

TEK HAZNELİ - TEK MAKSATLI BİR SU
KAYNAKLARI SİSTEMİNİN İŞLETİLMESİ VE PERFORMANS İNDİSLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Necati Erdem ÜNAL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Ocak 1989

Tezin Savunulduğu Tarih : 8 Şubat 1989

Tez Danışmanı : Prof.Dr.Mehmetçik
BAYAZIT

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.İlhan AVCİ

: Doç.Dr.Atıl BULU



Ö N S Ö Z

Çalışmayı yönlendiren ve değerli katkılarda bulunan Danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmetçik BAYAZIT' a ve diğer Kürsü Hocalarıma teşekkür ederim.

İ Ç İ N D E K İ L E R

	Sayfa No.
SEMBOLLER	v1
ŞEKİL LİSTESİ	v111
TABLO LİSTESİ	1x
GRAFİK LİSTESİ	x
ÖZET	x11
SUMMARY	x111

BÖLÜM I

HAZNE İŞLETME ÇALIŞMALARI

1.1. GİRİŞ	1
1.2. HAZNE İŞLETMESİ	1
1.3. OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ	3
1.3.1. AMPİRİK YÖNTEMLER	3
1.3.2. SİMULASYON YÖNTEMİ	4
1.3.3. MATEMATİK PROGRAMLAMA YÖNTEMLERİ	6
1.4. ARAŞTIRMANIN İÇERİĞİ	8

BÖLÜM II

SİMULASYON PROGRAMININ TASARLANMASI

2.1. FİZİKSEL BÜYÜKLÜKLERİ VE AKIŞ ÖZELLİKLERİ BİLİNEBİR BİR HAZNE SİSTEMİ İÇİN BİLGİSAYAR SİMULASYON PROGRAMININ HAZIRLANIP - ÇALIŞTIRILMASI	9
2.2. STANDART İŞLETME POLİTİKASI	11
2.3. TEK HAZNELİ BİR SU KAYNAKLARI SİSTEMİNİN İŞLETİLMESİNİN BİLGİSAYAR SİMULASYON PROGRAMINA AİT AKIŞ DİYAGRAMI	12
2.4. SENTETİK AKIŞLARIN ÜRETİLMESİ	13
2.4.1. THOMAS - FIERING MODELİ	13
2.5. SİSTEM PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ VE PERFORMANS İNDİSLERİ	16

	Sayfa No.
2.5.1. GÜVENİRLİK KRİTERİ	16
2.5.2. EKSİKLİK KRİTERİ	17
2.5.3. ELASTİSİTE KRİTERİ	18
2.5.4. MAKSİMUM EKSİKLİK KRİTERİ	20
2.6. KORUNMA (HEDGİNG) POLİTİKALARI	21

BÖLÜM III

S O N U Ç L A R

3.1. SONUÇLARIN GRAFİKLE GÖSTERİLMESİ	28
3.2. GRAFİKLERDE KULLANILAN NOTASYON VE TERİMLER	29
3.3. GRAFİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	30
3.4. I.TİP GRAFİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	36
3.4.1. Başarısızlık Kriteri	36
3.4.2. Eksiklik Kriteri	39
3.4.3. Elastisite Kriteri	41
3.4.4. Maksimum Eksiklik Kriteri	42
3.4.5. Talebin %80 'i İçin Başarısızlık Kriteri	43
3.5. I.Tip Grafiklere ait Sonuçlar	44
3.6. II.TİP GRAFİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	45
3.6.1. Başarısızlık - Eksiklik Kriterleri	45
3.6.2. Başarısızlık - Elastisite Kriterleri	46
3.6.3. Başarısızlık - Maksimum Eksiklik Kriterleri	47
3.6.4. Eksiklik - Elastisite Kriterleri	48
3.6.5. Eksiklik - Maksimum Eksiklik Kriterleri	49
3.6.6. Elastisite - Maksimum Eksiklik Kriterleri	50
3.7. II.Tip Grafiklere ait Sonuçlar	51
3.8. GENEL SONUÇ VE KORUNMA POLİTİKALARININ PERFORMANS İNDİSLERİNE ETKİSİ	52
3.9. POLİTİKA SEÇİMİ	53

BÖLÜM IV

SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

4.1. TEZ SONUÇLARININ BENZER ÇALIŞMALARLA

KARŞILAŞTIRILMASI

57

KAYNAKLAR

65

EKLER : GRAFİK SONUÇLAR

66

ÖZGEÇMİŞ

93

S E M B O L L E R

- A : Toplam başarısız durumda kalma süresi
- B : Başarısız duruma düşme olayının tekrar sayısı
- C , K : Aktif hazne kapasitesi
- b_j : j ve j-1 inci sezonların akışları arasındaki regresyon katsayısı
- C_s : Korunma uygulamasının devam ettiği hazne su seviye aralığı
- D_y : Yaz sezonu talepleri
- D_{max} : Analiz süresi boyunca karşılaşılabilecek maksimum eksiklik
- e_i : Korunma politikalarına göre tutulan su hacmi
- F : Talebe göre yetersiz sistem çıktılarının dahil olduğu başarısızlık kümesi
- I : Hazneye giren akış
- k_i : Korunma politikalarına göre çekilen su hacmi
- M_t : t periyodunda hedefe göre karşılanamayan su hacmi
- N : Ardışık eksik periyod sayısı
- m , p : Planlama süresince taleplerin karşılanamadığı yıl sayısı
- n : Planlama süresi
- P1 : Birinci politika türetme parametresi
- P2 : İkinci politika türetme parametresi
- S : Talebe göre yeterli kabul edilen sistem çıktılarının dahil olduğu başarı kümesi
- s_j : j inci sezon akışlarının standart sapması
- S_s : Korunma politikasının baz olarak aldığı maksimum su eksikliği

- S_{1y}, S_{2y} : Sırasıyla kış ve yaz sezonu başlangıç depo hacmi
 Q_{1y}, Q_{2y} : Kış ve yaz sezonunda hazneye giren su
 R_{1y}, R_{2y} : Kış ve yaz sezonunda haznededen çekilen su
 R_{min} : Kış sezonu için zorunlu minimum akış
 r_j : j ve j-1 inci sezonların akışları arasındaki korelasyon katsayısı
 T : Talep (su ihtiyacı)
 T_F : Ortalama başarısız durumda kalma süresi
 \bar{X}_j : j inci sezon akışlarının ortalaması
 w_i : Performans indisleriyle ilgili ağırlık katsayıları
 w_t : t peryodunda savaklanan su hacmi
 ϵ_i : Normal dağılmış bağımsız süreç
 μ_x, σ_x : Lognormal dağılmış rastgele değişkenin ortalama ve standart sapması
 μ_y, σ_y : Normal dağılmış rastgele değişkenin ortalama ve standart sapması
 α : Güvenirlilik
 f : Risk
 d : Eksiklik
 v : Maksimum eksiklik

Ş E K İ L L İ S T E S İ

Sayfa No :

Şekil 1.1	Simulasyon Yöntemi İçin Akış Diyagramı	5
Şekil 2.1	Standart İşletme Politikası	11
Şekil 2.2	Hazne İşletme Çalışmalarının Akış Diyagramı	12
Şekil 2.3	Maksimum Eksiklik Kriteri	20
Şekil 2.4	Politika Parametreleri	21
Şekil 2.5	Korunma Oranı	22
Şekil 2.6	Korunma Politikaları	24
Şekil 3.1	P1 Sabit, P2 'nin Artması Durumu	38
Şekil 3.2	P1 'in Artan, P2 'nin Sabit Durumu	38
Şekil 3.3	Su Tutma Miktarı	40
Şekil 4.1	Maksimum Eksiklik ve Güvenirlik Kriterlerinin Değişimi	59
Şekil 4.2	Maksimum Eksiklik ve Elastisite Kriterlerinin Değişimi	60
Şekil 4.3	Kriterlerin Üç Boyutlu Değişimi	61
Şekil 4.4	Kriterlerin β Parametresine Bağlı Olarak Değişimi	64
Şekil 4.5	β 'nin 0.25 ile 2.5 Değerleri İçin, Sistemin Maksimum Eksiklik ve Güvenirlik Kriterlerinin Değişimi	64

T A B L O L İ S T E S İ

	Sayfa No :
Tablo 1.1 Hazne Akış Karakteristikleri	9
Tablo 3.1 Sentetik Seriyeye Ait İstatistikler	31
Tablo 3.2 Politikalara Göre Performans İndislerinin Ortalamalarının Değişimi	32
Tablo 3.3 Politikalara Göre Performans İndislerinin Standart Sapmalarının Değişimi	34
Tablo 3.4 Ağırlık Katsayılarına Göre En İyi İşletme Politikasının Bulunması	54

G R A F İ K L İ S T E S İ

	Sayfa
	<u>No.</u>
Grafik A.1.1 Ortalama Başarısızlık Kriterinin P2 ile Değişimi	67
Grafik A.1.2 Başarısızlık Kriteri Standart Sapma Değerlerinin P2 ile Değişimi	68
Grafik A.1.3 Ortalama Başarısızlık Kriterinin P1 ile Değişimi	69
Grafik A.1.4 Başarısızlık Kriteri Standart Sapma Değerlerinin P1 ile Değişimi	70
Grafik A.2.1 Ortalama Eksiklik Kriterinin P2 ile Değişimi	71
Grafik A.2.2 Eksiklik Kriteri Standart Sapma Değerlerinin P2 ile Değişimi	72
Grafik A.2.3 Ortalama Eksiklik Kriterinin, P1 ile Değişimi	73
Grafik A.2.4 Eksiklik Kriteri Standart Sapma Değerlerinin P1 ile Değişimi	74
Grafik A.3.1 Ortalama Elastisite Kriterinin P2 ile Değişimi	75
Grafik A.3.2 Elastisite Kriteri Standart Sapma Değerlerinin P2 ile Değişimi	76
Grafik A.3.3 Ortalama Elastisite Kriterinin, P1 ile Değişimi	77
Grafik A.3.4 Elastisite Kriteri Standart Sapma Değerlerinin, P1 ile Değişimi	78
Grafik A.4.1 Ortalama Maksimum Eksiklik Kriterinin P2 ile Değişimi	79
Grafik A.4.2 Maksimum Eksiklik Kriteri Standart Sapma Değerlerinin P2 ile Değişimi	80

Grafik A.4.3	Ortalama Maksimum Eksiklik Kriterinin P1 ile Değişimi	81
Grafik A.4.4	Maksimum Eksiklik Kriteri Standart Sapma Değerlerinin, P1 ile Değişimi	82
Grafik A.5.1	Ortalama %80 Başarısızlık Kriterinin P2 ile Değişimi	83
Grafik A.5.2	%80 Başarısızlık Kriteri Standart Sapma Değerlerinin, P2 ile Değişimi	84
Grafik A.5.3	Ortalama %80 Başarısızlık Kriterinin P1 ile Değişimi	85
Grafik A.5.4	%80 Başarısızlık Kriteri Standart Sapma Değerlerinin, P1 ile Değişimi	86
Grafik B.1	Ortalama, Başarısızlık - Eksiklik Kriterleri	87
Grafik B.2	Ortalama, Başarısızlık - Elastisite Kriterleri	88
Grafik B.3	Ortalama, Başarısızlık - Maksimum Eksiklik Kriterleri	89
Grafik B.4	Ortalama, Eksiklik - Elastisite Kriterleri	90
Grafik B.5	Ortalama, Eksiklik - Maksimum Eksiklik Kriterleri	91
Grafik B.6	Ortalama, Elastisite - Maksimum Eksiklik Kriterleri	92

Ö Z E T

Bu çalışmada, tek hazneli ve tek maksatlı bir su kaynakları sisteminin optimal işletme şekli, simülasyon yöntemi kullanılarak araştırılmıştır.

Hazne sistemi, sulama maksatlı, işletme süresi 20 yıl, hazne kapasitesi 40 milyon metreküp ve işletme süresince talep 45 milyon metreküp olmak üzere tasarlanmıştır. Ayrıca hazne, kış ve yaz sezonu olarak yıl içinde iki kez düzenleme yapmaktadır.

Hazırlanan bilgisayar model programında, sistem performans indisleri, denenmek istenen işletme politikalarının hazne üzerindeki etkilerini, yaz sezonu talebini dikkate alarak ölçmektedir. Sözkonusu performans indisleri güvenilirlik, elastisite, eksiklik ve maksimum eksiklik değerleri olarak elde edilmektedir. Simülasyon boyunca denenmek istenen işletme politikaları iki parametreye (P1 ve P2) bağlı olarak türetilmekte ve bu parametrelere bağlı olarak performans indislerinin değişimini gösteren grafikler çizdirilmektedir.

Birinci bölümde, hazne işletme şeklinin optimize edilmesi için daha önce kullanılan veya kullanılmakta olan yöntemler hakkında kısa bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde, simülasyon programının hazırlanmasında yararlanılan kaynak bilgilerle beraber sentetik seri üretiminde kullanılan Thomas - Fiering modeli, performans indisleri ve korunma politikaları tanıtılmıştır.

Üçüncü bölüm, simülasyon programının çalıştırılması ve elde edilen tablo ve eklerde sunulan grafiklerin yorumlarını içermektedir.

Dördüncü bölümde, performans indislerini lineer programlama ve stokastik dinamik programlama yöntemlerini kullanarak inceleyen farklı iki araştırma, bu tezin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Ekler de ise, "plotter" dan alınan grafik sonuçlar verilmiştir.

S U M M A R Y

OPERATION OF A SINGLE PURPOSE - SINGLE RESERVOIR WATER RESOURCE SYSTEM AND SYSTEM PERFORMANCE CRITERIA

In this study, operation of a water resource system of a single reservoir with the purpose of irrigation has been analyzed considering performance criteria as related to policy parameters, using the simulation method.

Initially, system performance criteria and policy parameters were determined and these were then used in the preparation of a computer simulation model.

System performance can be described from three different viewpoints :

1. How often the system fails (reliability).
2. How quickly the system returns to a satisfactory state, once a failure has occurred (resiliency) .
3. How significant the likely consequences of failure may be (vulnerability).

Reservoirs can fail structurally or operationally. Structural failures such as dam failure from earthquakes are beyond the scope of this study. We are concerned, instead, with operational failures, for example, when a target release cannot be made. The operational risks that will be considered will involve the frequency of failure to meet prescribed water demand or target release.

The traditional measure of reliability, the ratio of the number of system failure to the number of periods of operation, is without question a reasonable criterion and should not be abandoned. There is need, however, to incorporate additional, alternative reliability criteria into the evaluation of a reservoir design and operational strategy. Resiliency and vulnerability are two measures which may usefully describe other dimensions of the risk of a reservoir's operation.

Reliability, the original measure of risk of failure, is commonly expressed as the expected number of failure per time interval, such as once in 20 years. For the purpose of this study, reliability is a count of the number of deficit periods divided by the total number of periods, a measure of deficits are not often considered as an aspect of reliability. A reliable reservoir is one that has very few failure during the period of analysis.

Resiliency is taken to be the probability of recovery from failure to some acceptable state within a specified time interval. The resilience concept is further developed here with an emphasis on the time element to ease the quantification of the criterion and its incorporation into a mathematical programming model. In particular, we formulate a resilience measure below as the maximum number of consecutive periods of shortages that occur prior to recovery. The larger this number, the less resilient the reservoir is. A criterion based on the maximum number of consecutive periods of shortage can provide a benchmark for the comparison of different modes of reservoir operation.

Vulnerability is a measure of the significance of failure. Measurement of average release may be adequate for long-term performance evaluation but is insufficient and inadequate to account for the infrequent and extreme events that a reservoir will experience in its economic life. The vulnerability criterion used here is the magnitude of the largest deficit during the period of operation.

Resilience and vulnerability do not replace currently used performance criteria; rather, they supplement the more common reliability criteria and thereby provide a more complete picture of risk in reservoir performance.

System performance was assessed using four criteria :

- i. Reliability
- ii. Resiliency
- iii. Deficit
- iv. Vulnerability

Briefly, the mathematical expression of these system performance criteria can be described as follow :

- i. Reliability :

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t$$

$$Z_t = 1 \quad \text{if} \quad X_t \in S$$

$$Z_t = 0 \quad \text{if} \quad X_t \in F$$

Reliability is sometimes taken to be the opposite of risk.

$$\text{Risk} = 1 - \alpha$$

Reliability and this definition of risk do not describe the severity or likely consequence of a failure.

ii. Resiliency :

W_t indicates a transition from an unsatisfactory to a satisfactory state :

$$W_t = 1 \quad X_t \in F, X_{t-1} \in S$$

$$W_t = 0 \quad \text{otherwise}$$

In the long run the mean value of W_t will be equal to the probability ρ of the system being in the set F, in the period t, and going to the set S in the following period :

$$\rho = \text{Prob} \{ X_t \in F, X_{t-1} \in S \} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n W_t$$

This defines the average number of time periods a failure is expected to last once it has occurred. The inverse of this is the system's average recovery rate and is our measure of resiliency ;

$$\gamma = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\text{Prob} \{ X_t \in F \text{ and } X_{t-1} \in S \}}{\text{Prob} \{ X_t \in F \}}$$

If the value of resiliency is close to 1, it means that the system returns to a satisfactory state quickly, once a failure has occurred.

iii. Deficit :

$$d = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^n \frac{[D_t - R_t]^+}{D_t}$$

Deficit measure the severity of shortages.

iv. Vulnerability :

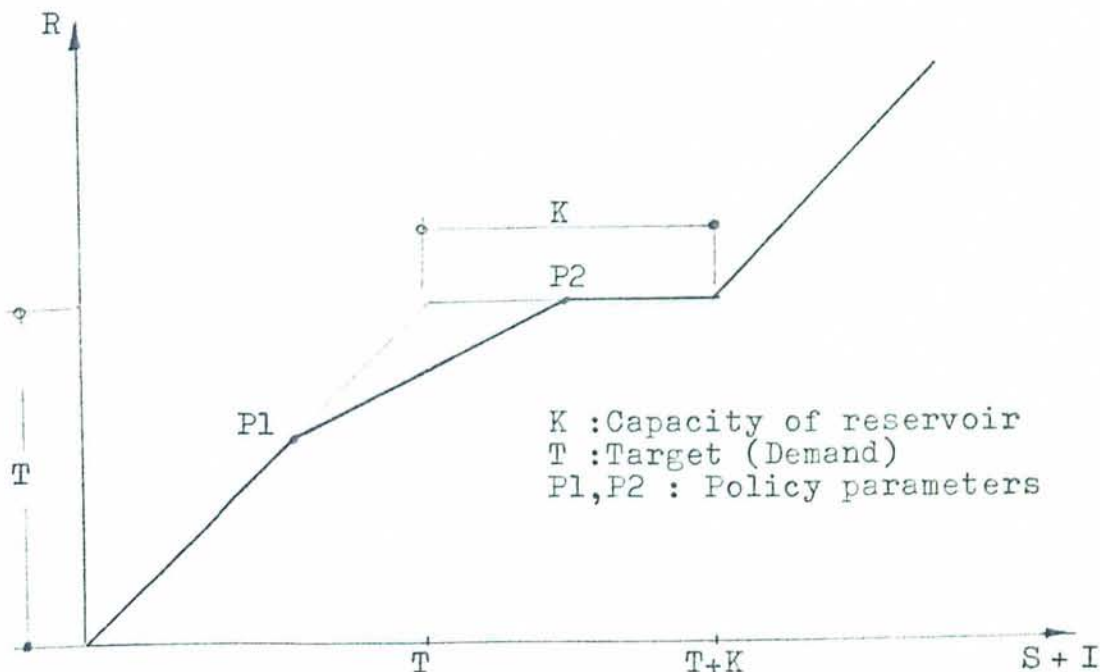
$$v = \max [D_t - R_t]^+$$

Vulnerability is an important criterion in water resources system desing and selection. Decition makers are aware of the vulnerability of a system for severe failure.

- n : System's planning period
- X_t : A system's output, at time t
- S : The set of all satisfactory outputs
- F : The set of all unsatisfactory outputs
- m : The number of failures

D_t : Target release, at time t
 R_t : A release, at time t

Policies which are derived using two parameters P_1 and P_2 are referred to as hedging policies.



$$K = 4 \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

$$T = 4.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

$$0 \leq P_1 < T \quad ; \quad 0 \leq P_1 < 4.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

$$T < P_2 \leq K + T \quad ; \quad 4.5 < P_2 \leq (4.5 + 4) \cdot 10^7 \text{ m}^3$$

Policies, which are derived in this way, have various different effects on system performance indices. Effect of these on each performance index has been summarized below :

1. System reliability decreases.
2. Hedging process has negative effects on system resiliency, which therefore decrease due to hedging.
3. Number of deficit periods is reduced and together with this, severity at these periods also decreases. Therefore, hedging has positive effects on deficit criterion.
4. Hedging policies, sometimes, have negative effects on the value of vulnerability criterion ; in other words, the values of vulnerability criterion may increase. The policies which cause the decrease of vulnerability criterion are those which are applied after sufficient amount of

water is stored in the reservoir (i.e. approximately equal to target).

As a conclusion, it has been seen that although the optimum policy for system reliability and resiliency is the standart operation policy, best value of deficit and vulnerability criteria are obtained using a policy with hedging.

BÖLÜM I

HAZNE İŞLETME ÇALIŞMALARI

1.1. GİRİŞ

Hazne işletme çalışmaları, tek hazneli veya birden fazla hazneden meydana gelen su kaynakları sistemleri için yapılır.

Teorik hazne işletme çalışmaları için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Yöntemler, optimum işletme şeklinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmektedir.

Söz konusu çalışmaların çoğu bilgisayar kullanımını gerektirir. Günümüzde bilgisayarlarda ve programlama dillerinde meydana gelen hızlı gelişme, bu çalışmaları etkilemiştir.

1.2. HAZNE İŞLETMESİ

1.2.1. Maksat :

Mevcut su kaynaklarını kullanarak, yakın zamanda ve gelecekte ortaya çıkacak su ihtiyaçlarını en uygun biçimde karşılamaktır.

1.2.2. Amaç :

Tek veya çok hazneli su kaynakları sistemlerinin işletilmesi sonucu ortaya çıkacak faydanın en büyük yapılmasıdır.

Bu amaç doğrultusunda haznelerin işletilmesi, önemli ve zor bir problemdir. Bu problemle, çeşitli şekillerde karşılaşılmaktadır [1] :

a. Hazne Tasarımı Sırasında :

Haznenin optimal tasarımı, işletme şekliyle ilişkili olduğundan bu iki problemi tamamen ayırmak mümkün değildir. Problemin karmaşıklığı nedeniyle hazne kapasitesinin belirlenmesi ile hazne işletme şeklinin optimizasyonunun, birbirlerini takip eden ardışık yaklaşımlar şeklinde yapılması gerekebilir.

b. Haznenin Kullanımı Sırasında :

Burada da kısa ve uzun süreli işletme problemleriyle karşılaşılmaktadır ;

i. Uzun Süreli İşletme Stratejisi :

Haznenin ömrü boyunca, hazneye girecek akışların ve bazı hallerde talebin kesinlikle bilinmesi mümkün olmadığından bu strateji ancak ortalama anlamda belirlenebilmektedir. Bunu yaparken zaman birimi olarak 'ay' genellikle yeterli olmaktadır.

ii. Kısa Süreli İşletme Stratejisi :

Yakın gelecekte hazneye girecek akışlar çeşitli yöntemlerle (daha önceki akış ve yağışlarla regresyon, kar örtüsü ölçümlerine göre kar erimesiyle oluşacak akışın hesabı) tahmin edilebilirse kısa süre için daha iyi bir stratejisi belirlenebilir. Burada zaman birimi hafta, gün veya daha kısa seçilebilir.

İşletme politikası, haznenin tek veya çok maksatlı oluşuna ve maksatların birbirleriyle uyuyup uyuşmadığına bağlıdır. Birbirleriyle bağlantılı çok sayıda haznenin birlikte işletilmesi çok daha karışık bir problemdir.

İşletme politikasının uzun süre için belirlenmesinde hazneye giren akışlar üç şekilde ele alınabilir :

- Deterministik : Gözlenmiş seri olduğu gibi alınır.

- Eksplisit Stokastik : Gözlenmiş seriden belirlenen akımların olasılık dağılım fonksiyonu kullanılır.

- İmplicit Stokastik : Gözlenmiş seriye dayanarak kurulan akış modeli ile türetilen sentetik seriler kullanılır.

Deterministik yöntemde olayın olasılık yönü hesaba katılmaz. Eksplisit stokastik yöntemin hesap rüçlükleri nedeniyle implicit stokastik yöntem daha çok kullanılmaktadır.

1.3. OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ

İşletme şeklinin optimizasyonu için kullanılan yöntemler üç grupta incelenebilir :

- Ampirik yöntemler
- Simulasyon yöntemleri
- Matematik programlama yöntemleri

1.3.1. AMPİRİK YÖNTEMLER

Pratikte çok kullanılan bu yöntemlerde hazne işletme şekli için ampirik kurallar belirlenir. Bu kuralların belirlenmesi için şöyle bir yol kullanılmaktadır :

- i. Yıl 'kurak' ve 'sulak' olmak üzere iki mevsime ayrılır. Bu mevsimler gözlenmiş akımları inceleyerek ve haznenin düzenleme oranını gözönünde tutarak belirlenir.
- ii. Kurak mevsimde hazneyi işletirken, güvenilir verinin sürekli olarak sağlanması esas alınır. Bunun için önce gözlenmiş serideki kritik dönemde hazne işletilerek, aylık minimum seviyeler belirlenir. Gerekli görülürse bunların üzerine bir emniyet payı da eklenerek, haznenin işletme eğrisi (rule curve) elde edilir. Kurak mevsimde haznedeki su seviyesi bu eğrinin altına düşmeyecek şekilde işletme yapılır.

iii. Sulak mevsimde ise bu mevsimin sonunda haznenin doldurulması şartıyla güvenilir veride ek olarak ikinci (sekonder) veride elde edilir. Böylece, aksi halde savaklanacak olan sular da kullanılmış olur. Bunun için sulak mevsim boyunca hazneye girecek akışların tahmini gerekir. Bu mümkün değilse aylık akımların ortalama değerleri ya da aşılması olasılığı seçilen bir değer olan akışlar ile çalışılır. 'Pack Rule' olarak bilinen bu kurala göre sulak mevsimin bir ayında haznedeki çekilen su hacmi şöyle belirlenir :

$$V_t = S_t + \sum A_t - \sum Y - \sum E_t - K$$

T : Sulak mevsimin veride kalan ayları içindir.

Y : Güvenilir verisi

- S_t : Sulak mevsimin başlangıcında haznede bulunan su hacmi
 X_t : Hazneye gelen akışlar
 Y_t : t inci ayda çekilen su hacmi
 E_t : Buharlaşma kayıpları
K : Diğer kayıplar

Bu kural X_t akışlarının iyi tahmin edilmesi halinde iyi sonuçlar verir. Esasen ikinci verdi daha çok bu tahminlerin kolaylaştığı sulak mevsimin sonlarında üretilir.

Bu yöntemde sadece gözlenmiş serinin kritik dönemi gözönüne alındığı için belirlenen işletme politikasının gerçekten optimal olduğu garanti edilemez.

1.3.2. SIMULASYON YÖNTEMİ

Hazneye giren akışların stokastik karakterini gözönüne alabilmek için sentetik akış serileriyle hazne işletmesinin simülasyonu yapılır. Haznenin optimum işletme şekli deneme yoluyla bulunur. Hazneden bırakılacak suyun her bir ay için o ayın başında depolanmış (ya da bu hacmin ve o ay hazneye girecek akım miktarının) bir fonksiyonu olduğu kabul edilir. Bu fonksiyonun şekli seçildikten sonra parametreleri sistemli bir şekilde değiştirilerek optimum çözüm aranır (Şekil 1.1).

Bu yöntemde karşılaşılan bazı sorunlar şunlardır :

i. Optimizasyon kriterinin belirlenmesi :

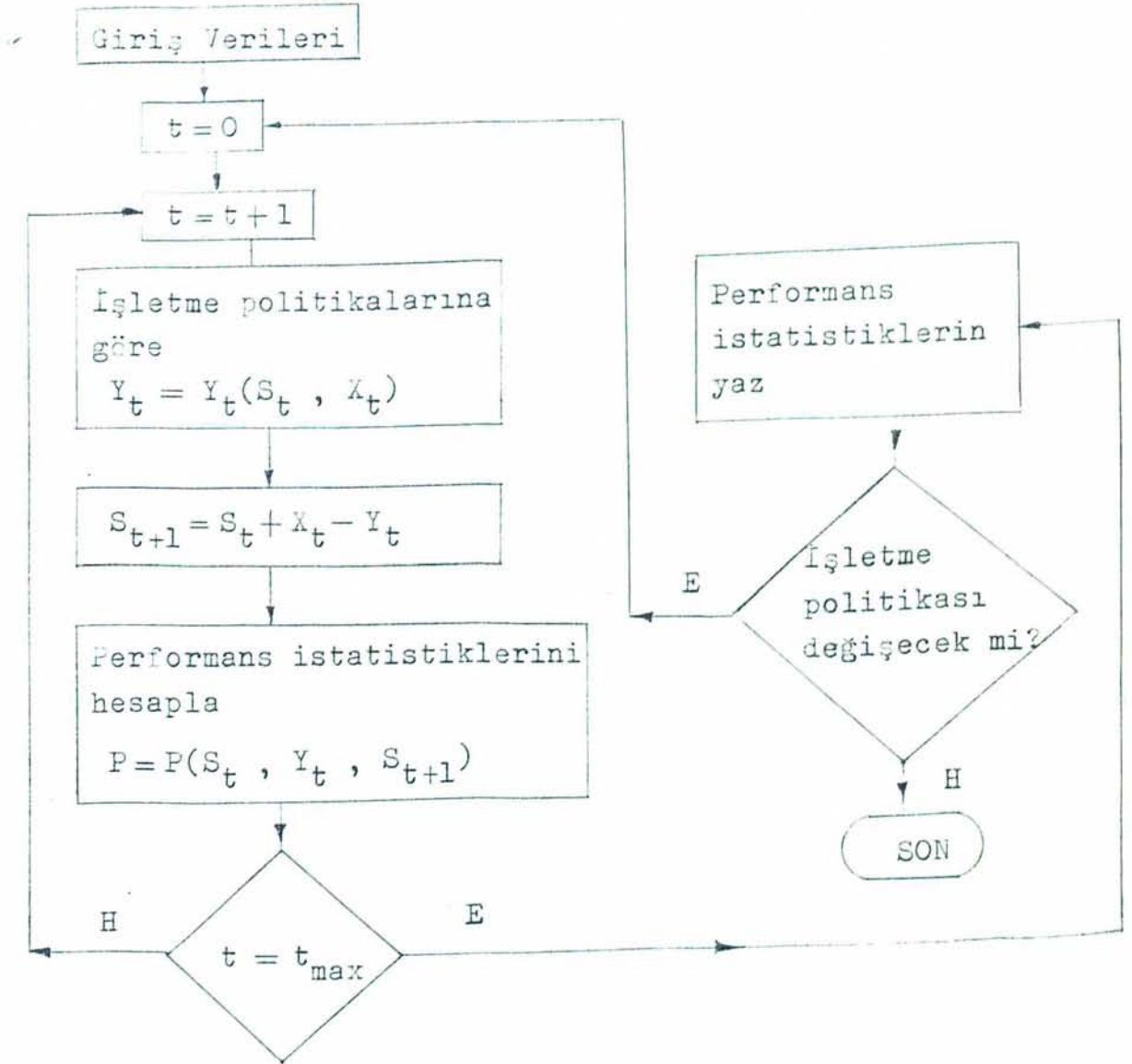
Genellikle faydanın beklenen değeri en büyük yapılırsa da bu her zaman en uygun çözüm olmayabilir. Güvenilir verinin elde edilemeyeceğinin zararı da hesaba katılmalıdır.

ii. Akış modelinin etkisi :

Sentetik serilerin türetilmesinde kullanılan model sonuçları etkiler.

iii. İşletme politikasını ifade eden fonksiyonun seçilmesi :
Optimal çözüm deneme yoluyla arandığı için seçilen

işletme kuralları sonuçları etkiler. Kolaylık bakımından bu fonksiyon genellikle doğrusal (linear) kabul edilir. Bu fonksiyonun parametrelerini değiştirerek çözüm aranması büyük bilgisayar zamanı gerektirdiği gibi elde edilen çözümün optimal olduğu garanti edilemez.



Şekil 1.1. Simulasyon yöntemi için akış diyagramı

1.3.3. MATEMATİK PROGRAMLAMA YÖNTEMLERİ

1.3.3.1. Lineer Programlama

Amaç fonksiyonu ve kısıtların lineer olması halinde hazne işletmesi, lineer programlama ile optimize edilebilir. Bu yöntemin hesap yönünden basitliği hazne işletmesinde çeşitli uygulamalarına imkan vermiştir. Giren akışların stokastik karakterinin hesaba katılması halinde net faydanın beklenen değeri maksimize edilir.

Lineer programlamanın hazne işletme problemlerine uygulanmasında şu güçlüklerle karşılaşılır :

i- Gözönüne alınan periyod sayısının artmasıyla kısıtlar da artar.

ii- Ardışık periyodlardaki akışların stokastik bağımlılığı gözönüne alınamaz.

iii- Rastgele değişkenin dağılımlarını kesikli dağılımlarla yaklaştırmak gerekir.

iv- Birden fazla haznenin birlikte işletilmesinde kısıt sayısı çok artar. Bu durumda ayrıştırma ilkesini kullanarak problemi tek hazneli alt problemlere ayırmak uygun olur. Bir ana program ile birleştirilen alt problemler ardışık olarak birkaç defa çözülür.

v- Birçok problemde fayda ve maliyet fonksiyonları lineer olmadığından parçalı lineer hale getirilmeleri gerekir.

vi- Hidro-elektrik maksatlı haznelerde enerji üretiminin haznedeki su hacmine non-linear bağlı olması güçlük yaratır.

1.3.3.2. Dinamik Programlama Yöntemleri

Su kaynakları sistemleri genellikle yıllık bir güvenilir verdi değerine göre planlanır, inşa edilir ve işletilir. Güvenilir verdi, proje esnasında ihtiyaç olarak karar verilen veya sistem analizi çalışmalarında belirlenen ve bütün işletme süresi boyunca, hidrolojik şartlar ne olursa olsun sağlanması garanti edilen bir değerdir. O halde güvenilir verdi tüm işletme süresi boyunca karşılanacaktır en küçük değer olacaktır.

Planlama çalışmalarında karşılaşılan problemlerden biri de güvenilir verinin proje safhasında belirlenmesi ve bunu sağlayacak en iyi işletme şeklinin aranmasıdır. Bu durumda hedeften olan sapmaların toplamını en küçük yapacak işletme şekli bulunmalıdır [2] .

Bu amaç doğrultusunda, en iyi işletme şekli için şu dinamik programlama yöntemleri geliştirilmiştir :

- i. Klasik Dinamik Programlama yöntemi (DP)
- ii. Artırımlı Dinamik Programlama yöntemi (IDP)
- iii. Artırımlı Serisel Dinamik Programlama yöntemi (ISDP)

Artırımlı Serisel Dinamik Programlama yöntemi hazne sistemlerinin optimum işletme şeklini belirleyen oldukça etkili bir yöntemdir.

1.4. ARAŞTIRMANIN İÇERİĞİ

Tezin konusu, tek hazneli ve tek maksatlı bir su kaynakları sisteminin, öngörülen bir çalışma periyodu boyunca uygulanacak işletme şeklinin, simulasyon yöntemini çeşitli sistem performans ölçüleriyle birlikte kullanarak belirlenmesine yönelik bir araştırmadır.

Hazne veya hazneler grubunun işletme çalışmalarında hedef, en iyi işletme şeklinin belirlenmesidir. Simulasyon teknikleri, optimum işletme şeklinin deneme yoluyla araştırılmasına olanak vermektedir. Bu yöntemlerle belirlenen işletme şeklinin optimum olup olmadığı garanti edilememektedir. İşletme şeklinin belirlenmesine yönelik diğer yöntemlere göre simulasyon yönteminin üstünlüğü ; doğal şartların az sayıda kabul yaparak modellenmesine olanak vermesidir. En büyük dezavantajı ise optimum işletme şeklinin deneme yoluyla bulunması ve denenmesi gereken işletme politikası sayısının çok fazla olmasıdır.

Son zamanlarda, sistemin performansını gösteren kriter ölçülerinin tanımlanması, işletme şeklinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Çalışmada, hazne işletme politikaları ile sistem performans kriterleri arasındaki ilişki incelenmiş ve bu ilişki doğrultusunda en iyi işletme politikasının hangi koşullarda aranması gerektiği araştırılmıştır.

Başlangıçta, girdi ve çıktıları verilmiş bir örneğe göre simulasyon programı hazırlanmış, sonuçların uygunluğu kontrol edilmiştir. Program, araştırmanın akışına göre, düzenlenip genişletilmiştir.

Daha önce lineer programlama ve stokastik dinamik programlama yöntemlerini kullanarak, performans indislerinin birbirleriyle olan ilişkilerini kısıt parametrelerine veya tek bir politika parametresine bağlı olarak inceleyen çalışmaların sonuçları ile bu çalışma sonuçları karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM II

SİMULASYON PROGRAMININ TASARLANMASI

2.1. FİZİKSEL BÜYÜKLÜKLERİ VE AKIŞ ÖZELLİKLERİ BİLİNER BİR HAZNE İÇİN BİLGİSAYAR SİMULASYON PROGRAMININ HAZIRLANIP ÇALIŞTIRILMASI :

Bilgisayar simülasyon programının hazırlanmasında, [3] 'da verilen akarsu-hazne özelliklerinden faydalanılmıştır. Bu konudaki diğer araştırmaların sonuçlarıyla karşılaştırma yapabilmek için bu çalışmalarda da [3,4] kullanılmış olan verilerle çalışılmıştır.

Hazne, yaz ve kış sezonu olmak üzere, yıl içinde iki kere düzenleme yapmaktadır. Programın hazırlanmasında, su talebinin yıllara göre değişmediği kabul edilmiş ve 20 yıl olarak verilen planlama periyodu boyunca yaz mevsiminde su ihtiyacı olan $4.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{yıl}$, sabit bir değer olarak alınmıştır. Kış sezonunda zorunlu minimum akış $0.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ 'dür.

Tablo 2.1 Hazne Akış Karakteristikleri

	Kış	Yaz	Yıllık
Ortalama Akış :	4.0	2.5	6.5 (10^7 m^3)
Standart Sapma :	1.5	1.0	2.3 (10^7 m^3)
Akış Korelasyonları :			
Kışı takip eden yaz sezonu için : 0.65			
Yazı takip eden kış sezonu için : 0.60			

45 yıllık akış kayıtlarından elde edilen hazne akış karakteristikleri Tablo 2.1 'de verilmiştir. Akışların lognormal dağıldığı kabul edilmiş ve programda sentetik akış serileri Thomas-Fiering modeliyle üretilmiştir.

Aktif hazne kapasitesinin $4 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ olduğu da bilinmektedir.

Hazırlanan bilgisayar programı 25 adet simülasyon için (herbiri 20 yıl süreli) çalıştırılmış ve başlangıç durumu için, haznenin yarım dolu olduğu kabul edilmiştir. Hazırlanan simülasyon modeli önce standart işletme politikası ile çalıştırılmıştır.

- K : Aktif hazne kapasitesi
 S_{1y}, S_{2y} : Sırasıyla kış ve yaz sezonu başlangıç depo hacmi
 Q_{1y}, Q_{2y} : Kış ve yaz sezonunda hazneye gelen akış hacmi
 R_{1y}, R_{2y} : Kış ve yaz sezonunda haznedeki çekilen su hacmi
 R_{min} : Kış sezonu için zorunlu minimum akış
 D_y : Yaz sezonu talebi (sabit)

olmak üzere ;

- Haznenin kış işletme politikası,

$$R_{1y} = \begin{cases} S_{1y} + Q_{1y} - K & \text{eğer, } S_{1y} + Q_{1y} - R_{min} > K \\ R_{min} & \text{eğer, } K \geq S_{1y} + Q_{1y} - R_{min} \geq 0 \\ S_{1y} + Q_{1y} & \text{eğer, } S_{1y} + Q_{1y} - R_{min} < 0 \end{cases}$$

$$S_{2y} = S_{1y} + Q_{1y} - R_{1y}$$

- Yaz işletme politikası,

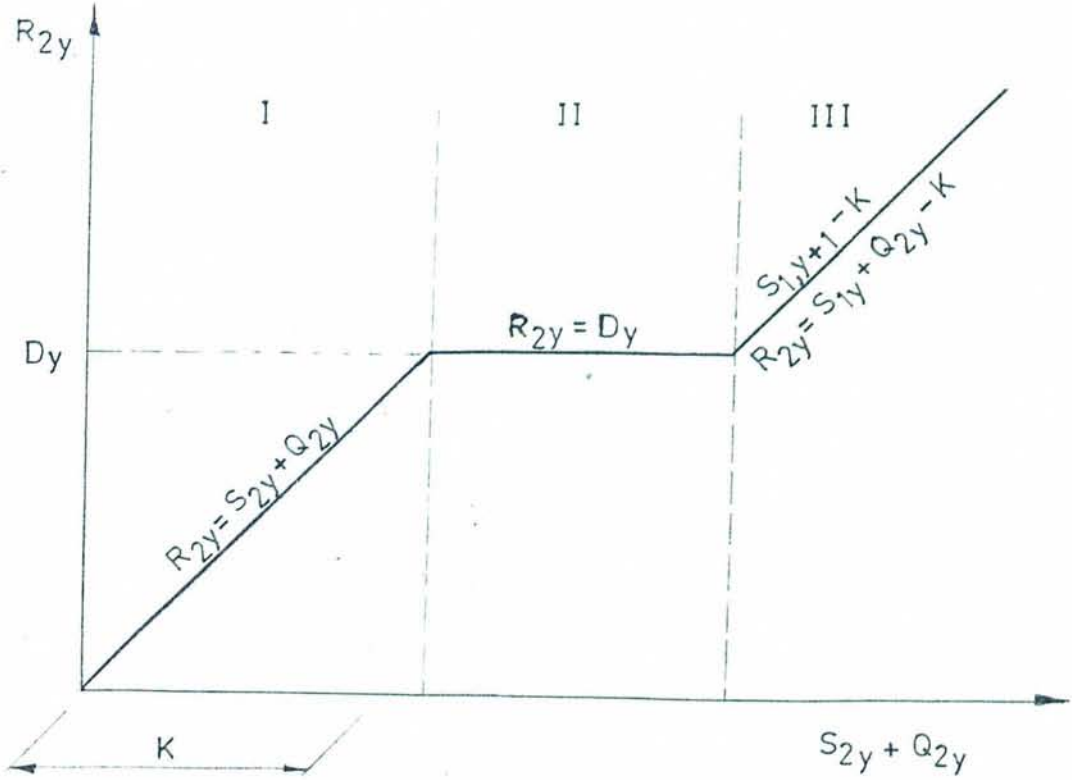
$$R_{2y} = \begin{cases} S_{2y} + Q_{2y} - K & \text{eğer, } S_{2y} + Q_{2y} - D_y > K \\ D_y & \text{eğer, } K \geq S_{2y} + Q_{2y} - D_y \geq 0 \\ S_{2y} + Q_{2y} & \text{eğer, } S_{2y} + Q_{2y} - D_y < 0 \end{cases}$$

$$S_{1,y+1} = S_{2y} + Q_{2y} - R_{2y}$$

olarak standart politika algoritması programa uygulanmıştır. Bu şekilde hazırlanan simülasyon modeli, daha sonra ek

işletme politikaları ve performans kriterleriyle genişletilmiştir.

2.2. STANDART İŞLETME POLİTİKASI



Şekil 2.1. Standart İşletme Politikası

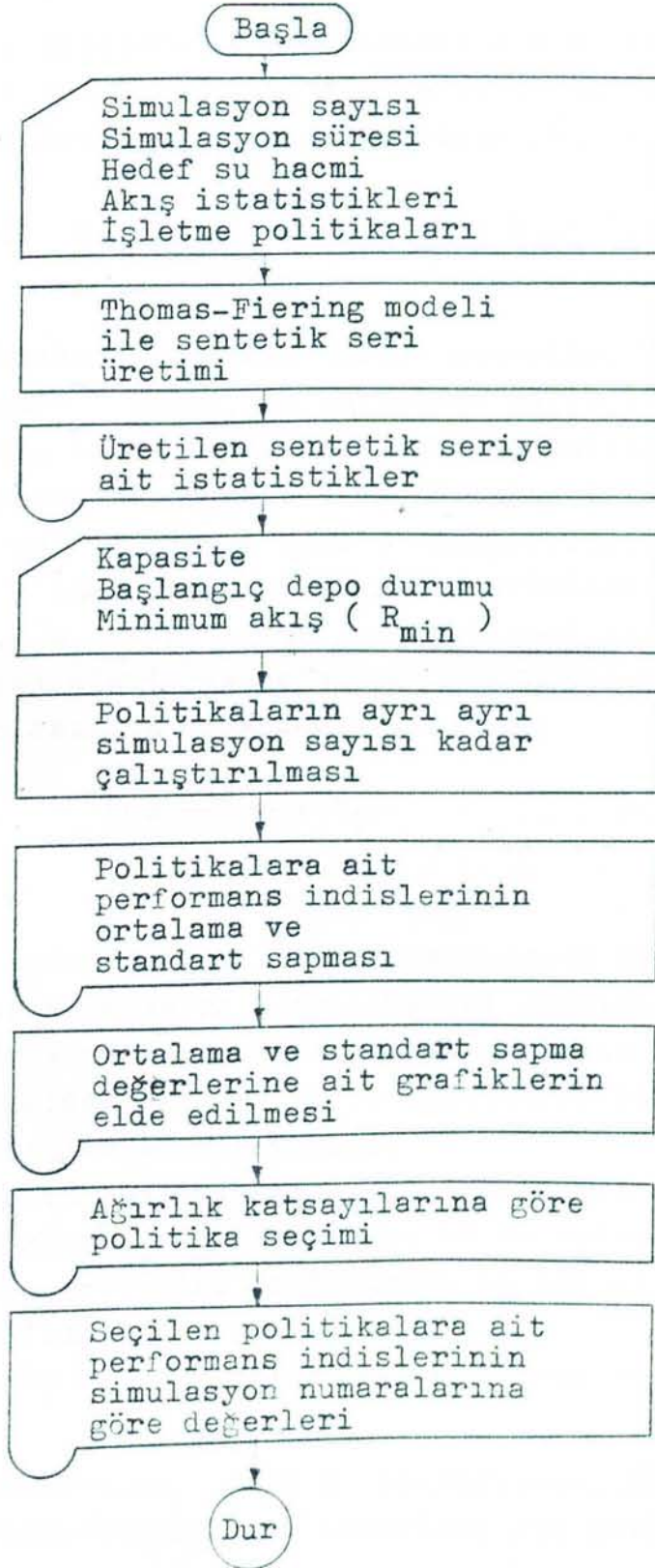
2.1. bölümündeki denklemlerle ifade edilen standart işletme politikasının anlamı şu şekilde açıklanabilir (Şekil 2.1.) ;

I inci bölgede haznede depolanmış su hacminin tamamı talebin karşılanması için kullanılmaktadır.

II inci bölgede, talebin tamamı karşılandıktan sonra kalan su hacmi haznede saklanmaktadır.

III **üçü**ncü bölgede ise talebi karşılamak ve hazneyi doldurmak için gereken suyun fazlası savaklanmaktadır.

2.3. TEK HAZNELİ BİR SU KAYNAKLARI SİSTEMİNİN İŞLETİLMESİNİN BİLGİSAYAR SİMULASYON PROGRAMINA AİT AKIŞ DİYAGRAMI :



Şekil 2.2. Hazne işletme çalışmalarının akış diyagramı

2.4. SENTETİK AKIŞLARIN ÜRETİLMESİ

2.4.1. Thomas-Fiering Modeli

Aylık akışların üretilmesinde çok kullanılan 1.mer-
tebe Markov modeli, yılın daha az veya çok sayıda kısımlara
ayrılması halinde de kullanılmaktadır [5] :

$$x_{ij} = \bar{x}_j + b_j \cdot (x_{i-1,j-1} - \bar{x}_{j-1}) - s_j \cdot (1 - r_j^2)^{1/2} \cdot \epsilon_i$$

şeklinde verilen 1.mertebe Markov modeline, Thomas-Fiering
modelide denir. Model, bu çalışmada yılın iki sezonuna ait
sentetik akış serilerinin üretimi için kullanılmıştır.

i indisi sezondan sezona sürekli olarak artar. j
indisi ise yıl içinde 1 veya 2 değerlerini alır. \bar{x}_j ve
 s_j yılın j inci sezon akışlarının ortalama ve standart
sapmasıdır. b_j ve r_j yılın j ve j-1 inci sezonlarının
akışları arasındaki regresyon ve korelasyon katsayıları
olup b_j şu şekilde hesaplanmaktadır ;

$$b_j = \frac{s_j}{s_{j-1}} \cdot r_j$$

r_j , yılın j ve j-1 inci sezonundaki akışlar arasındaki
1.mertebeden korelasyon katsayılarını göstermektedir. ϵ_i ,
bağımsız bir süreç oluşturan normal dağılmış değişkendir.

Bu modeldeki regresyon ve korelasyon katsayılarının
anlamları aşağıda açıklanmıştır.

Regresyon analizi hidrolojide iki rastgele değişken
arasındaki bağıntıyı belirlemekte ve bu bağıntı vasıtasıyla
boş verilerin yerlerini doldurmakta ve mevcut kayıtları
uzatmakta kullanılır.

Pratikte çok kullanılan doğrusal regresyon denklemi ;

$$y = a - bx$$

şeklinde yazılabilir. a ve b katsayıları, yukarıdaki
denklemden belirlenecek y değerleri ile gözlenmiş y_i
değerleri arasındaki $e = y_i - y$ farklarının karelerinin
toplamını minimum yapacak şekilde belirlendiğinde şu

sonuçlara varılmaktadır ;

$$b = \frac{s_y}{s_x} \cdot r \quad , \quad a = \bar{y} - bx$$

İki rastgele değişken arasındaki bağımlılığın derecesini ölçen parametre korelasyon katsayısıdır.

Gözönüne alınan iki rastgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değer çiftleri (x_i, y_i) ile gösterildiğinde bu iki rastgele değişkenin N elemanlı bir örnekten ρ korelasyon katsayısının r örnek değeri şöyle hesaplanır ;

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N \cdot s_x \cdot s_y}$$

korelasyon değeri 0 'dan 1 'e yaklaştıkça iki rastgele değişken arasındaki bağımlılık kuvvetlenmektedir.

s_x ve s_y , rastgele değişkenlere ait standart sapma değerlerini göstermektedir.

Programda, Thomas-Fiering modeli ile sentetik seri üretiminde, akışları lognormal dağıldığı bilinen hazne sisteminin akış karakteristikleri, normal dağılım karakteristiklerine dönüştürülerek seri üretilmiş $(Y = \ln X)$, daha sonra eksponansiyel dönüşüm fonksiyonuyla lognormal dağılmış akış serilerine geçilmiştir.

Y değişkeninin dağılımı normal ve X değişkeninin dağılımı lognormal olarak verilen bağıntıda X 'in olasılık yoğunluk fonksiyonu ;

$$p(x) = p(y) \left| \frac{dy}{dx} \right| = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2x}} \exp \left[-(\ln x - \mu_y)^2 / 2 \cdot \sigma_y^2 \right] \cdot \frac{1}{x}$$

şeklindedir. Denklemdaki μ_y ve σ_y , Y değişkeninin ortalama ve standart sapması olup X 'in parametreleri olan μ_x ve σ_x 'e şu şekilde bağlıdır ;

$$\mu_x = \exp \left(\mu_y - \frac{\sigma_y^2}{2} \right) , \quad \sigma_x = \mu_y \cdot (e^{\sigma_y^2} - 1)^{1/2}$$

buradan normal dağılmış Y değişkeninin ortalama ve standart sapma parametreleri ;

$$\sigma_y = \frac{1}{2} \cdot \ln \left\{ \left(\frac{\sigma_x}{\mu_x} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$\mu_y = \ln \mu_x - \frac{\sigma_y^2}{2}$$

olarak belirlenir. Parametreler Thomas-Fierin modelinde kullanıldıktan sonra, elde edilen normal dağılmış akışlar,

$$X = \exp(Y)$$

bağıntısı ile lognormal dağılmış akışlara dönüştürülür.

2.5. SİSTEM PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ VE PERFORMANS İNDİSLERİ

Bugüne kadar bir hazne sisteminin performansının belirlenmesinde daha çok güvenilirlik kriteri kullanılmıştır. Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalarda bu kriterin haznenin davranışını ifade etmek için yeterli olmadığı belirtilmiş [4] ve yeni performans kriterleri önerilmiştir. Bu çalışmada çeşitli politikalara göre yapılacak işletmelerin bu performans kriterlerinin alacağı değerler üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Hazırlanan simulasyon programında, sistem performansı başlıca dört kritere göre ölçülmektedir :

- 1- Güvenirlik (Reliability) kriteri
- 2- Eksiklik (Deficit) kriteri
- 3- Elastisite (Resiliency) kriteri
- 4- Maksimum Eksiklik (Vulnerability) kriteri

diğer kriterler bu dört esas kritere benzer olarak türetilmektedir.

2.5.1. Güvenirlik Kriteri :

Sistemin güvenirliliği, sisteme işletme süresi boyunca uygulanan işletme politikaları doğrultusunda, sistemin su ihtiyaçlarını karşılıyabilme yeterliliğinin ölçüsüdür.

Sistemden herhangi bir yaz sezonunda çekilen su R_{2y} olmak üzere, R_{2y} ya sistemin yeterliliğini ifade eden değerlerin dahil olduğu S kümesinin ya da yetersizliğini ifade eden F kümesinin elemanı olacaktır. Buna göre güvenirliliği ;

$$\alpha = \text{Prob}(R_{2y} \in S)$$

şeklinde yazabilmekte ve riskin karşıtı olarak değerlendirilmektedir.

$$f = \text{Risk} = \text{Başarısızlık Olasılığı} = 1 - \alpha = \text{Prob}(R_{2y} \in F)$$

Programda talebin %80 'inin karşılanması durumunda başarısızlık olasılığının alacağı değer de ayrıca

hesaplanmaktadır. Talebin belirli bir yüzdesine göre başarısızlığın hesaplanmasının bazı durumlarda daha uygun olacağı düşünülmektedir.

2.5.2. Eksiklik Kriteri :

Kriter değerleri başarısız periyotlar boyunca karşılanamayan su eksikliklerinin ortalama bir değeri olarak hesaplanmaktadır :

$$AD = \frac{1}{m} \sum_{y=1}^n \frac{[D_{2y} - R_{2y}]^+}{D_{2y}}$$

Yukarıdaki formül ile tanımlanan kritere ait terimler ;

- n : Planlama süresi (20 yıl)
m : Planlama süresi boyunca taleplerin karşılanamadığı yıl sayısı
 D_{2y} : Herhangi y yılındaki talep ($4.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{y}$)
 R_{2y} : Herhangi y yılındaki çekilen su hacmi
 $[D_{2y} - R_{2y}]^+$: Talebin karşılanamadığı yıllar gözönüne alındığında, pozitif bir değer olmalıdır.

2.5.2 .1. Toplam Karşılanamayan Hacim (Total Shortage)

Planlama süresi boyunca karşılanamayan toplam su ihtiyacını vermektedir :

$$TS = \sum_{y=1}^n [D_{2y} - R_{2y}]^+$$

Bu hacmin AD eksikliği ile ilişkili olduğu yukarıdaki denklemden görülmektedir.

2.5.3. Elastisite Kriteri :

Elastisite kriteri, sistemin bir kez başarısız duruma girdiğinde, kendisini ne kadar çabuk bu durumdan kurtarabildiğini gösteren bir ölçüdür. Elastisitenin matematik ifadesi aşağıdaki şekilde verilebilir. T_F , bir başarısızlıktan sonra başarısızlığın ne kadar uzun süre devam ettiğini göstermektedir. Sistemin elastisitesi, T_F 'nin beklenen değerinin tersi olarak ifade edilir.

$$R_{2y} \in S \quad \text{ise} \quad Z_y = 1$$

$$R_{2y} \in F \quad \text{ise} \quad Z_y = 0$$

olmak üzere sistemin güvenirliliği ;

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{y=1}^n Z_y$$

şeklinde tanımlanmıştır.

Sistem çıktılarının, hedefler açısından yetersiz kaldığı durum başarısızlık olarak ifade edildiğinde, yeterli olduğu durum başarı olarak kabul edilmektedir. Başarılı bir durumdan, başarısız bir duruma geçiş w_y ile gösterilirse;

$$\{ R_{2y} \in S \text{ ve } R_{2,y+1} \in F \} \quad \text{ise} \quad w_y = 1$$

$$\text{farklı durumlarda} \quad \text{ise} \quad w_y = 0 \quad ,$$

olacaktır.

Uzun çalışma periyodu sonunda, w_y 'nin ortalama değeri, sistem çıktılarının bir y sezonunda S ve takip eden sezonda ise F kümesinin elemanı olma olasılığını ifade eden φ değerine eşittir:

$$\varphi = \text{Prob} \{ R_{2y} \in S, R_{2,y+1} \in F \} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{y=1}^n w_y$$

n deneme periyodu boyunca, ortalama başarısız durumda kalma süresi ;

$$\bar{T}_F = \frac{A}{B}$$

A , toplam başarısız durumda bulunma süresidir. E , başarısız duruma düşme olayının kaç kez tekrarlandığını göstermektedir.

$$\bar{T}_F = \left[\frac{1}{n} \sum_{y=1}^n (1 - z_y) \right] \left(\frac{1}{n} \sum_{y=1}^n w_y \right)^{-1}$$

$n \rightarrow \infty$ değerine ulaşıldığında, ortalama başarısız durumda kalma süresi \bar{T}_F , $(1 - \alpha)/\rho$ ortalama değerine ulaşacaktır:

$$E [T_F] = \frac{1 - \alpha}{\rho}$$

Bu eşitlik, bir başarısızlığın ortalama kaç zaman periyodunu kapsadığını ifade etmektedir. Bu değer tersi, sistemin elastisite ölçüsüdür.

$$\delta = \frac{\rho}{1 - \alpha} = \frac{\text{Prob} \{ R_{2y} \in S \text{ ve } R_{2,y+1} \in F \}}{\text{Prob} \{ R_{2y} \in F \}} = \frac{1}{E[\bar{T}_F]}$$

Peryod süresi yeterince uzun seçilirse ;

$$\text{Prob} \{ R_{2y} \in S \text{ ve } R_{2,y+1} \in F \} = \text{Prob} \{ R_{2y} \in F \text{ ve } R_{2,y+1} \in S \}$$

Tek bir zaman adımında, ortalama olarak başarısız durumdan kurtulma olayının olasılığı,

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\text{Prob} \{ R_{2y} \in F \text{ ve } R_{2,y+1} \in S \}}{\text{Prob} R_{2y} \in F} \\ &= \text{Prob} \{ R_{2,y+1} \in S \mid R_{2y} \in F \} \end{aligned}$$

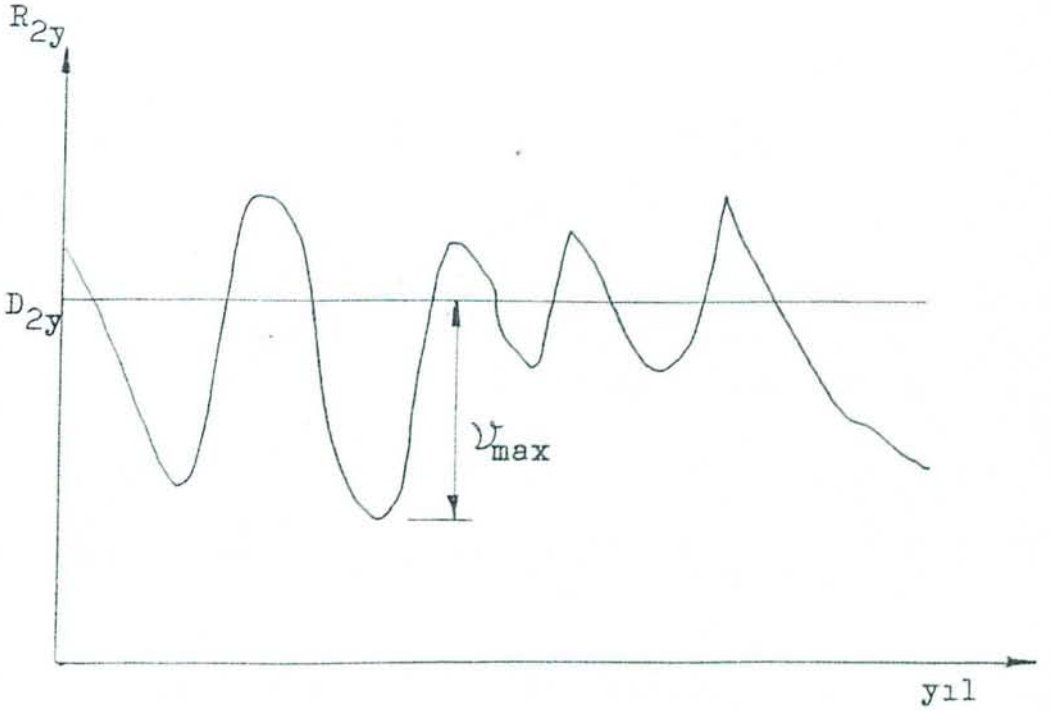
olacaktır.

Sonuç olarak, δ ne kadar büyükse sistemin elastisitesi o kadar fazladır, yani sistem başarısız duruma girince kendisini hızlı olarak bu durumdan kurtaracaktır.

2.5.4. Maksimum Eksiklik Kriteri :

Kriter, sistemde planlama süresi boyunca meydana gelen en büyük su eksikliğinin değerini vermektedir. Başarısızlığın şiddetini ifade eden ikinci bir ölçüdür (Şekil 2.3) :

$$V = \max [D_{2y} - R_{2y}]^+$$



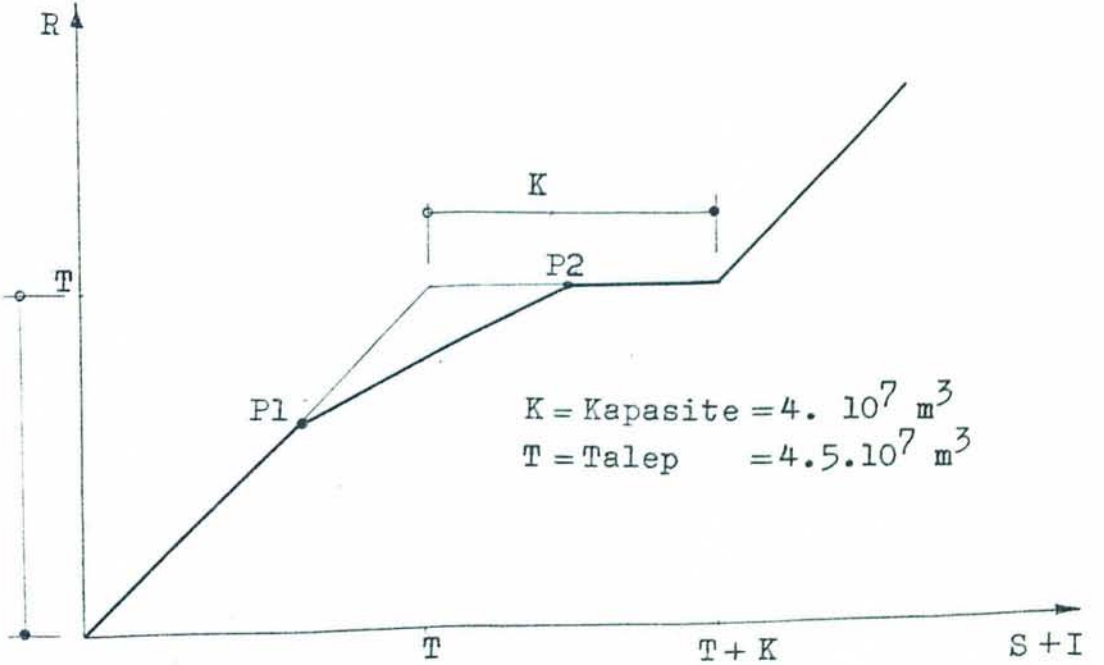
Şekil 2.3. Maksimum Eksiklik Kriteri

$$V = f (\text{Akışlar, Kapasite, Talepler, İşletme Şekli})$$

Maksimum eksiklik değeri akışlara, seçilen hazne kapasitesine, gelecekte karşılaşılabilecek su taleplerine ve hazne işletme politikasına bağlı bir değerdir.

2.6. KORUNMA (HEDGING) POLİTİKALARI

Standart işletme politikasından farklı işletme politikaları Şekil 2.4 'deki P1 ve P2 'nin çeşitli kombinezonları şeklinde türetilmiştir. Birinci ve ikinci politika parametreleri, kapasite ile talep hacmine bağlı belirli bir aralık boyunca değiştirilmiştir.



Şekil 2.4. Politika Parametreleri

Parametrelerin değişim aralıkları :

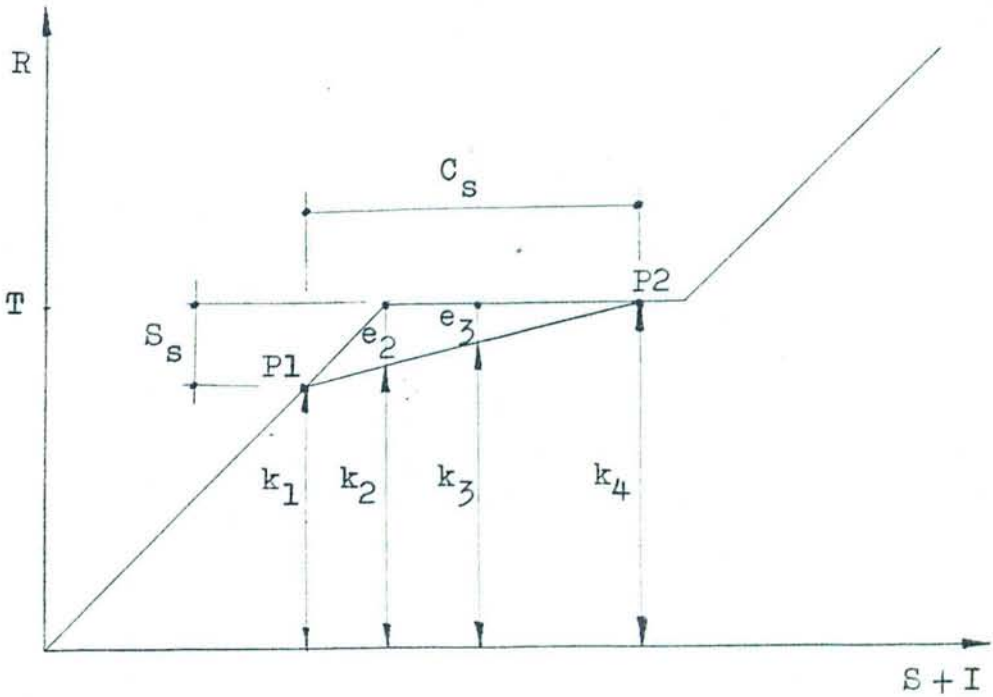
$$\begin{aligned} 0 \leq P1 < T & ; \quad 0 \leq P1 < 4.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3 \\ T < P2 \leq K + T & ; \quad 4.5 < P2 \leq (4.5 + 4) \cdot 10^7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bu çalışmada performans indisleri korunma politikalarına bağlı olarak incelenmektedir. Bağımlılık, korunma politikalarının türetilmesinde kullanılan parametreler cinsinden ifade edilmiştir.

Standart işletme politikası, yeterli su bulunmayan dönemlerde haznede depo edilen suyun tamamını taleplerin karşılanması için kullanmayı gerektirmektedir. Korunma (hedging) politikaları ise, gelecekteki yaz sezonu taleplerini mümkün olan en az eksikliklerle karşılamak için,

daha önceki yaz sezonlarında çekilen su hacimlerinde belirli bir oranda yapılan kesintileri ifade etmektedir.

Programda 80 adet korunma politikası iki parametreye bağlı olarak türetilmiş ve tek tek 25 simülasyona uygulanmıştır. Burada her simülasyon 20 yıllık bir çalışma süresini kapsamaktadır.



Şekil 2.5 Korunma Oranı

C_s : Korunma uygulamasının devam ettiği hazne su hacmi aralığı

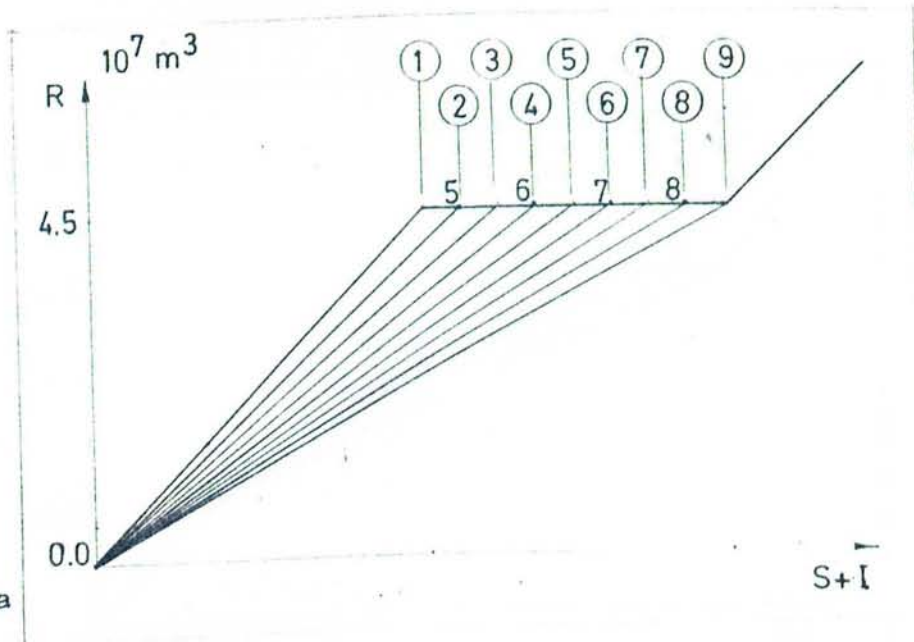
S_s : Korunma politikasının baz olarak aldığı maksimum su eksikliği

Şekil 2.5 'de, P1 ve P2 parametrelerine göre belirlenmiş bir korunma politikasının, hazne su durumunun farklı seviyelerinde davranışı görülmektedir. P1 parametresinin konumu, korunma (hedging) uygulamasının başladığı, hazne su seviyesini göstermektedir. Korunma oranı, C_s ve S_s değerlerine bağlı olarak şu şekilde tanımlanabilir ;

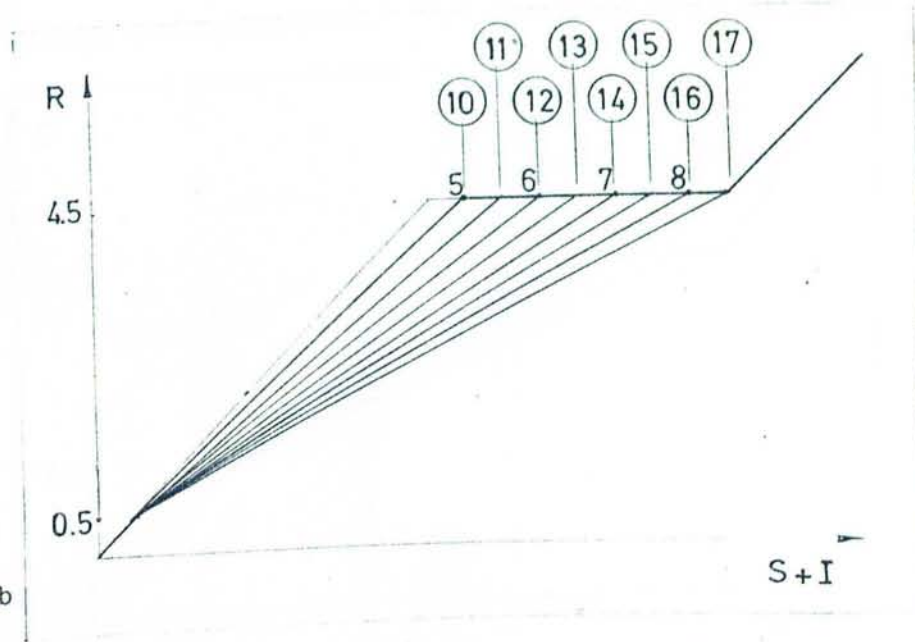
$$\text{Korunma Oranı} = \frac{S_s}{C_s}$$

Korunma nedeniyle meydana gelebilecek maksimum su tutma miktarının, haznede talebi karşılayacak kadar su bulunduğu durumda (e_2) meydana geldiği, şekilde görülmektedir.

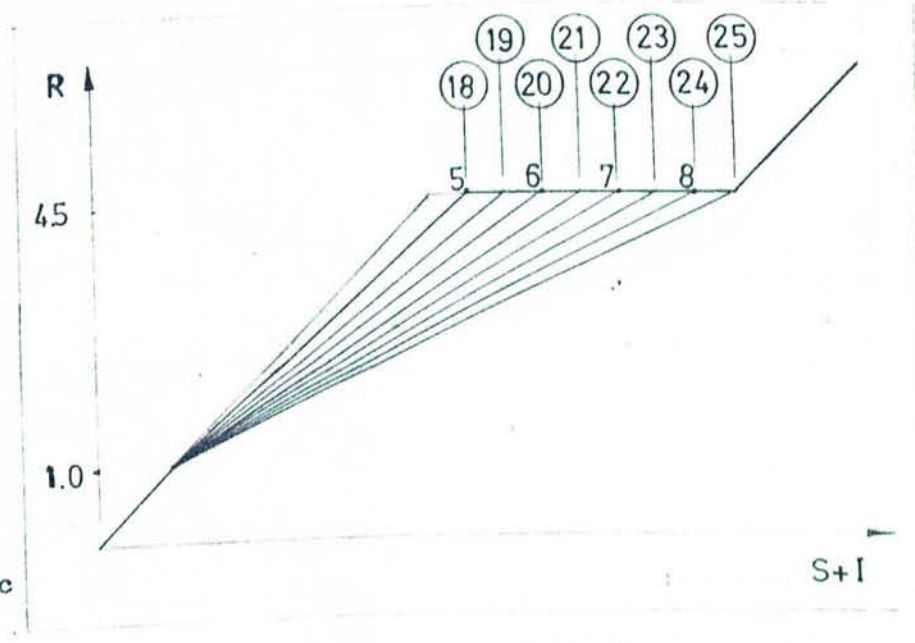
Çalışmada kullanılan korunma politikalarının numaralandırılması Şekil 2.6 'da gösterilmiştir, 1 nolu politika standart işletme politikasına karşı gelmektedir.



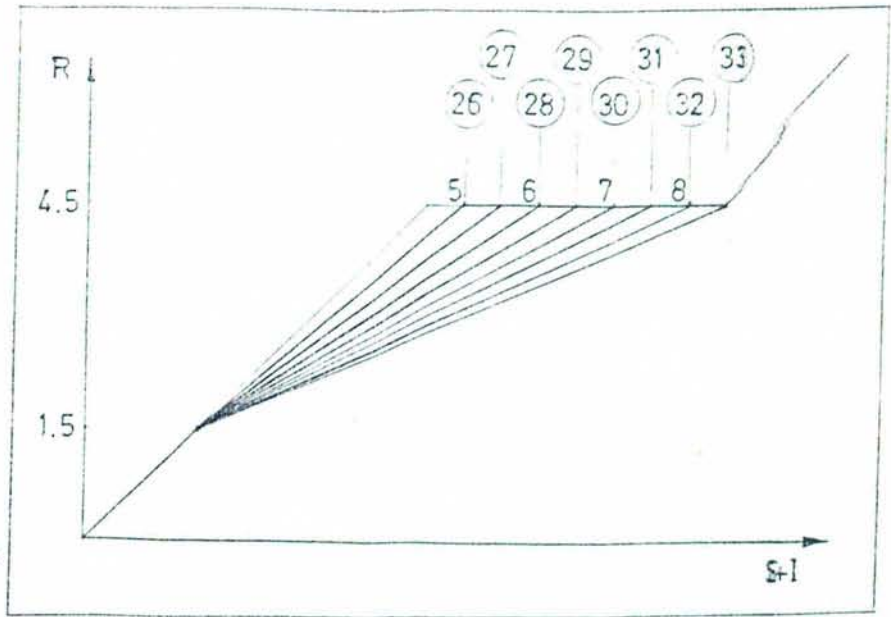
Şekil 2.6.a



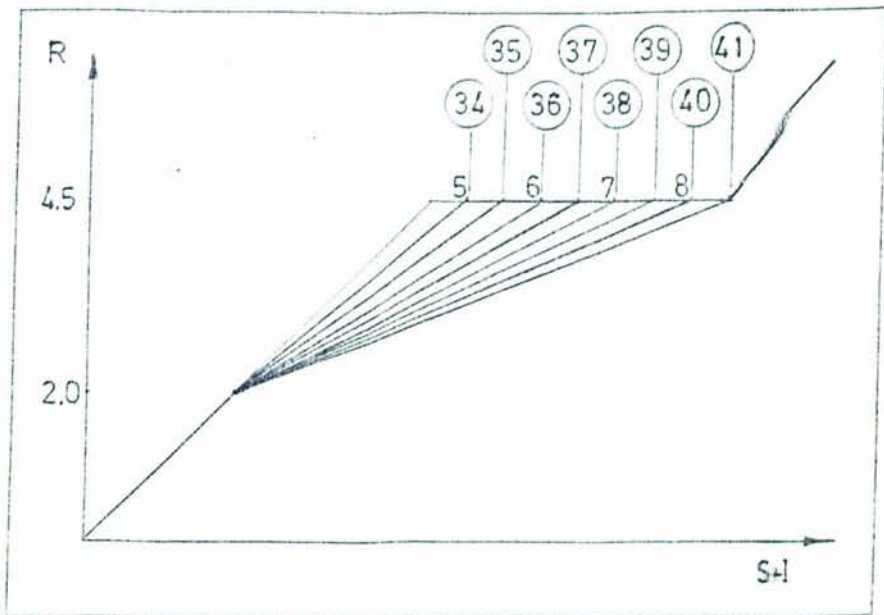
Şekil 2.6.b



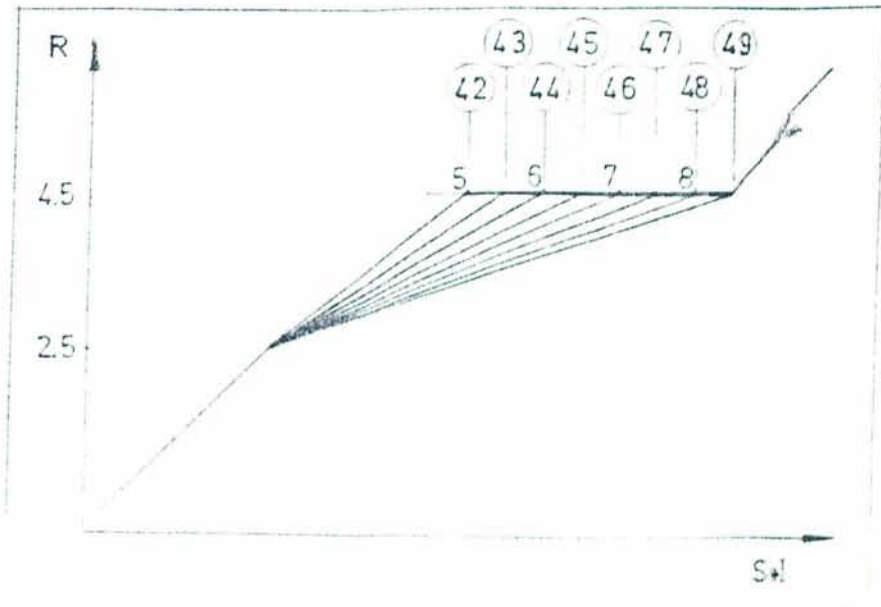
Şekil 2.6.c



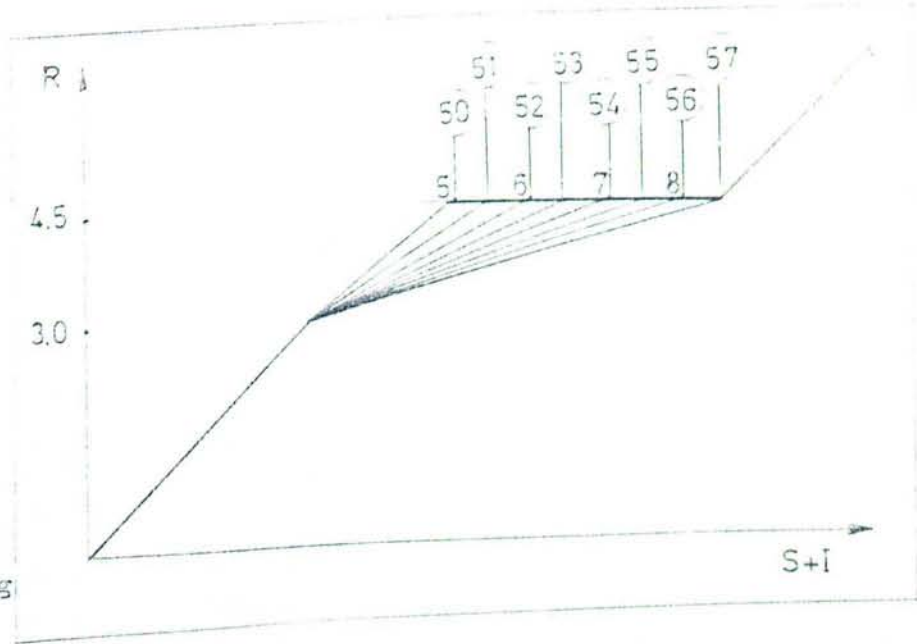
Şekil 2.6.d



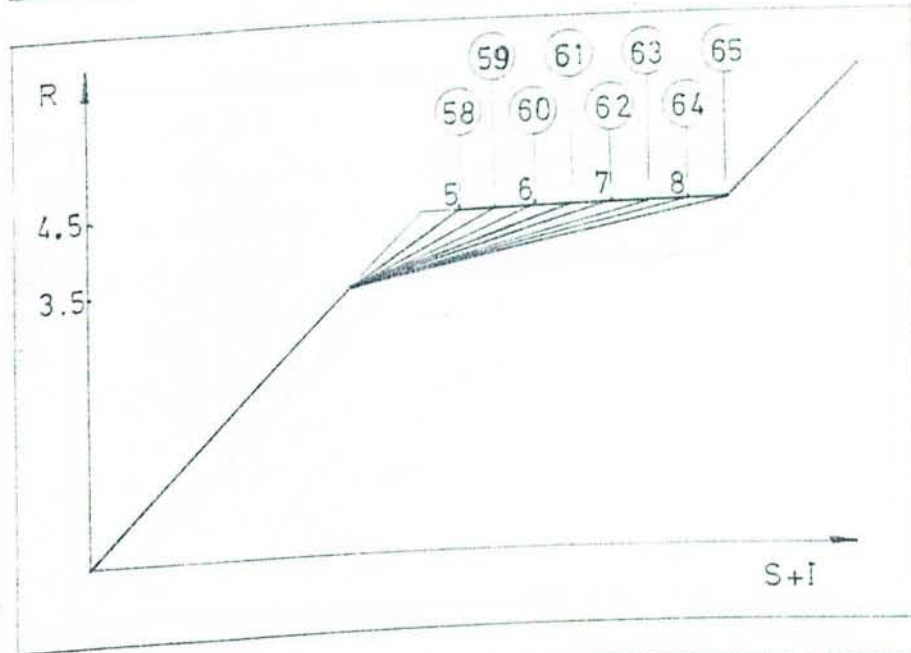
Şekil 2.6.e



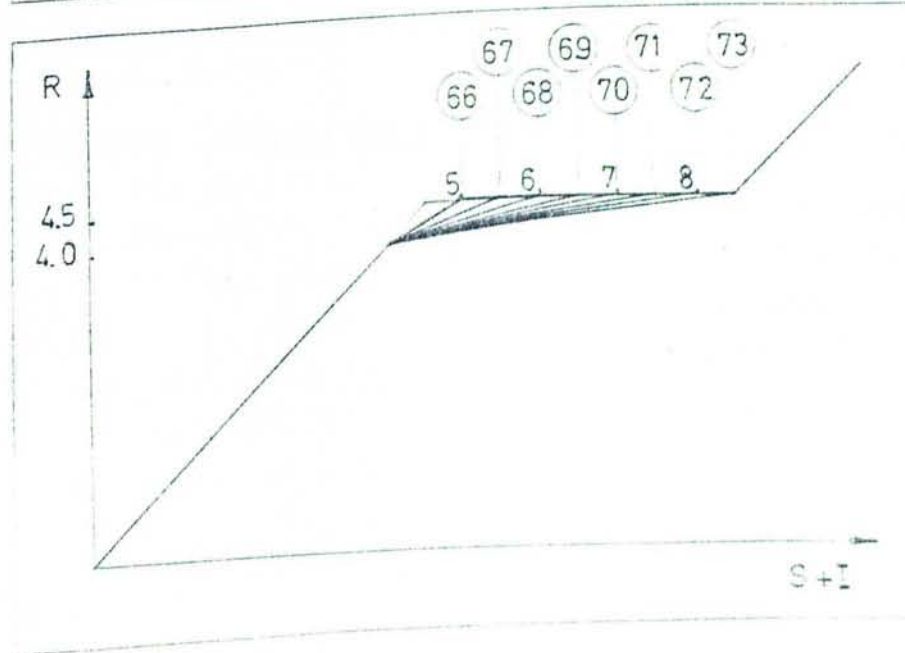
Şekil 2.6.f



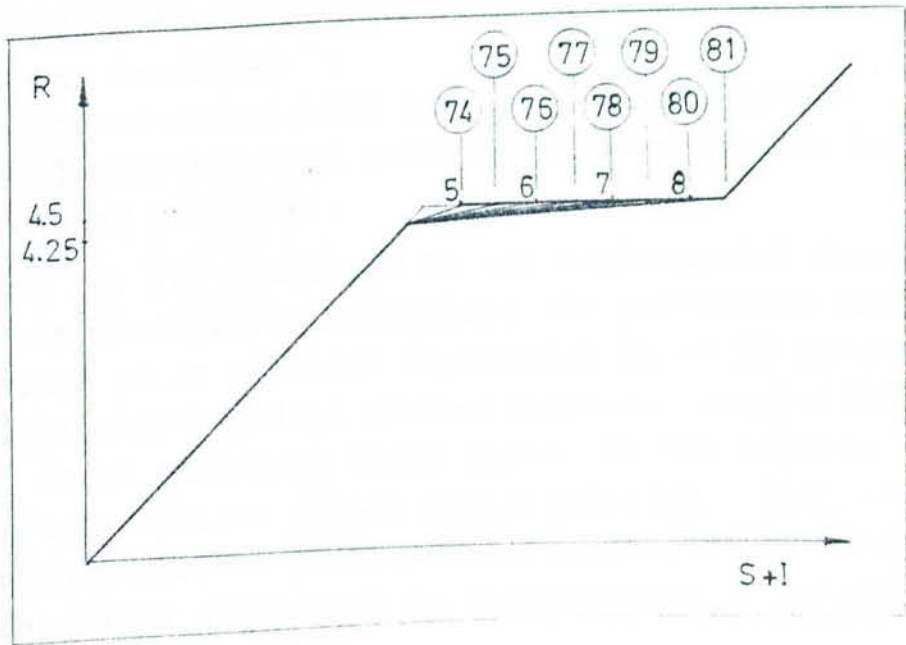
Şekil 2.6.g



Şekil 2.6.h



Şekil 2.6.ı



şekil 2.6.j

BÖLÜM III

SONUÇLAR

3.1. SONUÇLARIN GRAFİK GÖSTERİMİ

Simulasyon programının sonuçları iki tip grafik halinde gösterilmiştir.

a. I. Tip Grafikler :

Korunma politika parametrelerine (P1 ve P2) bağlı olarak performans indislerinin ortalama ve standart sapma değerlerinin gidiş özelliklerini gösteren grafikler.

b. II. Tip Grafikler :

Performans indislerine ait ortalama değerlerin, birbirleriyle ilişkilerini politika parametrelerine bağlı olarak gösteren grafikler.

I. ve II. Tip grafikler Ek 'de toplu olarak verilmiştir. I. tip grafiklerin herbirinde bir performans indisinin ortalamasının ya da standart sapmasının P1 ve P2 parametrelerine bağlı olarak gidişi gösterilmiştir. Bu grafikler gerek P2 absis ekseninde olmak üzere P1 'in çeşitli değerleri için eğriler ailesi hazırlanmıştır. Bazı grafiklerde bir parametrenin çeşitli değerleri için elde edilen eğriler çok yakın olduğundan bu parametrenin değerleri ayrı ayrı gösterilmemiştir.

II. Tip grafiklerde ise sırasıyla başarısızlık indisinin ortalaması ile eksiklik indisinin ortalaması, başarısızlık indisinin ortalaması ile elastisite indisinin ortalaması, başarısızlık indisinin ortalaması ile maksimum eksiklik indisinin ortalaması, eksiklik indisinin ortalaması ile elastisite indisinin ortalaması, eksiklik indisinin ortalaması ile maksimum eksiklik indisinin ortalaması, elastisite indisinin ortalaması ile maksimum eksiklik

indisinin ortalaması arasındaki ilişkilerin P1 ve P2 parametresinin belli değerlerine karşı gelen eğrilerden oluşan eğriler ailesi şeklinde verilmiştir.

3.2. GRAFİKLERDE KULLANILAN NOTASYON VE TERİMLER

S.P.	: Standart İşletme Politikası
P1	: Birinci Politika Parametresi
P2	: İkinci Politika Parametresi
Mean Failure	: Başarısızlık İndisinin Ortalaması
Mean Deficit	: Eksiklik İndisinin Ortalaması
Mean Resiliency	: Elastisite İndisinin Ortalaması
Mean Vulnerability	: Maksimum Eksiklik İndisinin Ortalaması
Mean %80 Failure	: Talebin %80 'i İçin Başarısızlık İndisinin Ortalaması
S.D. Failure	: Başarısızlık İndisi Standart Sapma Değeri
S.D. Deficit	: Eksiklik İndisi Standart Sapma Değeri
S.D. Resiliency	: Elastisite İndisi Standart Sapma Değeri
S.D. Vulnerability	: Maksimum Eksiklik İndisi Standart Sapma Değeri
S.D. %80 Failure	: Talebin %80 'i İçin Başarısızlık İndisi Standart Sapma Değeri

3.3. GRAFIKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Grafiklerde, performans kriter değerleri politika parametrelerine bağlı olarak çizilmiştir. İki parametreye bağlı olarak türetilen politikalar, sistem performans indislerini farklı biçimde etkilemektedir. Söz konusu etkileme olayı politika parametrelerine bağlı olarak incelenmiş ve aralarındaki bağımlılık derecesi araştırılmıştır.

Birinci ve ikinci politika parametrelerinin bazı performans indislerinin değişimine ayrı ayrı veya birlikte tesir etmeleri; belirli performans indisleri için, parametrelerin hangi aralıkta değerler alması gerektiğine karar verme olanağı sağlamaktadır.

Elde edilen sonuçlar Tablo 3.1 - 3.3 ' de özetlenmiştir. Tablo 3.1 ' de 25 simülasyon sırasında türetilen sentetik serilerin istatistiklerinin ortalama ve standart sapmaları gösterilmiştir. Tablo 3.2 ' de herbir işletme politikası için çeşitli performans indislerinin 25 simülasyonda hesaplanan değerlerinin ortalamaları, Tablo 3.3 ' de ise standart sapmaları verilmiştir.

Tablo 3.1

TEK HAZNELİ SU KAYNAKLARI SİSTEMİ İÇİN SİMULASYON PROGRAMI

SENTETİK SERİ'e AİT İSTATİSTİKLER

	<u>KIŞ</u>	<u>YAZ</u>	<u>YILLIK</u>
ORTALAMA :	4.162691	2.665043	6.827735
STANDART SAPMA :	1.60912	1.130011	2.484556

KIŞ KORELASYON DEĞERİ = 0.6062464

YAZ KORELASYON DEĞERİ = 0.6343353

SİMULASYON SAYISI = 25

SİMULASYON YILI = 20

KULLANILACAK DATA SAYISI = 1000

YILLIK SU İHTİYACI SABİT HAZNE KAPASİTESİ = $4 \cdot 10^7 \text{ m}^3$

BAŞLANGIÇTA HAZNE YARI DOLU

KIŞ SEZONUNDA BIRAKILACAK MİNİMUM AKIŞ = $0.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3$

- Tablo 3.2 -

POLİTİKALARA GÖRE PERFORMANS İNDİSLERİNİN ORTALAMALARININ DEĞİŞİMİ

POLICY NO	PAIL	%80 F	TS	AD	R	V	% 80 R
1	0.104	0.048	1.880	0.155	0.721	0.919	0.480
2	0.128	0.060	2.261	0.154	0.653	1.013	0.420
3	0.212	0.070	2.811	0.129	0.564	1.115	0.400
4	0.350	0.076	3.841	0.113	0.521	1.207	0.360
5	0.544	0.098	5.943	0.118	0.373	1.296	0.340
6	0.696	0.180	9.028	0.143	0.217	1.404	0.171
7	0.816	0.316	12.690	0.172	0.134	1.523	0.192
8	0.880	0.494	16.510	0.208	0.096	1.649	0.188
9	0.926	0.636	20.246	0.243	0.064	1.784	0.161
10	0.128	0.060	2.250	0.153	0.653	1.004	0.420
11	0.212	0.068	2.784	0.128	0.564	1.097	0.400
12	0.350	0.076	3.782	0.111	0.555	1.181	0.360
13	0.544	0.092	5.788	0.115	0.373	1.263	0.340
14	0.696	0.156	8.712	0.138	0.217	1.363	0.237
15	0.816	0.282	12.151	0.165	0.134	1.470	0.189
16	0.880	0.452	15.708	0.198	0.096	1.583	0.207
17	0.926	0.594	19.162	0.230	0.064	1.701	0.190
18	0.128	0.060	2.235	0.152	0.653	0.992	0.420
19	0.212	0.068	2.751	0.126	0.564	1.075	0.400
20	0.352	0.076	3.708	0.108	0.519	1.151	0.360
21	0.544	0.084	5.605	0.111	0.373	1.223	0.360
22	0.696	0.144	8.345	0.132	0.217	1.312	0.227
23	0.816	0.240	11.530	0.157	0.134	1.407	0.158
24	0.880	0.404	14.791	0.186	0.096	1.507	0.286
25	0.926	0.560	17.939	0.215	0.064	1.606	0.190
26	0.128	0.060	2.216	0.150	0.653	0.977	0.440
27	0.214	0.064	2.708	0.123	0.560	1.046	0.400
28	0.352	0.076	3.614	0.105	0.519	1.112	0.360
29	0.544	0.078	5.380	0.106	0.373	1.173	0.360
30	0.696	0.122	7.909	0.125	0.217	1.250	0.258
31	0.816	0.196	10.802	0.147	0.134	1.333	0.151
32	0.880	0.338	13.738	0.173	0.096	1.417	0.200
33	0.926	0.494	16.546	0.198	0.064	1.499	0.188
34	0.128	0.060	2.189	0.147	0.653	0.957	0.440
35	0.216	0.064	2.649	0.119	0.553	1.009	0.400
36	0.356	0.064	3.493	0.100	0.513	1.064	0.440
37	0.546	0.072	5.107	0.100	0.372	1.113	0.400
38	0.698	0.094	7.381	0.117	0.217	1.173	0.340
39	0.816	0.152	9.937	0.135	0.134	1.242	0.227
40	0.880	0.248	12.513	0.158	0.096	1.309	0.155
41	0.926	0.376	14.943	0.179	0.064	1.374	0.207
42	0.130	0.058	2.151	0.142	0.639	0.929	0.480
43	0.218	0.064	2.566	0.114	0.551	0.959	0.400
44	0.360	0.064	3.332	0.094	0.502	0.999	0.440
45	0.548	0.064	4.768	0.093	0.370	1.035	0.440
46	0.698	0.070	6.726	0.106	0.217	1.080	0.400
47	0.816	0.104	8.905	0.121	0.134	1.129	0.260
48	0.880	0.154	11.062	0.139	0.096	1.180	0.233
49	0.926	0.234	13.081	0.157	0.064	1.227	0.170
50	0.926	0.234	13.100	0.138	0.639	0.901	0.480

POLICY FAIL	%80 F	TS	AD	R	V	% 80 R
NO						
51 0.220	0.054	2.450	0.107	0.547	0.901	0.520
52 0.366	0.056	3.108	0.085	0.489	0.918	0.480
53 0.548	0.056	4.307	0.084	0.370	0.935	0.520
54 0.700	0.058	5.905	0.093	0.216	0.960	0.520
55 0.816	0.060	7.643	0.104	0.134	0.987	0.480
56 0.880	0.062	9.330	0.117	0.096	1.017	0.440
57 0.926	0.092	10.888	0.131	0.064	1.047	0.340
58 0.136	0.048	2.038	0.131	0.613	0.878	0.520
59 0.226	0.040	2.299	0.098	0.524	0.856	0.640
60 0.366	0.038	2.798	0.076	0.489	0.850	0.720
61 0.552	0.036	3.704	0.071	0.360	0.857	0.720
62 0.702	0.032	4.866	0.076	0.213	0.871	0.760
63 0.818	0.032	6.095	0.082	0.132	0.880	0.760
64 0.880	0.030	7.261	0.091	0.096	0.889	0.800
65 0.926	0.030	8.315	0.100	0.064	0.897	0.800
66 0.138	0.048	1.975	0.126	0.608	0.894	0.480
67 0.228	0.046	2.121	0.089	0.510	0.868	0.520
68 0.372	0.038	2.400	0.064	0.483	0.838	0.680
69 0.560	0.032	2.909	0.055	0.350	0.813	0.760
70 0.702	0.030	3.532	0.055	0.213	0.797	0.760
71 0.818	0.030	4.171	0.056	0.132	0.789	0.760
72 0.880	0.028	4.761	0.060	0.096	0.784	0.760
73 0.926	0.028	5.285	0.063	0.064	0.780	0.760
74 0.138	0.048	1.933	0.124	0.608	0.906	0.480
75 0.228	0.046	2.009	0.083	0.510	0.894	0.520
76 0.374	0.046	2.163	0.056	0.478	0.882	0.520
77 0.564	0.046	2.436	0.045	0.344	0.872	0.520
78 0.702	0.044	2.761	0.043	0.213	0.862	0.560
79 0.818	0.040	3.086	0.042	0.132	0.855	0.600
80 0.880	0.040	3.382	0.042	0.096	0.849	0.600
81 0.926	0.040	3.641	0.044	0.064	0.845	0.600

- Tablo 3.3 -

STANDART SAPMALARIN DEĞİŞİMİ

	FAIL	%80 F	TS	AD	R	V	%80 R
1	0.113	0.056	2.230	0.131	0.296	0.717	0.500
2	0.115	0.069	2.411	0.124	0.302	0.739	0.483
3	0.136	0.081	2.596	0.074	0.269	0.658	0.490
4	0.141	0.080	2.784	0.047	0.204	0.529	0.480
5	0.124	0.095	2.958	0.037	0.169	0.434	0.463
6	0.123	0.130	3.027	0.034	0.095	0.349	0.329
7	0.100	0.146	3.052	0.032	0.069	0.276	0.292
8	0.081	0.133	3.098	0.031	0.060	0.218	0.281
9	0.067	0.108	3.050	0.031	0.051	0.176	0.188
10	0.115	0.069	2.404	0.123	0.302	0.732	0.483
11	0.136	0.075	2.582	0.073	0.269	0.648	0.490
12	0.141	0.080	2.761	0.046	0.204	0.519	0.480
13	0.124	0.095	2.909	0.036	0.169	0.426	0.463
14	0.123	0.121	2.956	0.033	0.095	0.345	0.393
15	0.100	0.154	2.965	0.032	0.069	0.277	0.282
16	0.081	0.134	2.982	0.030	0.060	0.222	0.309
17	0.067	0.114	2.920	0.030	0.051	0.182	0.203
18	0.115	0.069	2.395	0.122	0.302	0.723	0.483
19	0.136	0.075	2.562	0.072	0.269	0.635	0.490
20	0.141	0.080	2.731	0.045	0.214	0.507	0.480
21	0.124	0.082	2.858	0.035	0.169	0.416	0.480
22	0.123	0.115	2.877	0.033	0.095	0.339	0.383
23	0.100	0.142	2.863	0.031	0.069	0.277	0.281
24	0.081	0.145	2.846	0.029	0.060	0.226	0.353
25	0.067	0.126	2.775	0.028	0.051	0.188	0.223
26	0.115	0.075	2.384	0.120	0.302	0.711	0.496
27	0.137	0.074	2.537	0.071	0.269	0.619	0.490
28	0.141	0.080	2.692	0.044	0.214	0.493	0.480
29	0.124	0.080	2.792	0.035	0.169	0.404	0.480
30	0.123	0.111	2.782	0.032	0.095	0.332	0.405
31	0.100	0.139	2.741	0.030	0.069	0.273	0.295
32	0.081	0.153	2.703	0.028	0.060	0.227	0.302
33	0.067	0.133	2.604	0.027	0.051	0.192	0.281
34	0.115	0.075	2.367	0.117	0.302	0.696	0.496
35	0.139	0.074	2.501	0.069	0.278	0.599	0.490
36	0.146	0.076	2.639	0.043	0.220	0.474	0.496
37	0.125	0.088	2.706	0.034	0.170	0.389	0.490
38	0.123	0.101	2.674	0.031	0.095	0.321	0.463
39	0.100	0.121	2.592	0.028	0.069	0.266	0.383
40	0.081	0.142	2.531	0.026	0.060	0.226	0.276
41	0.067	0.150	2.420	0.025	0.051	0.193	0.307
42	0.115	0.076	2.341	0.114	0.293	0.674	0.500
43	0.141	0.074	2.449	0.067	0.279	0.571	0.490

	FAIL	φ80 F	TS	AD	R	V	φ80 R
44	0.146	0.076	2.566	0.040	0.222	0.450	0.496
45	0.124	0.082	2.616	0.033	0.167	0.369	0.496
46	0.123	0.081	2.535	0.030	0.095	0.307	0.490
47	0.100	0.107	2.428	0.027	0.069	0.259	0.427
48	0.081	0.121	2.334	0.025	0.060	0.221	0.389
49	0.067	0.144	2.205	0.023	0.051	0.193	0.301
50	0.115	0.071	2.306	0.112	0.293	0.664	0.500
51	0.147	0.072	2.377	0.063	0.283	0.551	0.500
52	0.150	0.077	2.466	0.038	0.213	0.432	0.500
53	0.124	0.078	2.482	0.032	0.167	0.351	0.500
54	0.121	0.082	2.370	0.029	0.094	0.292	0.500
55	0.100	0.081	2.232	0.025	0.069	0.249	0.500
56	0.081	0.080	2.116	0.023	0.060	0.217	0.496
57	0.067	0.102	1.971	0.021	0.051	0.191	0.463
58	0.120	0.062	2.263	0.112	0.294	0.669	0.500
59	0.148	0.060	2.307	0.061	0.280	0.574	0.480
60	0.150	0.068	2.356	0.038	0.213	0.488	0.449
61	0.125	0.067	2.331	0.030	0.167	0.445	0.449
62	0.124	0.068	2.207	0.027	0.097	0.414	0.427
63	0.103	0.068	2.064	0.024	0.072	0.381	0.427
64	0.081	0.068	1.938	0.021	0.060	0.352	0.400
65	0.067	0.068	1.799	0.019	0.051	0.326	0.400
66	0.126	0.056	2.228	0.111	0.300	0.687	0.500
67	0.148	0.056	2.247	0.062	0.277	0.626	0.500
68	0.152	0.059	2.253	0.039	0.214	0.575	0.466
69	0.121	0.058	2.210	0.030	0.164	0.544	0.427
70	0.124	0.053	2.119	0.027	0.097	0.526	0.427
71	0.103	0.053	2.020	0.025	0.072	0.515	0.427
72	0.081	0.053	1.936	0.023	0.060	0.508	0.427
73	0.067	0.053	1.854	0.021	0.051	0.503	0.427
74	0.126	0.056	2.216	0.111	0.300	0.698	0.500
75	0.148	0.056	2.214	0.064	0.277	0.661	0.500
76	0.151	0.056	2.213	0.041	0.208	0.633	0.500
77	0.123	0.056	2.180	0.031	0.162	0.617	0.500
78	0.124	0.057	2.126	0.028	0.097	0.606	0.496
79	0.103	0.057	2.070	0.026	0.072	0.599	0.490
80	0.081	0.057	2.024	0.024	0.060	0.593	0.490
81	0.067	0.057	1.981	0.023	0.051	0.589	0.490

3.4. I.TIP GRAFİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Performans indislerinin ortalama ve standart sapma değerlerinin, politika parametreleri ile değişimini gösteren I.Tip grafiklerin değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

3.4.1. Başarısızlık Kriteri :

1. P1 Sabit, P2 'nin Artan Değerleri :

1.1. Ortalama ;

P2 parametre değerinin artması ile sistemin başarısızlığı da hızla artmaktadır.

1.2. Standart Sapma ;

Standart sapma değerlerinin, $P2 > 7$ bölgesinde P2 'nin artışıyla azaldığı kabul edilebilir.

2. P1 'in Artan, P2 'nin Sabit Değerleri :

2.1. Ortalama ;

Belli bir P2 değeri için P1 parametresinin değişmesinin başarısızlığı etkilemediği ve P2 'nin artması ile başarısızlığın kademe kademe büyüdüğü, bu büyümenin de doğrusal olmadığı görülmektedir.

2.2. Standart Sapma ;

P1 parametresinin değişmesinin, standart sapma değerlerini değiştirmedeği ve P2 'nin büyümesi ile değerlerin azaldığı gözlenmektedir.

3. Karşılaştırma :

Başarısızlık kriterinin en küçük ortalama değeri Standart İşletme Politikası ile elde edilmektedir. Korunma politikaları genel olarak başarısızlığı artırmaktadır.

4. Değerlendirme :

Standart sapma değerleri dikkate alındığında, 25 simülasyon sonucu elde edilen ortalama değerlerin,

simulasyondan simülasyona çok az değiştiği ve P2 'nin artan değerleriyle belirli bir başarısızlık değerini elde etme olasılığının arttığı, anlaşılmaktadır.

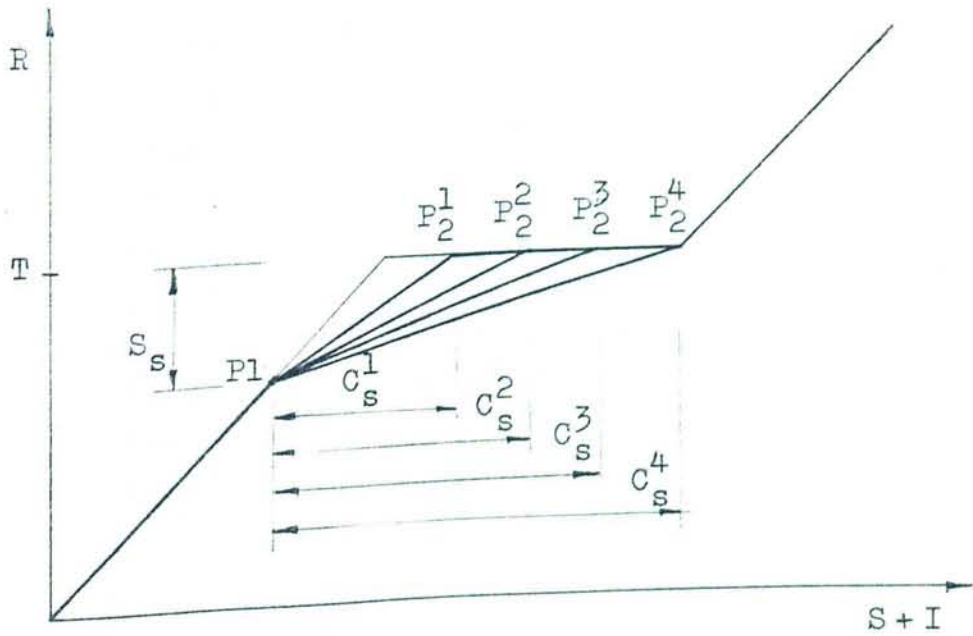
Sistemin güvenirliği üzerinde, P1 parametresinin etkili olmadığı, buna karşılık P2 parametresinin oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir :

Korunma oranı ($= S_s/C_s$) tanımını tekrar gözönüne alınırsa, şekil 3.1 ve şekil 3.2 'de iki farklı durumun varlığı görülebilir.

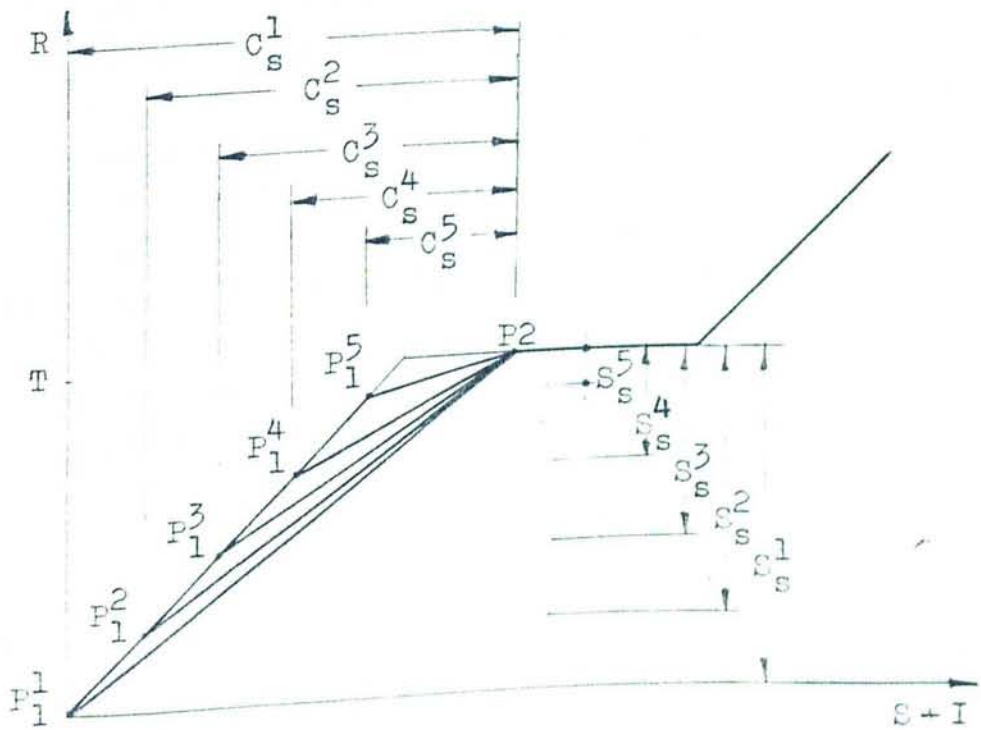
şekil 3.1 'de P1 sabit tutulup P2 artırıldığında S_s , korunma politikasının baz olarak aldığı maksimum su eksikliği değerinin sabit kaldığı, buna karşılık P2 'nin artan değerleriyle C_s , korunma uygulamasının devam ettiği hazne su hacim aralığı değerinin büyüdüğü gözlenmektedir. C_s değerinin büyümesi sistem çıktılarının başarısızlık kümesinde kalma olasılığını artırmaktadır.

şekil 3.2 'de ise, P2 sabit ve P1 'in artımıyla, S_s ile C_s değerlerinin yaklaşık aynı oranda azaldığı görülür. C_s 'in en büyük değeri P2 ile sınırlanmış olup belirli bir başarısızlık seviyesine karşı gelmektedir.

Ortalama başarısızlığın P1 'e fazla bağlı olmayıp P2 ile önemli ölçüde değişmesi bu performans indisinin esas itibarıyla korunma oranına bağlı olduğu ve bu oranın artışıyla ortalama başarısızlığın azaldığını göstermektedir.



Şekil 3.1 P1 sabit, P2 'nin artması durumu



Şekil 3.2 P1 'in artan, P2 'nin sabit durumu

3.4.2. Eksiklik Kriteri :

1. P1 Sabit, P2 'nin Artan Değerleri :

1.1. Ortalama ;

Ortalamanın önce $P2 \leq 6$ değerine kadar azaldığını ve bu değerden sonra artmaya başladığı görülmektedir. P1 'in küçük ve P2 'nin büyük değerlerinde artış, hız kazanmaktadır. $P1 > 4$ olması halinde ise bu indisin sürekli olarak azaldığı gözlenmektedir.

1.2. Standart Sapma ;

Standart sapma değerleri, P1 ve P2 'nin artan değerleri ile azalmaktadır.

2. P1 'in Artan, P2 'nin Sabit Değerleri :

2.1. Ortalama ;

Ortalama değerler $P2 < 6$ için P1 değerlerinin artışıyla biraz azalmakta, $P2 > 6$ ve P1 'in büyük değerleri için azalma hızı artmaktadır.

2.2. Standart Sapma ;

P1 politika parametresinin standart sapma üzerinde etkili olmadığı, daha çok P2 'nin artan değerleri ile küçük standart sapma değerlerine ulaşıldığı görülmektedir.

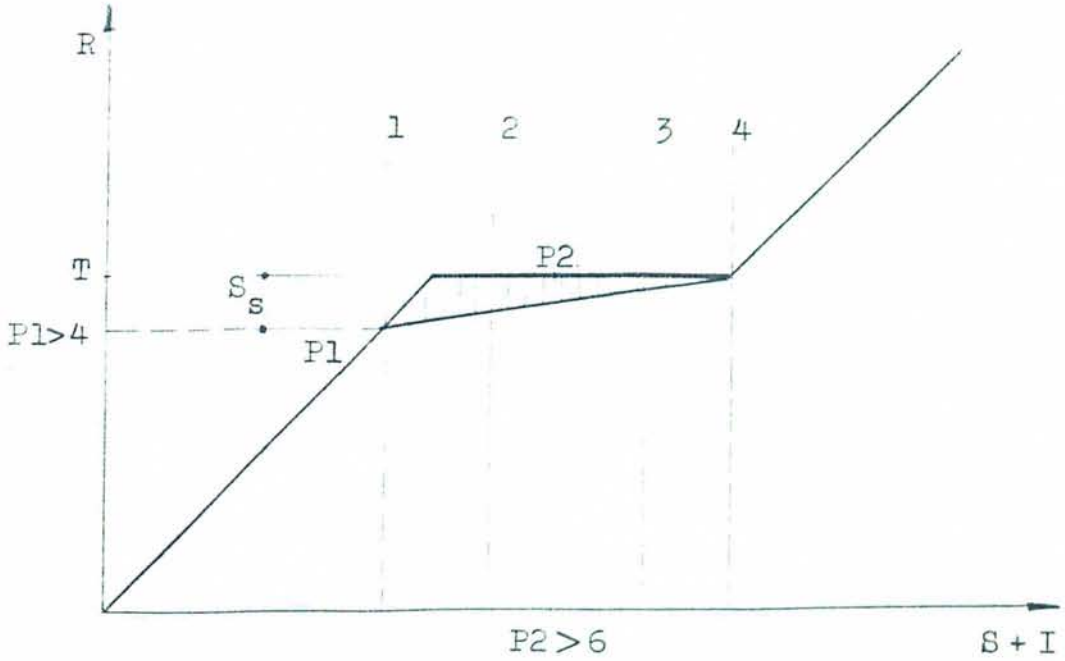
3. Karşılaştırma :

Eksiklik kriterinin küçük değerlerine ancak korunma politikaları ile yaklaşılmaktadır. Standart işletme politikası sözkonusu kriter için yeterli görülmemektedir.

4. Değerlendirme :

Kriter için en iyi işletme şekli, parametreleri $P1 > 4$ ve $P2 > 6$ şeklinde seçilen korunma politikaları ile sağlanmaktadır. Bunun sebebi şu şekilde açıklanabilir :

Sözkonusu korunma politikaları, korunma (hedging) uygulamasına, hazne hacmini yeterince doldurduktan sonra ($P1 > 4$) başlamaktadır. Dolayısıyla eksik su hacmi belirli bir seviyede tutulduktan sonra korunma oranı belirlenmektedir.



Şekil 3.3 Su Tutma Miktarı

Şekil 3.3 'de, depoda mevcut farklı su seviyeleri için çizilen düşey çizgilerden 1 numaralı çizgi P1 parametre değerinden geçmektedir. Burada korunma oranı, bu politika için belirli bir maksimum su eksikliğine göre hesaplanır. Şekilde taralı olarak gösterilen su tutma miktarlarının depo edilen su hacminin artışıyla azaldığı görülmektedir. Bu nedenle P2 'nin büyük seçilmesi eksiklik indisini küçültmek açısından yararlı olmaktadır.

3.4.3. Elastisite Kriteri :

1. P1 Sabit, P2 'nin Artan Değerleri :

1.1. Ortalama ;

Elastisite $P2 < 5.5$ değerlerine kadar yavaş ve $P2 > 5.5$ değerleri için hızla azalmakta,

1.2. Standart Sapma ;

Standart sapma değerleri de $P2 < 5.5$ değerlerine kadar yavaş veya yaklaşık sabit ve $P2 > 5.5$ değerleri için hızla küçülmektedir. Bu durum P2 'nin artışıyla ortalama elastisite için elde edilen değerlerin bütün simülasyonlarda aynı kalma olasılığının kuvvetlendiğini gösterir.

2. P1 'in Artan, P2 'nin Sabit Değerleri :

2.1. Ortalama ;

Kriter değerleri P1 'in artan değerleri için yaklaşık sabit kaldığı kabul edilebilir. Grafik, P2 'nin artan değerleri ile azalan başarısızlık seviyelerini içermektedir.

2.2. Standart Sapma ;

Standart sapma değerleri de P2 'nin artan değerleri ile azalmakta ve P1 'in artan değerleri ile sabit kalmaktadır.

3. Karşılaştırma :

$P2 > 5.5$ değerleri ile elde edilen korunma politikaları sistemin elastisitesini %50 değerinin altına düşürmektedir. Elastisite için en iyi değer standart işletme politikasıyla elde edilmektedir.

4. Değerlendirme :

Başarısızlık kriterine benzer olarak, elastisite değerlerinin P2 politika parametresine bağlı olarak hızla bozulması yine aynı şekilde açıklanabilir. P2 'nin artan değerleriyle su tutma aralığı büyümektedir. Buna bağlı olarak başarısız periyod sayısı ile başarısız periyodların üst üste görülme olasılığı artmaktadır.

P1 parametresinin değişiminin elastisiteyi çok fazla etkilemediği dikkate alınarsa, politika parametresinin başarısızlık ve elastisite kriterlerini benzer biçimde etkilediği görülür.

3.4.4. Maksimum Eksiklik Kriteri :

1. P1 Sabit, P2 'nin Artan Değerleri :

1.1. Ortalama :

P1 'in küçük değerlerinde P2 artırıldığında kriter değerleri hızla büyümekte, P1 parametre değerlerinin artışı ile sözkonusu büyüme hızı azalmaktadır ; $P1 \geq 3.5$ için P2 'nin artışı ortalamayı etkilememektedir.

1.2. Standart Sapma ;

$P1 \leq 3.5$ için P2 'nin artan değerleriyle standart sapma küçülmekte, $P1 \geq 3.5$ değerleri için yaklaşık sabit kalmaktadır.

2. P1 'in Artan, P2 'nin Sabit Değerleri :

2.1. Ortalama ;

$P2 > 5$ ve P1 'in artan değerleri için azalarak belirli bir değere yaklaşan eğrilerin $P2 \leq 5$ olan politikalarda yatıklaştığı görülmektedir.

2.2. Standart Sapma ;

$P1 \leq 3$ değerine kadar bütün eğrilerin yaklaşık yatay kaldığı, sonra yükseldiği görülmektedir. Standart sapma değerleri P2 'nin büyüyen değerleri ile kademe kademe azalmaktadır.

3. Karşılaştırma :

Maksimum Eksiklik ortalama değerini en küçük yapan politikalar, parametre değerleri $P1 > 3.5$ ve P2 'nin büyük seçildiği korunma politikalarıdır. Bu şekilde seçilen korunma politikaları kriter için standart politikaya göre daha iyi sonuç vermektedir.

4. Değerlendirme :

P1 ve P2 parametreleri yeterince büyük seçildiğinde ortalama değerlerin küçülmesine karşın standart sapma değerleri büyümektedir. Dolayısıyla, simülasyonların hepsinde aynı değeri elde etmek mümkün olmayacaktır.

P1 'in büyük değerleri, hazne kapasitesinin yeterince doldurulduktan sonra suyun tutulmasını gerektirmektedir. Bu şekilde eksiklik hacmi mümkün olduğunca küçük tutulur. P1 'in küçük değerlerinde, yani hazne yeterince dolmadan su tutulmaya başlanırsa eksiklik şiddeti de buna bağlı olarak artacaktır.

3.4.5. Talebin %80 'i için Başarısızlık Kriteri :

1. P1 Sabit, P2 'nin Artan Değerleri :

1.1. Ortalama ;

$P1 < 3.5$ ve $P2 \leq 6$ için kriter değerleri yaklaşık sabit kaldıktan sonra $P2 > 6$ için değerler hızla artmaktadır.

$P1 \geq 3.5$ için kriter değerleri yaklaşık sabit kalmakta veya bir miktar azalmaktadır.

1.2. Standart Sapma ;

Standart sapma değerleri küçük olup yaklaşık sabit kaldıkları kabul edilebilir.

2. P1 'in Artan, P2 'nin Sabit Değerleri :

2.1. Ortalama ;

$P2 > 6.5$ için P1 'in artan değerleri ile kriter değerleri hızla azalmakta, $P2 \leq 6.5$ için ise yaklaşık sabit kalmaktadır.

2.2. Standart Sapma ;

Burada da standart sapma eğrileri, P1 değerleri ile yaklaşık sabit kalmaktadır.

3. Karşılaştırma :

Kriter için en uygun işletme şekli, $P1 \geq 3.5$ olan korunma politikaları ve standart işletme politikasıyla sağlanmaktadır.

4. Değerlendirme :

Talebin %80 'i için başarısızlık değerleri hesaplandığında P1 'in büyük değerlerine göre türetilen politikalar uygun sonuçlar vermektedir.

Talebin belirli bir yüzdesine göre hesaplanan kriterler için uygun olan korunma politikalarının, talebin tamamına göre belirlenen başarısızlık kriteri için uygun olmayacağı tahmin edilen bir sonuçtur.

3.5. I. TIP GRAFİKLERE AIT SONUÇLAR :

i- Sistemin güvenilirliği için en iyi politika Standart İşletme Politikasıdır.

ii- Eksiklik kriterinin en küçük değerlerine, ancak parametreleri ($P1 > 4$, $P2 > 6$) şeklinde seçilen korunma politikaları ile ulaşılmaktadır.

iii- Sistem elastisitesinin en büyük değeri Standart İşletme politikası ile sağlanmaktadır. Korunma politikaları için kabul edilebilecek değerler, parametresi $P2 \leq 5.5$ olarak seçilen politikalar ile elde edilmektedir.

iv- Maksimum Eksiklik kriter değerleri, $P1 \geq 3.5$ ve $P2$ 'nin büyük değerler aldığı korunma politikalarıyla, küçülmektedir.

3.6. II. TİP GRAFİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Performans indislerine ait ortalama değerlerin, birbirleriyle olan ilişkilerini politika parametrelerine bağlı olarak gösteren bu grafiklerde korunma politika parametrelerinden biri (P1)sabit, diğlerinin (P2) değişen değerleri için iki performans indisine ait değerler absis ve ordinat ekseninde işaretlenerek, elde edilen noktalardan eğri aileleri elde edilmiştir.

3.6.1. Başarısızlık ve Eksiklik Kriterleri :

İki kriter için çizilen eğriler arasında belirli bir uyum gözlenmektedir.

P1 parametresinin artan değerleri sistemin ortalama güvenilirliğini pek az değiştirmekte, buna karşılık ortalama eksiklik değeri azalmaktadır.

P2 parametresinin artan değerleri sistemin güvenilirliğini hızla azaltırken, ortalama eksiklikler de azalmaktadır.

Standart politika için elde edilen nokta ; sistem güvenilirliği için uygun konumda bulunmasına rağmen, ortalama eksiklik kriteri için uygun değildir.

Grafikte, standart işletme politikası ve korunma politikalarının, sistemin güvenilirliği ile başarısız periyotlardaki su eksiklik şiddetinin azaltılmasına yöneliktir. Su eksiklik şiddetinin azaltılması ancak başarısız periyod sayısının artmasıyla mümkün olmakta, bu da sistemin güvenilirliğini azaltmaktadır.

3.6.2. Başarısızlık ve Elastisite Kriteri :

P1 parametresinin artan değerleri elastisite kriterini pek az etkilemektedir. P2 politika parametresinin artan değerleri ise elastisite kriterinin azalma hızını, artırmaktadır.

Her iki parametrenin başarısızlık indisini benzer biçimde etkilemesi, eğrilerin çakışmasına neden olmuştur.

Grafikte, kriterlerin standart işletme politikasına ait değerlerini gösteren nokta, her iki kriter için en iyi konumdadır.

Korunma (hedging) uygulaması, ilerideki dönemlerde karşılaşılabilecek su eksikliklerinin şiddetini azaltmak için haznedeki su seviyesinin belirli bir değere ulaşmasından sonra fazla suyu belirli bir oranda saklamayı gerektirir. Dolayısıyla, talebin tamamına göre belirlenen başarısızlık ve elastisite kriterleri, korunma işleminden olumsuz etkilenmektedir. Başarısızlık olasılığı, eksik periyod sayısının artmasıyla ilişkili olup, elastisite de sözkonusu eksik periyodların ardarda görülmesiyle ilişkilidir. Eksik periyod sayısının çoğalması, bu eksikliklerin peşpeşe görülme olayının olasılığını da artıracaktır.

3.6.3. Başarısızlık ve Maksimum Eksiklik Kriterleri :

$P1 \leq 3.5$ için eğriler arasında bir uyum görülmekte, daha sonra bu uyum bozulmaktadır. Bunun nedeni maksimum eksiklik kriterinin $P1$ 'in büyük değerlerinde bir minimum değerden geçmesidir.

$P1 \leq 3.5$ olan eğrilerde, $P2$ parametresinin artışı, maksimum eksiklik değerlerini de artırmakta ve sözkonusu artışın hızı $P1$ 'in büyüyen değerleriyle azalmaktadır. $P1 > 3.5$ eğrilerinde, $P2$ parametresinin artışı kriter değerlerini azaltmaktadır.

Korunma politikalarının uygulanmasının ana amacının Maksimum Eksiklik İndisi değerlerinin azaltılması olduğu gözönüne alınırsa, bu amacın $P1 > 3.5$ eğrilerinde gerçekleştiği görülür.

Maksimum Eksiklik (vulnerability) kriterinin uygun değerlerine, $P1$ parametresinin büyük değerleriyle ulaşılması, bizi şu sonuca götürmektedir ; korunma (hedging) uygulamalarına, hazne kapasitesinin yeterince dolu olması durumunda bağlanmalıdır. Aksi halde, korunma uygulamasından beklenen sonuç elde edilememekte ve daha büyük eksiklikler meydana gelmektedir.

Eğrilerden, korunma uygulamalarının iki kriteri çok farklı etkilediği ; maksimum eksiklik değerleri azalırken, başarısızlık değerlerinin hızla büyüdüğü görülebilir.

İki kriterin standart işletme politikası için değerlerini gösteren nokta, başarısızlık indisi için uygun olmasına rağmen, maksimum eksiklik kriteri için yeterince uygun değildir.

3.5.4. Eksiklik ve Elastisite Kriteri :

Eatrilerde, genel olarak belirli bir uyum görülmektedir.

P1 parametresinin artışı eksiklik kriterini azaltarak etkilemesine rağmen, elastisite kriteri pek az etkilenmektedir. P2 'nin belirli bir ölçüde etkilediği görülmektedir. Özellikle P1 'in büyük değerlerinde P2 'nin artırılması eksiklik nedeni olarak neden olmaktadır.

Standart işletme politikasına ait noktanın konumu, elastisite için uygun, eksiklik kriteri için uygun değildir.

3.6.5. Eksiklik ve Maksimum Eksiklik Kriterleri :

$P1 \leq 3.5$ değerlerinde, eğriler arasında bir uyum bulunmakta, $P1 > 3.5$ değerlerinde bu uyum bozulmaktadır. Birinci grup eğrilerde $P2$ 'nin en büyük değeri için elde edilen nokta, $P2$ 'nin en küçük değerine karşı gelen noktaya göre daha yukarıda yer alırken, ikinci grup eğrilerde bu durum değişmekte ve son nokta daha aşağıda bulunmaktadır. Genel olarak görülen ortak özellik, eğrilerin bir minimum değere sahip olmasıdır. Bu minimum değer birinci grup eğrilerde $P2 = 6.5$ değerinde görülmektedir.

$P1$ parametresinin artan değerleri eksiklik indisinin değerlerini azaltırken, ikinci kriterin değerlerini de bir minimum değere kadar azaltıp, sonra artırdığı görülmüştür.

$P2$ parametresinin artmasıyla, eksiklik değerleri bir minimum değere kadar azalıp sonra tekrar artmaktadır. Maksimum Eksiklik kriteri ise $P1 \leq 3.5$ değerine kadar artmakta ve $P1 > 3.5$ değerlerinde azalmaktadır.

Standart politika değerlerine ait nokta, özellikle Maksimum Eksiklik kriteri için çok kötü olmamakla birlikte, iki kriter için en küçük değerlere korunma politikaları ile ulaşılmaktadır.

3.6.6. Elastisite ve Maksimum Eksiklik Kriterleri :

Benzerlik eğrilerinde, P1 parametresinin artışının Elastisite kriterini pek etkilemediği, Maksimum Eksiklik kriterini ise yine bir minimum değerden sonra artırdığı görülmektedir. P2 parametresinin artışı da, elastisiteyi hızla azaltırken, maksimum eksikliği $P1 \leq 3.5$ değerine kadar artırıp, $P1 > 3.5$ 'den sonra azaltmaktadır.

Standart işletme politikasına ait nokta, elastisitenin en büyük değerine karşılık gelmektedir. Maksimum Eksiklik kriteri için ise yeterli bir değer olmamaktadır.

3.8. GENEL SONUÇ VE KORUNMA POLİTİKALARININ PERFORMANS İNDİSLERİNE ETKİSİ :

Standart İşletme Politikası, sistemin güvenilirlik ve elastisitesi için uygun olmaktadır. Fakat eksiklik ve maksimum eksiklik değerlerinin küçülmesi için korunma politikaları zorunludur. Korunma politikaları ile ileride daha büyük eksikliklerin ortaya çıkmasını önlemek için küçük eksikliklere katlanılması kabul edilmektedir. Bunun sonucu olarak eksiklik görülen zaman yüzdesi artmakta (dolayısıyla güvenilirlik ve elastiklik azalmakta), buna karşılık eksiklik ve maksimum eksiklik azaltılmış olmaktadır. Ancak çok fazla korunma da gerekli olandan daha büyük eksikliklere yol açabileceğinden maksimum eksiklik üzerinde olumsuz etki yapabilmektedir. Korunma politikaları uygulanırken şu sonuçlar dikkate alınmalıdır ;

1. Korunma uygulamasına erken başlamak iyi netice vermemektedir. Yani, hazne yeterince dolduktan sonra korunma uygulamasına başlamak uygun olmaktadır.

2. Korunma politikaları, talebin tamamına göre hesaplanan sistem güvenilirlik ve elastisite kriterlerini oldukça kötü etkileyecektir.

Gelecekteki su ihtiyaçlarının en az eksikliklerle karşılanması, meydana gelecek ekonomik zararın minimuma indirilmesi amacı için düşünüldüğünde, büyük önem kazanır. Bu amacın gerçekleşmesi ise korunma (hedging) politikalarına yönelmeyi gerektirmektedir. Korunma politikalarının, sistemin güvenilirlik ve elastisitesi üzerine bozucu etkisi dikkate alındığında, belirli bir politika için karar vermek zorlaşmaktadır.

3.9. POLİTİKA SEÇİMİ

Belirli bir işletme politikasına karar vermek için ; performans indislerinin ağırlıklı bir toplamı şeklinde tanımlanan bir amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Her bir performans indisi için tanımlanan ağırlık katsayılarının toplamı 1 'e eşit olmalıdır, bu katsayılar karar verme süresince o indisin ifade ettiği kritere verilen önemi göstermektedir.

Amaç fonksiyonu oluşturulurken, performans indislerinin hepsinin en küçük (ya da en büyük) yapılmak istenecek şekilde tanımlanmaları ve boyutsuz şekilde ifade edilmeleri gerekir. Başarısızlık, eksiklik ve maksimum eksiklik kriterlerinin en küçük yapılması arzu edildiği halde elastisiteyi büyütmek gerektiğinden amaç fonksiyonunda elastisitenin 1 'den farkı kullanılmıştır. Başarısızlık, maksimum eksiklik indisleri boyutsuz olduğu halde bölerek boyutsuz hale getirilmiştir.

T : Talep

f : Başarısızlık kriterini

δ : Elastisite "

d : Eksiklik "

v : Maksimum Eksiklik kriterini, göstermek üzere, amaç fonksiyonu şu şekilde tanımlanabilir ;

$$\min \left\{ w_1 \cdot f + w_2 \cdot (1 - \delta) + w_3 \cdot d + w_4 \cdot \frac{v}{T} \right\}$$

$$\sum_{i=1}^4 w_i = 1$$

Tablo 3.4 'de ağırlık katsayılarının çeşitli kombinasyonları için seçilen işletme politikaları verilmiştir.

- Tablo 3.4 -

AĞIRLIK KATSAYILARINA GÖRE EN İYİ İŞLETME POLİTİKASININ BULUNMASI
1-AĞIRLIK KATSAYISI:BAŞARISIZLIK KRİTERİ (FAILURE)
2-AĞIRLIK KATSAYISI:KARŞILANAMAYAN HACİM YÜZDESİ KRİTERİ (DEFICIT)
3-AĞIRLIK KATSAYISI:ELASTİSİTE KRİTERİ (RESILIENCY)
4-AĞIRLIK KATSAYISI:KARŞILANAMAYAN MAKSİMUM HACİM KRİTERİ(VULNERABILITY)

AĞIRLIK KATSAYISI 1	AĞIRLIK KATSAYISI 2	AĞIRLIK KATSAYISI 3	AĞIRLIK KATSAYISI 4	SEÇİLEN İŞLETME POLİTİKASI
1.00	0.00	0.00	0.00	1
0.75	0.25	0.00	0.00	1
0.75	0.00	0.25	0.00	1
0.75	0.00	0.00	0.25	1
0.50	0.50	0.00	0.00	1
0.50	0.25	0.25	0.00	1
0.50	0.25	0.00	0.25	1
0.50	0.00	0.50	0.00	1
0.50	0.00	0.25	0.25	1
0.50	0.00	0.00	0.50	1
0.25	0.75	0.00	0.00	75
0.25	0.50	0.25	0.00	1
0.25	0.50	0.00	0.25	74
0.25	0.25	0.50	0.00	1
0.25	0.25	0.25	0.25	1
0.25	0.25	0.00	0.50	58
0.25	0.00	0.75	0.00	1
0.25	0.00	0.50	0.25	1
0.25	0.00	0.25	0.50	1
0.25	0.00	0.00	0.75	1
0.00	1.00	0.00	0.00	79
0.00	0.75	0.25	0.00	76
0.00	0.75	0.00	0.25	79
0.00	0.50	0.50	0.00	1
0.00	0.50	0.25	0.25	1
0.00	0.50	0.00	0.50	80
0.00	0.25	0.25	0.50	1
0.00	0.25	0.50	0.25	1
0.00	0.25	0.75	0.00	1
0.00	0.25	0.00	0.75	72
0.00	0.00	1.00	0.00	1
0.00	0.00	0.25	0.75	1
0.00	0.00	0.75	0.25	1
0.00	0.00	0.50	0.50	1
0.00	0.00	0.00	1.00	73
0.10	0.20	0.30	0.40	1
0.10	0.30	0.10	0.50	1

Tablo 3.4 incelendiğinde ağırlık katsayılarının bir çok kombinezonları için Standart İşletme Politikasının (1 nolu politika) en iyi politika olarak seçildiği görülmektedir. Farklı politikalar için varılan sonuçlar şunlardır :

1. Elastisitenin hiç gözönüne alınmaması, başarısızlık kriterine 0.25, eksiklik kriterine 0.50 (veya 0.75), maksimum eksiklik kriterine 0.50 (veya 0.0) ağırlık verilmesi halinde standart politikadan çok az farklı olan 74 (veya 75) nolu politika seçilmektedir. Bu politikalarda $P_1=4.25$, $P_2=5$ (veya 5.5) değerlerindedir. Yani çok küçük bir bölgede korunma yapılmaktadır. Başarısızlık ve maksimum eksiklik kriterlerinin gözönüne alınmaması, eksiklik kriterine 0.75, elastisiteye 0.25 ağırlık verilmesi halinde ise 76 nolu politika seçilmektedir ($P_1=4.25, P_2=6$). Buna göre, çok küçük bir bölgede korunma yapılması özellikle eksikliği azaltmak açısından yararlı olabilmektedir.

2. Başarısızlık ve elastisitenin hiç gözönüne alınmaması hallerinde standart politika yerine başka bir politika seçmek uygun olmaktadır. Bu durumda en iyi politikanın parametreleri, eksiklik ve maksimum eksiklik kriterlerinin ağırlıklarına göre $P_1=4 - 4.25$, $P_2=7.5 - 8.5$ değerlerini alabilmektedir. Eksiklik kriterinin ağırlığı azaldıkça P_1 'i küçültmek, P_2 'yi büyütmek gerekmektedir.

3. Seçilen politikalar arasında standart politikaya en uzak olanı 58 nolu politikadır ($P_1=3.5$, $P_2=5$) . Bu politika elastisitenin gözönüne alınmayıp, başarısızlık ve eksikliğe 0.25, maksimum eksikliğe 0.50 ağırlık verilmesi halinde seçilmektedir.

Görüldüğü gibi seçilen politikanın standart politika olmaması halinde bile bu politikadan fazla uzaklaşmamakta, yani büyük ölçüde korunma yapılmamaktadır ($P_1 \geq 3.5$). Esasen daha önce de belirtildiği gibi maksimum eksikliğin azaltılması $P_1 > 3.5$ için mümkün olmaktadır. Bu sonuçlar da daha öncekileri doğrulamakta, eksiklik ve maksimum eksikliği azaltmak için ilave alınırsa bir miktar korunma gerekeceğini.

ama korunmaya daima mevcut su hainin hedefe yakın değerlerinde başlamanın uygun olđunu göstermektedir.

BÖLÜM IV

SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

4.1. TEZ SONUÇLARININ BENZER ÇALIŞMALARLA KARŞILAŞTIRILMASI

Tek hazneli ve sulama maksatlı bir su kaynakları sistemi için, Güvenirlik, Elastisite, Eksiklik ve Maksimum Eksiklik kriterlerini inceleyen bir çalışma WAI - SEE, v.d. tarafından yapılmış ve sonuçları [6] 'de yayınlanmıştır. İlgili performans indisleri, çok amaçlı bir lineer program modelinde incelenmiştir.

" Mixed-Integer " adı verilen lineer program modelinin matematik formülasyonu şu şekildedir ;

Amaç fonksiyonu ;

$$\text{minimum } z = (0.01 \sum_{t=1}^n M_t + D_{\max})$$

Kısıtlar ;

$$S_t = S_{t-1} - X_t - W_t + I_t \quad ; \quad t = 1, 2, \dots, n$$

$$S_t \leq 0$$

$$X_t - M_t = D_t$$

$$M_t - Y_t \cdot D_t \leq 0$$

$$M_t - D_{\max} \leq 0$$

$$\sum_{t=K}^{K+N} Y_t \leq N \quad ; \quad K = 1, 2, \dots, n-2$$

$$\sum_{t=1}^n Y_t = P$$

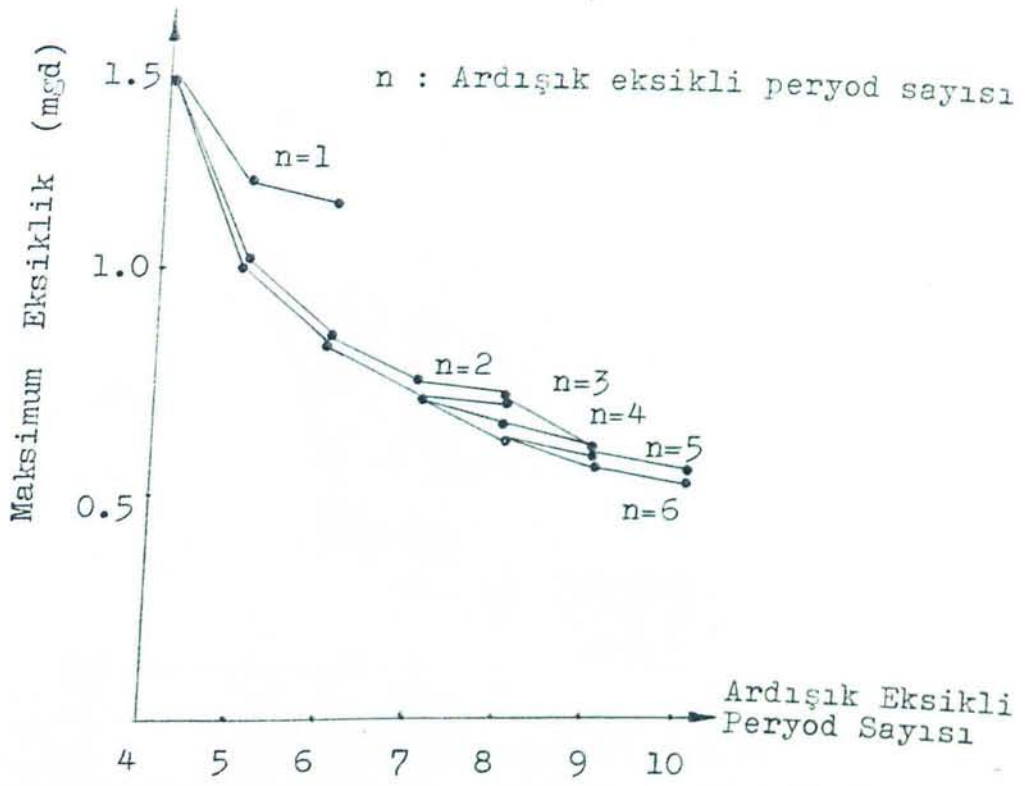
- n : İnceleme süresinin kapsadığı periyot sayısı
 C : Hazne kapasitesi
 D_t : t periyodunda hedef su talebi
 D_{max} : Analiz süresince karşılaşılabilecek maksimum eksiklik
 I_t : t periyodunda hazneye giren akış hacmi
 X_t : t periyodunda haznedeki çekilen su hacmi
 W_t : t periyodunda savaklanan su hacmi
 M_t : t inci periyotta hedefe göre karşılanamayan su hacmi
 S_t : t inci periyodun sonundaki depo hacmi
 Y_t : t periyodunda eksiklik varsa alacağı değer 1, aksi halde 0'dır.
 N : Ardışık meydana gelen eksikli periyot sayısı

Programda N ve diğer kısıt parametreleri sistematik olarak değiştirilerek çalıştırılmıştır. Metinde N 'nin artan değerleri ile çözüm için gereken bilgisayar zamanının da gittikçe büyüdüğü belirtilmektedir. N ve diğer kısıtlara bağlı olarak çalıştırılan programdan şu sonuçlara varılmıştır ;

1. N değeri azalırken, haznenin normal işletme durumuna dönme çabukluğu olarak ifade edilen elastisitesi, artmaktadır.

2. p değeri azaldığında, sistem güvenilirliği artmaktadır.

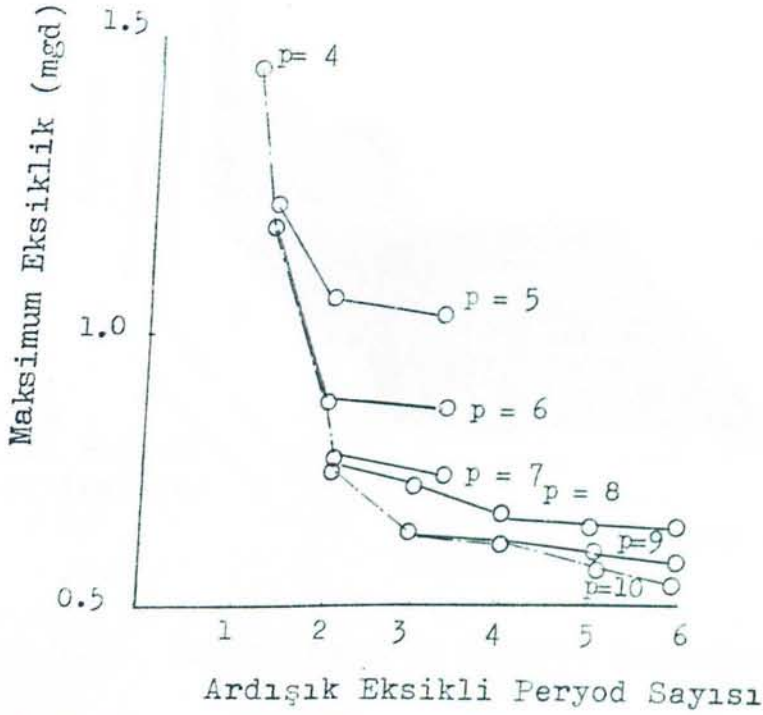
3. D_{max} değerinin küçülmesi, sistem maksimum eksiklik kriterini azaltmaktadır.



Şekil 4.1 Maksimum Eksiklik ve Güvenirlilik Kriterlerinin değişimi.

Şekil 4.1. ardışık eksikli periyod sayısı bir değerde sabit tutulduğunda, eksikli periyod sayısının artması ile maksimum eksiklik değerlerinin değişimini göstermektedir.

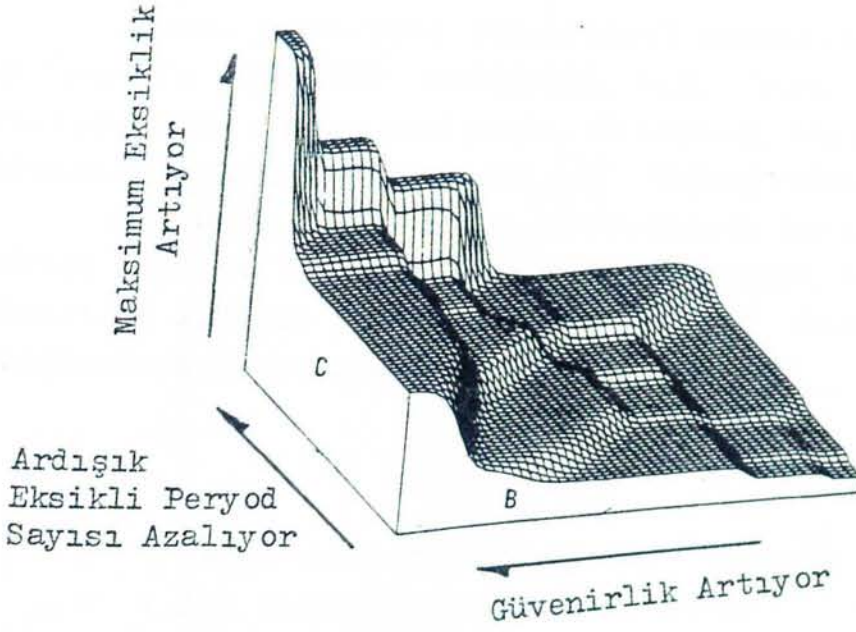
Grafikte, ardışık eksikli periyod sayısının artması ile eksikli periyod sayısının hızla arttığı, buna karşılık maksimum eksiklik değerlerinin azaldığı görülmektedir. Buradan, maksimum eksiklik değerlerinin küçülmesi için, güvenirliliğin azalmasının zorunlu olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.2 Maksimum Eksiklik ve Elastisite Kriterlerinin değişimi.

Şekil 4.2 ise , eksikli periyod sayısı belirli bir değerde sabit tutulduğunda, maksimum eksiklik değerlerinin, ardışık eksikli periyod sayısının artan değerleri ile değişimini göstermektedir. Burada verilen bir eksikli periyod sayısı için, maksimum eksiklik şiddeti, çeşitli ardışık eksikli periyod sayılarına bağlı olarak belirlenmiştir.

Ardışık eksikli periyod sayısının azalmasına bağlı olarak, sistem elastisite kazanmakta, buna rağmen bir çok durumda maksimum eksiklik değerleri artmaktadır. Ayrıca, eksiklik değerlerinin büyüklüğünün su talebine, akışlara ve kapasiteye bağlı olduğu metinde belirtilmiştir.



Şekil 4.3 Kriterlerin Üç Boyutlu Değişimi.

Şekil 4.3 'de üç boyutlu olarak verilen kriter ilişkileri, sistemin güvenilirliği ve elastisitesinin artırılmasının, maksimum eksiklik değerini zorunlu olarak artırdığını, açıklamaktadır.

Sistem performans indislerini inceleyen ikinci bir çalışma da TSUYOSHI HASHIMOTO, v.d. tarafından yapılmıştır. Söz konusu çalışmada kullanılan veriler, bu tezin hazırlanmasında yararlanılan [3] kaynağından alınmıştır.

Çalışmada, yaz sezonu politikaları uzun işletme süresi boyunca kayıp fonksiyonunun beklenen veya ortalama değerinin minimum olması amacıyla yönelik Stokastik Dinamik Programlama yöntemiyle elde edilmiştir.

$$E [l_{\beta} (R)]$$

T : Hedef su hacmi (Talep = $4.5 \cdot 10^7 \text{ m}^3$)

R : Yaz sezonunda çekilen su hacmi

$R \geq T$ ise, $l_{\beta} (R) = 0$

$R < T$ ise, $l_{\beta} (R) = [(T - R)/T]^{\beta}$

olmak üzere, üstel β değeri kayıp fonksiyonu $l_{\beta} (R)$ 'nin tipini belirlemektedir. β parametresi işletme şeklini belirlemekte ve değişim aralığı, 0 - 7 değerleri arasındadır.

$\beta = 1$; Standart İşletme Politikasına,

$\beta > 1$; Korunma (hedging) Politikalarına,

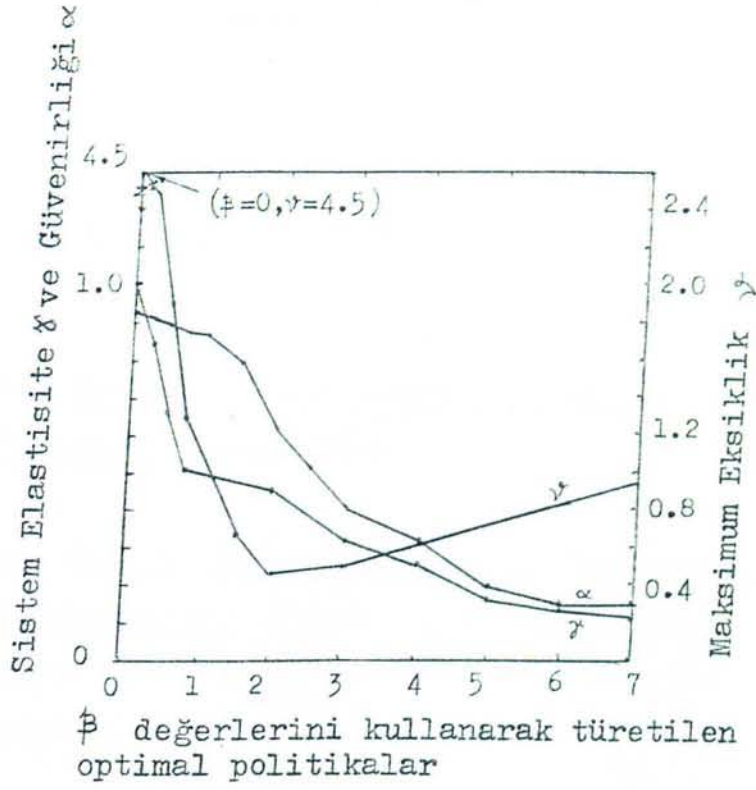
$\beta < 1$; farklı sonuçlar veren işletme politikalarına karşılık gelmektedir.

Sistem güvenilirlik (α), elastisite (χ) ve maksimum eksiklik (γ) değerleri, çeşitli işletme politikalarının türetilmesi için kayıp fonksiyonunda kullanılan üstel β parametresine bağlı olarak Şekil 4.4 'de gösterilmiştir.

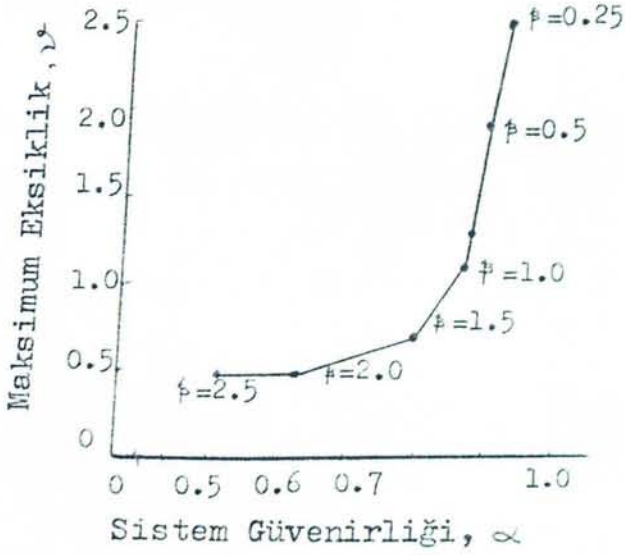
Şekilde β 'nin artan değerleri, eksiklik şiddetini de artırmakta ve bunun sonucu, sistem güvenilirliği azalmaktadır.

Elastisite de genel olarak güvenilirlik kriteri ile aynı davranışı göstermekte olduğu şekilde görülmektedir.

$\beta = 0$ değeri için, sistem elastisitesi çok yüksek ve



Şekil 4.4 Kriterlerin β parametresine bağlı olarak değişimi.



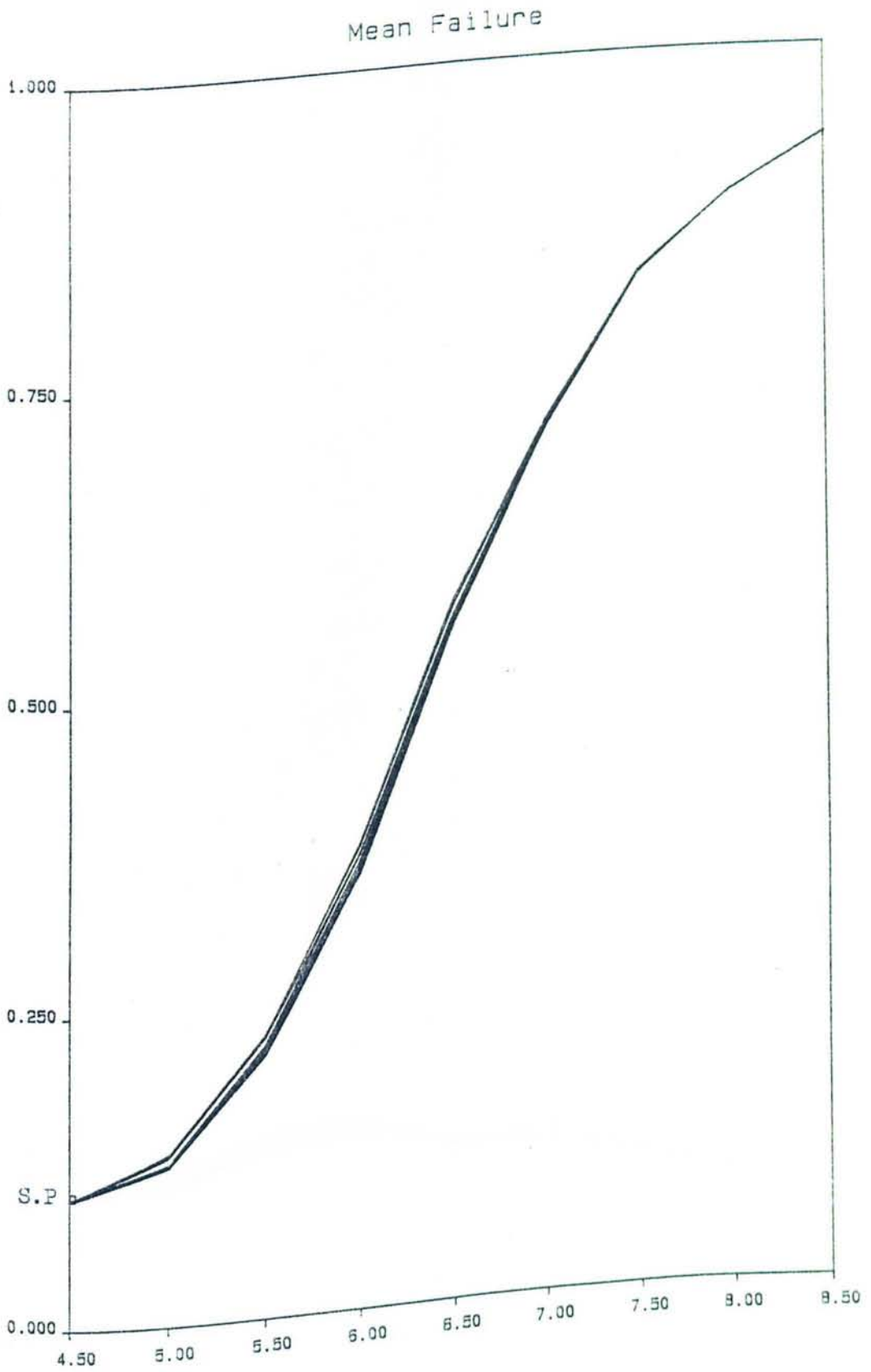
Şekil 4.5 β 'nin 0.25 ile 2.5 değerleri için, sistemin maksimum eksiklik ve güvenirlilik kriterlerinin değişimi.

E K L E R :

G R A F İ K S O N U Ç L A R

- i. Ek A : I.Tip Grafikler
- ii. Ek B : II.Tip Grafikler

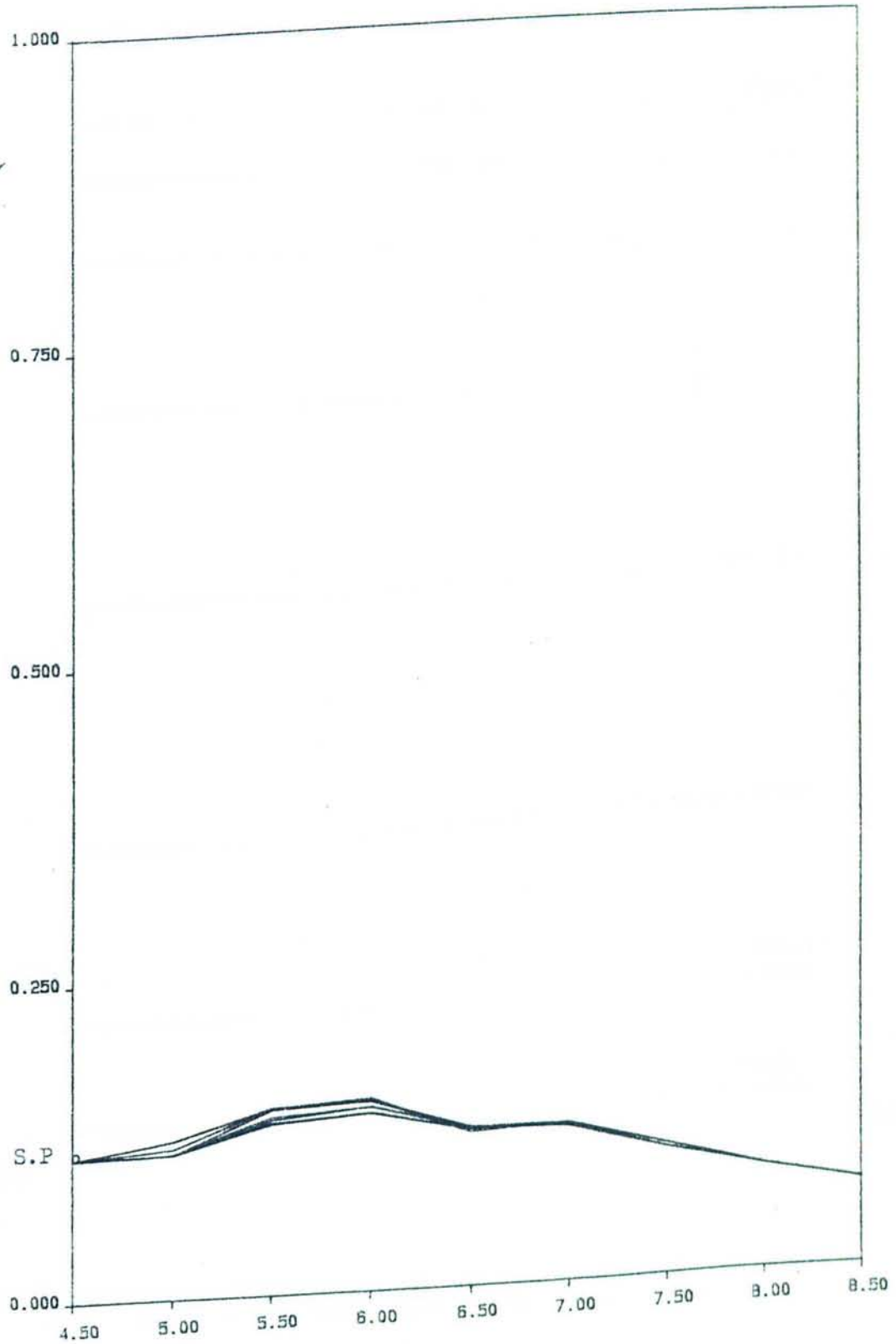




- Grafik A.1.1 -

--->P2

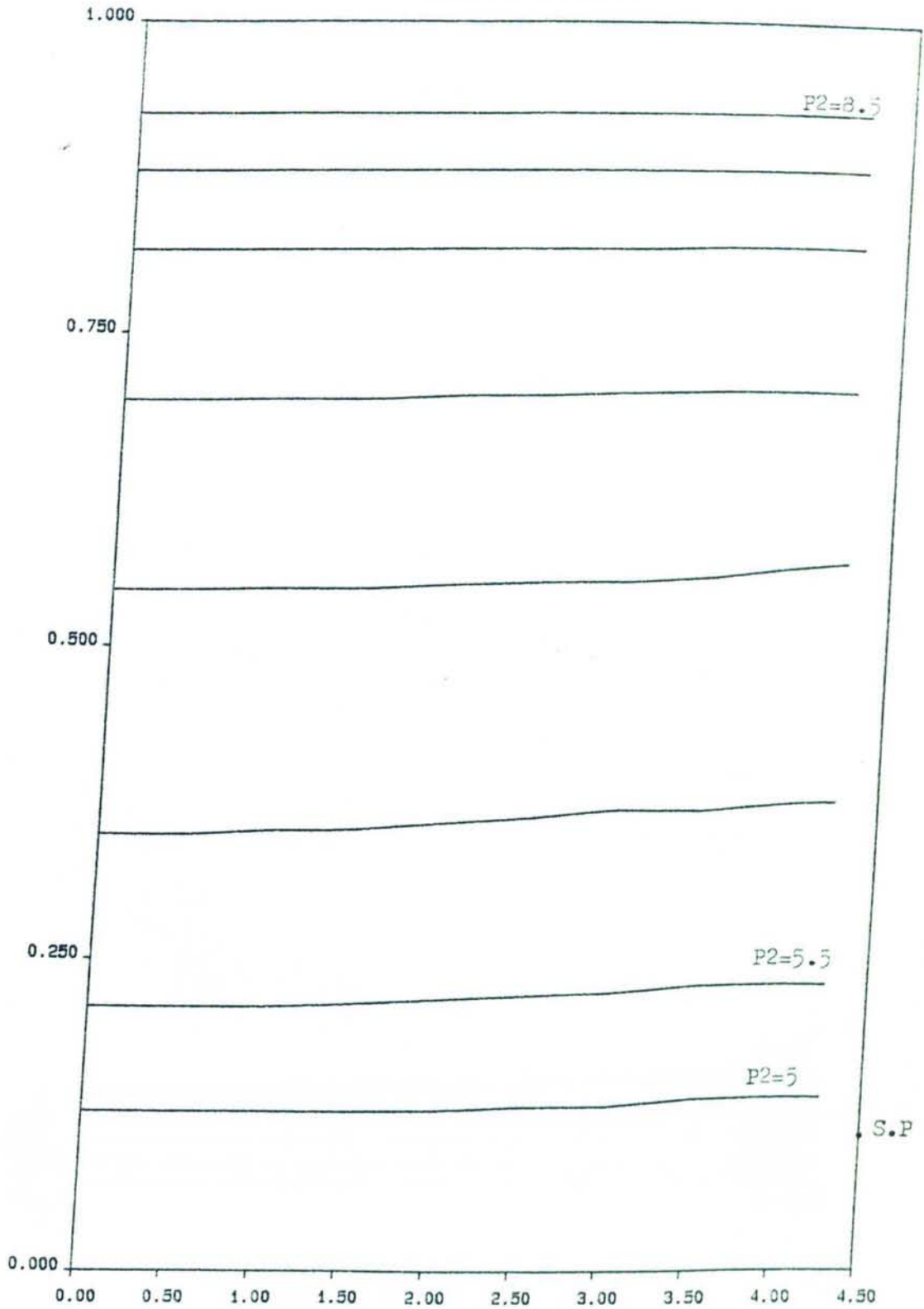
S.D. Failure



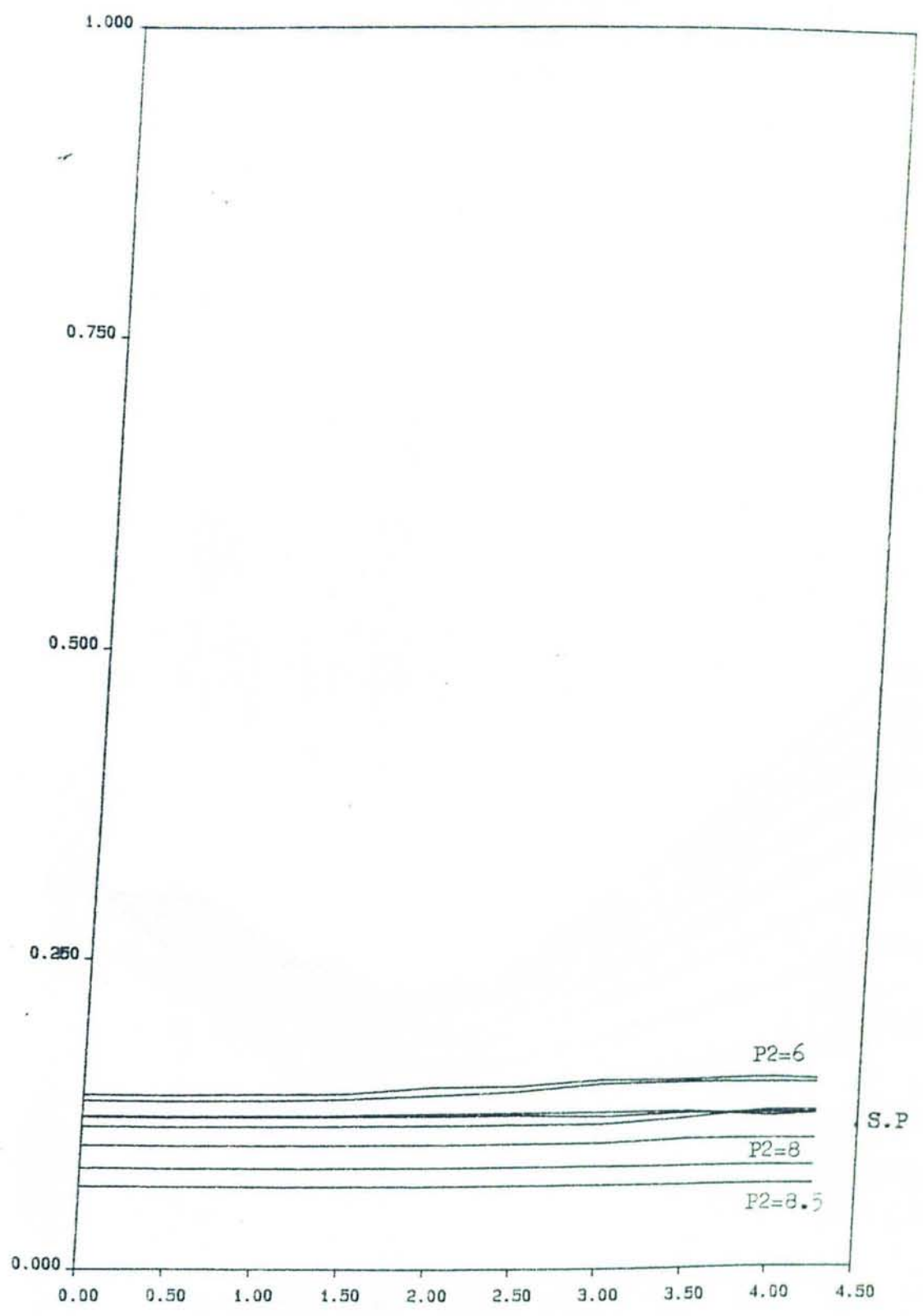
- Grafik A.1.2 -

---->P2

Mean Failure

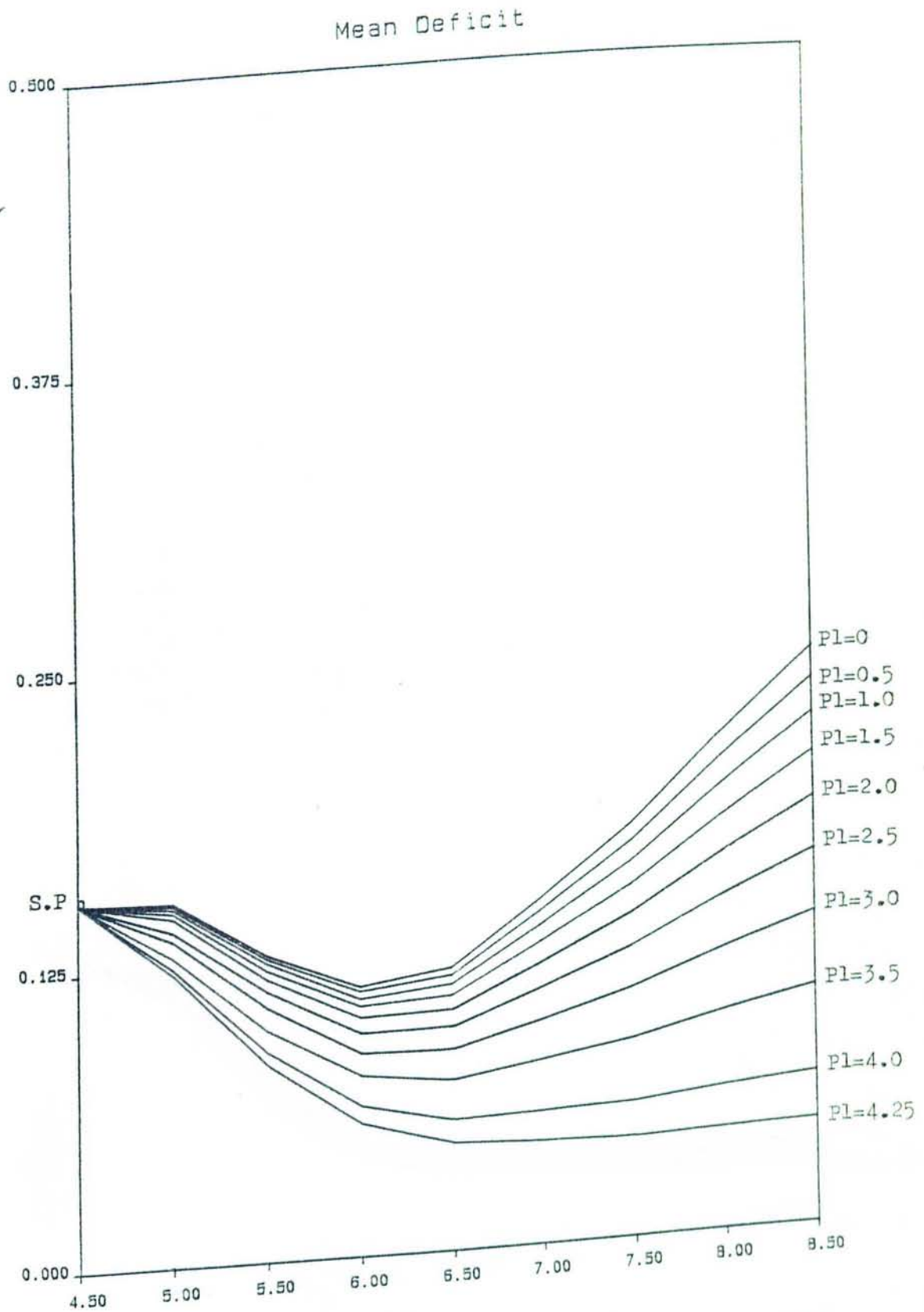


S.D. Failure



- Grafik A.1.4 -

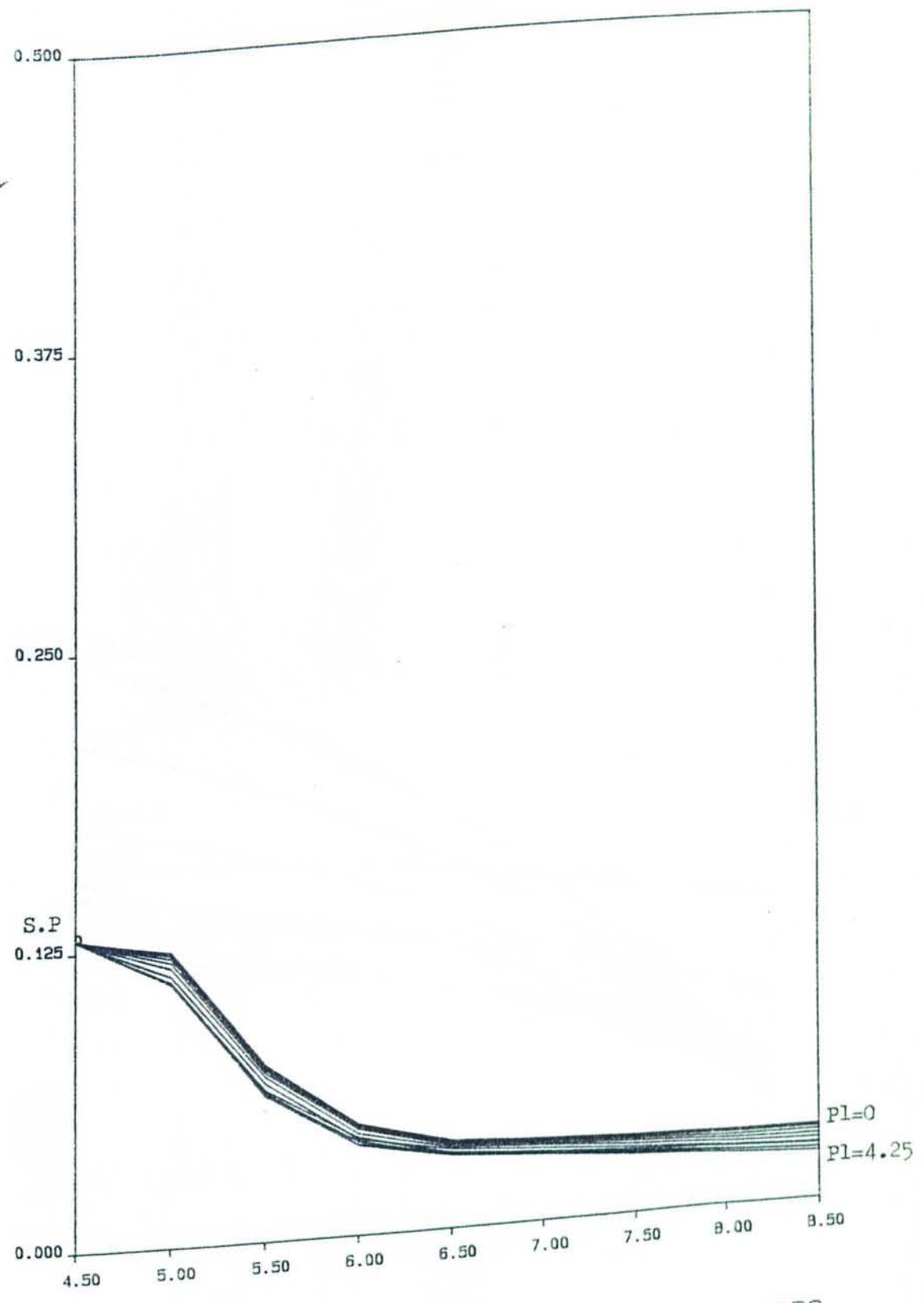
--->P1



- Grafik A.2.1 -

---->P2

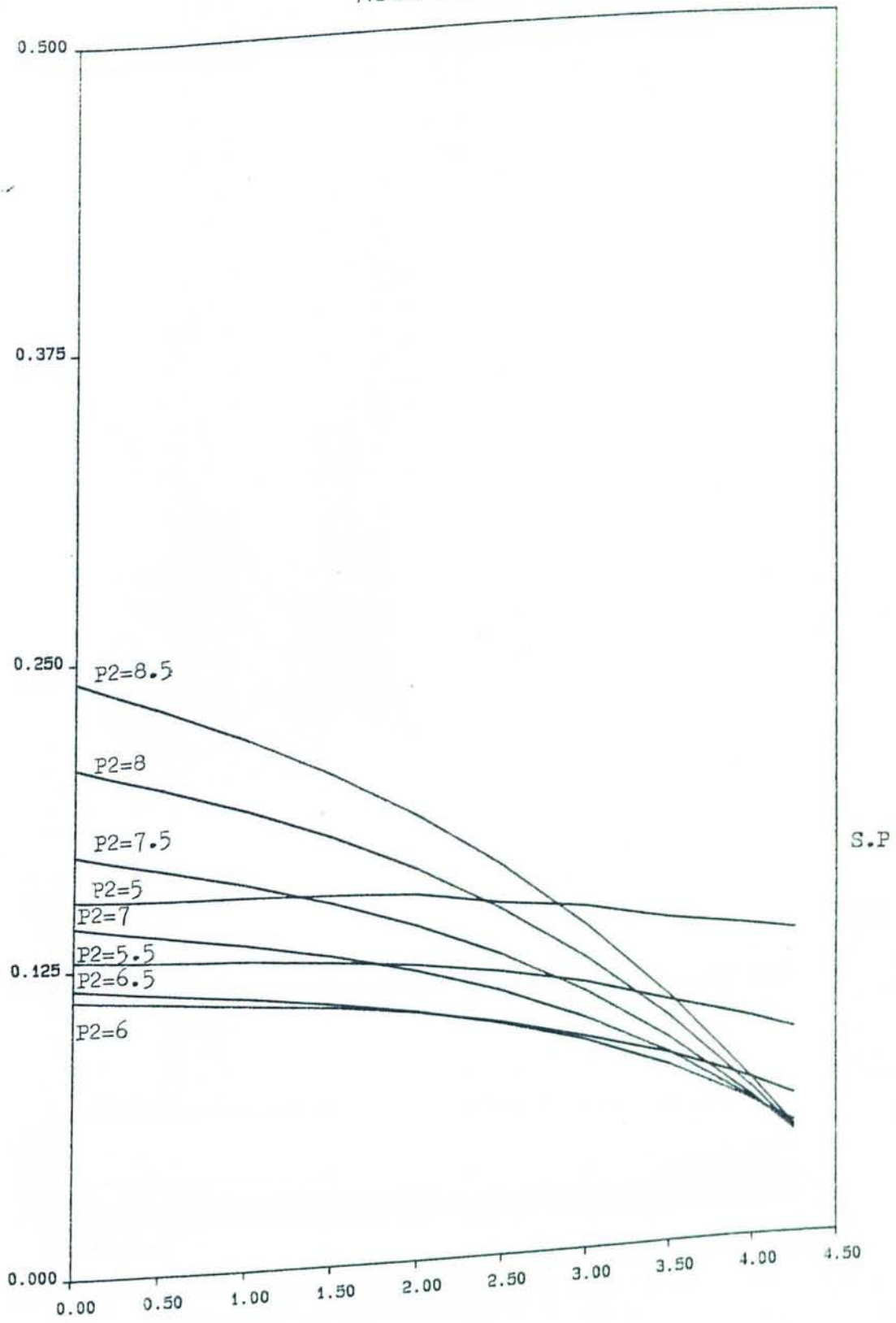
S.D. Deficit



- Grafik A.2.2 -

--->P2

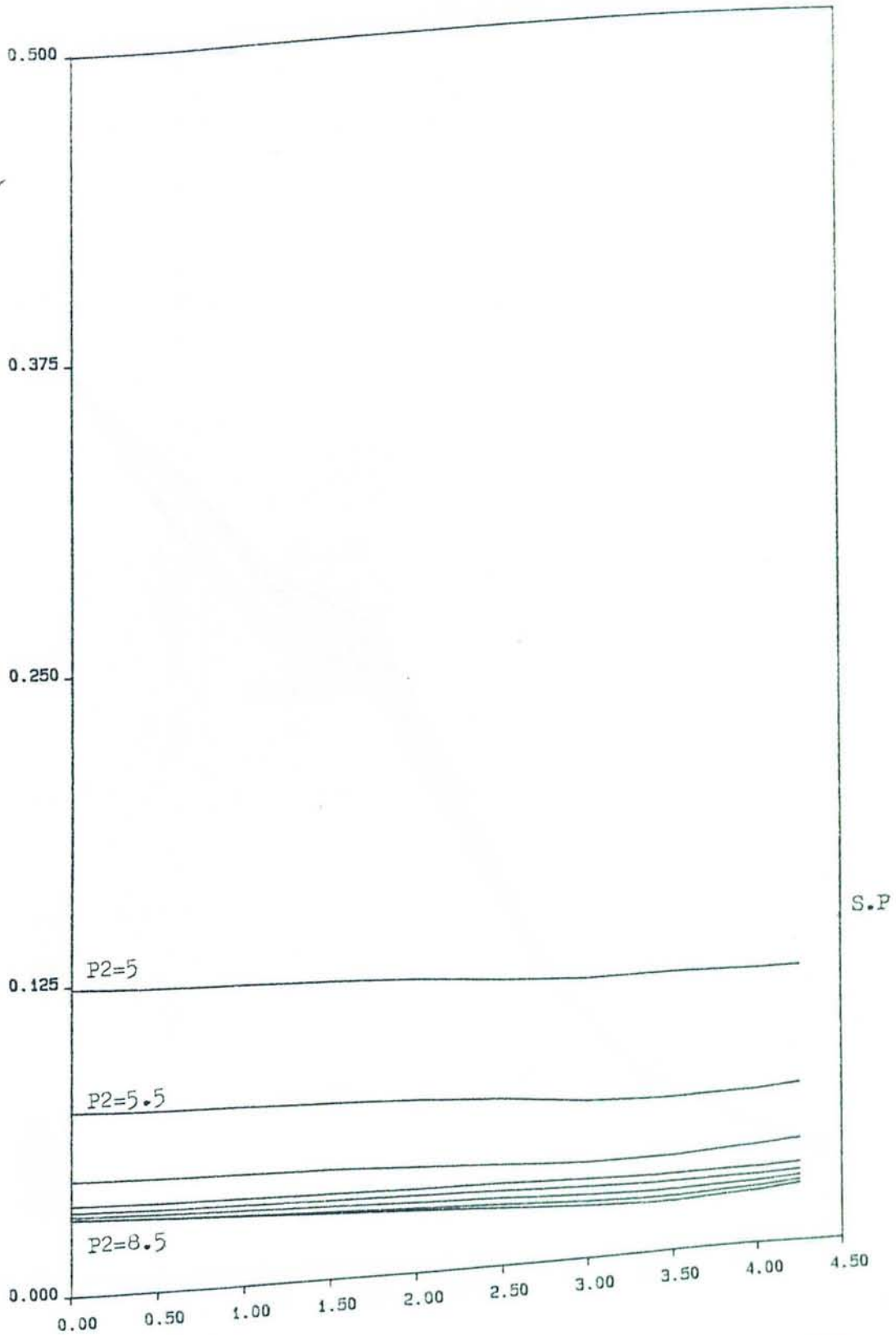
Mean Deficit



- Grafik A.2.3 -

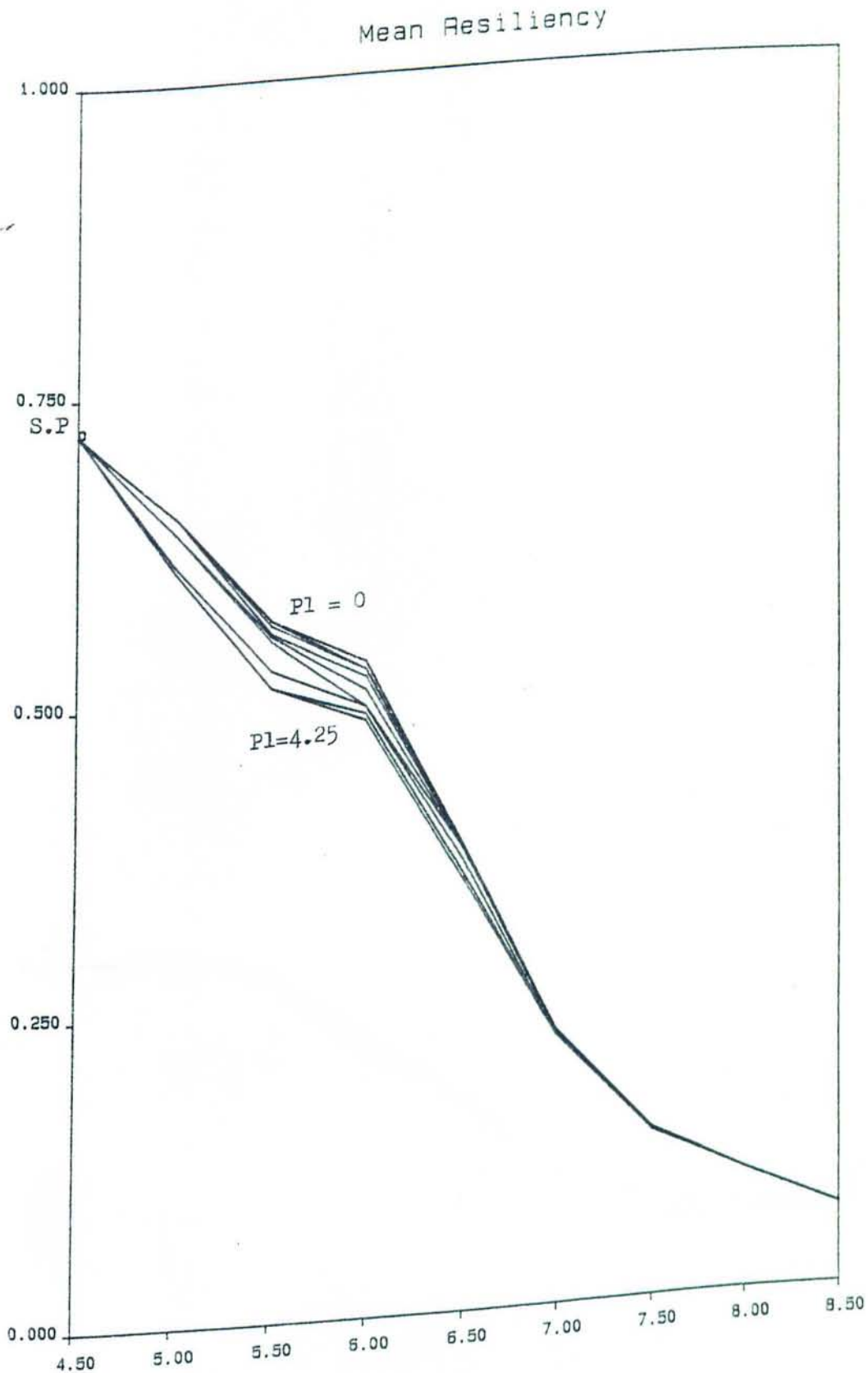
---->P1

S.D. Deficit



- Grafik A.2.4 -

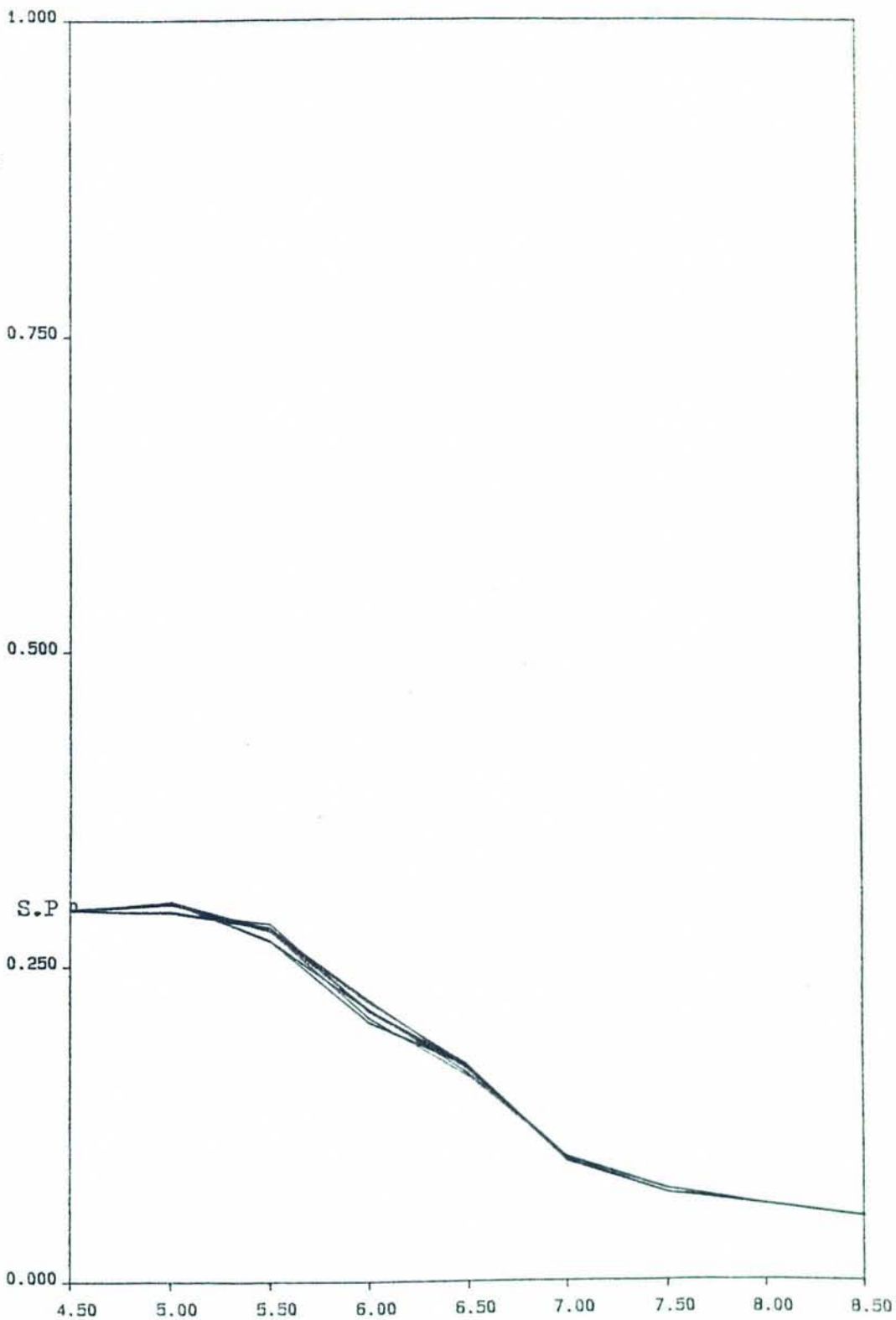
---->P1

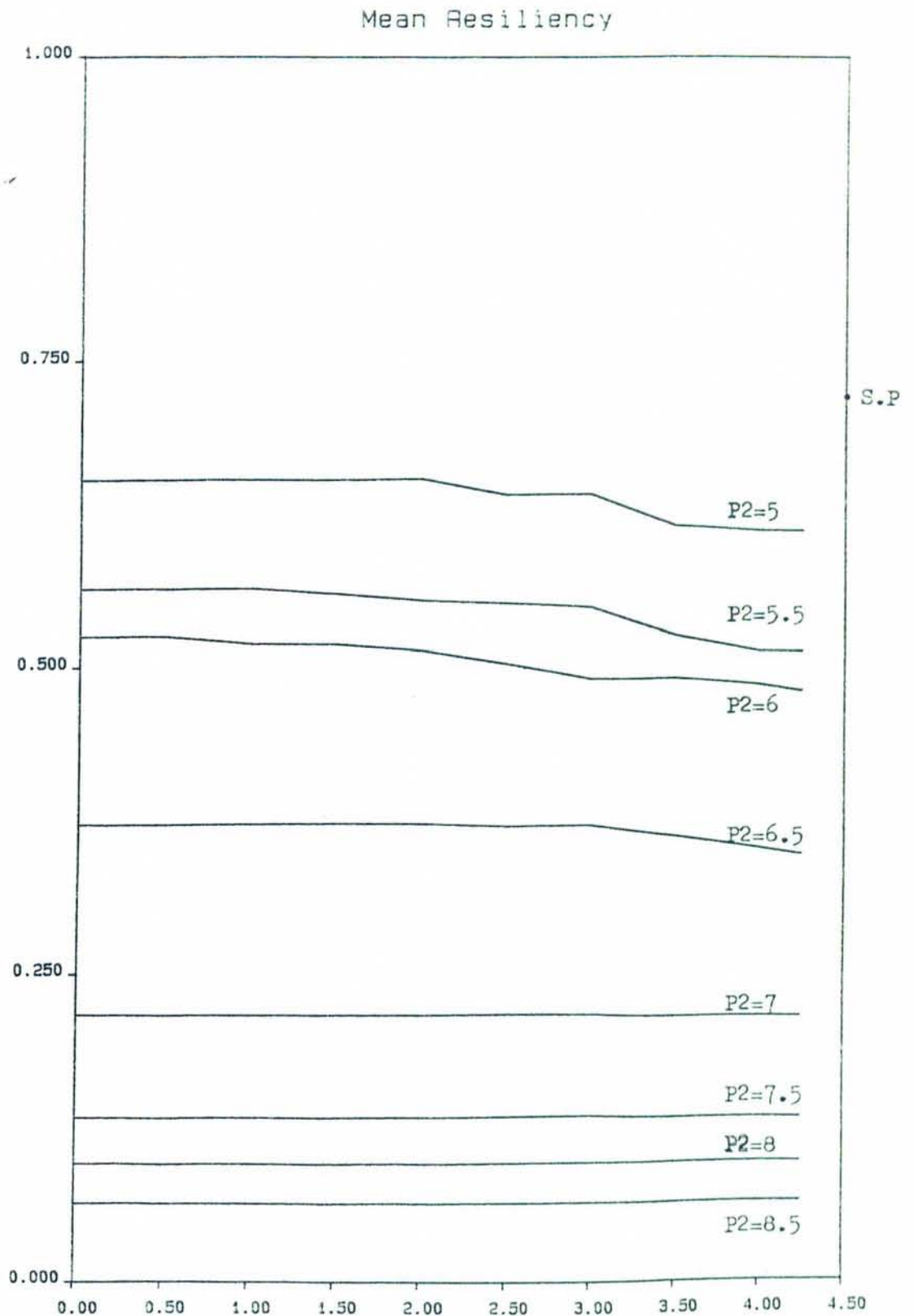


- Grafik A.3.1 -

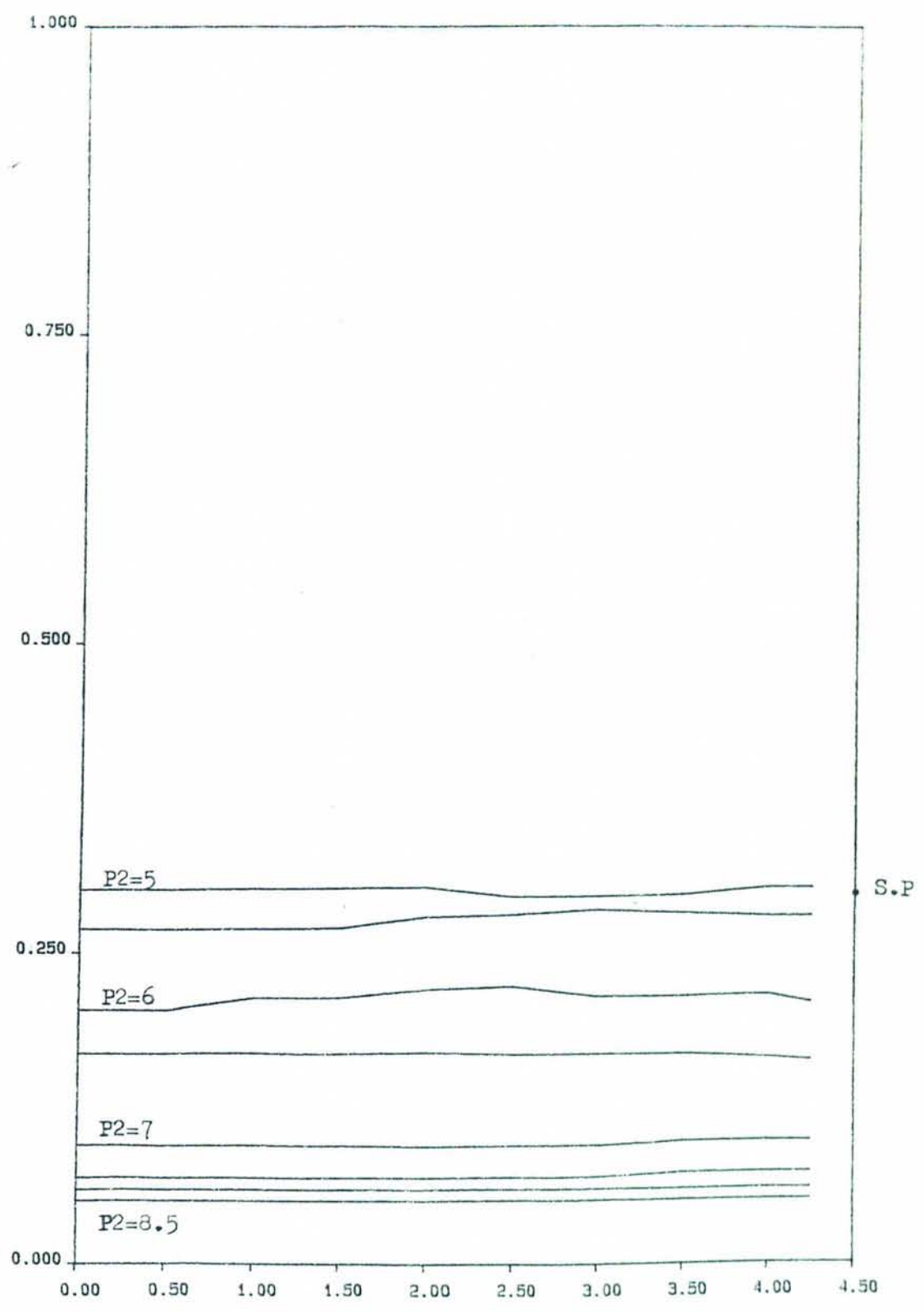
---->P2

S.D. Resiliency





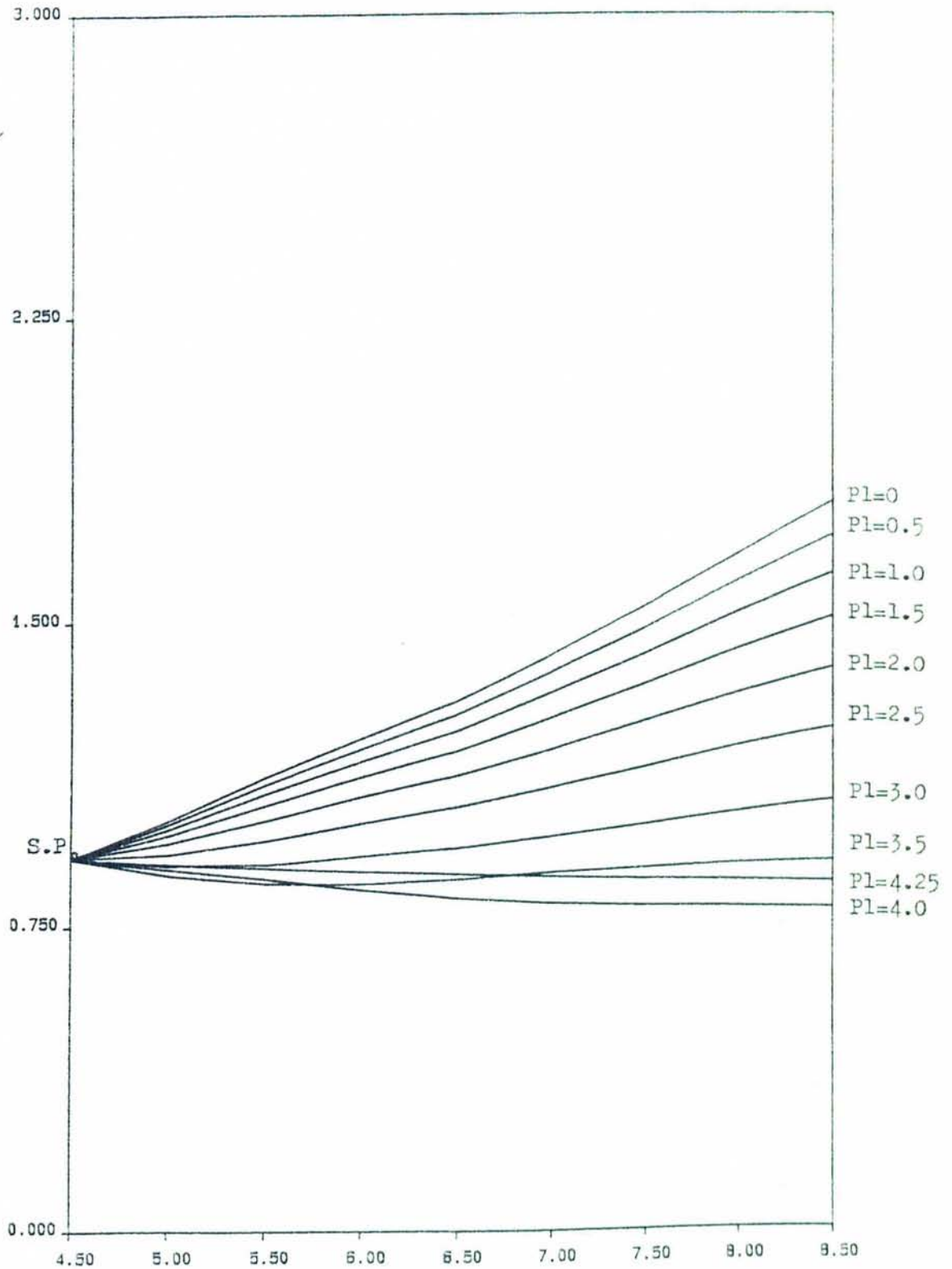
S.D. Resiliency



- Grafik A.3.4 -

---->P1

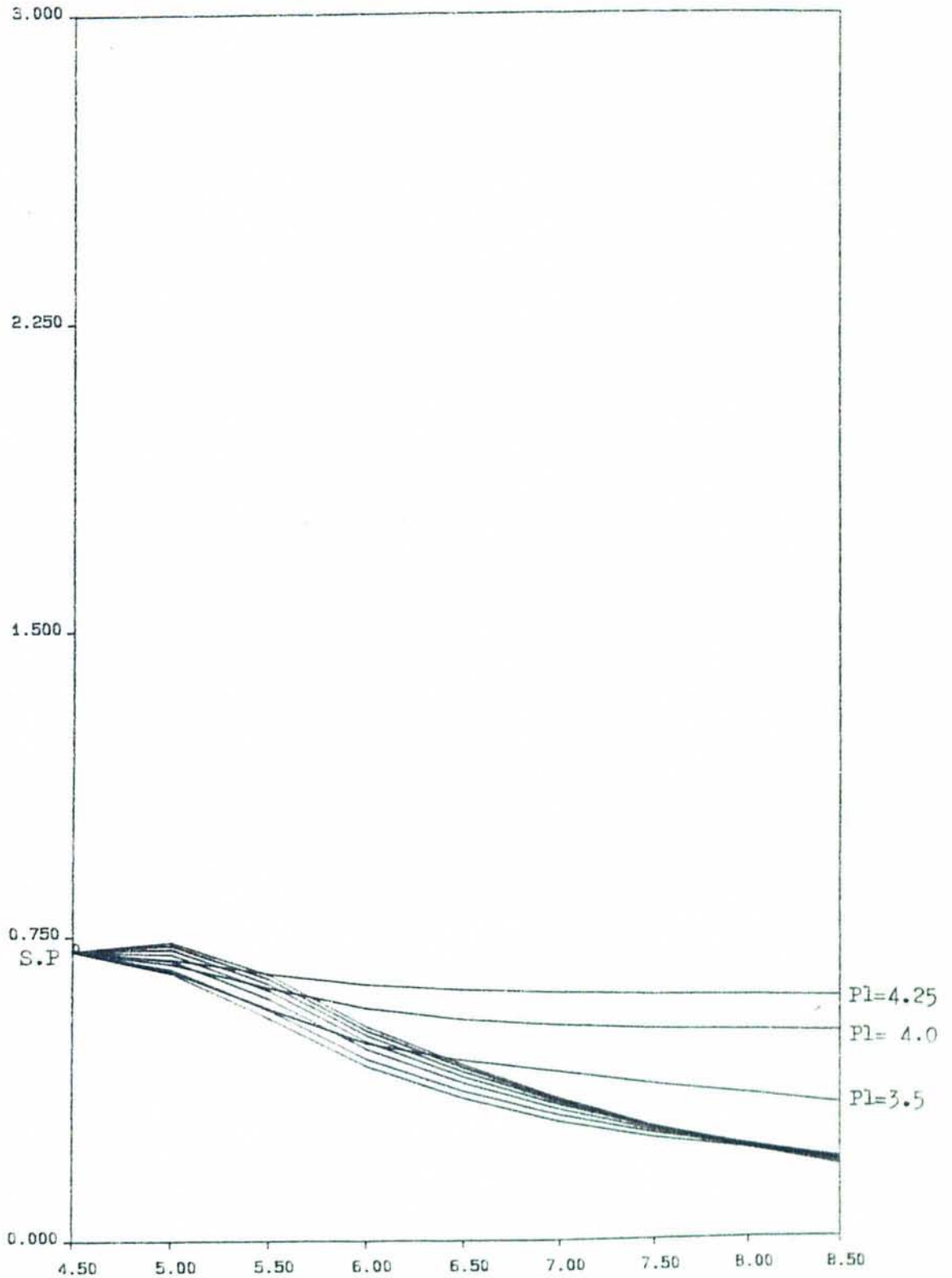
Mean Vulnerability



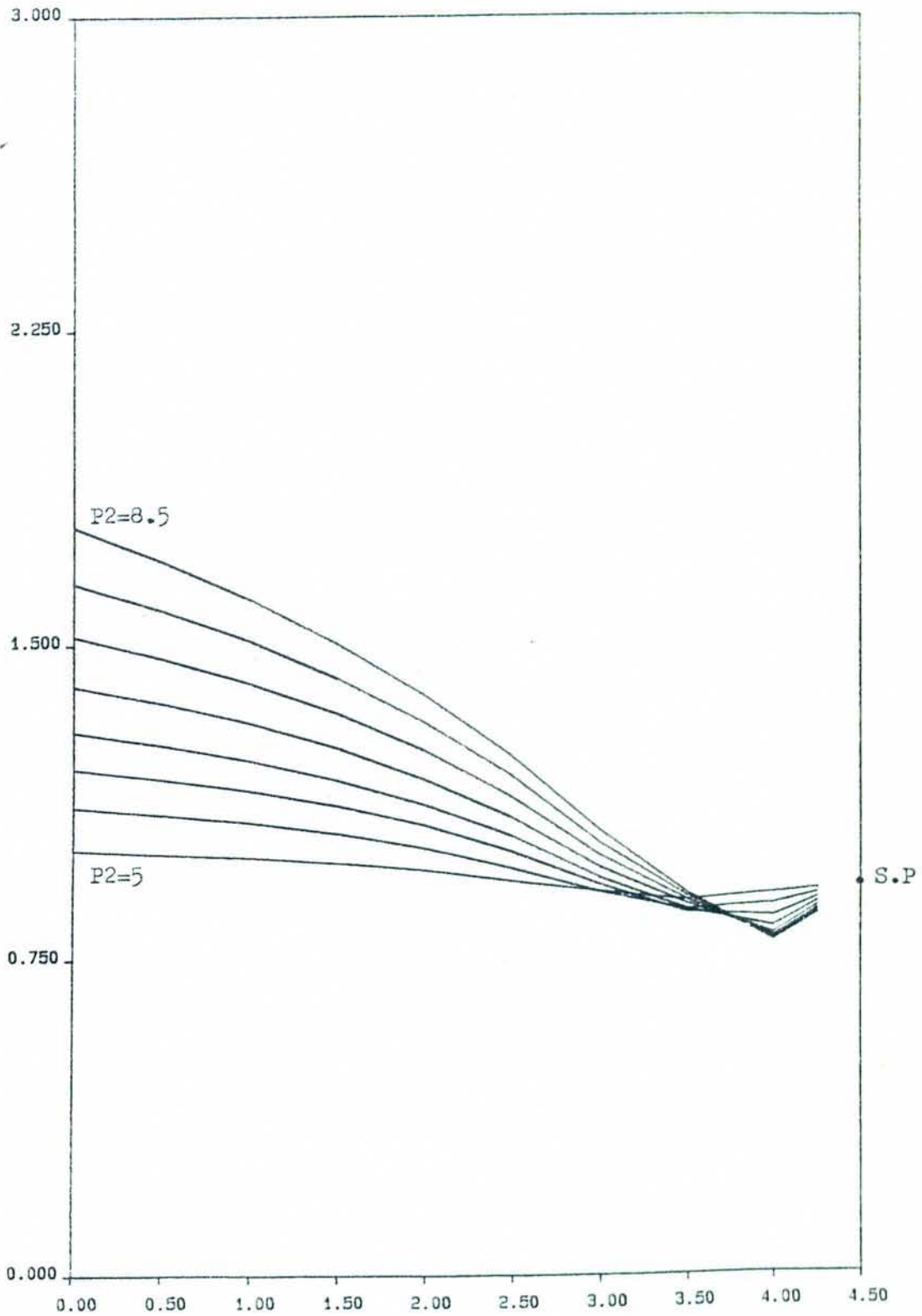
- Grafik A.4.1 -

---->P2

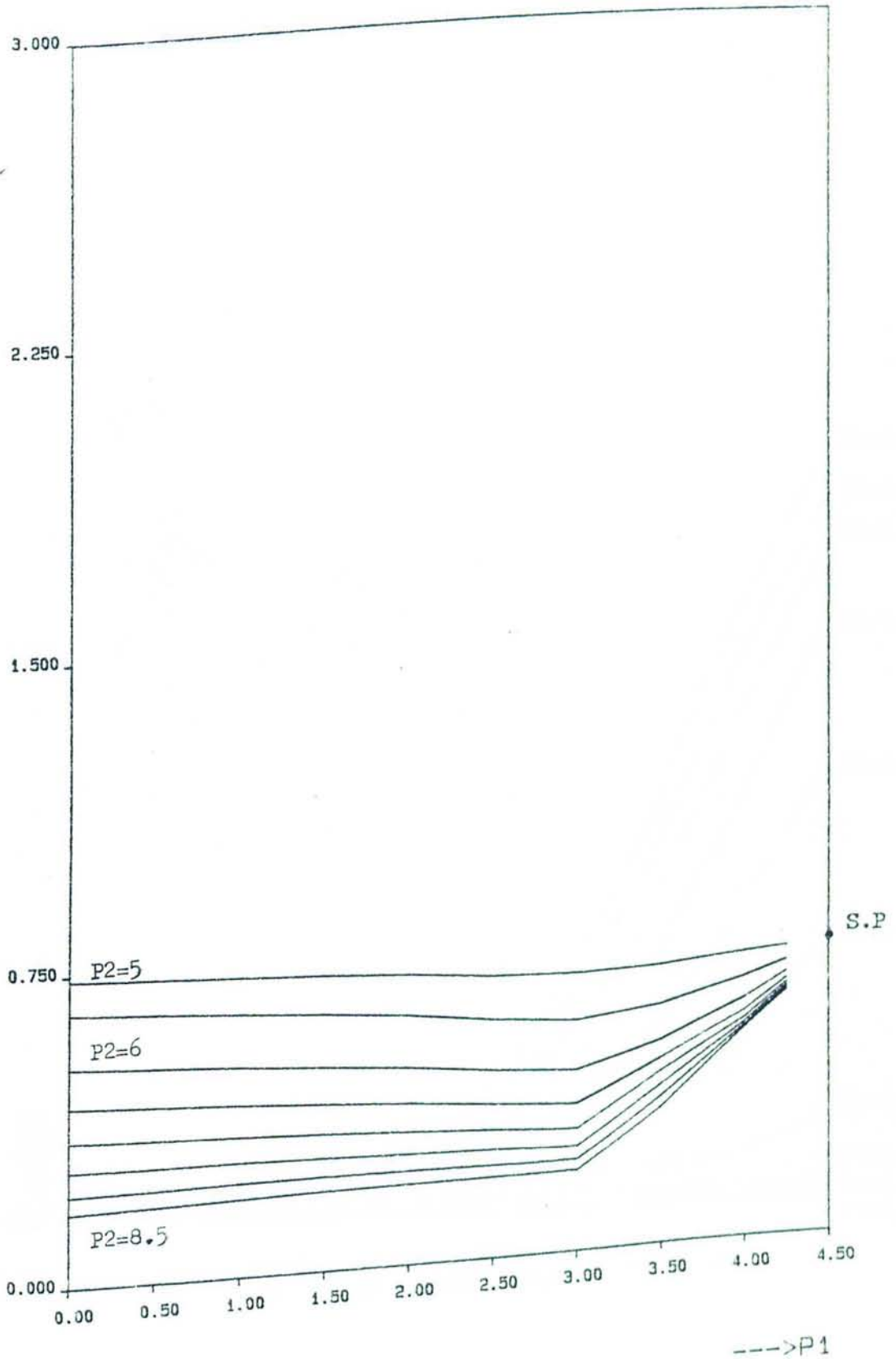
S.D. Vulnerability



Mean Vulnerability



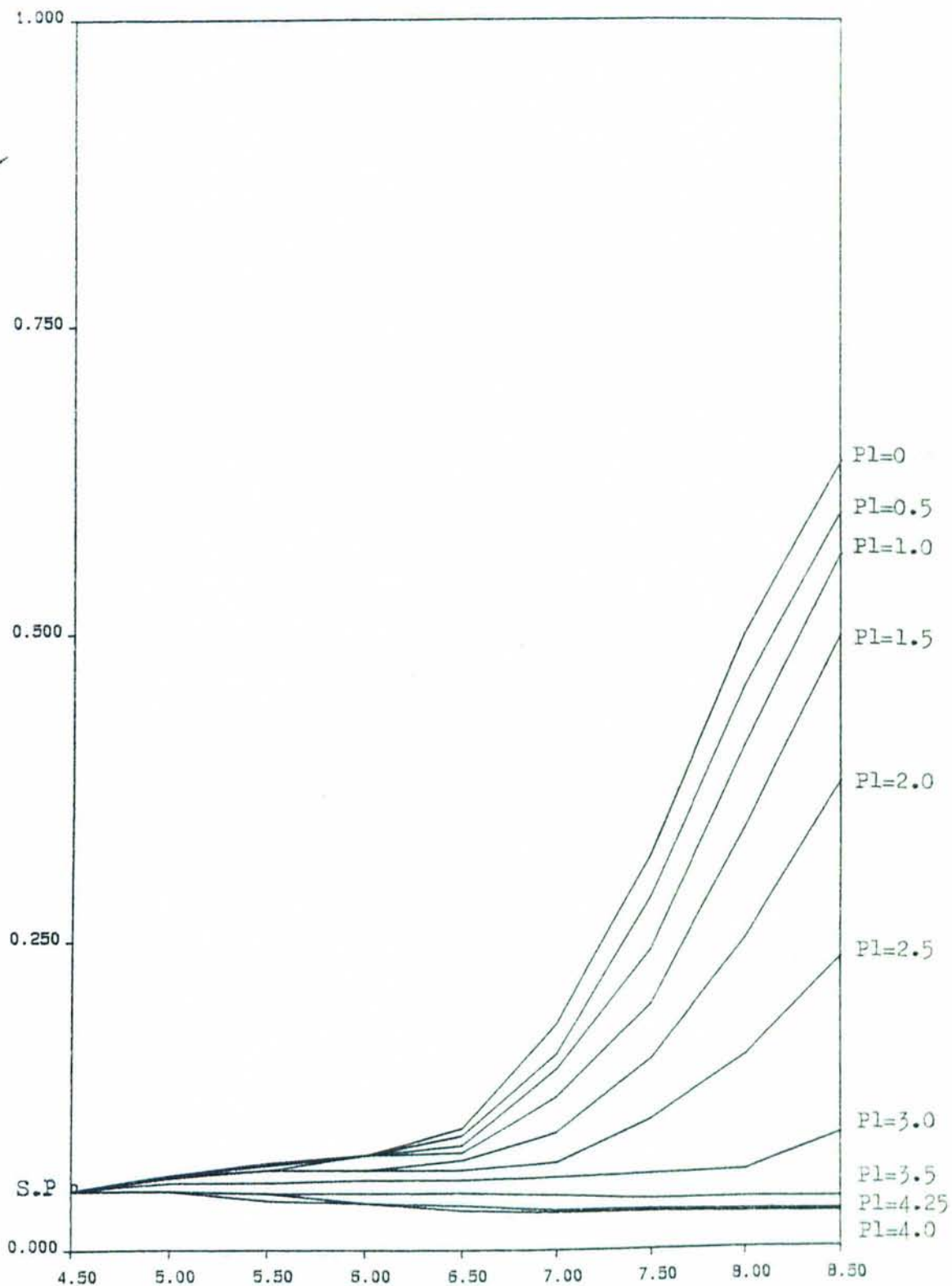
S.D. Vulnerability



- Grafik A.4.4 -

---->P1

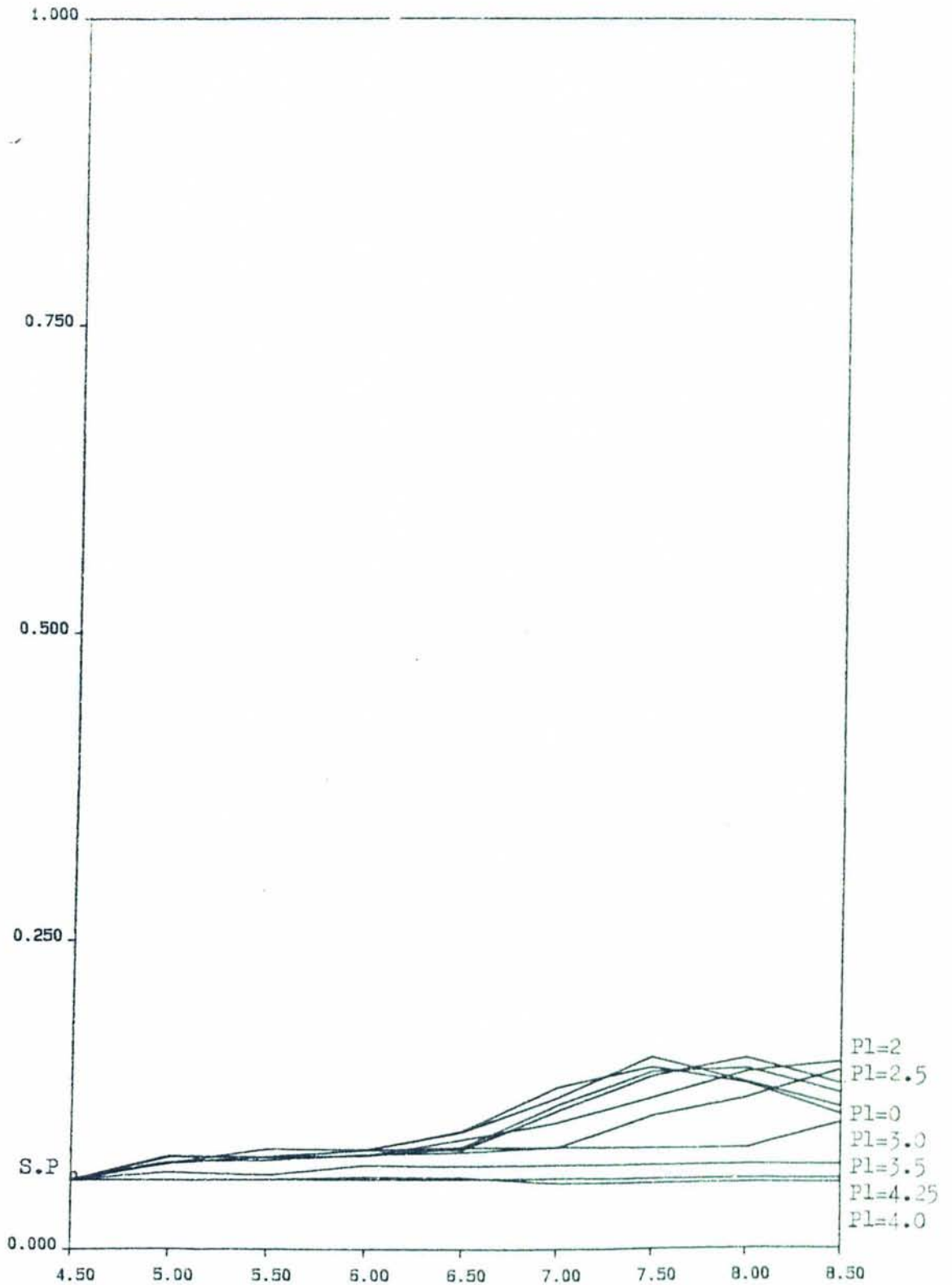
Mean %80 Failure



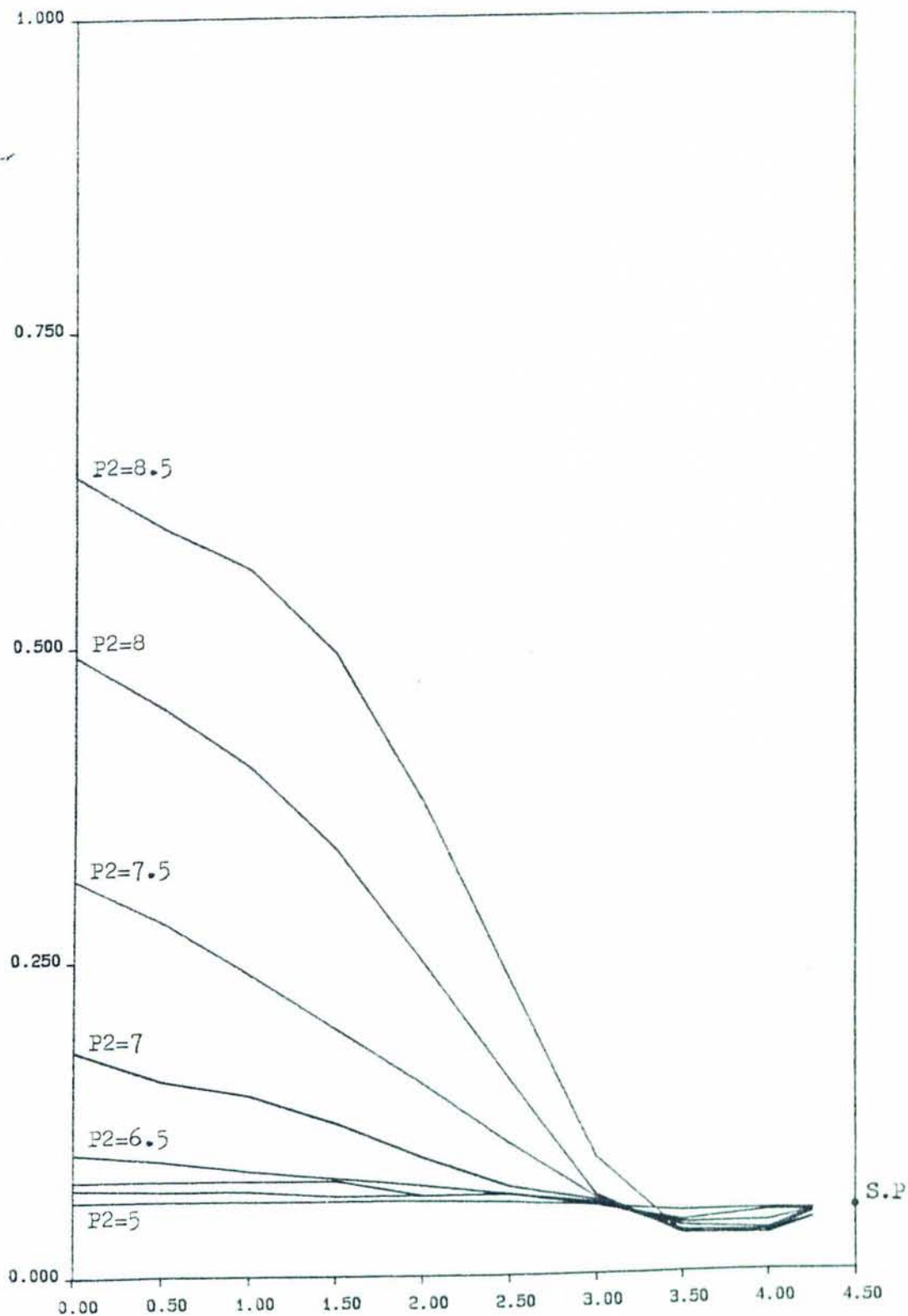
- Grafik A.5.1 -

---->P2

S.D. %80 Failure



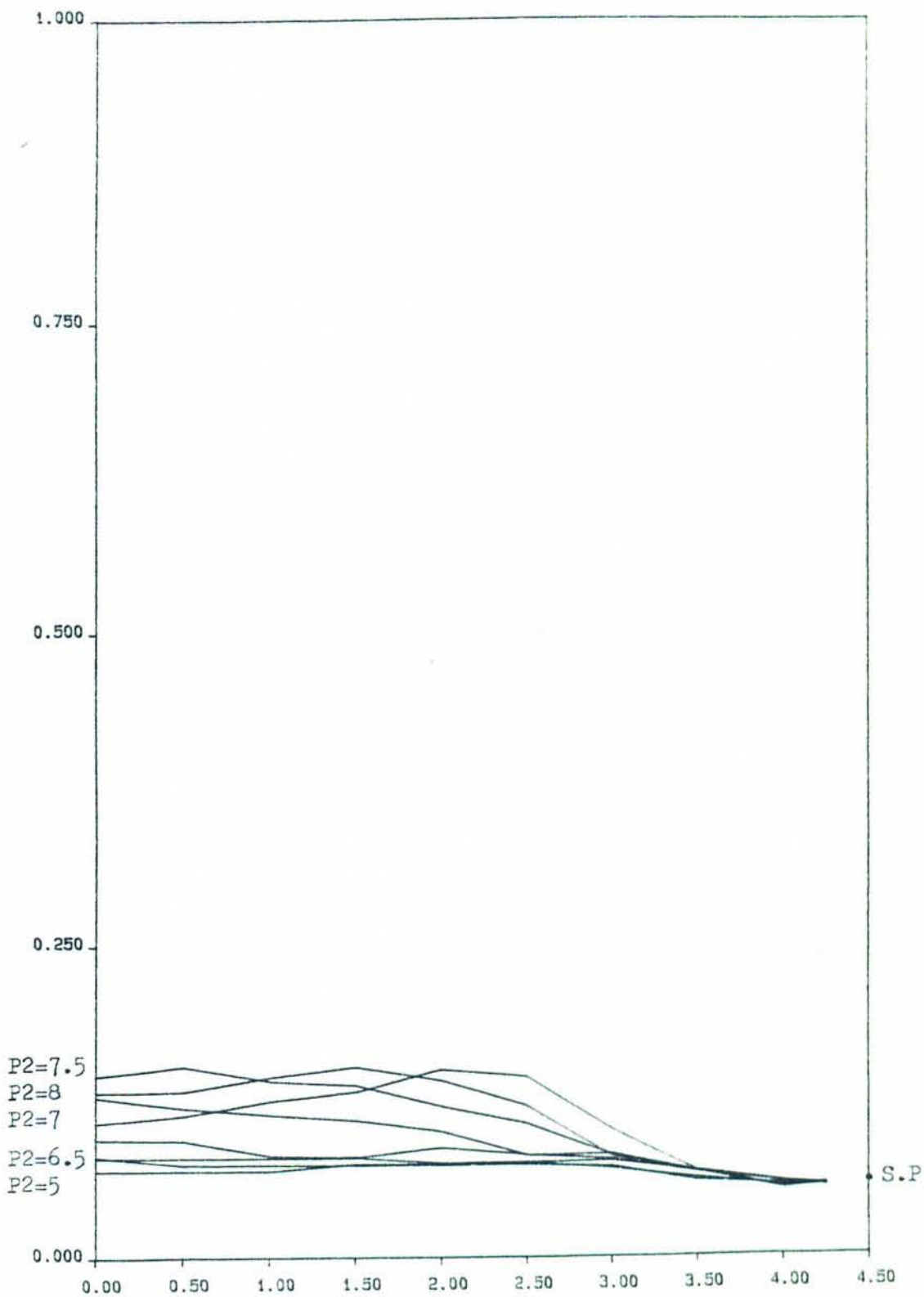
Mean %80 Failure



- Grafik A.5.3 -

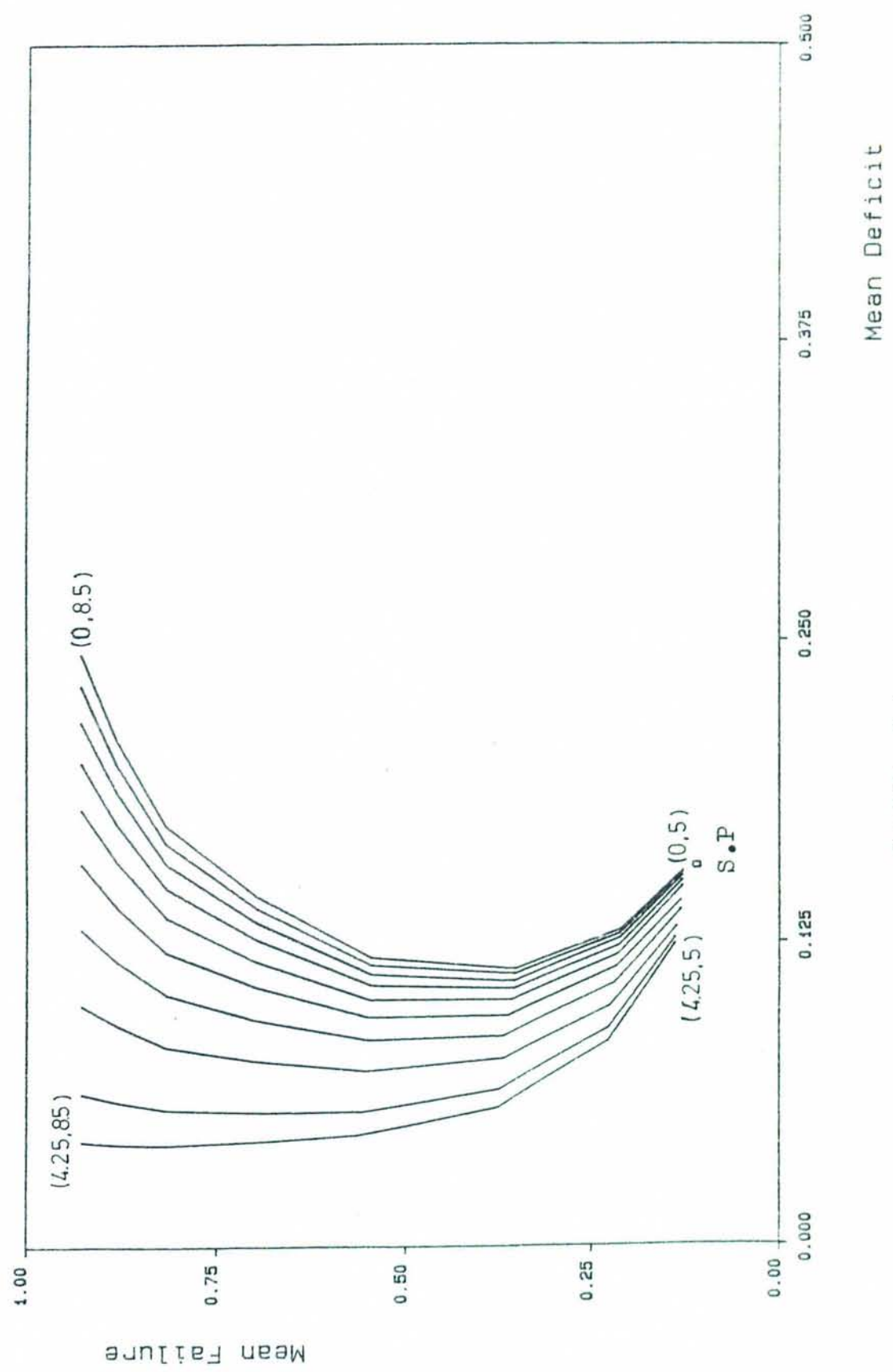
---->P1

S.D. %80 Failure



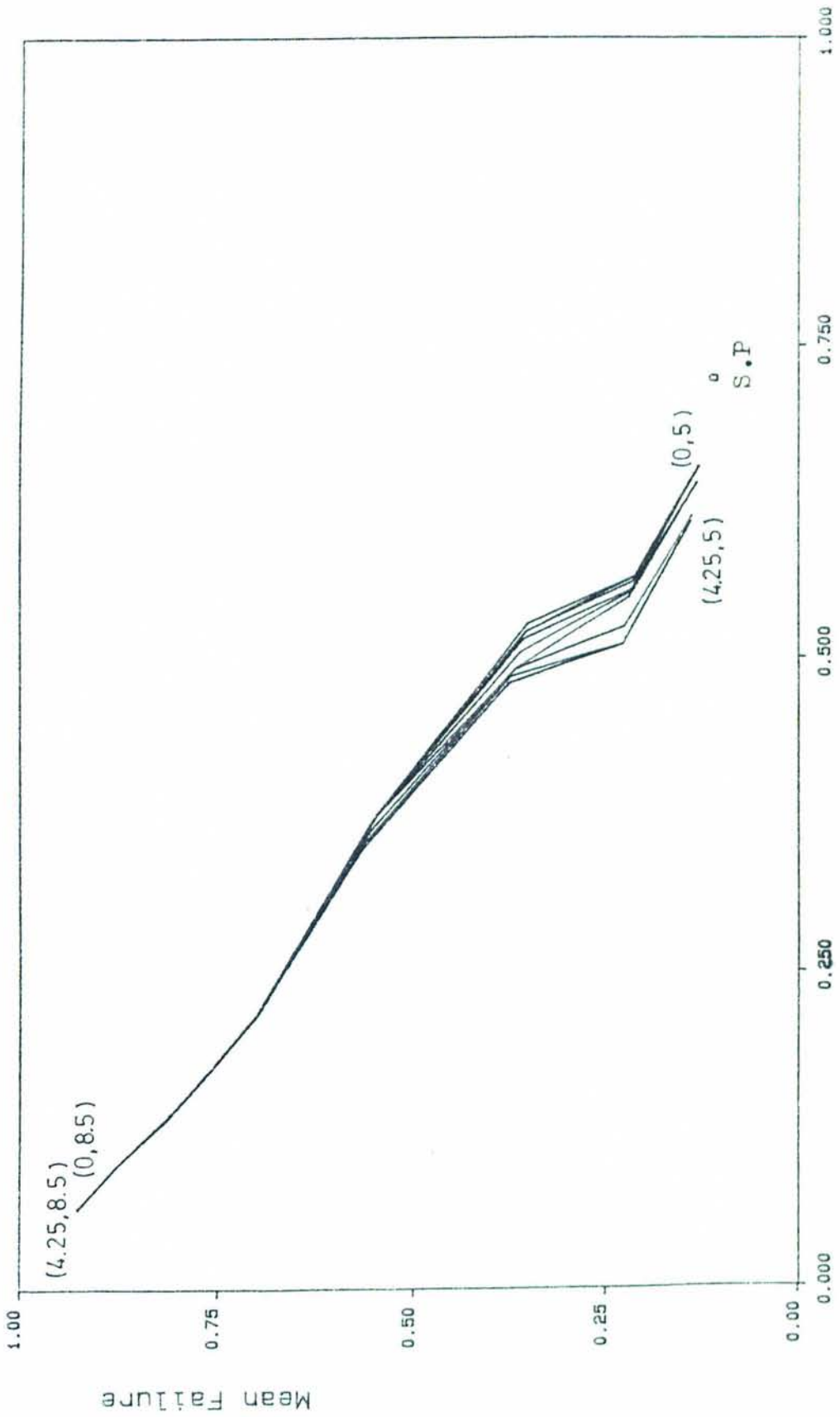
- Grafik A.5.4 -

---->P1



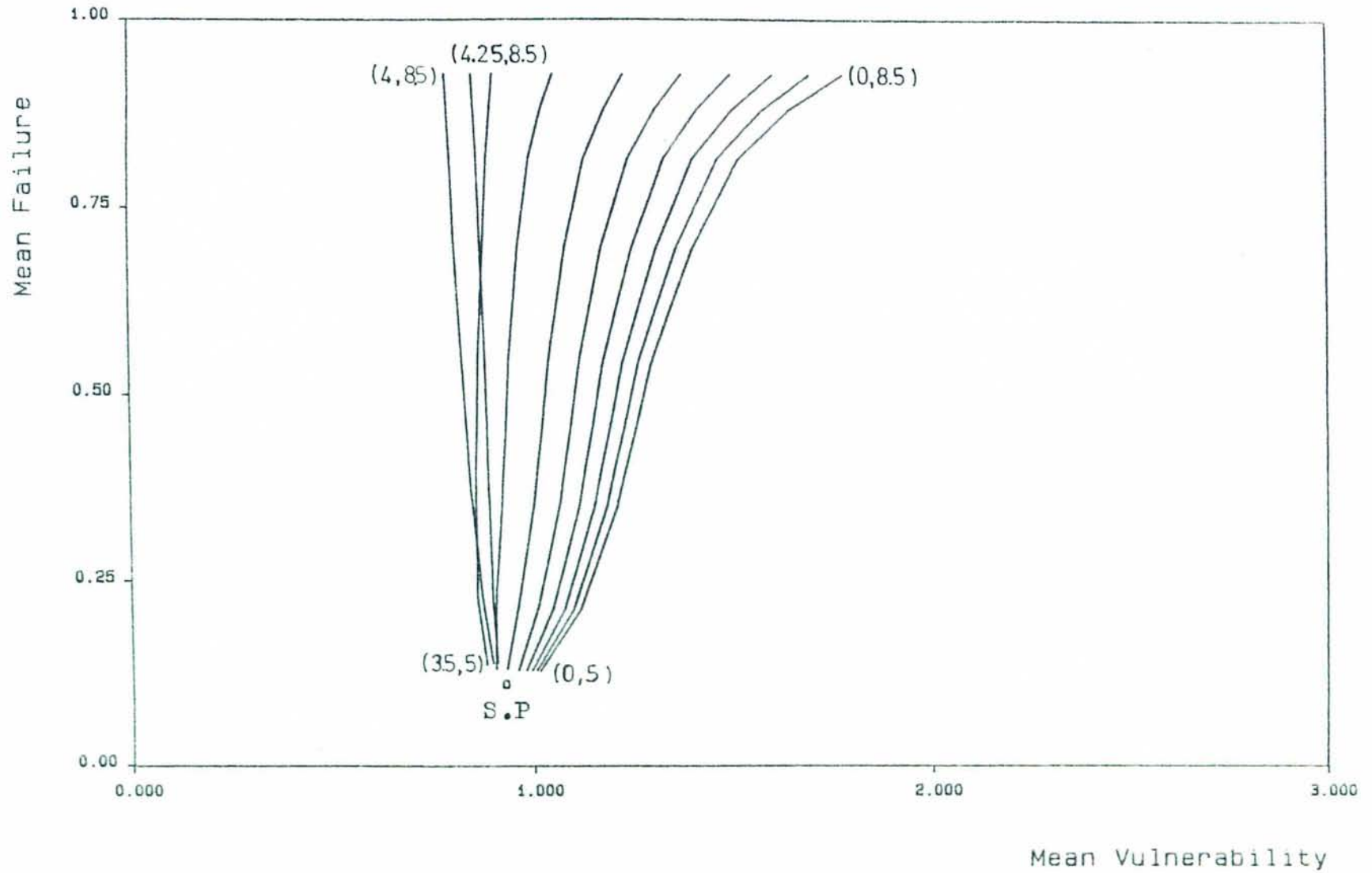
- Grafik B.1 -

Mean Deficit

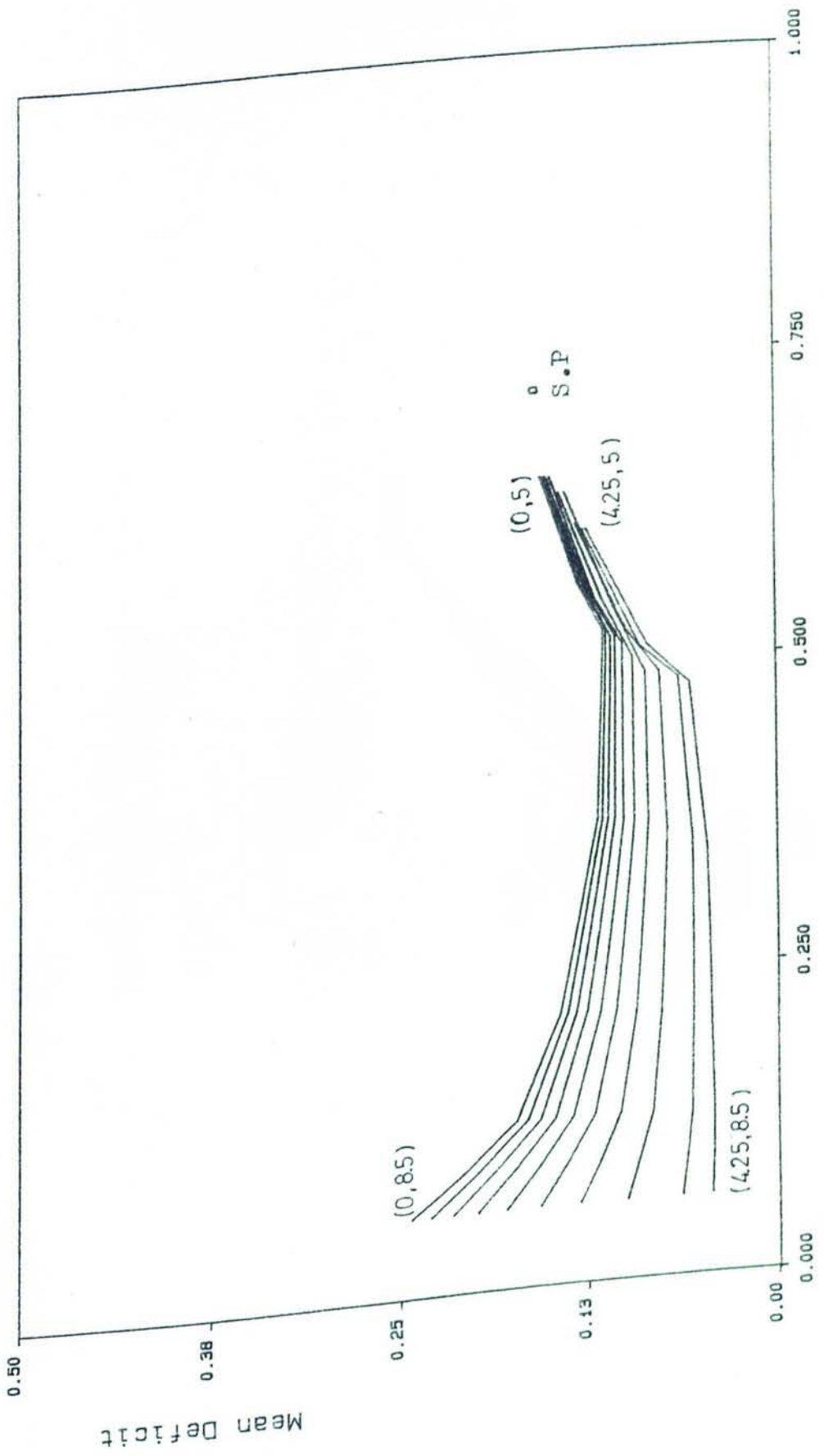


Mean Resiliency

Grafik B.2

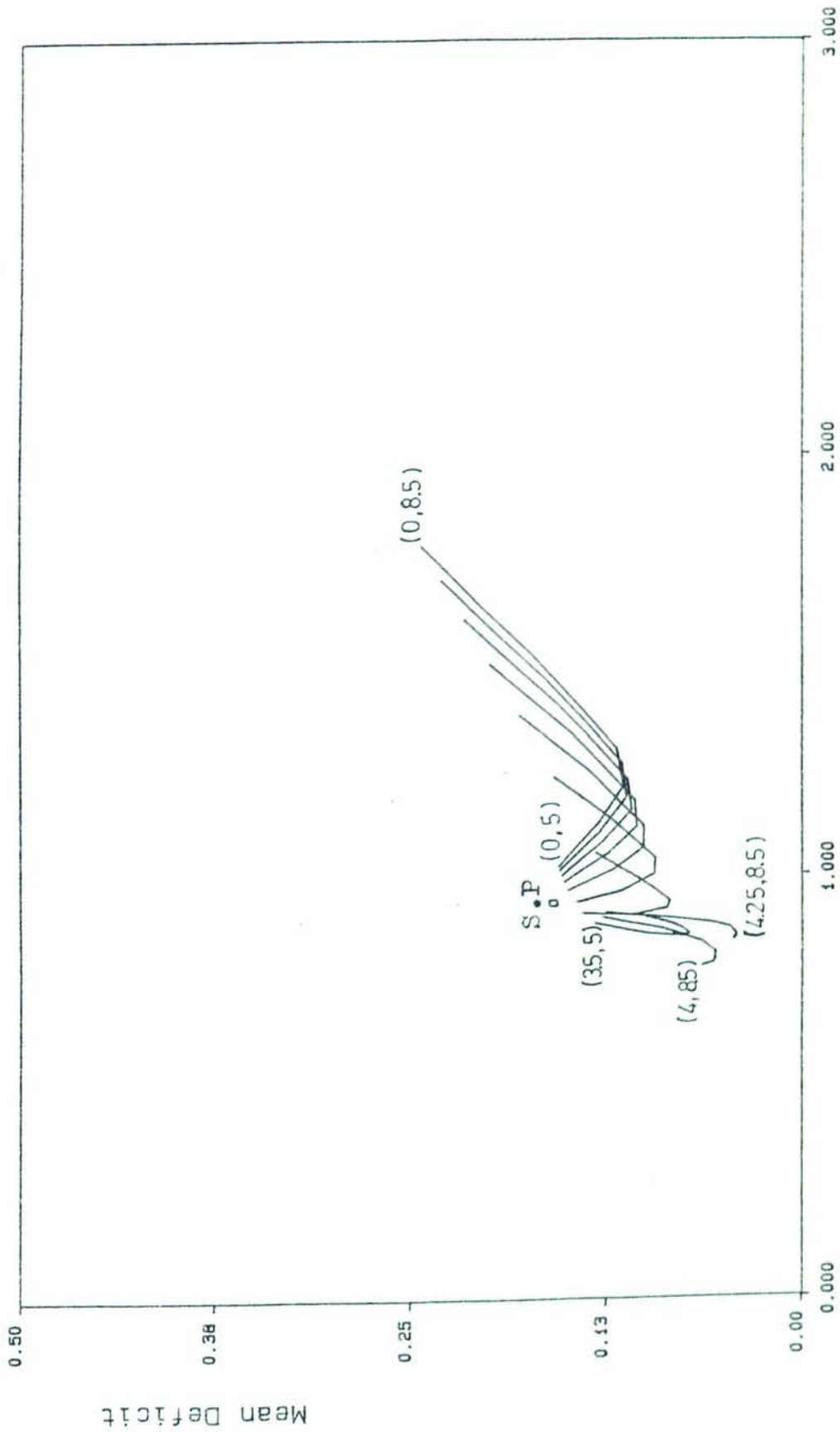


- Grafik B.3 -

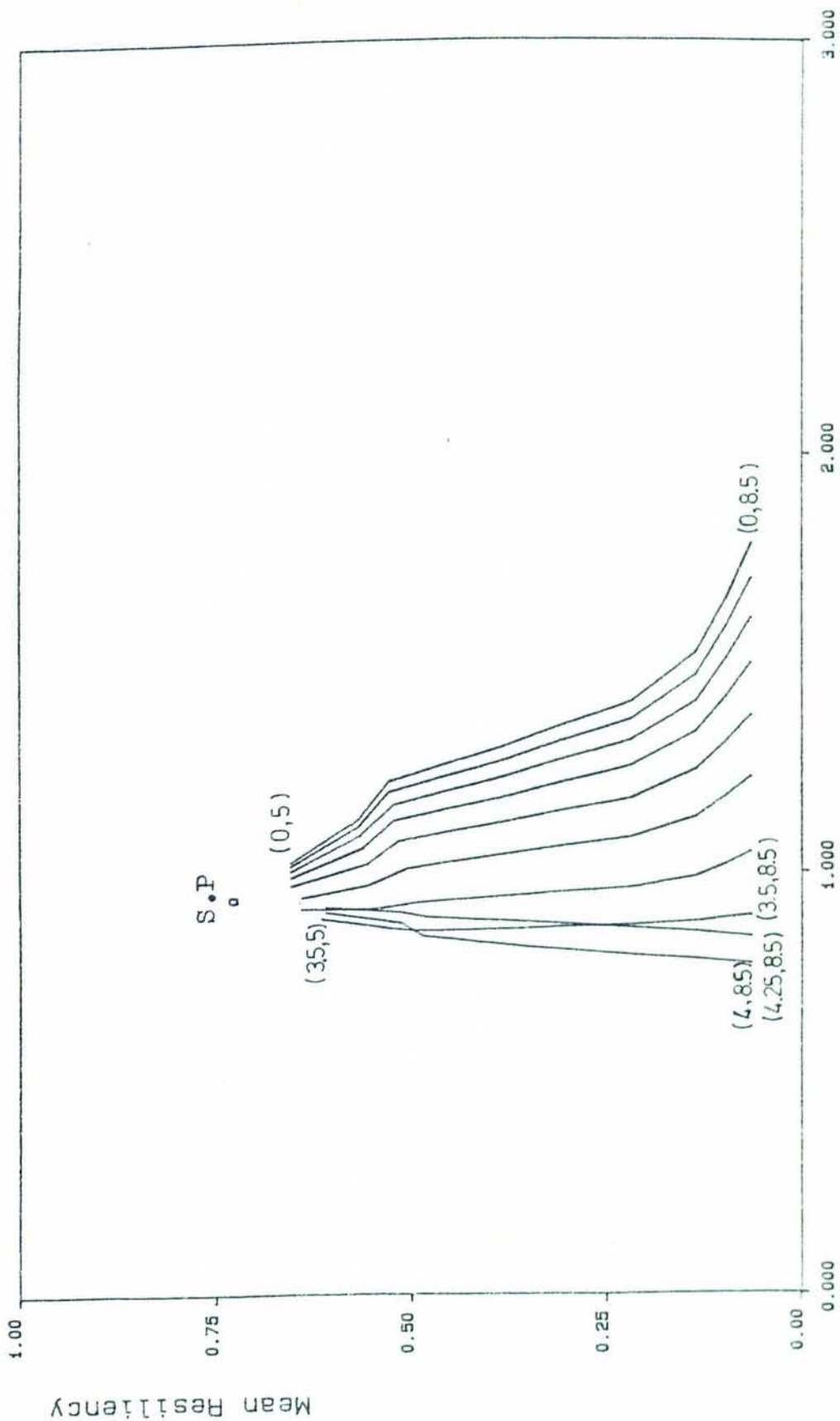


Mean Resiliency

- Grafik B.4 -



Mean Vulnerability



Mean Vulnerability

- Grafik B.6 -

Ö Z G E Ç M İ Ş

Necati Erdem ÜNAL, 1964 yılında Polatlı 'da doğmuş, orta ve lise öğrenimini Ankara 'da tamamlamıştır. 1982 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi 'nden 1986 yılında mezun olmuştur.