0
L[61]=34.3	H[61]=21.1	QP[61]=6290.62	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0	P(2)=0
L[62]=34.4	H[62]=21.2	QP[62]=6353.86	P(1)=0	P_m[1]=0	P_m[2]=0	P_m[3]=0	P(2)=0

Yukarıda görüldüğü üzere, değişen H ve L' ler için

boyut rehabilitasyonu yapılmış ve riski sıfır yapan

yeni boyutlar elde edilmiştir. Projesinin , bundan

sonra yeni boyutlar için maliyet analizi

yapması gerekmektedir.

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılı Mardin-Midyat doğumlu olup ilk, orta ve lise tahsilini Şanlıurfa’da yaptı.

1991 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde lisansını tamamladı.

1991-92 yılları arasında özel bir inşaat firması bünyesinde büro, uydu-yer istasyonu ve otoyol-viyadük inşaatlarında şantiye mühendisliği yaptı.

1993 yılında askerliğini Isparta’da kısa dönem olarak yaptı.

1994 yılında Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı.

1995 yılında HR.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümünde “Hidrolojik modellemede uzaktan algılama ve gerçek zaman işletmede kullanılması” konulu teziyle yüksek lisansını tamamladı.

1995 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Su Mühendisliği Programında doktora başladı.

1996 yılında doktora yeterliliğini verdi.

1997 yılından beri Araştırma Görevliliği ile birlikte tez çalışmalarını yürütmektedir.