

**Kısım 7.**  
**Hasar ve Can Kaybı Hesaplamaları**

## **Kısım 7. Hasar ve Can Kaybı Hesaplamaları**

Model A için yapılan hasar hesaplaması “en muhtemel durum”, ve Model C için yapılan hasar hesaplaması ise “en kötü durum” olarak ortaya konmuştur.

### **Uyarı**

***Sismik mikrobölgeleme gelecek depremlerin kestirilmesi değildir. Senaryo depremler gelecekteki depremlerin tahmin edilmesi değildir. Bu modellerden birisinin bir sonraki deprem olacağı söylenemez.***

***Hernekadar analizler en son bilimsel bilgiler temel alınarak yapılmış olsada, sonuçlarda hatalar olabilir. Bu raporda hesaplanan hasar miktarı ve dağılımı sadece, İstanbul için bir afet önleme/azaltma planı oluşturmak için kullanılabilir.***

### **7.1. Binalar**

Her mahalle için toplanmış olan 2000 yılı bina sayımının oluşturulmasıyla bina envanter veritabanı meydana getirilmiştir. Onbir sınıfta herbir mahalledeki bina sayısı Tablo 7.1.1’de gösterilmiştir. Mahalle bazında bina hasarlarını hesaplamak için, bina yoğunluk dağılımını dikkate alan herbir 500m grid için sismik hareket değerlerinden her mahallenin sismik hareketi hesaplanmıştır.

Bina hasar tanımı Tablo 7.1.2 ‘de gösterilmiştir. “Ağır”, “orta” ve “az” hasarlı binalar 2000 yılı bina sayımında mevcut tüm bina tipleri için hesaplanmıştır. “Ağır” hasarlı binalar, çok hasar görecektir yada yıkılacak olan binalardır. Bu binalar onarılmadan yada yeniden inşa edilmeden kullanılması sakıncalı olan binalardır. “Orta” hasarlı binalar, riskin oluşmasından hemen sonra tahliye amaçlı geçici, sınırlı süreyle kullanılabilir olan binalardır fakat sürekli olarak kullanılmaya başlanmadan önce onarılmalıdırlar. “Az” hasarlı binalar ise, içinde yaşanabilir binalardır ancak onarılmaları tavsiye edilir, zira yapı azda olsa hasar görmüştür ve deprem dayanırlığı azalmıştır. Hasarın nedeni sismik titreşimle sınırlıdır. Sıvılaşma, toprak kayması yada yangın gibi diğer sebeplerden oluşan

hasar dahil edilmemiştir. Bu kabul sonucu etkilemeyecektir çünkü bu durumlar İstanbul'daki deprem felaketinin ana sebepleri değildir.

Hasar her mahalle ve bina sınıfı için hesaplanmıştır. Sonuçların bir özeti Tablo 7.1.3'de gösterilmiştir. Bu tabloda İzmit depreminin bir simülasyon sonucu da gösterilmiştir. Bazı mahalleler için bina hasarının mevcut olmaması durumunda sadece hasar oranı gösterilmiştir. Bina hasar analizi bir önceki bölümde gösterilmiş olan İzmit ve Erzincan depremlerinde gözlenen hasar verileriyle kalibre edilmiştir. Simüle edilmiş olan sonuçlar gözlemlenmiş olan hasarla kıyaslandığında yakın sonuçlara ulaşılmıştır. Herbir mahalle için hasar durumları Şekil 7.1.1 ve Şekil 7.1.2'de gösterilmiştir.

İki senaryo deprem için hasar karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

**(1) Model A**

Toplam ağır hasarlı bina sayısı 51,000 olarak hesaplanmıştır. Bu sayı Çalışma Alanı dahilindeki toplam bina sayısının % 7.1'idir. Kullanılmak için onarıma ihtiyaç duyulan ağır ve orta hasarlı binaların sayısı 114,000 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar göstermektedirki, deprem hareket dağılımından dolayı İstanbul'un güney kesimindeki hasar kuzey kesiminden daha ağır olacaktır. Avrupa yakasının güney sahili en ciddi şekilde etkilenecek alandır. Sahil kesimi boyunca birçok mahallede binaların % 30'undan fazlası ağır hasar görecektir. Avrupa yakasında birçok mahallede ve Anadolu yakasında bazı mahallelerde 200'den fazla bina ağır hasar görecektir. Vurgulanması gereken bir nokta da Silivri ve Büyükçekmece'de 300'den fazla bina ağır hasar görecektir.

**(2) Model C**

Toplam ağır hasarlı bina sayısı 59,000 olarak hesaplanmıştır. Bu sayı Çalışma Alanı dahilindeki toplam bina sayısının % 8.2'sidir. Kullanılmak için onarıma ihtiyaç duyulan ağır ve orta hasarlı binaların sayısı 128,000 olarak hesaplanmıştır. Hasar dağılımı Model A ile neredeyse aynıdır. Avrupa yakası sahil kesimindeki bir mahallede binaların% 40'undan fazlası ağır hasar görecektir. Avrupa yakasında birçok mahallede ve Anadolu yakasında bazı mahallelerde 200'den fazla bina ağır hasar görecektir. Vurgulanması gereken bir nokta da Silivri ve Büyükçekmece'de 400'den fazla bina ağır hasar görecektir.

**Tablo 7.1.1 Hasar Hesaplaması İçin Sınıflarına Göre Bina Sayıları**

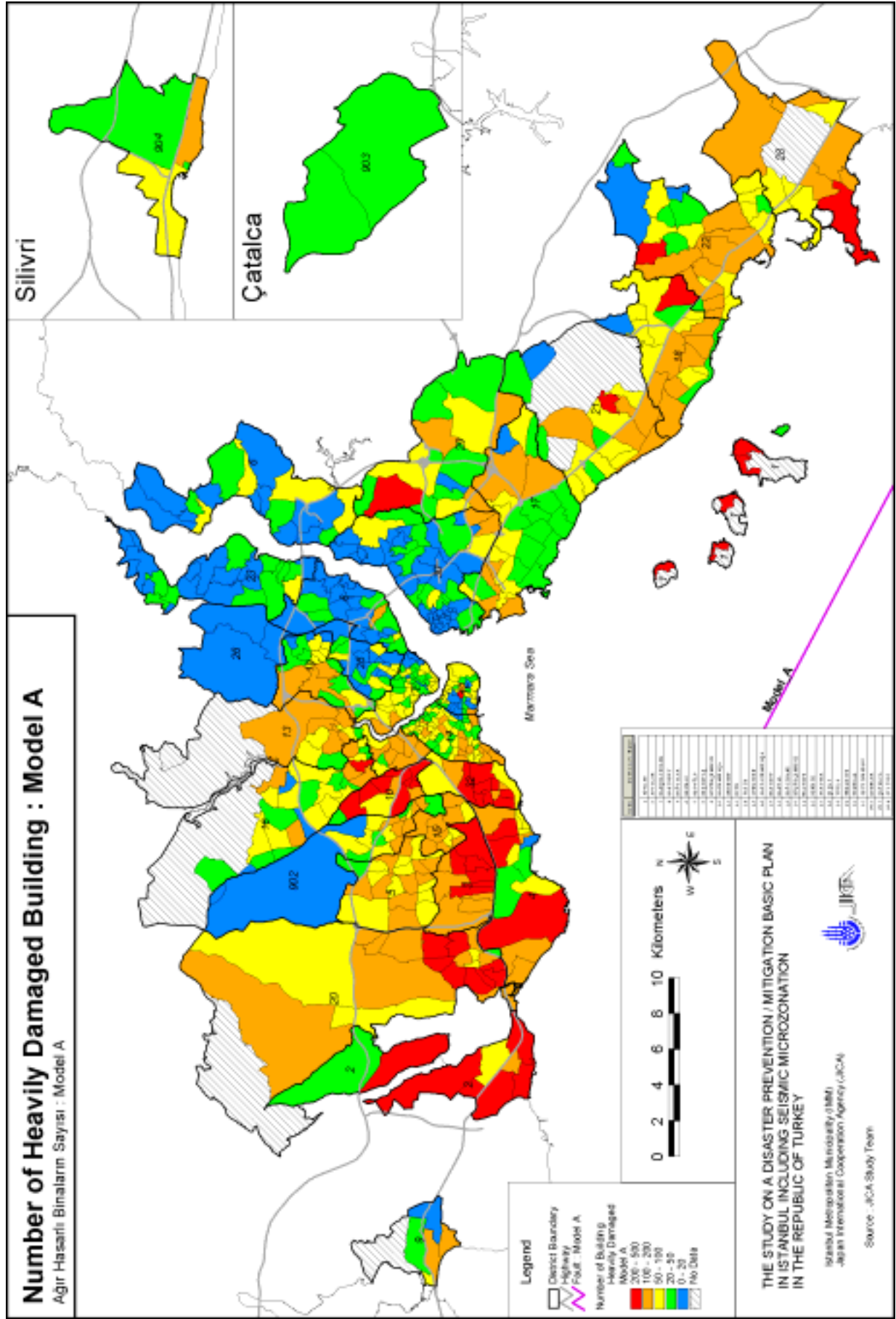
Sınıf	Yapı	Kay Sayısı	Yapım Yılı			Toplam
			-1959	1960 - 1969	1970 -	
1	Tuğla Duvarlı Betonarme Çerçeve	1 - 3F	7,120 (1.0%)	13,757 (1.9%)	200,950 (27.7%)	221,827 (30.6%)
2		4 - 7F	6,280 (0.9%)	15,449 (2.1%)	280,231 (38.7%)	301,961 (41.7%)
3		8F -	481 (0.1%)	886 (0.1%)	18,468 (2.5%)	19,835 (2.7%)
4	Ahşap Çerçeve	1 - 2F	4,755 (0.7%)	697 (0.1%)	1,583 (0.2%)	7,035 (1.0%)
5		3F -	3,611 (0.5%)	222 (0.0%)	358 (0.0%)	4,191 (0.6%)
6	Betonarme Perde Duvar	1 - 3F	1 (0.0%)	0 (0.0%)	13 (0.0%)	13 (0.0%)
7		4 - 7F	0 (0.0%)	0 (0.0%)	200 (0.0%)	200 (0.0%)
8		8F -	0 (0.0%)	0 (0.0%)	564 (0.1%)	564 (0.1%)
9	Yığma	1 - 2F	25,967 (3.6%)	24,881 (3.4%)	83,215 (11.5%)	134,063 (18.5%)
10		3F -	16,952 (2.3%)	8,208 (1.1%)	8,877 (1.2%)	34,037 (4.7%)
11	Prefabrike		20 (0.0%)	12 (0.0%)	864 (0.1%)	896 (0.1%)
Toplam			65,188 (9.0%)	64,113 (8.8%)	595,322 (82.2%)	724,623 (100.0%)

**Tablo 7.1.2 Bina Hasarlarının Tanımlanması**

Hedef	2000 Sayınımdaki Tüm Binalar	
Hesaplama Birimi	Her binanın hasar olasılığı hesaplanmıştır ve mahalle bazında hasar sayıları özetlenmiştir.	
Hasar Nedeni	Sismik Vibrasyon	
Hasar Derecesinin Tanımı	Ağır	Yıkılma yada ağır yapısal hasar Tahliye için: Stabil değil, Tehlikeli Yaşamak için: onarılmadan yada yeniden inşa edilmeden stabil değil (EMS-98'e göre Hasar Derecesi 4 & 5)
	Orta	Orta yapısal hasar Tahliye için: Stabil değil Yaşamak için: Onarım gereklidir (EMS-98'e göre Hasar Derecesi 3)
	Az	Az yapısal hasar Tahliye için: Stabil değil Yaşamak için: Stabil değil, onarım tavsiye edilir (EMS-98'e göre Hasar Derecesi)

**Tablo 7.1.3 Bina Hasarlarının Özeti**

		Ağır	Ağır +Orta	Ağır +Orta +Az
Model A		51,000 (7.1%)	114,000 (16%)	252,000 (35%)
Model C		59,000 (8.2%)	128,000 (18%)	300,000 (38%)
İzmit Dep.	Simülasyon	(0.15%)	(0.50%)	
	Gözlenen	(0.06%)	(0.33%)	





## 7.2. Can Kaybı

Depremden kaynaklanan can kayıplarının direkt nedenleri, bina göçmeleri, yangınlar, tsunami, kaya kayması, toprak kayması, vb.dir. Bunlar arasında, bina göçmeleri İstanbul'daki binaların zayıflığı dikkate alındığında gelecek deprem felaketinde can kayıplarının en önemli nedeni olacaktır. Bundan dolayı, beklenen can kaybının hesaplanması için Türkiye'deki deprem riski temel alınarak bina hasarı ile can kaybı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Can kayıpları ve ağır yaralı sayısı için hasar fonksiyonları bu analiz sonucunda çıkartılmıştır. Can kaybı ve ağır yaralı sayısı ampirik ilişkiler ve bina hasar dağılımları temel alınarak hesaplanmıştır. Bu ampirik hasar fonksiyonu, İzmit depremindeki hasara yakın şekilde belirlenmiştir. Paralel olarak hesaplanan hasar gece olayı için uygulanabilir zira İzmit depremi yaklaşık gece 3'de meydana gelmiştir.

Can kayıpları ve yaralanmalarının tanımları Tablo 7.2.1 'de gösterilmiştir. Hesaplama, olayın gece olacağı kabul edilmiştir. Hasarın en önemli nedeni bina göçmesidir. Özellikle büyük depremlerde, insanlar tahliye kamplarında hastalıklardan ölebilir, fakat bu ölümler buradaki kabullere dahil edilmemiştir. Can kaybı, ani ölümler yada bina göçmesinden sonra birkaç gün içinde meydana gelenler olarak kabul edilmiştir.

Can kaybı ve yaralanmalar ilçe bazında hesaplanmıştır, ve sonuçların özeti Tablo 7.2.2'de gösterilmiştir. Bu tabloda, İzmit depremi temel alınarak yapılan simülasyon sonuçları da gösterilmiştir. Can kaybı analizi metodu, önceki bölümde gösterilmiş olan İzmit ve Erzincan depremlerinin yer aldığı mevcut deprem hasarları temel alınarak oluşturulmuştur. Simülasyon sonuçları gözlemlenen hasarla sonuçlar göstermektedir.

İnsanlara gelecek zarar ilçe bazında Şekil 7.2.1 ve Şekil 7.2.2'de gösterilmiştir. İki senaryo depreme ilişkin hasar karakteristiği aşağıdaki gibidir:

### (1) Model A

Can kaybı 73,000 olarak hesaplanmıştır, bu da Çalışma Alanı içindeki nüfusun % 0.8'idir. Ağır yaralı sayısı 120,000'dir. Fatih'te, 6,000'den fazla insanın öleceği tahmin edilmektedir. Adalar % 8.4 ile en yüksek ölü oranını göstermektedir

### (2) Model C

Can kaybı 87,000 olarak hesaplanmıştır, bu da Çalışma Alanı içindeki nüfusun % 1.0'idir. Ağır yaralı sayısı 135,000'dir. Bahçelievler, Fatih ve Küçükçekmece'de, 6,000'den fazla insanın öleceği tahmin edilmektedir. Adalar % 9.3 ile en yüksek ölü oranını göstermektedir.

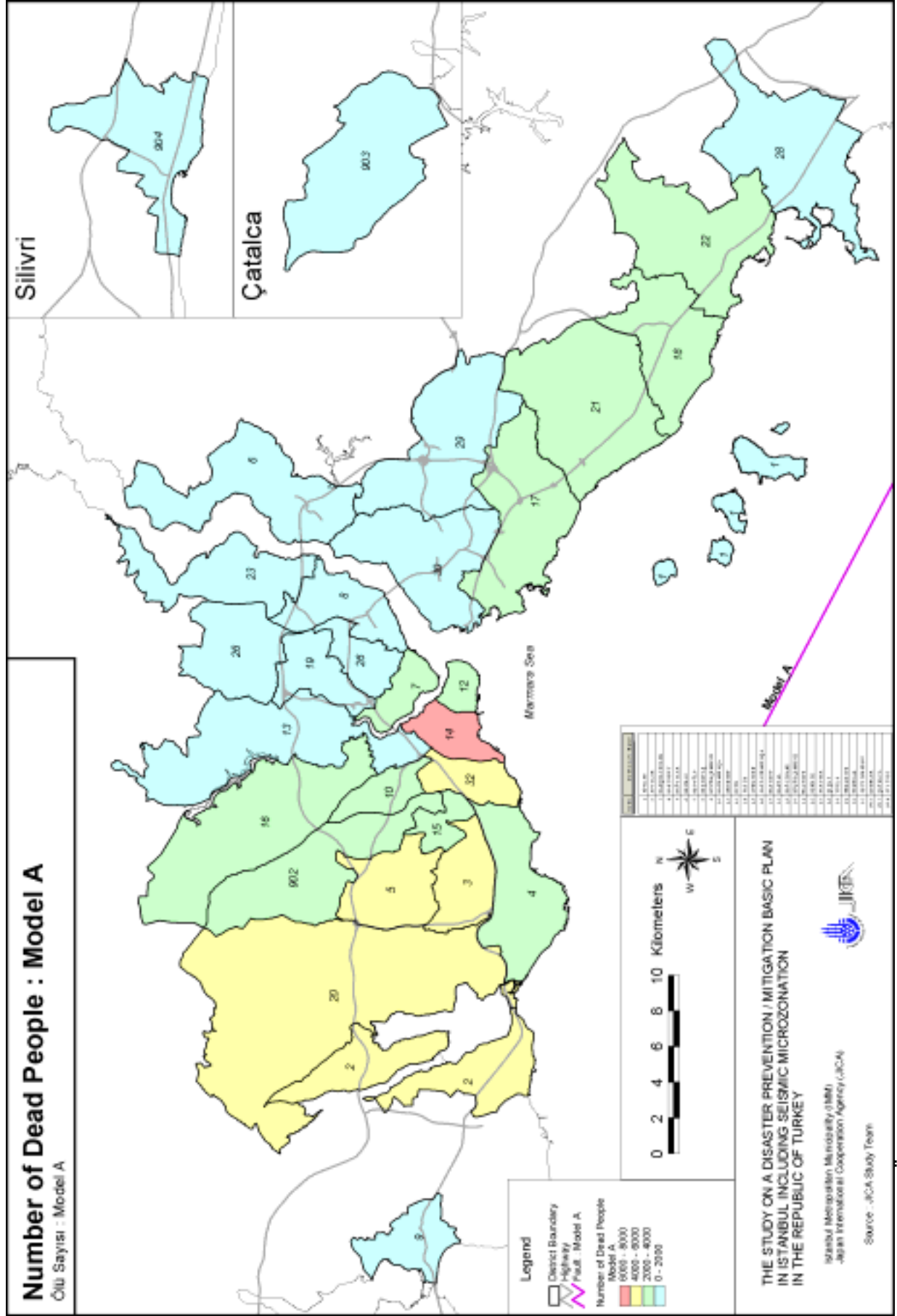


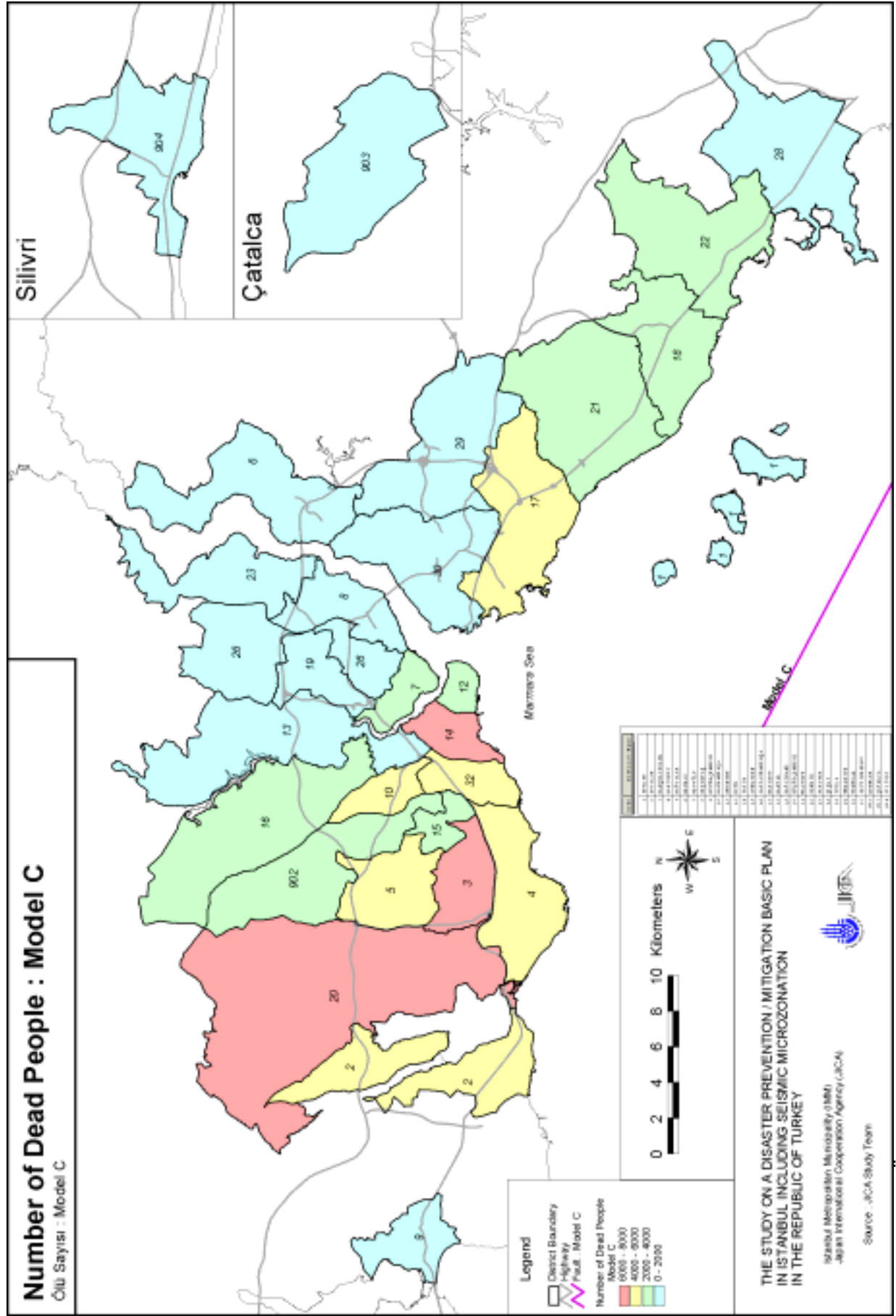
**Tablo 7.2.1 Can Kaybı Hasarı Tanımlaması**

Olayın Zamanı	Gece	
Hesaplama Birimi	Kişi	
Hasarın Nedeni	Öncelikle Bina göçmesi	
Hasar derecesinin tanımı	Ölü	- Çöken bina yapısı altında ani ölüm - Çöken çatı yada duvarlar altında sıkışarak ölüm - Çöken bina altında kalıp derhal kurtarılamama sonucunda ölüm
	Ağır Yaralı	- Kemik kırılması, iç organların tahrib olması, ezilme sendromu, vb.; hastaneye kaldırılmadılar

**Tablo 7.2.2 Can Kayıpları ve Yaralanmaların Özeti**

		Ölü	Ağır Yaralı
Model A		73,000 (0.8%)	120,000 (1.4%)
Model C		87,000 (1.0%)	135,000 (1.5%)
İzmit Dep.	Simülasyon	700	1,200
	Gözlenen	418	1,838





Şekil 7.2.2 Ölü Sayısı: (Model C)

**Kısım 8.**  
**Kentsel Hasargörebilirlik Hesaplaması**

## **Kısım 8. Kentsel Hasargörebilirlik Hesaplaması**

### **8.1. Binalar**

Bina etüdünün ilk adımı ile, Çalışma Alanı içindeki binaların deprem dayanırlığının sayısal olarak anlaşılması amaçlanmıştır. İncelenen binalar aşağıda gösterilen 2 okul binasıdır.

1) ÜSKÜDAR TİCARET MESLEK LİSESİ (S-1)

2) HAZERFEN AHMET ÇELEBİ İLKÖĞRETİM OKULU (S-2)



a) ÜSKÜDAR TİCARET MESLEK LİSESİ b) HAZERFEN AHMET ÇELEBİ İLKÖĞRETİM OKULU

**Foto. 8.1.1 Binaların Dış Görünüşü**

Tablo 8.1.1'de her iki binanın  $I_s$  değerinin iki yönde değerlendirilen sonuçları gösterilmiştir.

**Tablo 8.1.1 Her İki Binanın  $I_S$  Değerinin İki Yönde Değerlendirilen Sonuçları**

## a) ÜSKÜDAR TİCARET MESLEK LİSESİ (S-1)

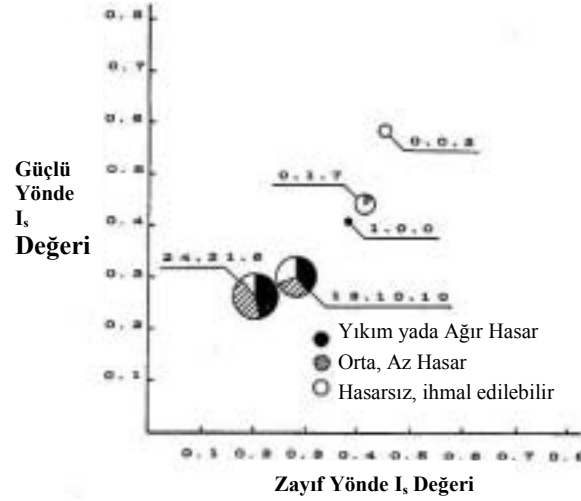
		Temel Kapasite İndeksi $E_0$	Plandaki Düzensizlik İndeksi $S_D$	Yaşlanma Aşınması $T$	Yapının Sismik İndeksi $I_S$
Güçlü yönde	5 .kat	2.068	0.540	0.800	0.893
	4 .kat	1.004	0.540	0.800	0.434
	3 .kat	0.734	0.540	0.800	0.317
	2 .kat	0.645	0.540	0.800	0.279
	1 .kat	0.606	0.540	0.800	0.262
Zayıf Yönde	5 .kat	2.569	0.540	0.800	1.110
	4 .kat	1.235	0.540	0.800	0.534
	3 .kat	0.895	0.540	0.800	0.387
	2 .kat	0.771	0.540	0.800	0.333
	1 .kat	0.718	0.540	0.800	0.310

## b) HAZERFEN AHMET ÇELEBİ İLKÖĞRETİM OKULU (S-2)

		Temel Kapasite İndeksi $E_0$	Plandaki Düzensizlik İndeksi $S_D$	Yaşlanma Aşınması $T$	Yapının Sismik İndeksi $I_S$
Güçlü yönde	4 .kat	1.683	0.600	0.800	0.808
	3 .kat	0.822	0.600	0.800	0.395
	2 .kat	0.632	0.600	0.800	0.303
	1 .kat	0.556	0.600	0.800	0.267
Zayıf yönde	4 .kat	1.861	0.600	0.800	0.893
	3 .kat	0.909	0.600	0.800	0.436
	2 .kat	0.697	0.600	0.800	0.334
	1 .kat	0.613	0.600	0.800	0.294

Tablo 8.1.1 'de gösterilen *Yapının Sismik İndeksi* ( $I_S$ ), binanın dayanırlığını temsil eder ve bu indeks *Gerekli Sismik İndeks* ( $I_{SO}$ ) ile karşılaştırılarak binanın depreme karşı güvenirligi değerlendirilebilir. Japonya'da kamu tesisleri için *Gerekli Sismik İndeks* ( $I_{SO}$ ) 1.32'dir.

Benzer bir metod 1992 Erzincan Depremi için gerçekleştirilen hasar incelemesinde de uygulanmış ve Şekil 8.1.1'de, gösterilen  $I_S$ 'in sonuç değeri ile gerçekleşen hasar oranı arasındaki ilişki karşılaştırılmıştır.



**Şekil 8.1.1**  $I_s$  sonuç değeri ile gerçekleşen hasar oranı arasındaki ilişki (1992 Erzincan Depremi)

- $I_s=0.4 \sim 0.5$  değerine sahip binalar 1992 Erzincan Depremi durumu altında az hasar görebilirler.
- $I_s$  0.2 değerine sahip binaların yarısı 1992 Erzincan Depremi durumu altında ağır hasar yada tamamen yıkımla karşılaşabilirler.

İncelenen binaların en düşük  $I_s$  değeri 1. katta; Üsküdar Ticaret Meslek Lisesi için 0.108 ve Hazerfen Ahmet Çelebi İlköğretim Okulu için 0.189'dur. Bundan dolayı, 1992 Erzincan Depremi durumu altında her iki binanın da ağır hasar görmesi yada tamamen yıkılması olasıdır. Neredeyse tüm okul binalarının benzer deprem dayanırlığına sahip olduklarını tahmin etmek kolaydır, çünkü incelenen bu binalar okul binaları dizayn standardı temel alınarak dizayn edilmiştir.

Ek olarak, incelenen binaların neden yeterli deprem dayanırlığına sahip olmadıklarının nedenlerini gösteren bazı noktaların altı çizilmelidir.(detaylar Ana Raporunda bulunmaktadır.)

Binaların deprem dayanırlığıyla ilgili tanımlamalardan yola çıkarak; İstanbul'daki kamu tesislerinin çoğunun yeterli deprem dayanırlığına sahip olmadıkları söylenebilir. Bundan dolayı bu tip binaları, bu Çalışmada senaryo deprem olarak anılan deprem hareketlerine karşı dayanıklı hale getirmek ve tamamen yıkılmalarını önlemek çok zordur.

Herbir kamu tesisi için detaylı inceleme tek tek yapılmalıdır. Sonuçlar, buradaki okul binalarıyla ilgili yapılmış incelemelerin sonuçları gibi zayıf çıkarsa, bu binaların yıkılıp yeniden inşa edilmeleri tavsiye edilir.

Bununla birlikte sınırlı kaynaklar altında gerçekleştirilebilecek bir maksimum çabayla ikinci en iyi yol bulunabilir. Ana Raporunda, İstanbul'da ve Japonya'da uygulanmakta olan bazı önemli mühendislik örnekleri irdelenmiştir.

## **8.2. Önemli Kamu Tesisleri**

Birçok önemli kamu tesisi bir deprem anında kritik rollere sahiptir. Örnek olarak, afet yönetim ofisi, tahliye barınakları ve hastaneler gibi sağlık tesisleri. Depremden dolayı kamu tesislerine gelecek hasarlar insan yaşamının fiziki, sosyal ve ekonomik yanlarını etkiler. Bundan dolayı deprem dayanırlı kamu tesislerine sahip olunmalıdır. Bu bölümde; aşağıdaki kamu tesisleri için hasar hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

- 1) Eğitim Tesisleri: İlköğretim Okulları ve Liseler
- 2) Sağlık Tesisleri: Hastaneler ve Poliklinikler
- 3) İtfaiye Tesisleri: İtfaiye İstasyonları
- 4) Güvenlik Tesisleri: İlçe emniyet, Jandarma
- 5) Hükümet Tesisleri: Bakanlık, Valilik ve Belediye

Genellikle kamu tesisleri normal binalardan yapısal olarak farklıdır. Bundan dolayı, kamu tesisleri için hasargörebilirlik fonksiyonu hasar saplaması için spesifik olarak oluşturulmalıdır. Bununla birlikte, kamu tesisleri için hasargörebilirlik fonksiyonunu belirlemek için yeterli veri halihazırda mevcut değildi. Bundan dolayı kamu tesisleri için hasar hesaplaması Kısım 8.1' de değinilen bütün binalarla ilgili hasar hesaplaması ölçümleri kullanarak gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak ilerideki analizler için akılda tutulması gereken önemli kamu tesisleriyle ilgili hasar hesaplamalarının tüm binaların fonksiyonu ile belirlenmiş olmasıdır. Böyle bir yaklaşımın zorlukları aşağıda belirtilmiştir;

- 1) Bütün binalar için hasargörebilirlik fonksiyonu sadece kamu tesislerine benzer yapılara sahip binaları değil diğer binaları da içermektedir. Bundan dolayı sonuçtaki hasar hesaplaması kendine has yapı özellikleri gösteren kamu tesislerini tam olarak temsil etmez.
- 2) Kamu tesisleri normal binalardan genellikle daha dayanıklı yapılmaktadır. Bundan dolayı tahmin edilen hasarlar gerçekten yüksek olabilir.

Hatta sismik güçlendirme işlemi devam eden bazı kamu binaları buradaki hasar hesaplamasında dikkate alınmamıştır.



Yukarıdaki durumlar ışığında, tüm Çalışma Alanı içerisindeki önemli kamu tesisleriyle ilgili hasar hesaplaması tümü ifade etmektedir, tek tek ilçeler hesaplanmamıştır. Önemli kamu tesislerine gelecek hasar özellikleri Kısım 8.1’de belirtilen tüm binalarla ilgili hasarlar ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır.

### 8.2.1. Tesislerle İlgili Veriler

Senaryo deprem çalışmasında kullanılan veri ve parametreleri aşağıda Tablo 8.2.1 ’de gösterilmiştir. Detaylı veri Ana Rapor’un Ek’inde mevcuttur.

**Tablo 8.2.1 Veri ve Parametreler**

Veri		Birim	Yapı	Kat sayısı	İnşa yılı	Veri sayısı	Hasar hesaplama sında kullanılan veri
Tip	Kaynak						
Eğitim	2000 yılı sayımı	Bina	O	O	O	2,253	O
	İl Afet Yönetimi (Mayıs, 2002)	Tesis	X	X	X	1,933	X
Sağlık	2000 yılı sayımı	Bina	O	O	O	635	O
	İl Afet Yönetimi (Mayıs, 2002)	Tesis	X	X	X	468	X
İtfaiye	İBB İtfaiye Müdürlüğü (Mayıs, 2002)	Tesis	O	O	X	40	O
Güvenlik	İl Afet Yönetimi (Şubat, 2002)	Bina	O	O	X	166	O
Hükümet	İl Afet Yönetimi (Şubat, 2002)	Bina	O	O	X	491	O

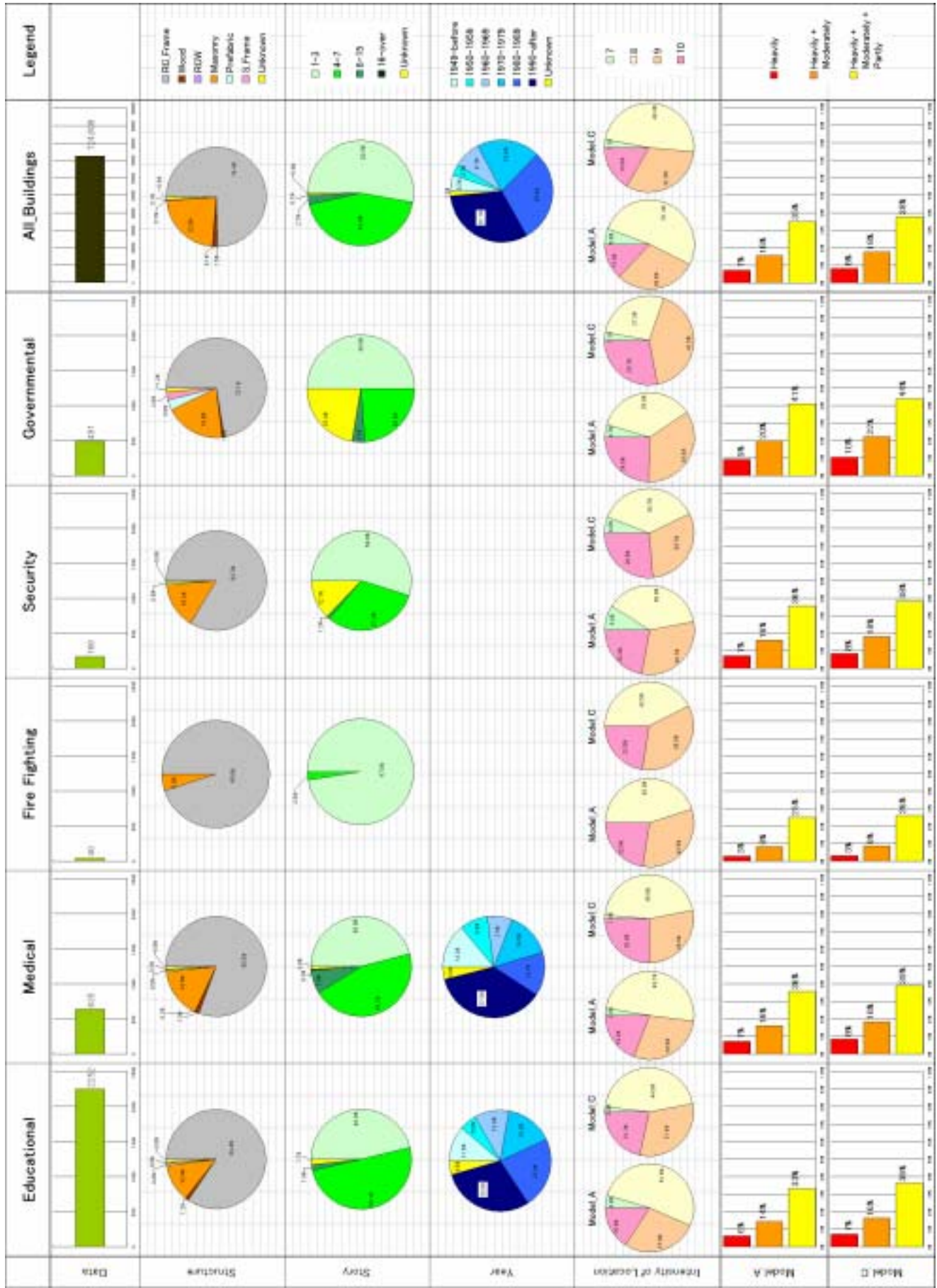
Not: ( ) içindeki tarih verinin Çalışma Ekibine verildiği tarihtir.

### 8.2.2. Tesislerin Karakteristikleri

Kamu tesisleri ile ilgili bina yapısı, kat sayısı, yapım yılı ve deprem şiddeti verileri Şekil 8.2.1. ’de özetlenmiştir. Hasar hesaplamalarının sonuçları da şekilde özetlenmiş ve Kısım 9.2.3’de tartışılmıştır.

### 8.2.3. Hasar Hesaplamalarının Sonuçları

İtfaiye tesisleri hariç önemli kamu tesislerinin hasar oranı diğer binalarınki ile benzerlik göstermektedir. İtfaiye tesislerinin hasar oranı diğer binalarınkinden daha azdır. Bunun nedeni binaların betonarme ve 3 yada daha az katlı oluşları olabilir. Bununla birlikte, bir itfaiye istasyonu depreme karşı zayıf bir yapı şekli göstermektedir: binanın ilk katı garaj olarak kullanılan ve sadece tuğladan yapılmış 3 duvarı olan ve geri kalanı caddeye açık bir yapıdır.



Şekil 8.2.1 Tesislerin Karakteristikleri ve Hasar Hesaplamalarının Sonuçları

### 8.3. Yangın

Deprem sırasında birçok bina ve tesiste yangın çıkacaktır. Bina hanelerinde yangın olasılığı yerel durumla direkt olarak ilgilidir, ocakta kullanılan yakıt, mutfağın yapısı, ısıtma sistemi, gibi... Bundan dolayı, geçmiş depremler süresince meydana gelmiş olan yangınlar istatistik olarak analiz edilmeli ve yerel alan için bir hasargörebilirlik fonksiyonu geliştirilmelidir. Fakat İstanbul'da bu tip veri mevcut değildir. Bundan dolayı, bu Çalışmada yanıcı/parlayıcı maddelerin bulundurulduğu tesislerin yangın potansiyelleri hesaplanmıştır. Bu tesisler büyük LPG depoları, boya/cila üretilen fabrikalar, kimyasal madde depoları, LPG dolum istasyonları ve yakıt dolum istasyonlarıdır. Hasargörebilirlik reytingi dağılımı mahalle bazında Şekil 8.3.2 ve Şekil 8.3.3'de gösterilmiştir.

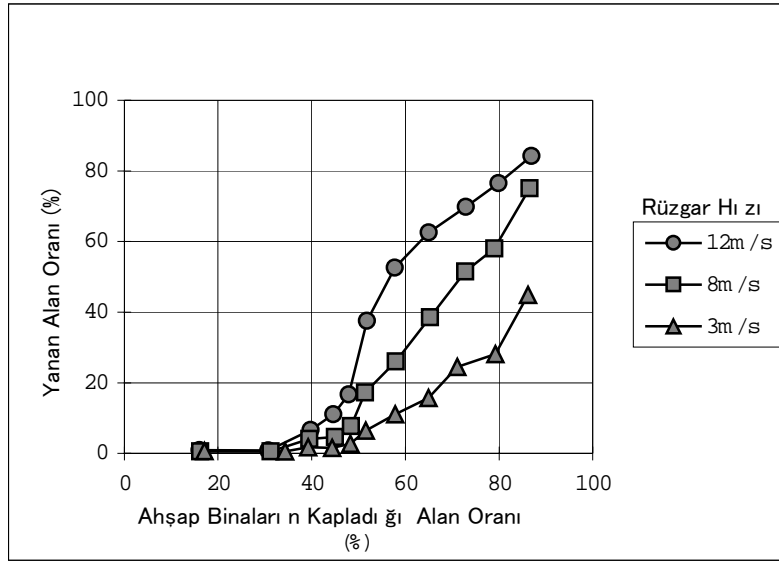
Eğer bir bölgede birçok ahşap bina mevcutsa ve binalar arasındaki alan sınırlı ise yangın bir binadan diğerine kolaylıkla sıçrayabilir. Japon şehirlerinde birçok ahşap bina mevcuttur bundan dolayı, yangın yayılma durumu Japon araştırmacılar tarafından detaylı şekilde araştırılmaktadır. Şekil 8.3.1 Japon İnşaat Bakanlığı (1982) tarafından yapılmış olan “yanan alan oranı” ve “ahşap binaların kapladığı alan oranı” arasındaki bağıntıya göre yapılmış olan sayısal simülasyonun sonuçlarını göstermektedir. Tanım aşağıdaki gibidir:

$$\text{Yanan Alan Oranı} = \frac{\text{Yanan Kat Alanı}}{\text{Toplam Alan}}$$

$$\text{Ahşap Binaların Kapladığı Alan Oranı} = \frac{\text{Ahşap Binaların Kapladığı Alan}}{\text{Toplam Alan}}$$

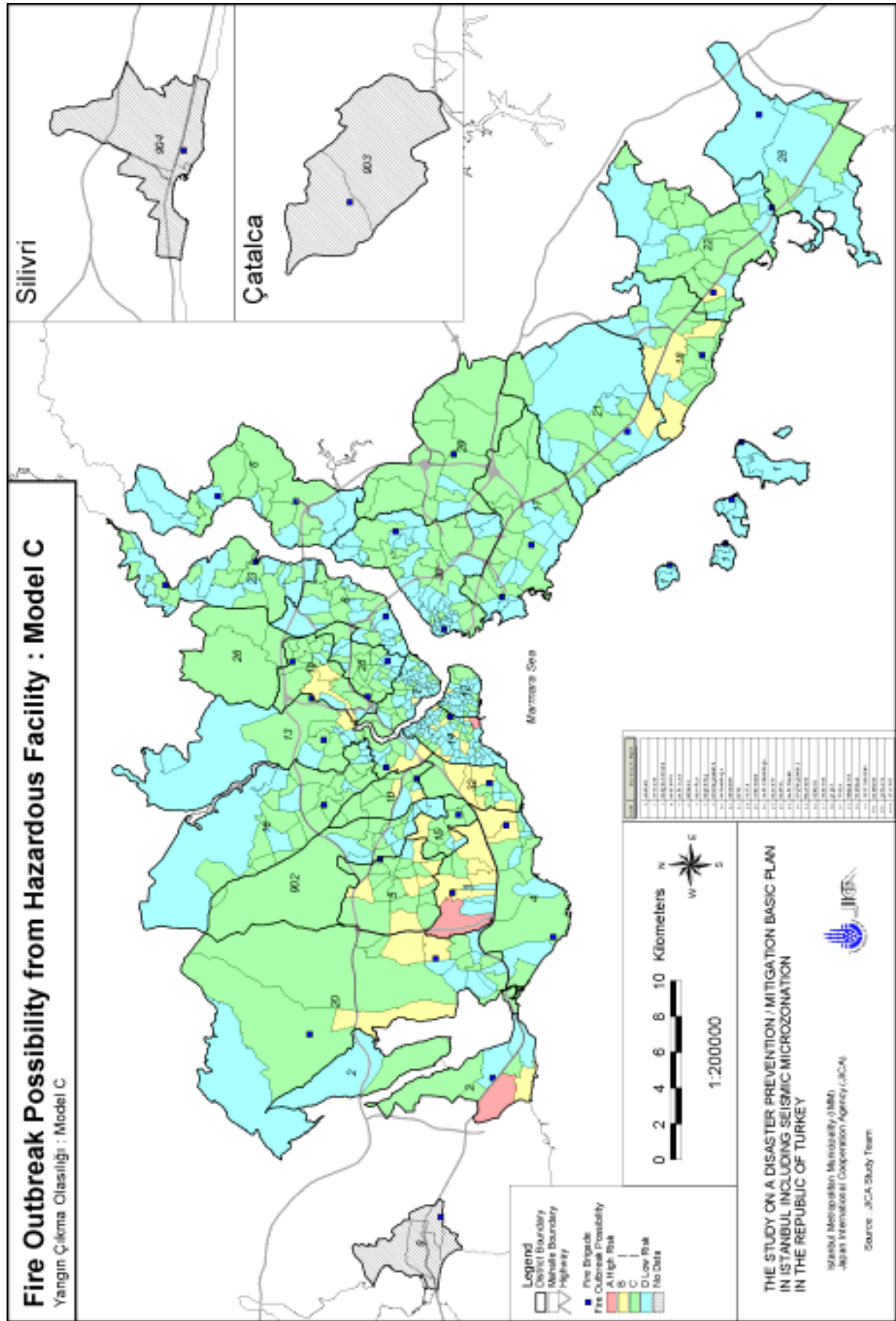
Bu şekilden eğer ahşap binaların kapladığı alan % 30'dan az ise yangının yayılmayacağı sonucunu göstermektedir. Bütün mahallelerde ahşap binaların kapladığı alan % 10'un altında bir oran göstermektedir. Bu Çalışma Alanı içerisinde yangın yayılmasının tahmin edilmediği anlamına gelir.

Sonuç olarak, birçok bina beton ve tuğladan inşa edilmiş olduğundan büyük bir yangın çıkma olasılığı çok azdır. Bununla birlikte, bir deprem anında aynı anda birçok noktada yangın çıkabileceği ve itfaiye ekiplerinin yangın mahaline ulaşmaları ve müdahale etmelerinin yıkıntı molozlarından dolayı bloke olmuş yollar dikkate alındığında daha fazla zaman alacağı unutulmamalıdır.



Şekil 8.3.1 Yanan Alan Oranı ve Ahşap Binaların Kaptadığı Alan Oranı Arasındaki İlişki





Şekil 8.3.3 Yangın Olasılığı: Model C

## 8.4. Altyapılar

Altyapı sistemleri, tesisler ve bağlantılar olarak iki büyük sınıfta toplanabilir. Tesisler trafolar ve arıtma tesisleri gibi yapılardır. Bağlantılar tedarik ve dağıtım amaçlarına hizmet eden borular yada kablolar gibi yapılardır. Bu Çalışmada bağlantılar için istatistiki bir yaklaşım uygulanmıştır. Bu çalışmada tesislere gelecek olan hasar hesaplanmamıştır, çünkü bu yapılar amaçları ve lokasyonları bakımından farklılık göstermektedir ve analiz için istatistiki bir yaklaşım uygulanamaz. Bu tesislerin hasar hesaplaması için ayrıca detaylı araştırmalar yapılması gereklidir.

Silivri, Çatalca, ve Büyükçekmece ilçeleri altyapı hasar hesaplamalarına dahil edilmemiştir çünkü yeterli bilgi mevcut değildir yada sağlanamamıştır.

### (1) İçme Suyu Boru Hatları

Birçok araştırmacı boruhatları hasarı ile en yüksek zemin ivmesi (PGA) yada en yüksek zemin hızı (PGV) gibi sismik parametreler arasında bir bağıntı ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalar temel alınarak, Çalışmada boru hasarlarının hesaplanması için sismik parametre olarak PGV seçilmiştir. 1999 İzmit deprem verilerini dikkate alarak, analizde hasar hesaplaması için Japon Suişleri Birliği (1998) tarafından geliştirilmiş olan hasar fonksiyonu seçilmiştir.

Hasar hesaplamasının tanımı Table 8.4.1'de gösterilmiştir. Hasar her bir 500m griddede hesaplanmıştır. Sonuçların özeti Tablo 7.1.3'de gösterilmiştir. Model C için hasar dağılımı Şekil 8.4.1'de gösterilmiştir. Model A için Ana Rapor'a bakınız.

Model A ve Model C için hesaplanan hasarlar sırasıyla 1,400 ve 1,600 noktadır. Boruhatları şebekesindeki hasar Avrupa yakasında yoğunlaşmıştır. En yüksek hasar oranı Fatih ve Güngören'de ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 8.4.1 İçme Suyu Boruhatları Hasar Hesaplamasının Tanımı**

Amaç	Dağıtım, Servis Boruları
Hasarın İçeriği	Boru yada bağlantıların kırılması Bağlantıların çıkması
Hasar Miktarı	Hasarlı nokta sayısı

**Tablo 8.4.2 İçme Suyu Boruhatları Hasar Özeti**

	Boru Uzunluğu (km)	Hasarlı Nokta Sayısı
Model A	7,568	1,400
Model C		1,600



## (2) Kanalizasyon Boruhattı

Kanalizasyon boruhatları için hesaplama formülü içme suyu hatları ile aynıdır.

Hasar hesaplamasının tanımı Tablo 8.4.3’de gösterilmiştir. Hasar herbir 500m gridde hesaplanmıştır. Sonuçların özeti

Amaç	Tüm Borular
Hasarın İçeriği	Boru yada bağlantıların kırılması Bağlantıların çıkması
Hasar Miktarı	Hasarlı nokta sayısı

Tablo 8.4.4’de virilmiştir. Model C için hasar Şekil 8.4.2’de gösterilmiştir. Model A için Ana Rapor’a bakınız.

Model A ve Model C için hesaplanmış olan hasar sırasıyla yaklaşık olarak 1,200 ve 1,300 noktadır. Bu rakamlar yeterli bilgi mevcut olmayan birçok ilçeyi kapsamamaktadır.

**Tablo 8.4.3 Kanalizasyon Boruhattı Hasar Hesaplamasının Tanımı**

Amaç	Tüm Borular
Hasarın İçeriği	Boru yada bağlantıların kırılması Bağlantıların çıkması
Hasar Miktarı	Hasarlı nokta sayısı

**Tablo 8.4.4 Kanalizasyon Boruhattı Hasar Özeti**

	Boru Uzunluğu (km)	Hasarlı Nokta Sayısı
Model A	6,174	1,200
Model C		1,300

## (3) Doğalgaz Boruhatları ve Servis Kutuları

1999 İzmit depremi hasarları dikkate alınarak, bu analizde doğalgaz boruhatları hasar hesaplamaları için Tokyo Büyükşehir Bölgesi Afet Önleme Konseyi (1997)’nin hasar fonksiyonu seçilmiştir.

DİE sayım verileri doğalgaz tesisatlarıyla ilgili bilgi içermektedir. Toplamda, 186,000 bina (=25%) doğalgaz sistemine sahiptir. Doğalgaz servis kutuları binaların zemin katına yada dış duvarlar üzerine yerleştirilmektedir. Eğer bina çökerse, servis kutusu hasar görecektir. Gaz boruhattı hasar görmese dahi servis kutusundan bir patlamaya neden olabilecek gaz sızıntısı meydana gelebilir. Bu Çalışmada, tüm ağır hasarlı binalardaki servis kutuları ile orta hasarlı binaların yarısındaki servis kutularının hasar göreceği tahmin edilmektedir.



Hasar hesaplamasının tanımı Tablo 8.4.5’de gösterilmiştir. Hasar her bir 500m gride hesaplanmıştır. Sonuçların özeti Tablo 8.4.6’de verilmiştir. Model C için hasar dağılımı Şekil 8.4.3 ve Şekil 8.4.4’de gösterilmiştir. Model A için Ana Rapor’a bakınız.

Doğalgaz boruhattı sisteminde hasar çok azdır. Bunun ana nedeni İstanbul’daki doğalgaz boruhatlarının yeni inşa edilmiş olması ve İGDAŞ’ın geçmiş deprem hasar tecrübelerine göre yüksek esneklik ve deprem dayanırlığına sahip olan polietilen boruları kullanmış olmasıdır. Bununla birlikte, servis kutusu hasarları zayıf bina yapılarından dolayı 25,000’in üzerindedir.

**Tablo 8.4.5 Doğalgaz Boruhattı ve Servis Kutusu Hasar Hesaplaması Tanımı**

Amaç	Dağılım, Servis Boruları	Servis Kutuları
Hasarın İçeriği	Boru yada bağlantı kırılması Bağlantı çıkması	Kutunun kırılması
Hasar Miktarı	Hasarlı nokta sayısı	Hasarlı nokta sayısı

**Tablo 8.4.6 Doğalgaz Boruhattı ve Servis Kutusu Hasar Özeti**

	BoruUzunluğu(km)	Hasarlı Nokta	Servis Kutusu Sayısı	Hasarlı Kutu
Model A	4,670	11	185,000	25,000 (14%)
Model C		13		29,000 (16%)

#### (4) Elektrik Hatları

Yüksek gerilimli elektrik hatları için, kağıt üzerindeki hatların haritası GIS verisine dönüştürülmüştür. Bununla birlikte orta ve düşük gerilimli hatlar dağıtım şirketi tarafından hazırlanmış olan istatistik tablolarda şeklinde mevcut bulunmaktadır. Her bir 500m grid içerisindeki kablo uzunluğu 1/1,000 ölçekte bina dağılım haritası temel alınarak hesaplanmıştır.

Türkiye’de gözlemlenen hasar ve mevcut hasar fonksiyonları temel alınarak havai kablolar için yeni bir hasar fonksiyonu oluşturulmuş ve hasar analizi için kullanılmıştır. Yeraltı kablo hasarı için, Erzincan’daki hasar temel alınarak HAZUS99 hasar fonksiyonu kullanılmıştır. Yüksek gerilim iletim hatlarının geçmiş deprem tecrübelerine dayanarak hasar görmeyeceği tahmin edilmektedir.

Hasar hesaplama tanımı Tablo 8.4.7’de gösterilmiştir. Her bir 500m gride hasar hesaplanmıştır.

Sonuçların özeti

Amaç	Dağıtım Hattı (Düşük ve Orta Gerilim)
Hasarın İçeriği	Kablo kopması
Hasarın Miktarı	Değiştirilmesi gereken kablo uzunluğu

Tablo 8.4.8’de verilmiştir. Model C için hasar dağılımı Şekil 8.4.5’de gösterilmiştir. Model A için Ana Rapor’a bakınız.

Model A ve Model C için hasar sırasıyla yaklaşık olarak 800 ve 1,100 km olarak hesaplanmıştır. Hasar Avrupa yakasında yoğunlaşmıştır. En fazla hasar Zeytinburnu, Güngören, ve Bahçelievler’de görülmektedir.

**Tablo 8.4.7 Elektrik Kablosu Hasar Hesaplamasının Tanımı**

Amaç	Dağıtım Hattı (Düşük ve Orta Gerilim)
Hasarın İçeriği	Kablo kopması
Hasarın Miktarı	Değiştirilmesi gereken kablo uzunluğu

**Tablo 8.4.8 Elektrik Kablosu Hasar Özeti**

	Kablo Uzunluğu (km)			Hasarlı Kablo Uzunluğu (km)		
	Yeraltı	Havai	Toplam	Yeraltı	Havai	Toplam
Model A	14,500	18,500	33,000	280 (1.9%)	540 (2.9%)	820 (2.5%)
Model C				360 (2.5%)	710 (3.8%)	1080 (3.3%)

Not: Sadece Anadolu yakası toplam kablo uzunluğu mevcuttur. Avrupa yakası havai ve yeraltı kablo uzunlukları için Havai/yeraltı kablo oranı kullanılmıştır.

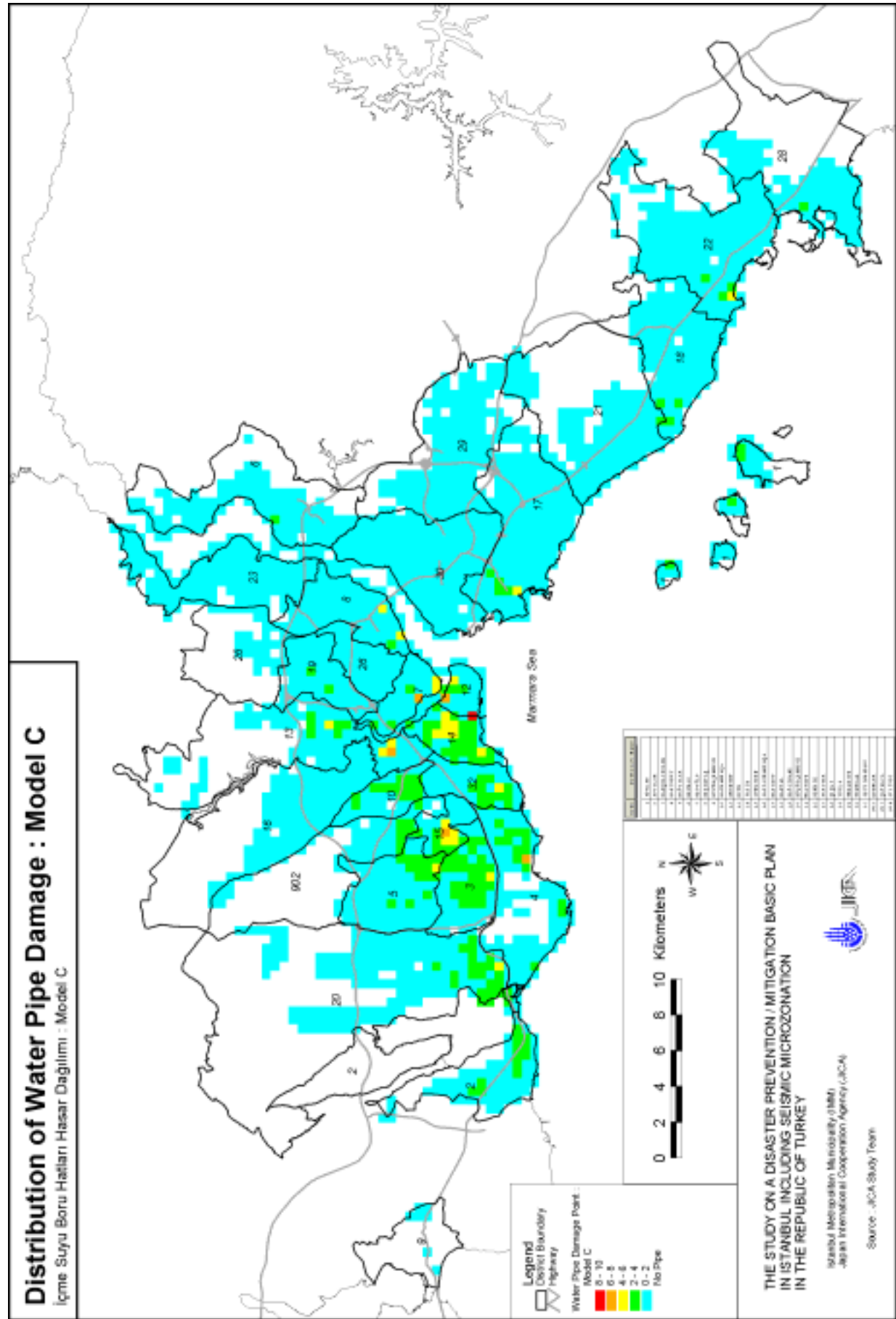
## (5) Telekomünikasyon Kabloları

Telekomünikasyon kabloları ile ilgili olarak, sadece ana fiber optik kablo sistemiyle ilgili GIS verisi mevcuttur. Diğer bakır kablo ve bağlantılar ile ilgili veri Çalışma Alanı içerisindeki toplam uzunluklarıyla ilgili olarak dahi toplanamamıştır.

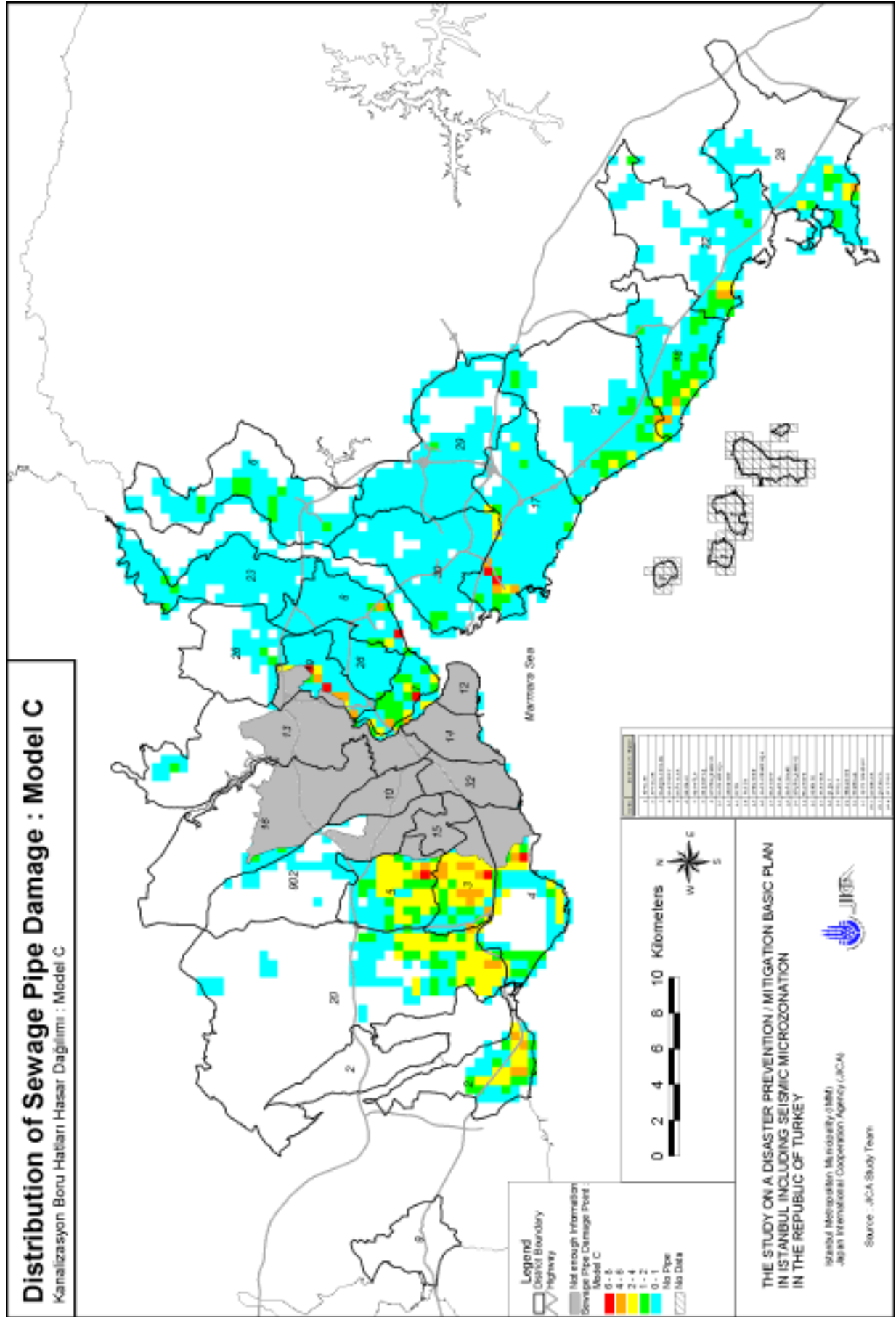
Genellikle, fiber optik kabloların deprem sırasındaki hasargörebilirlikleri yeterince bilinmemektedir. Geçmiş depremlere dayanan sayısal hasar istatistikleri hasar hesaplamalarında kullanılacak olan hasargörebilirlik fonksiyonunu geliştirebilmek için gereklidir. Fakat fiber optik kablo hasarı tecrübeleri sadece Türkiye’de değil diğer ülkelerde de çok azdır. Türkiye’deki mevcut tek bilgi İzmit depremi sırasında İzmit’in doğusundan geçen fay hasarıdır (Erdik, Online).

Bundan dolayı, fiber optik kablo hasarlarını sayısal olarak hesaplamak mümkün değildir. Fakat eğer deprem hareketi fazla ise yada sivilaşma meydana gelirse buralarda hasargörebilirliğin daha fazla olacağı işaret edilebilir Şekil 8.4.6 Model C için PGA

dağılımı ve sıvılaşma potansiyeli alanları ile fiber optik kablo lokasyonunu göstermektedir. Göreceli olarak hasargörebilir kesitler bu haritada görülebilir.

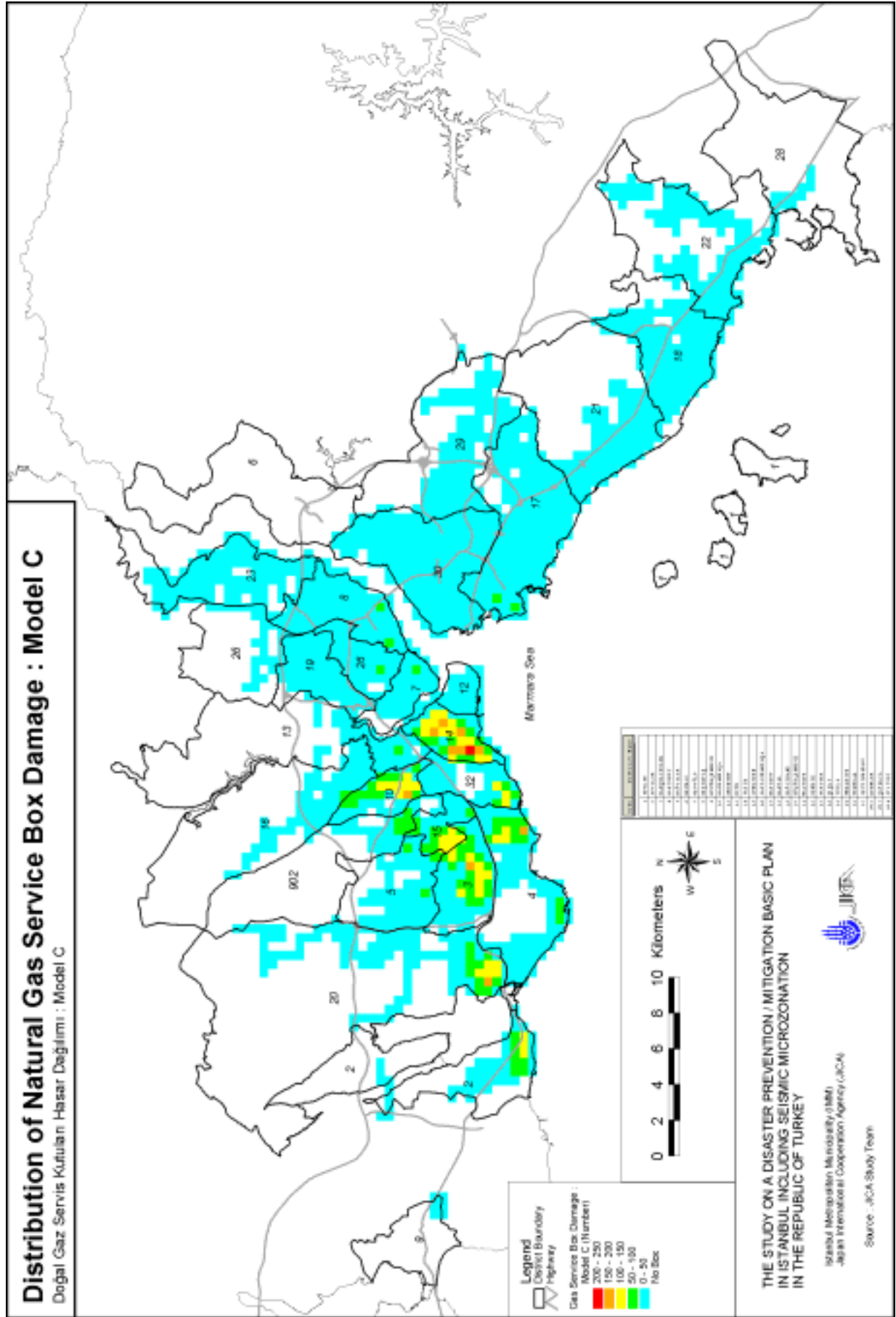


Şekil 8.4.1 İçme Suyu Boru Hattı Hasar Dağılımı : Model C

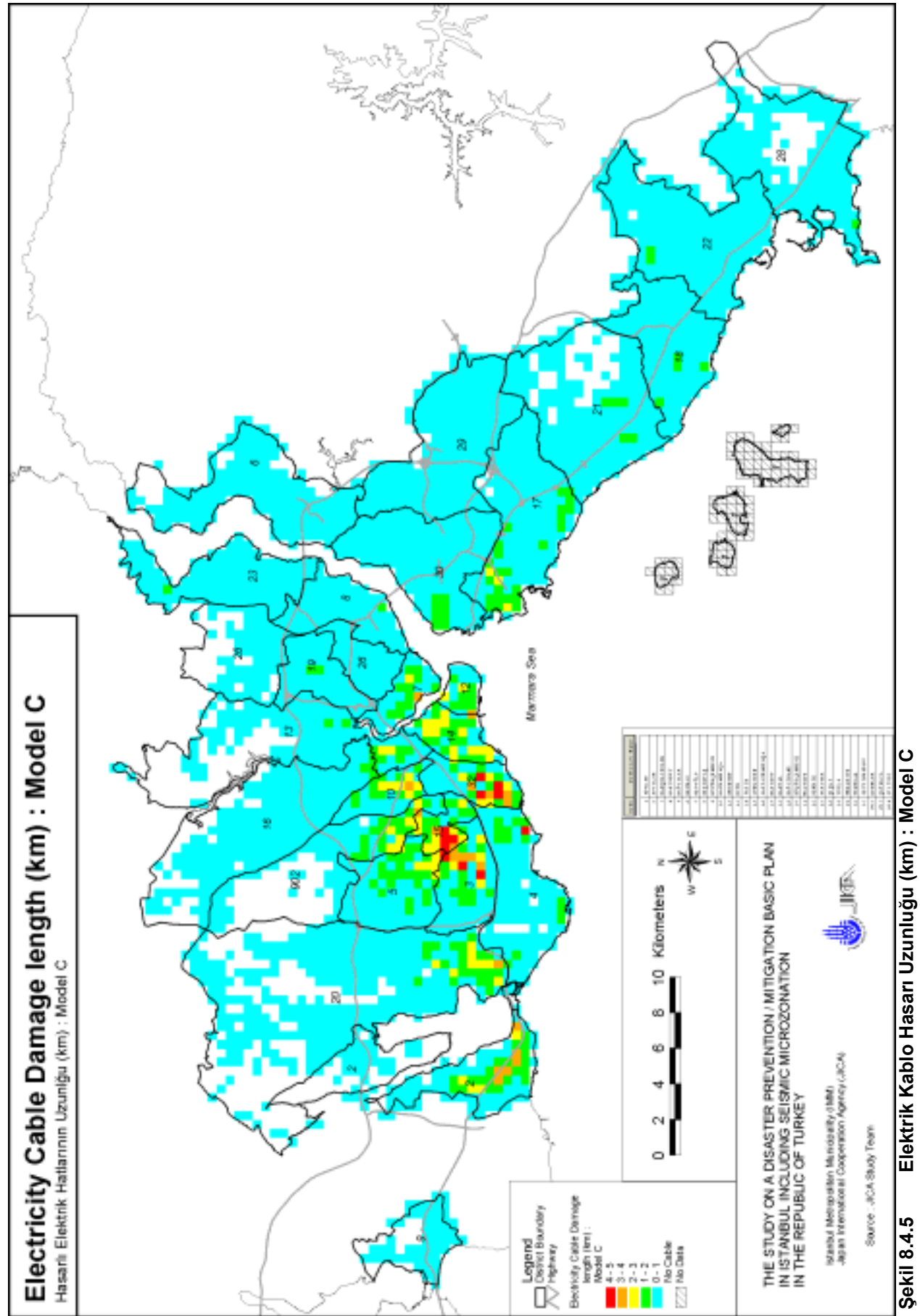


Şekil 8.4.2 Kanalizasyon Boru Hatları Hasarı Dağılımı: Model C



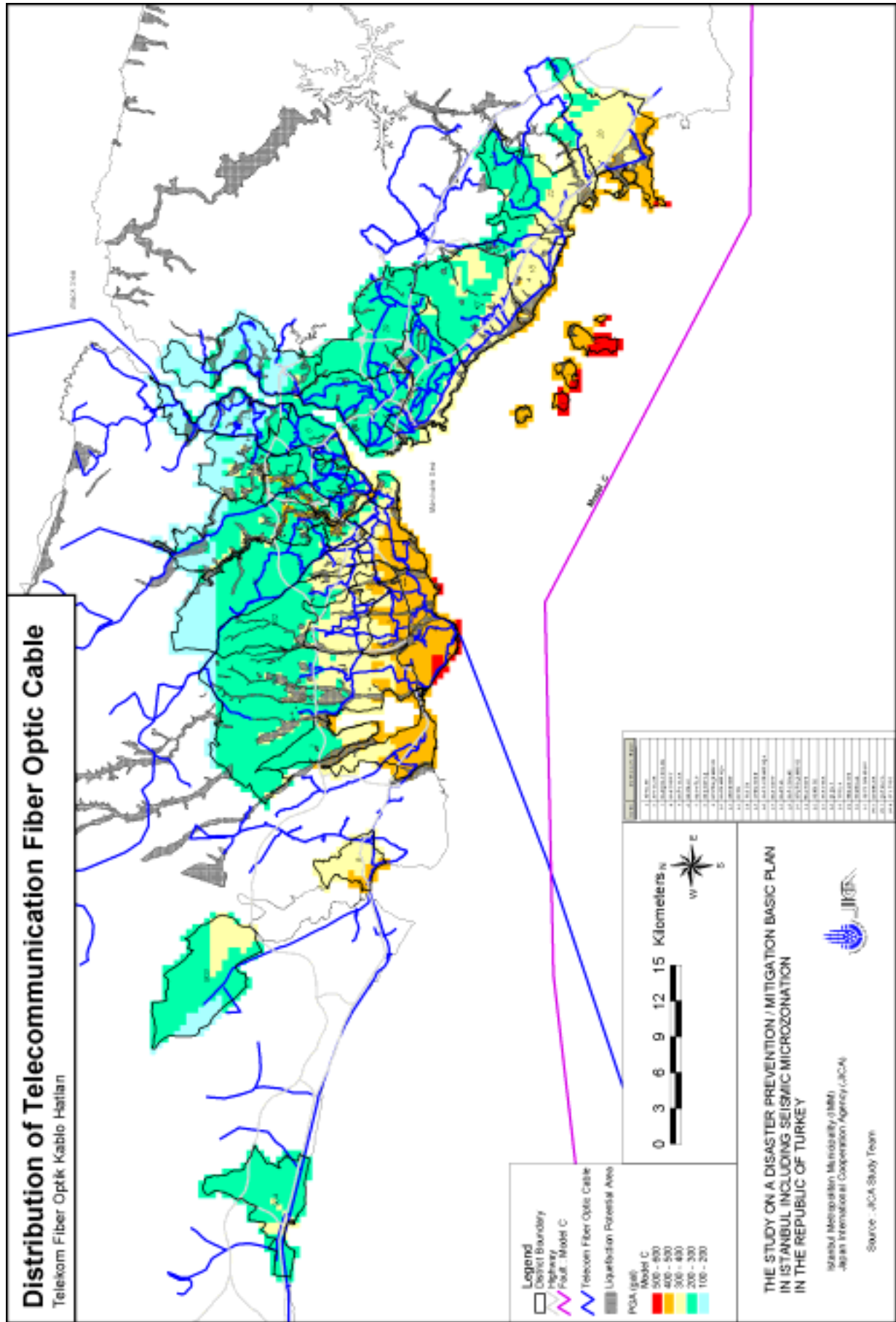


Şekil 8.4.4 Doğalgaz Servis Kutuları Hasar Dağılımı: Model C



Şekil 8.4.5 Elektrik Kablo Hasarı Uzunluğu (km) : Model C





Şekil 8.4.6 Telekomünikasyon Fiber Optik Kablo

## 8.5. Köprü

Köprülerin, deprem dayanırlığının temel olarak tesbiti için Kubo/Katayama (bundan sonra Katayama Metodu) tarafından bir metodoloji geliştirilmiştir. Bu metodda  $y_i$  değeri bir *hasar derecesi tahmini* olarak verilmektedir.

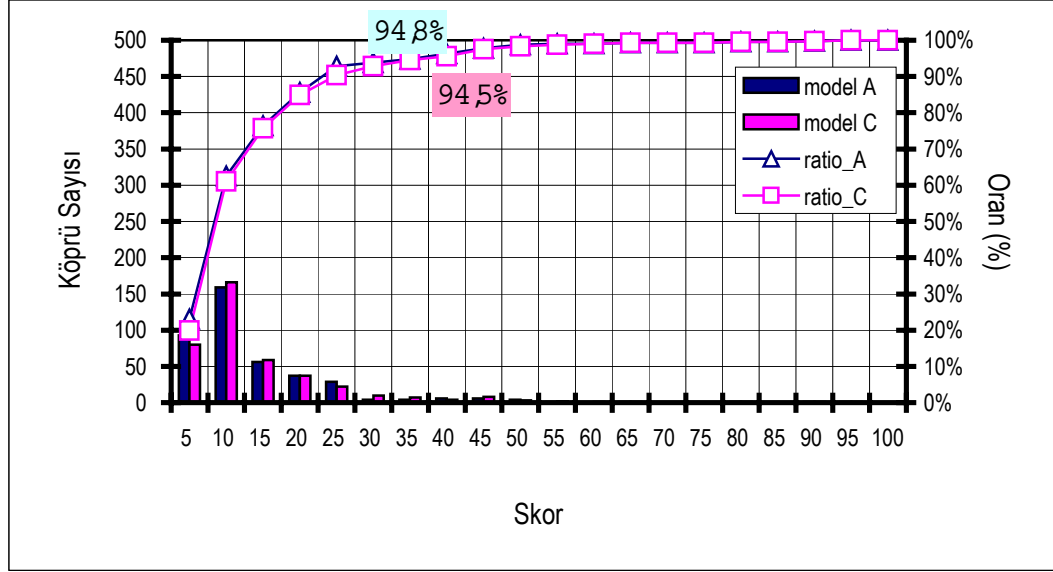
3 depremde (1923 Kanto, 1948 Fukui, 1964 Niigata) gözlemlenmiş olan 30 örnek köprü hasarını temel alan analizler aşağıdaki kritik değerlerle sonuçlanmıştır.

- Düşen ve düşmeyen örnek köprü kirişleri 30 ~ 35 skor değerlerindeki noktalarda ayrılmaktadırlar.
- Düşen tüm örnekler ve düşmenin eşliğinde olan örnekler 26 skor değerindeki noktada ayrılmaktadır.

Bundan dolayı, bu Çalışmadaki *hasar derecesi tahmini* sınır değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

	Hasar Derecesi Sınıfı	Hasar Derecesi Tahminleri Sınır Değerleri
(A)	Yüksek düşme olasılığı	30 ve 30'dan yüksek
(B)	Orta Olasılık	26 –30 arası
(C)	Problem yok	26'dan az

Çalışmada 480 köprü incelenmiştir. *Hasar derecesi tahminleri dağılımı* Şekil 8.5.1'de gösterilmiştir. 21 örnek *Orta Olasılık* ve 4 örnek *Yüksek Düşme Olasılığı* 'na sahip olarak tanımlanmıştır. Birçok örnek 10 hasar derecesi civarında toplanmıştır.



**Şekil 8.5.1 Hasar derecesi tahminleri dağılımı**

Sınıf (A) yada (B) olarak değerlendirilmiş olan köprülerin listesi Tablo 8.5.1’de gösterilmiştir.

Sınıf (A) yada (B)’ye dahil olmayan iki örnek Tablo 8.5.2 ‘de gösterilmiştir. Bu iki köprü aşağıdaki durum altındadır;

- Arazinin En Yüksek Zemin İvmesi 300gal’dan fazladır.
- Ayak yüksekliği 10 m’den fazladır.

Tablo 8.5.1 ve Tablo 8.5.2’te gösterilen köprüler bir sonraki detaylı incelemeye tabi tutulmalıdır ve kabul edilebilir deprem dayanırlığı güçlendirmesi gereklidir.

Deprem dayanırlığı bakımından köprülerin durumu binalarınki kadar ciddi değildir.

Bununla birlikte, acil durumlarda ve deprem sırasındaki ulaştırma fonksiyonları dikkate alındığında köprülere duyulacak olan büyük ihtiyaç gözardı edilmemelidir. Bu noktadan hareketle, Ana Raporla “temel nokta”, “dizayn önlemleri” ve “acil önlemler” ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

BRIDGE No.	SOURCE	Ground type			Probability of Liquefaction			Girder Type					Type of Bearing			Max. Height of Abut./Pier		Min. Bridge Seat Width		Foundation Type		Material of Abut./Pier		JMA seismic			Predictors of damage		Class of damage				
		Soft	Medium	Very Soft	Harding	Fear	Having	1 Span		2 or more span			with Specific Device			less than 5 m		5 to 10 m		more than 10m		Wide	Narrow	Spread	Masonry	Reinforced Concrete	REMARKS	Model A	Model C	Model A	Model C		
52	17_region	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	6.0	6.1	93.7	93.7	A	A	Model C	
188	17_region	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	6.0	6.1	89.8	89.8	A	A	Model A	
89	17_region	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	6.0	6.0	79.2	79.2	A	A	Model A	
75	TC00	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	6.1	6.1	62.0	62.0	A	A	Model C		
57	17_region	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.9	6.0	47.9	49.9	A	A	Model A		
AK5	İBB-İHA, central Dept	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	6.0	6.0	52.8	52.8	A	A	Model A		
MT110	JICA	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	5.5	5.6	47.5	47.5	A	A	Model A	
MT112	JICA	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	5.5	5.6	47.5	47.5	A	A	Model A	
MT94	JICA	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	5.8	5.8	47.5	47.5	A	A	Model A	
MT86	JICA	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5.9	6.0	35.2	44.0	A	A	Model A		
MT87	JICA	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5.9	6.0	35.2	44.0	A	A	Model A		
MT88	JICA	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5.9	6.0	35.2	44.0	A	A	Model A		
T4	TC00	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.8	5.8	41.3	41.3	A	A	Model A		
58	17_region	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.9	6.0	31.9	39.9	A	A	Model A		
T28A	TC00	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.8	5.9	35.2	35.2	A	A	Model A		
T28B	TC00	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.8	5.9	35.2	35.2	A	A	Model A		
190	17_region	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.5	5.6	31.7	31.7	A	A	Model A		
T33	TC00	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.5	5.5	30.6	30.6	A	A	Model A		
AK3	İBB-İHA, central Dept	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	5.9	6.0	24.1	30.2	C	A	Model A		
AK4	İBB-İHA, central Dept	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	5.9	6.0	24.1	30.2	C	A	Model A		
1	17_region	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.5	5.7	26.6	26.6	B	B	Model A		
56	17_region	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5.5	5.6	26.6	26.6	B	B	Model A		
UAS17	İBB METRO	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	5.9	6.0	21.1	26.4	C	B	Model A		
T30	TC00	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	6.0	6.1	26.2	26.2	B	B	Model A		

Tablo 8.5.1 Sınıf (A) yada (B) olarak değerlendirilen köprüler

**Tablo 8.5.2 Köprüler (Arazinin En Yüksek Zemin İvmesi 300gal'dan fazla, Ayak yüksekliği 10 m'den fazla)**

Köprü No.	Kaynak	JMA sismik şiddeti ölçeği		PGA (gal)		Hasar dereceleri predüktörleri		Hasar derecesi sınıfı	
		Model	Model	Model A	Model C	Model	Model	Model	Model
M1-3-A	IBB Yol Bakım	5,3	5,4	276,8	307,6	7,0	7,0	C	C
YIM5	IBB-inşaat	5,7	5,7	342,4	379,9	9,9	9,9	C	C