



## Bina Envanter Çalışması *Değerlendirme Yöntemleri ve Karar Süreci*

Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZÇELİK  
Yapı Mekaniği ve Deprem Mühendisliği Çalışma Grubu  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir - 31 Ocak 2013

## Sunum Genel Hattı

- **Deprem Kayıp Modeli Nedir ve Neden İhtiyaç Vardır?**
- **Deprem Kaybının Tahmini için Çalışmada Kullanılan Yöntemler**
- **Sonuçlar ile İlgili Karar Süreci ve Genel Bulgular**

## Envanter Çalışmasına Neden İhtiyaç Var?

- Son 20-30 yıl içinde, Dünya çapında doğal felaketlere bağlı *kayıplarda dramatik artışlar* gözlenmiştir,
- Bunların nedenleri arasında:
  - Dünya nüfusundaki artış,
  - Birçoğu yüksek sismik bölgelerde olmak üzere yeni “Süper Kentlerin” oluşması (nüfusu 2 milyon ve üzeri),
  - Hızlı gelişen toplumların ve teknolojilerin yüksek kırılma düzeyleri sayılabilir.

## Envanter Çalışmasına Neden İhtiyaç Var?

### *Deprem Kayıp Modeli*

- Deprem kayıp modeli ne işe yarar?
  - **Senaryo depremi** sonrası **hasarın tahmininde** kullanılır,
  - Yönetmelik güncellemeleri yapılırken, **potansiyel kayıplar** ile **dayanım için gerekli artı maliyetin** karşılaştırılmasında kullanılır,
  - **Kent ölçeğinde** yürütülecek güçlendirme çalışmalarında, farklı güçlendirme yöntemleri arasında **maliyet/fayda analizleri** yapmaya imkan tanır.

## Deprem Kayıp Modeli

- Bir bölge, kent veya ülke için ***deprem kayıp modeli*** geliştirmek için aşağıdaki veritabanları oluşturulmalıdır:
  - Deprem aktivitesinin belirlenmesi (sismik tehlike),
  - Zemin şartlarının belirlenmesi,
  - ***Bina stoku ve altyapı envanterinin çıkarılması,***
  - ***Bu stokun hasar görülebilirlik karakterinin belirlenmesi.***

## Deprem Kayıp Modeli

- Deprem kayıp modeli, ideal olarak **deprem kaynaklı tüm tehlikeleri** dikkate almalıdır:
  - **Güçlü yer sarsıntısı (zemin büyütme etkileri de dikkate alınarak),**
  - Toprak kayması,
  - Sıvılaşma,
  - Fay hattındaki yüzey kırılması,
  - Tsunamiler vd.
- Ancak **yer sarsıntısı** nedenli tehlike, genellikle kayıp modelleri için kullanılan **tek parametredir**; çünkü **en büyük kayıplar** yer sarsıntısından kaynaklıdır.

## Deprem Kayıp Modeli

- Deprem kayıp modelinin çok **önemli bir bileşeni** *yapıların hasar görebilirlik* durumlarının belirlenmesidir:
  - Sismik kırılma yapının bir **yer hareketi parametresine** bağlı *hasara yatkınlığı* olarak tanımlanır,
  - Farklı yapı türleri için *(BA, Yığma, Çelik)* farklı kırılma fonksiyonları tanımlanabilir.

## Deprem Kayıp Modeli

- Deprem kayıp modelinin ana hedefi şöyle özetlenebilir:
  - Bölgenin **sismik tehlikesini** bu bölgede bulunan yapı stokunun **sismik kırılmalığı** ile ilişkilendirerek (konvolüsyon), bölgede meydana gelebilecek **hasar dağılımını tahmin etmek,**

$$\textit{Sismik Tehlike} \otimes \textit{Kırılmalığı} = \textit{Hasar}$$



## Deprem Kayıp Modeli

### *Çalışmada Hasar Tahmininde Kullanılan Yöntemler*

- **Çalışmada kullanılan yöntemler:**
  - **1. Kademe Yöntemler**
    - » ***Sokak Taraması Yöntemi (2001)***
  - **2. Kademe Yöntemler**
    - » ***Hassan ve Sözen yöntemi – “Öncelik İndeksi” (1997)***
    - » ***Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi (2006)***
    - » ***P25 Yöntemi (2007)***

## Deprem Kayıp Modeli

### *Ampirik Yöntemler*

- **1. Kademe Yöntemler vs. 2. Kademe Yöntemler**
  - **1. Kademe Yöntemler**
    - » *Hızlı ancak daha yüzeysel,*
  - **2. Kademe Yöntemler**
    - » *Uygulaması daha yavaş (pahalı) ancak sonuçları daha güvenilir,*

# Deprem Kayıp Modeli

## 1. Kademe Yöntemler

- Sokak Taraması Yöntemi (ST Yöntemi):
  - 1-7 kat arası **betonarme binalar** için Sucuoğlu ve Yazgan (2001) sokak taraması yöntemini geliştirmiştir,
  - Geçmiş depremler hasar görülebilirlikle ilgili **8 farklı bina parametresini** öne çıkarmakta,
    - (1) Kat adedi , (2) Yumuşak kat,
    - (3) Ağır kapalı çıkmlar, (4) Görünür bina kalitesi,
    - (5) Kısa kolonlar, (6) Çarpışma etkisi,
    - (7) Yerel zemin durumu,
    - (8) Topoğrafik etki.

Sokak  
Taraması  
ile elde  
edilmekte!

# Deprem Kayıp Modeli

## 1. Kademe Yöntemler

- Sokak Taraması Yöntemi: *(devam)*
  - Bu parametreler yapısal sistemin deprem kuvvetleri altındaki *negatif davranışlarını yansıtmakta,*
  - Yöntemin kalibrasyonu için **Düzce** depremi *hasar veri tabanı* kullanılıyor,
  - Yöntemde en büyük zemin hızına (PGV) bağlı üç farklı **sismik tehlike bölgesi** tariflenmiştir,

## Deprem Kayıp Modeli

### *1. Kademe Yöntemler*

- **Sokak Taraması Yöntemi: (devam)**
  - Eğer bina **çok öncelikli** gruba giriyorsa, **daha detaylı analiz** yapmak gerekmektedir (örn.: 2. Kademe Yöntemler, Deprem Yönetmeliği),

**Not: 6306 Sayılı Yasanın Uygulama Yönetmeliğinde (taslak) bu yöntem var ancak bazı değişikliklere gidilmiş!**

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

- **Hassan-Sözen Yöntemi (HS Yöntemi):**
  - 1997 yılında az katlı (1-5 katlı) mevcut betonarme binaların deprem performansı için, “**Öncelik İndeksi**” yöntemini geliştirmiştir,
  - Yöntem **öncelikli olarak ele alınması gereken** gereken yapıların belirlenmesi amacıyla kullanılıyor,
  - **Binalar en olumsuzdan – en olumluya doğru görelî bir sıralamaya** sokuluyor,
  - **1992 Erzincan** depreminde hasar görmüş **46 devlet binasının** verisi kullanılarak kalibre edilmiştir,

# Deprem Kayıp Modeli

## 2. Kademe Yöntemler

- Hassan-

- Önce

fonk

için

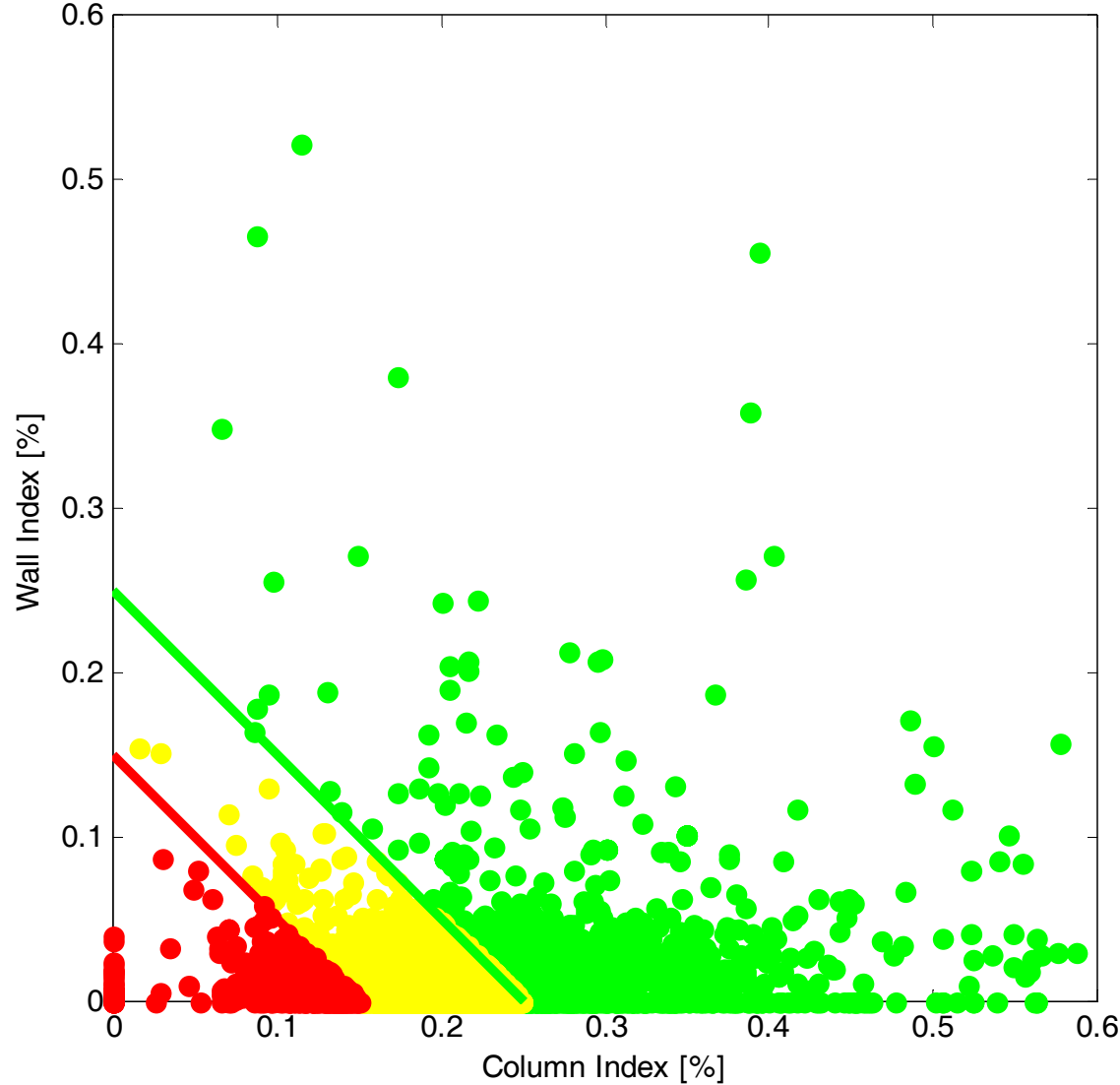
yönc

$$WI = \frac{A}{A}$$

- Neden

(dayanı

• Yatı



bir

grubu

ık her iki

$$\varepsilon_c = \frac{A_{col}}{2}$$

lanlar

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

- **Hassan-Sözen Yöntemi: (devam)**
  - Bu yöntem **genel bir hasar tahmini yöntemi değildir**, sadece belli bir bölgedeki mevcut binaların **objektif olarak derecelendirilmesi** için kullanılır,
  - Bölgedeki sismik tehlikenin **yaklaşık olarak üniform olduğu** kabul edilmektedir.



## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

- **Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi (İstatistiksel Yöntem):**
  - Yüceyan, 2004 ve Özcebe vd., 2004, Yakut vd. , 2006 az ve orta katlı (3-7 kat) betonarme binalar için *diskriminant (ayrıştırma) analizi* denilen *istatistiksel bir yöntem* geliştirilmişlerdir,
  - Düzce depremi hasar verileri kullanılarak model kalibre edilmiştir (*484 adet bina*),
    - ~4 km X 4 km bir bölgede, alüvyon birikinti üzerine kurulmuş binalar,

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

- **Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi (devam):**
  - Geçmiş depremler ***bina hasarlarının üç temel nedeni*** olduğunu göstermiştir:
    - Uygun olmayan yapısal ve mimari konfigürasyon,
    - Zayıf detaylandırma ve boyutlandırma,
    - İmalat aşamasında kontrol eksikliği.
  - Hasar görmüş binalar incelendiğinde en çok hasar gören binaların
    - ***Kısa kolon, yumuşak kat,***
    - ***Kolon veya perdelerin yükseklik boyunca süreksizliği,***
    - ***Döşemede büyük açıklıklar taşıyan binalar olduğu ortaya çıkmaktadır!***

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

- **Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi: (devam)**
  - Yatay yük taşıyan elemanları fazla olan yapısal sistemlerin **deprem performansının iyi olduğu** gözlenmiştir,
    - **Redundancy (fazlalık) binada yatay kuvvetlere karşı koyan birçok çerçevenin** olması ve
    - Bu çerçevelerin **çoklu açıklıklarının** olması şeklinde tanımlanabilir.

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

#### ➤ Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi:(devam)

- Bu parametreler dikkate alınarak **diskriminant fonksiyonları** oluşturulmuştur,
  1. Kat adedi (*zemin üstü*),
  2. Minimum normalize yatay rijitlik indeksi (*kolon ve perde atalet momentleri – x ve y yönleri*),
  3. Minimum normalize dayanım indeksi (*kolon, perde ve duvar alanları – x ve y yönleri*), → HS Yöntemi
  4. Normalize redundancy indeksi (*çerçeve sayıları ve açıklıkları*),
  5. Yumuşak kat indeksi (*zemin katın yüksekliği*),
  6. Kapalı çıkma oranı (*planda çerçeve dışına taşan alanlar*)

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

#### ➤ Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi: (devam)

##### • *Sismik Tehlike Parametreleri:*

- Yöntem *deprem şiddeti, azalım ilişkileri ve zemin kayma dalgası hızını* dikkate alarak *yer hareketinin bölgedeki uzaysal değişimini* yakalayabilmekte,
- Böylece *daha farklı yerel zemin koşullarına sahip* bölgeler için de uygulanabilmektedir.

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

#### ➤ Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi: *(devam)*

- Yöntem binaları “**Can Güvenliği**” (**LS**) ve “**Hemen Kullanım**” (**IO**) olmak üzere iki farklı kategoride sınıflamaktadır.

## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

#### ➤ Geliştirilmiş Diskriminant Analizi Yöntemi:

- Sokak Taraması Yöntemi ve Geliştirilmiş Diskriminant Analizi yöntemi *iki kademeli* olarak **Zeytinburnu'nda** uygulanıyor,
- **13,885** BA binaya → 1. Kademe değerlendirme yapılıyor,
- **3036** adedi → 2. Kademe değerlendirme,
- 2. Kademe değerlendirme yapılan binaların → **%70'i riskli** bulunuyor.

**SORU: İki kademeli değerlendirme yapmak en uygun çözüm müdür?**



## Deprem Kayıp Modeli

### *2. Kademe Yöntemler*

- **P-25 Yöntemi**
  - Tezcan vd. *mevcut binaların hızlı taranmasını* hedefleyen yöntemlerini 2005 yılında genişleterek *P25 Yöntemine* son halini vermişlerdir,
  - Yöntem, geçmiş depremlerde hasar görmüş *311 adet hafif, orta ve ağır düzeyde hasar görmüş* betonarme binadan toplanan veriler kullanılarak *kalibre edilmiştir.*



## Deprem Kayıp Modeli

### 2. Kademe Yöntemler

- P-25 Yöntemi (*devam*)
  - Yöntemde mevcut yapıdaki
    - *Kolon, perde ve dolgu duvar boyutları,*
    - *Rijitlikler,*
    - *Bina yüksekliği,*
    - *Yönetmeliklerdeki yapısal düzensizlikler (kütle ve burulma düzensizlikleri),*
    - *Beton ve zemin sınıfı,*
    - *Temel türü, etriye sıklığı...*
  - *$P_1$  temel yapısal puanı* ve binanın *farklı göçme modlarını* da göz önüne alan toplamda 7 adet *göçme puanı* hesaplanmaktadır.

# P 25 - TEMEL KRİTERLERİ

## P 25 METODU

P 1 = Kolon, Duvar, Perde Rijitlikleri  
Beton Kalitesi

P 2 = Kısa Kolon

P 3 = Zayıf Kat

P 4 = Çıkmalar

P 5 = Çarpışma Riski

P 6 = Sıvılaşma Riski

P 7 = Zemin Oturma, Kaymaları

## Deprem Kayıp Modeli

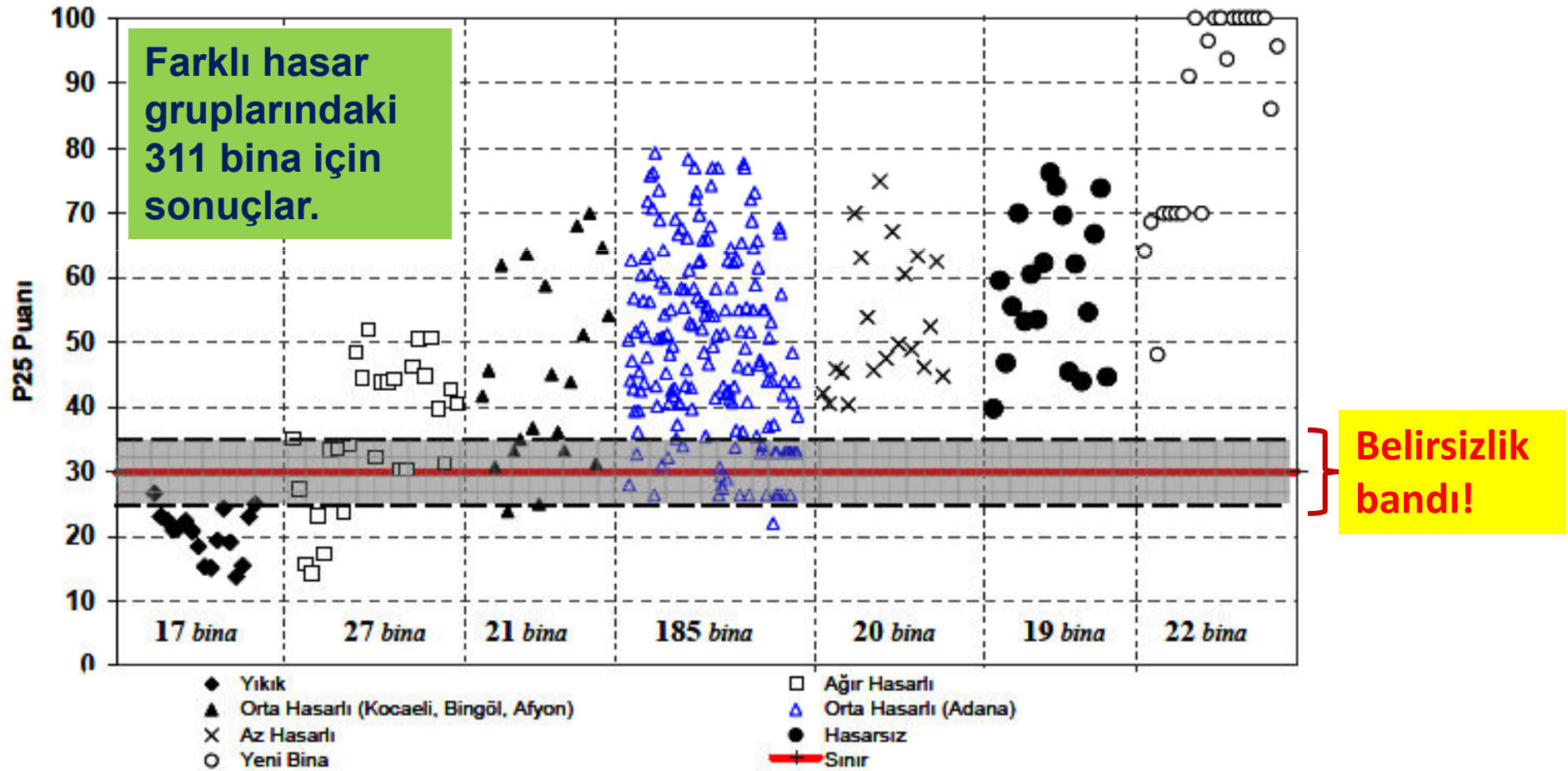
### 2. Kademe Yöntemler

- P-25 “Göçer mi” “Göçmez mi” Yöntemi (*devam*)
  - P sonuç puanının *az, orta* veya *çok öncelikli* bölgeye düşmesi durumuna göre yapının *öncelik durumu* hakkında karar verilir.

# Deprem Kayıp Modeli

## 2. Kademe Yöntemler

- P-25 Yöntemi (devam)

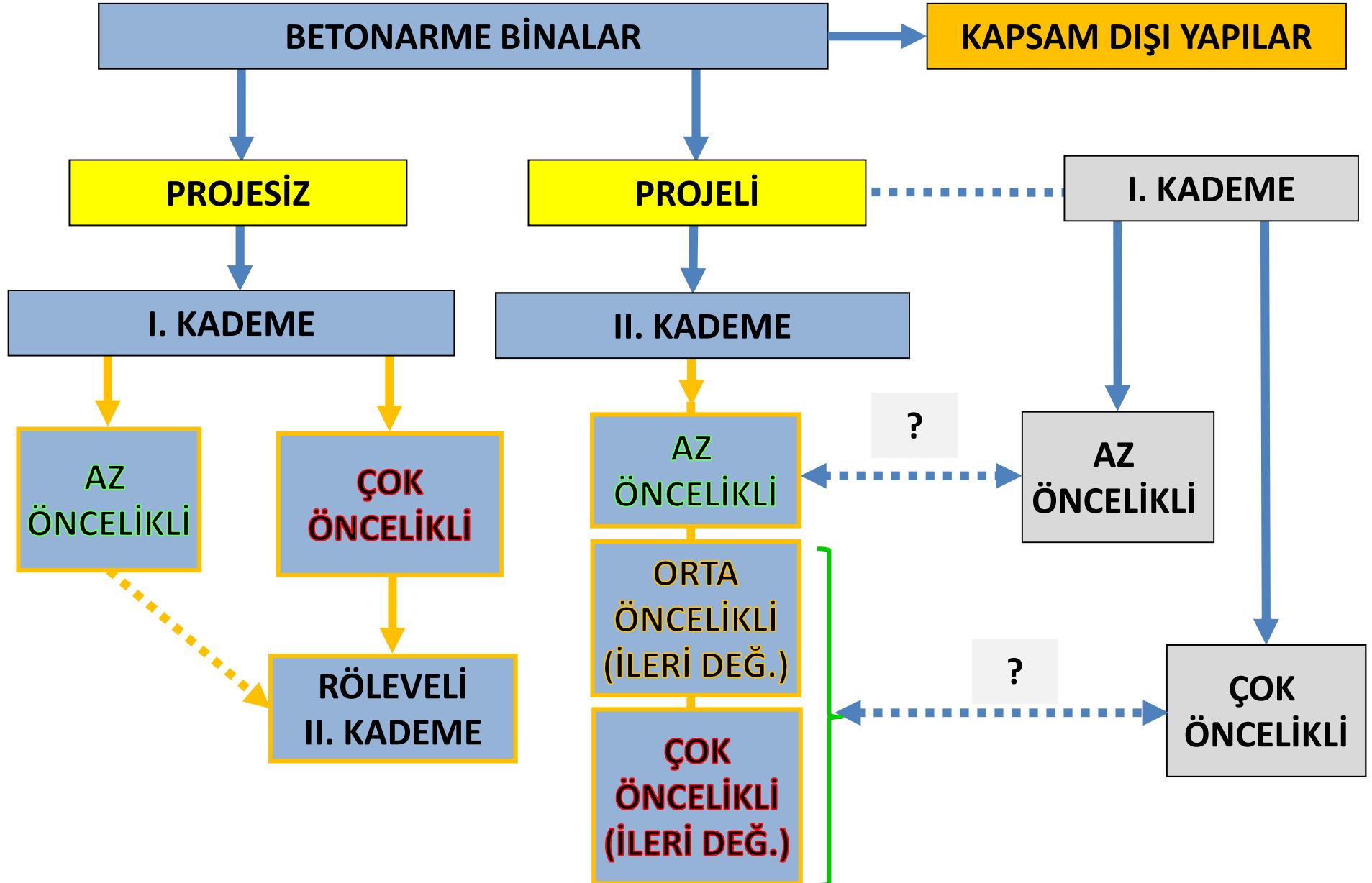


## Yöntemlerin Uygulanabildiği Betonarme Binalar

### *Balçova ve Seferihisar*

| Yöntem                                   | Gelişmişlik<br>Düzeyi | Proje<br>Durumu       | Kat<br>Adedi | Ruhsat<br>Tarihi | Bina<br>Adedi |
|--|-----------------------|-----------------------|--------------|------------------|---------------|
| Sokak<br>Taraması                        | 1. Kademe             | Projesiz +<br>Projeli | 1-7          | 2002 >=          | 4044 / 970    |
| Hassan-Sözen                             | 2. Kademe             | Projeli               | 1-5          | 2002 >=          | 3133 / 629    |
| Geliştirilmiş<br>Diskriminant<br>Analizi | 2. Kademe             | Projeli               | 3-7          | 2002 >=          | 3366 / 301    |
| P25 Yöntemi                              | 2. Kademe             | Projeli               | 1-15         | 2012 <=          | 4089 / 793    |

# Genel Karar Şeması



## Genel Karar Şeması

### 5 Kademeli Öncelik Sınıflaması

| Öncelik Durumu | Birinci Kademe (Tek Yöntem) |                |               | İkinci Kademe (Üç Yöntem) |                |               |
|----------------|-----------------------------|----------------|---------------|---------------------------|----------------|---------------|
|                | Az Öncelikli                | Orta Öncelikli | Çok Öncelikli | Az Öncelikli              | Orta Öncelikli | Çok Öncelikli |
| 1. Öncelikli   |                             |                |               |                           |                |               |
| 2. Öncelikli   |                             |                |               |                           |                |               |
|                |                             |                |               |                           |                |               |

**KÖTÜMSER BİR SENARYO SEÇİLDİ!**

Özellikle 'Öncelik' kavramı kullanıldı. Çünkü burada sadece görece bir sıralama yapılmakta!

## Genel Karar Şeması

### *Çoklu Karar Ağacı ve 5 Kademeli Sınıflandırma*

#### *Avantajlar:*

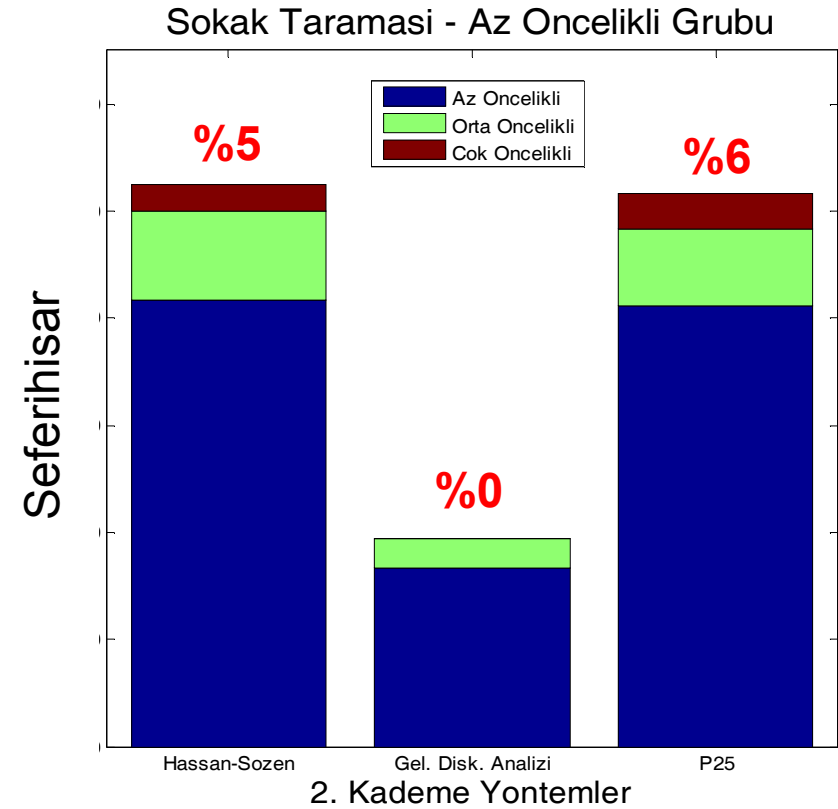
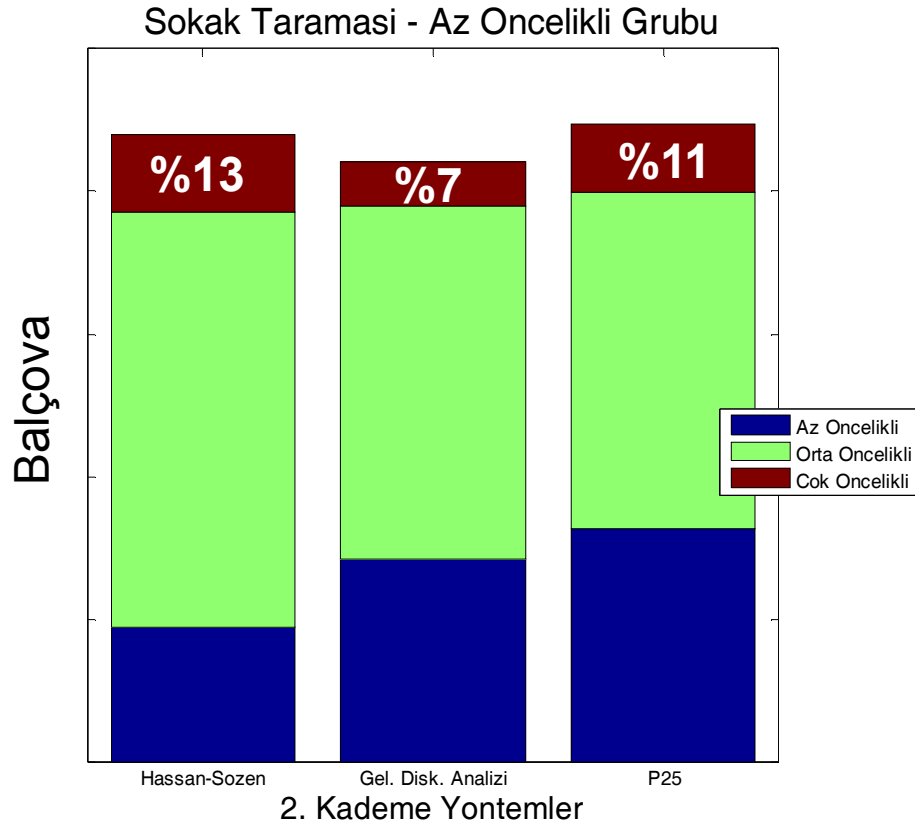
- Birden fazla yöntem kullanılarak, her yöntemin *artı yönleri* dikkate alındı,
- Öncelikler **5 kademeye** ayrılarak ileride yapılacak çalışmaların **planlanması** için *daha rafine bir skala oluşturuldu.*



# Proje Üzerinden İkinci Kademe Değerlendirme

## Avantajlar

- İki Kademeli Değerlendirmeye İlişkin Soruyu Hatırlayalım!
- Sokak Taraması Yönteminin “Az Öncelikli” dediği binalara 2. Kademe Yöntemler uygulanırsa,



## Proje Ürününün Potansiyel Kullanım Alanları

### *Sadece Öncelik Haritası mı?*

*Yaptığımız bu çalışma sadece bir öncelik haritası çıkarmaktan mı ibaret?:*

- Sorgulanabilir sayısal bir **imar bilgi sistemi** oluşturuldu (tapular, projeler, kullanım ruhsatları vb. )
- Mühendislere eğitim verilerek **bina değerlendirmesinde** görev alabilecek **sertifikalı mühendis havuzu** oluşturuldu,

## Proje Ürününün Potansiyel Kullanım Alanları

### *Sadece Öncelik Haritası mı?*

*Yaptığımız bu çalışma sadece bir öncelik haritası çıkarmaktan mı ibaret?:*

- Öncelikli binalar belirlenerek bu **binaların iyileştirilmesine** yönelik yapılacak bir çalışmanın **maliyeti** ortaya çıkarıldı,
- Senaryo depreminde **etkilenmesi olası insan sayısına** ilişkin bir tahminde bulunuldu, bu tahmine bağlı **afet sonrası yapılacak çalışmaların** boyutu ile ilgili bir ön görüş geliştirildi,

## Proje Ürününün Potansiyel Kullanım Alanları

### *Sadece Öncelik Haritası mı?*

*Yaptığımız bu çalışma sadece bir öncelik haritası çıkarmaktan mı ibaret? (devam):*

- Deprem sonrası yapılması gereken **hasar tespit çalışmalarına nesnel bir temel oluşturuldu**
  - Hasar tespitinin nereden başlaması gerektiği, hasarın nerelerde yoğunlaştığı, **gizli hasara bağlı can kayıplarının önlenmesi- Bayram Oteli vb.**

## Bundan Sonra Ne Yapmalı?

### *Ne Yapmalı?*

- Çalışma İzmir'in diğer bölgelerine genişletilmeli, (**Kim korkar 6306'dan!**)
- İstanbul Master Planında olduğu gibi aşağıdaki yönler de çalışılmalı,
  - Mevcut yapıların ekonomik olarak güçlendirilmesi,
  - Kentsel planlama,
  - Yasal boyut,
  - Finansal boyut,
  - Sosyal boyut, risk ve afet yöntemi.



## İlginiz için Teşekkürler SORULAR!

Yrd. Doç. Dr. Özgür ÖZÇELİK  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Yapı Mekaniği ve Deprem Mühendisliği Çalışma Grubu  
Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir - 31 Ocak 2013