

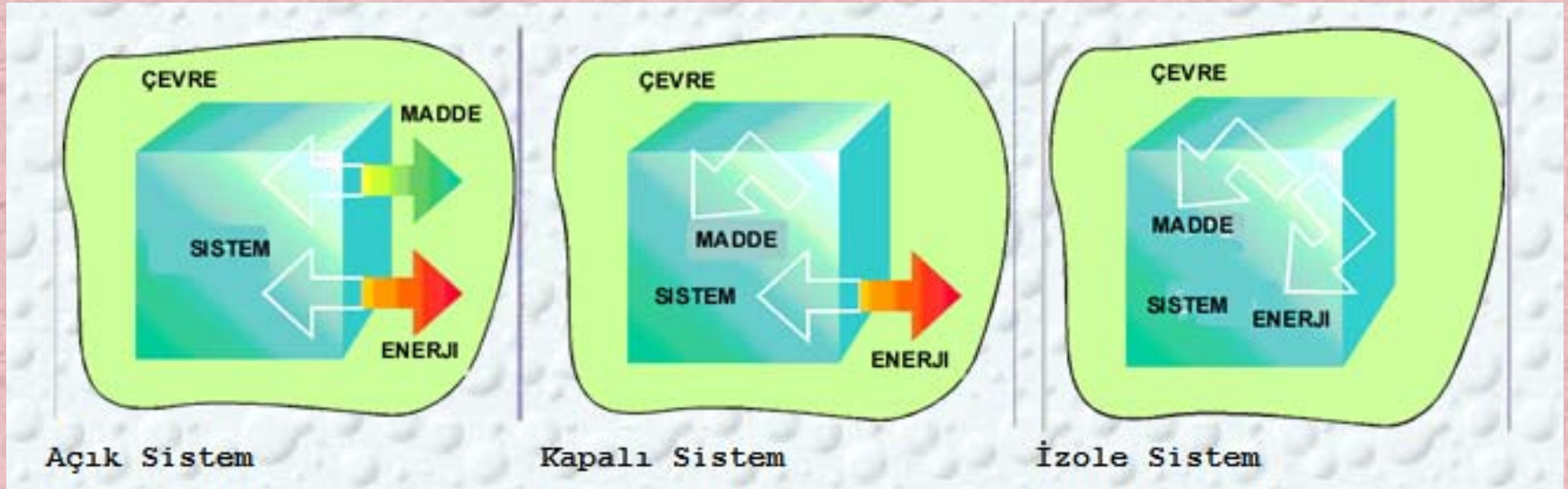


# ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE MODELLEME

**Prof. Dr. Gülfem BAKAN**

**Çevre Mühendisliği Bölümü  
2009-2010**

# SİSTEM KAVRAMI VE SİSTEM ANALİZİ



**1950'lerden bu yana bir bilim dalı haline gelmiş sistem düzenli bir şekilde birbirleriyle ilişkili olan ve çevresinden belirli bir sınırla ayrılan bileşenler takımı olarak tanımlanmaktadır.**

# SİSTEM



Şekil. Sistem Tanımı

Sistemin çevresiyle olan ilişkisi girdi ve çıktı vektörleriyle belirlenir. Bu sistemin her herhangi bir andaki durumu “*durum değişkenleri*” ile belirlenir.

Bu değişkenlerden başka değerleri sabit olan ya da belli bir şekilde değiştirilen “*sistem parametreleri*” de sistem durumunu belirler. Örneğin Havza da inşa edilmiş olan biriktirme haznelerinin kapasiteleri sistem parametreleri, herhangi bir anda haznelerde depolanmış su hacimleri durum değişkenleridir.

**Örneğin Havza da inşa edilmiş olan biriktirme haznelerinin kapasiteleri sistem parametreleri, herhangi bir anda haznelerde depolanmış su hacimleri durum değişkenleridir.**

**Sistem analizi çalışmalarında seçilen bir amaca göre sistemin kontrol edilebilen girdileri hakkında karar verilir. Bu girdilere “*karar değişkenleri*” denir.**

**Sistemin karar değişkenlerine belli bir değer takımı verilmesi bir “*hareket tarzı (politika)*” olarak adlandırılır.**

Genellikle hareket tarzı seçimi tamamen serbest olmayıp, bazı “ *bağlayıcı koşul (kısıt)*” lara (fiziksel, ekonomik, hukuki...) uymak gerekir; ( $g < 0$ )

Verilen kısıtlara uygun bir hareket tarzına “*yapılır hareket tarzı*” denir.



**Haznelerden çekilecek su hacimleri karar değişkenleri, bu hacimlerin belirlenmesi için seçilen bir işletme kuralı ise hareket tarzı olarak düşünülebilir. İşletme kuralının belirlenmesinde haznedeki su kütlesi için süreklilik denklemine uyulması gerekir, bu fiziksel bir kısıttır.**

Seçilen bir yapılr hareket tarzının sistemin çıktıları üzerinde bizi ilgilendiren açıdan etkisini belirleyen ölçüt “**amaç fonksiyonu**” olarak adlandırılır.

Amaç fonksiyonunun alacağı değer durum değişkenlerine, sistem parametrelerine ve seçilen hareket tarzına bağlıdır [  $V (s,p,x)$  ].

**Bu fonksiyonun verilen kısıtlara uyarak en büyük yapan hareket tarzının belirlenmesine optimizasyon (en iyileme) denir.  $\max V(s,p,x), g \leq 0$**

**Aynı örnek üzerinde sistemdeki haznelerden çekilen su hacimlerinin, kısıtlara uymak koşuluyla, sulama ya da enerji üretimi gibi maksatlarla sağlanacak faydayı en büyük yapacak şekilde belirlenmesi bir optimizasyon problemi oluşturur.**

**Yukarıda belirtilen şekilde tanımlanan sistemleri inceleyen matematik yöntemlerinden oluşan bilime “*sistem analizi*” (yöneylem araştırması) denir.**

**Sistem analizi, sistemin bileşenlerini ayrı ayrı ele almak yerine sistemin tümünü bir bütün olarak incelemeyi amaçlar.**

**Sistem analizi çalışmalarını çoğu zaman çeşitli disiplinlerden gelen bir ekibin yürütmesi gerekir.**

# SU KAYNAKLARININ GELİŞTİRİLMESİNDE SİSTEM ANALİZİ

**Su kaynaklarını geliştirme çalışmalarında sistem analizi kullanmak şu nedenlerle gerekli olmaktadır:**

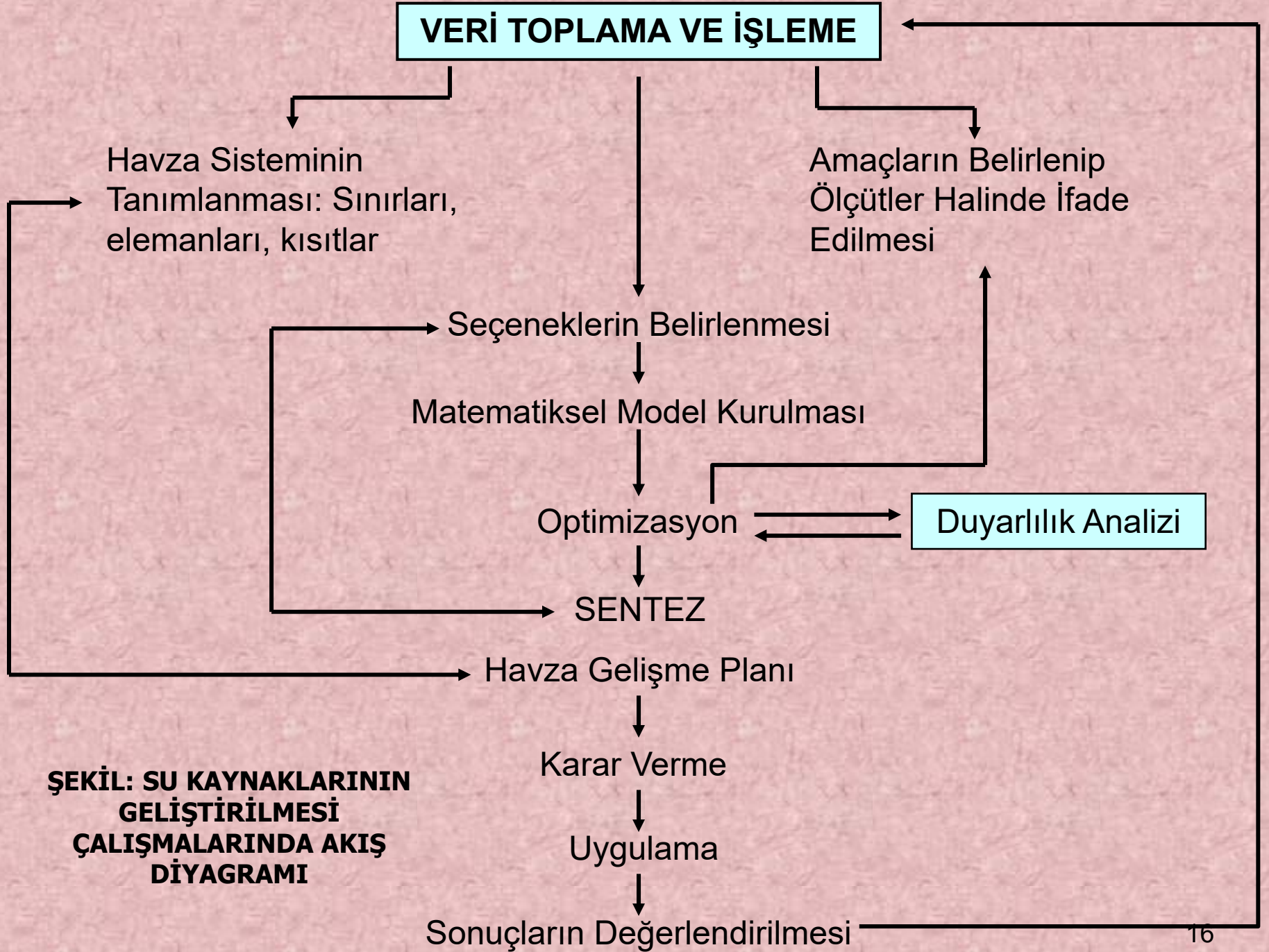
- **Çok sayıda seçenek söz konusudur.**
- **Bunlardan hangisinin en iyi çözüm olduğu kolayca anlaşılamaz.**
- **Problemlerdeki başlıca büyüklükler sayısal olarak ifade edilebilir.**

**Bu çalışmalara inşaat mh, evre mh, iktisat, sosyoloji, hukuk, siyasal bilimler, bölge planlaması gibi çeşitli disiplinlerden kişilerin katılması gereklidir.**

**Sistem analizi çalışmalarında sistemin önemli bileşenlerini ve bunların bir arada işleyişini temsil eden bir matematiksel modelin kurulmasıyla başlar. Modeller, sistemin anlaşılmasına yardımcı oldukları gibi karar verme sürecinde çok sayıda seçeneğin değerlendirilmesini sağlayarak en iyi çözüme yaklaşmayı kolaylaştırır.**

**İleri ülkelerde araştırma merkezlerinde geliştirilen modeller geliştirmekte olan ülkelerdeki su kaynakları projelerine kolayca uygulanamamaktadır.**

**Bunun başlıca nedeni her projenin kendine göre özellikleri olmasıdır. Diğer bir neden, geliştirmekte olan ülkelerde verilerin genellikle yetersiz ve güvenilmez oluşudur. Önemli bir problemde projenin amaçlarını, sosyo-politik etkilerinin tanımlamanın ve belirlemenin güçlüğüdür.**



**ŞEKİL: SU KAYNAKLARININ GELİŞTİRİLMESİ ÇALIŞMALARINDA AKIŞ DİYAGRAMI**



# **SU KAYNAKLARI VE MODELLEME TEKNİKLERİ**

- **Su kaynaklarının çeşitli faaliyetler için kullanma şekilleri değişiktir. Farklı amaçlar için kullanılmak istenen yüzeysel suların planlanmasında çeşitli faydalar, çıkarlar karşı karşıya gelir.**
- **Bu durumda, söz konusu kaynağın en uygun kullanma şeklinin belirlenebilmesi, değişik kullanma şekillerinin ve havzadaki farklı faaliyetlerin su kalitesine olan etkilerinin önceden bilinmesine bağlıdır.**

- **Bunun için, su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olayların incelenmesinde yeni görüşlerin getirilmesi ve sudaki besi maddesi konsantrasyonlarının önceden hesaplanmasına yarayan matematiksel modellerin geliştirilmesi gerekmektedir.**

- **Geliştirilen matematiksel modeller, geçmişteki verilerin incelenmesinde, mevcut durumun değerlendirilmesinde ve gelecekteki ihtiyaçların plan ve projelendirilmesinde kullanılmaktadır.**
- **Matematiksel modeller, sürekli gelişim ve değişim halinde bulunan çevrenin dinamik özelliklerini yansıtmalıdır. Matematiksel modeller doğal kaynakların planlanmasında büyük bir potansiyele sahiptir.**

- **Bir ülkede yüzeysel suların ve su kaynaklarının planlaması ve idaresi ile görevli kuruluşlarca, gerekli planlama ve düzenleme çalışmalarında uygun bir karara varılabilmesi için, bugünkü ve gelecekteki besi maddesi yüklerinin su kaynaklarında meydana getireceği etkilerin daha önceden bilinmesi gerekir. Aksi takdirde onarımı mümkün olmayan hatalara sebep olacak karar ve uygulamalara gidilebilir. Bu tip yanlış uygulamalara meydan vermemek için, su yatağındaki çeşitli kirletici madde konsantrasyonlarını önceden hesaplama yarayan matematiksel modellere ihtiyaç vardır.**

- **Yüzeysel sulara giren besi maddelerinin sebep olduğu zararlı etkilerin giderilmesi için alınacak önlemler son derece pahalı olup uygulamaları da kolay değildir. Ayrıca, alınacak önlemlerin, su kalitesindeki düzelmeye olan etkisi açık değildir. Örneğin, bir göl için uygun olan yöntem diğeri için etkili olmayabilir. Bunun için alınacak önlemlerin su yatağında meydana getireceği düzelmelerin önceden bilinmesi gerekir. Aksi halde boş yere para, emek ve zaman kaybedilmiş olur.**

- **Bunların önlenmesi için de bir yüzeysel suya ne miktarda besi maddesi verilebileceğini veya kullanılmış suların ne kadar arıtılması gerektiğini hesaplamaya yarayan ve çeşitli kirletici yüklerinin su yatağında meydana getireceği etkilerin önceden tahmin edilmesini sağlayan matematiksel modeller geliştirilmelidir.**

# Limnolojik matematiksel modelleri:

- **Hassas ve kusursuz modeller,**
- **Gerçekçi veya gerçeğe uygun (realistik) modeller**
- **Genel modeller**

**olmak üzere üç grupta toplayabiliriz.**

**Hassas modeller,** son derece karmaşık ve deneysel (ampirik) bağıntılara dayanır.

**Gerçekçi modeller,** büyük ölçüde su yatağındaki karşılaştırmalardan elde edilir.

**Genel modeller,** ise basit olup önceki araştırmaların sentezine dayanmaktadır.



Bir su kalitesi modelinin başarısı, aynı anda çok fazla parametrenin ele alınabilmesine bağlı değildir. Esas olan madde korunumu gibi temel prensiplerin eksiksiz uygulanması ve çevrimdeki elemanların bir formdan diğerine dönüşümünde sebep sonuç fonksiyonlarının uygun kurulabilmesidir.

Optimizasyon teknikleri,

**lineer,**

**nonlineer ve**

**dinamik programlama**

**olmak üzere üç kısımda incelenebilir.**

**Lineer programlama (LP), rekabet halinde olan faaliyetler arasında, mevcut sınırlı kaynakların dağıtımını en iyi şekilde düzenleyen bir tekniktir. Lineer programlama en iyi sonuçların elde edilecek tarzda faaliyetlerin planlamasını yapmakta, mevcut bütün olası ve doğru alternatifler arasında en iyisini seçmektedir.**

# Lineer Programlamanın Matematiksel Modeli

**Bir lineer programlama probleminin matematiksel yapısında 2 esas denklem vardır. Bunlardan birincisi göz önüne alınan problemin varmak istediği hedefi ifade eden tek denklemdir. Buna amaç fonksiyonu denilmektedir. İncelenecek probleme göre amaç fonksiyonununun maksimum veya minimum yapılması arzu edilir.**

**Maksimum veya minimum yapılacak amaç fonksiyonu :**

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_jX_j + \dots + C_nX_n$$

**$X_1, X_2, X_3, X_j, X_n$  : Karar değişkenleri**

**$C_1, C_2, C_3, C_j, C_n$  : Katsayıları sabit parametreler olup,**

**Karar değişkenlerinin problemdeki amaç fonksiyonuna olan katkılarını göstermektedir.**

İkinci denklem sistemi aşağıdaki eşitsizlik grubu olup, bunlara sınırlayıcı fonksiyonlar adı verilir.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1j}X_j + \dots + a_{1n}X_n (<, =, >) b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2j}X_j + \dots + a_{2n}X_n (<, =, >) b_2$$

...

...

$$a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ij}X_j + \dots + a_{in}X_n (<, =, >) b_i$$

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mj}X_j + \dots + a_{mn}X_n (<, =, >) b_m$$

**Karar değişkenleri fiziksel büyüklükler olup, negatif olamayacağından:**

$$X_1 > 0, X_2 > 0, \dots X_j > 0, \dots X_n > 0$$

**şeklinde negatif olmama şartları daima vardır.**

**Lineer programlamanın matematiksel yapısı kısaca şöyle tarif edilebilir;**

**Min. veya Max. yapılacak amaç fonksiyonu :**

➤  $Z = \sum C_j X_j$

➤  $\sum a_{ij} X_j (<, =, >) b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m)$

➤  $X_j > 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$

**denklemleriyle ifade edilebilir.**

**Yukarıda matematiksel ifadesi verilen bir lineer programlama probleminin grafik ve simplex metodu olmak üzere iki çözüm yolu vardır:**

**Grafik Metodu 2 veya en fazla 3 değişken olması halinde kullanılabilir. Problemdeki değişken sayısının daha fazla olması halinde çözüm, Simplex metoduyla yapılmaktadır.**



**Simplex metodu, lineer denklem takımının çözümünde kullanılan Gauss-Jordan eliminasyon metodundan faydalanılarak geliştirilmiştir.**

**Aritmetik çözümde eşitsizlikler yerine eşitliklerle işlem yapmak daha kolay olacağından eşitsizlikler suni değişkenlerin kullanılmasıyla eşitlik haline dönüştürülmektedir.**

# Dinamik Programlama

Dinamik programlama, ard arda kararların verildiği ve her bir kararın takip eden kararlara etkisi olduğu ardışık karar problemlerinin çözümünde faydalı bir tekniktir.

**Dinamik programlama**, amaç fonksiyonunu maksimum (veya minimum) yapan kararların bileşimini tayin etmek için sistematik bir yol temin etmektedir.

**Dinamik programlama** için, lineer programlamada olduğu gibi standart bir matematiksel model mevcut değildir. Dinamik programlama, yaklaşıma dayalı bir tekniktir ve göz önüne alınan her bir problem için ona uygun bir model geliştirilmesi esasına dayanmaktadır.

**Dinamik programlama problemlerinin çözümünde önemli bir prensip olan,**

**"En Elverişli Olma (Optimalite) Prensibi":**

**“İlk durum ve başlangıçta alınan karar ne olursa olsun, herhangi bir adımda en elverişli olarak seçilen yolun özelliği, ilk karar sonunda ortaya çıkan durum itibariyle geriye kalan kararların en elverişli (optimal) şekilde ele alınmasını gerektirir”**

**tarzında ifade edilmiştir.**