

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞAL AFETLER SONRASI HASAR TESPİTİ VERİLERİYLE YAPISAL / MEKÂNSAL MODELLEME

Çağlar AYDIN

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞAL AFETLER SONRASI HASAR TESPİTİ VERİLERİYLE YAPISAL / MEKÂNSAL MODELLEME

Çağlar AYDIN

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **30/06/2016**

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU

ÇANAKKALE

Çağlar AYDIN tarafından Yrd. Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU hazırlanan ve **30/06/2016** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Doğal Afetler Sonrası Hasar Tespiti Verileriyle Yapısal / Mekânsal Modelleme**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Yrd. Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU ……

Başkan

Unvanı, İsim SOYİSİM ……

Üye

Unvanı, İsim SOYİSİM ……

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

Bu tez çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 112Y336 numaralı projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Çağlar AYDIN

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman Yrd. Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çağlar AYDIN

Çanakkale, Haziran 2016

SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
HAZUS	Hazard US (Amerikan hasar tespit kodları)
AFAD	Afet ve Acil Durumu Yönetimi Başkanlığı
EMS98	European Macrosiesmic Scale (Avrupa Makrosismik Ölçeği)
IMD	India Meteorological Department
USGS	U.S. Geological Survey (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu)
BMTPC	Building Materials & Technologhy Promotion Council (Bina Malzemeleri ve Teknolojileri Tanıtım Konseyi)

ÖZET

DOĞAL AFETLER SONRASI HASAR TESPİTİ VERİLERİYLE YAPISAL / MEKÂNSAL MODELLEME

Çağlar AYDIN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Yrd. Doç. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU
30/06/2016, 94

Ülkemiz doğal afetler (deprem) ve jeolojik (tsunami, heyelan, kayma, akma, düşme, çökme) afetlerin aynı zamanda gerçekleştiği bir ülkedir. Meteorolojik (kuraklık, sel, hortum, aşırı kış ve yaz koşulları) afetlerin de sıkça yaşandığı bir yerdir. Doğal afetler can ve mal kaybına neden olur. Son yıllarda meydana gelmiş doğal afetlerin yorumlanarak meydana gelecek can kaybı ve hasarların önceki yıllara oranla çok daha altına düşürmek amaçlanmaktadır. Bu amaçla afet sonrası hızlı hasar tespit çalışmalarının, durum tespitlerinin afet bölgesine hızlı ulaşımının önemi, hayati konuda önem arz etmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için coğrafi bilgi sistemi tabanlı afet sonrası risk ve hasar belirleme çalışmalarının yapılması ve geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır. Çalışma alanı olarak Çanakkale'nin bir ilçesi ve Türkiye'nin en büyük adası olan Gökçeada seçilmiştir.

Doğal afet, insanların kontrolü dışında gerçekleşen, mal ve can kaybına neden olabilen tehlikeli ve genellikle büyük çaplı olaylardır. Gerek doğal afetin ortaya çıkma ihtimalinin yüksek olduğu bölgelerde gerekse doğal afetin ardından kentin tahrip olan bölümlerinde hasar tespitinin yapılması ve bölgenin yenilenmesi zorunludur .Dolayısıyla Türkiyede de doğal afetler gerçekleşmektedir. Çalışma alanı olan Gökçeada Çanakkale'nin bir ilçesi ve Türkiye'nin en büyük adasıdır. Ege Denizi'nin kuzeyinde, Saros Körfezi girişinde yer almaktadır. 91 km. kıyı şeridine sahiptir. Gökçeada (Çanakkale) bölgesindeki deprem aktivitesinin fazla olduğu ve yapılan odak mekanizması çalışmaları sonucunda doğal afetlerin gerçekleştiği bilinmektedir. Bu çalışma, Gökçeada da (Çanakkale) meydana gelmiş ve gelecek olan doğal afet (deprem, sel, heyelan vb…) olaylarının ortaya koyduğu

hasarların tespit edilebilmesi ve yorumlanması için coğrafi tabanlı bilgi sistemi aracılığı ile afet bilgi sistemi model gelişimi yapılması planlanmaktadır.

Anahtar sözcükler: Uzaktan Algılama, Risk Yönetimi, Hasar Tespiti.

ABSTRACT

A GIS BASED MODEL DEVELOPMENT TO ASSESS INFRASTRUCTURE AFTER NATURAL DISASTER: A CASE STUDY FROM GÖKÇEADA EARTHQUAKE 24 MAY 2014, (ÇANAKKALE- TURKEY)

Çağlar AYDIN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Geographical Information Technologies

30/06/2016, 94

Turkey is one of countries where natural disasters and geological disasters can eventuate at the same time. In addition, meteorological disasters often may occur in this region. In recent years, the occurred disasters in this region have been interpreted to reduce the loss of lives and the amount of damage under more than before. Moreover, rapid post-disaster damage assessment and rapid access to disaster zone is very important for human lives. One of critical problems just after an earthquake is infrastructure damage assessment. The area and the amount of damage in the affected zone, and the type of damage incurred by each infrastructure are essential information for successful rescue activities and reconstruction in disaster areas. Therefore, remote sensing techniques, pre-event data and post event data play an important role to obtain the infrastructure damage. In this study, the modeling classification of damage was studied to infrastructures just after Gökçeada earthquake. Gökçeada district in Çanakkale is the largest island of Turkey where is located in the north of Aegean sea and at the entrance of gulf of Saros. That island has 57 miles of coastline. Towns located in Gökçeada are occurred with the masonry infrastructures. According to the results, we obtained a GIS based hazard determination system in order to achieve rapid, efficient and economic scheme for the sustainable urban infrastructure.

Key words: Land Management, Positioning, Remote Sensing, Risk Management.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI....iv
TEŞEKKÜR....v
SİMGELER VE KISALTMALAR....vi
ÖZET....vii
ABSTRACT....ix
ŞEKİLLER DİZİNİ....xii
BÖLÜM 1
GİRİŞ....1
1.1 24 Mayıs Gökçeada Açıkları (Ege Denizi) Depremi....1
1.2. Tezin Amacı....1
1.3. Tezin İçeriği....2
BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR....3
2.1. Giriş....3
2.2. Depremler....3
2.2.1 Deprem ve Hindistan....3
2.2.2 Sikkim Depremi....5
2.3. Deprem ve Binalar – Hindistan Normları....8
2.3.1. Malzeme ve İnşaat Yöntemi....9
2.4. Motivasyon ve Problemin Açıklaması....11
2.5. Önceki Çalışmanın Ana Hedefleri....12
2.6. Önceki Çalışmanın Sınırları....13
2.7. Hindistan'daki Bina Tipleri....13
2.7.1. C3 Bina Tipi....16
2.7.2. W1 Bina Tipi....17
2.7.3. Binalardaki Sismik Tasarım Seviyesi....17
2.8. Güvenlik Açığı ve Güvenlik Açığını Etkileyen Faktörler....18
2.8.1. Yapının Dayanımı ve Sismik Tasarım Gereksinimi....18
2.8.2 Binanın Fonksiyonu....19
2.8.3 Malzeme ve İnşaat Metodu....20
2.8.4 Bina Yüksekliği....21
2.8.5 Binaların Şekli....21

2.8.6 Bina Kodları 22
2.9 HAZUS Metodu 23
2.9.1 Deterministik Sismik Tehlike Analizi 24
2.9.2 Bina Hasar Fonksiyonlarının Geliştirilmesi 26
2.9.3 Ayrılma Hasarı Olasılıkları 28
BÖLÜM 3 32
MATERYAL VE METOT 32
3.1. Deprem Tesir Etmiş Binalarda Uzaktan Algılama teknikleri ile Hasar Tespiti Yapılması 32
3.2. Bina Hasar Tespitleri için Metrik ve Metodolojik Genel Bakış 38
3.3. Olay Öncesi ve Sonrası Verilerini Kullanarak Bina Hasar Tespiti 41
3.3.1. Optik Veri 42
3.3.2. SAR Data 46
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 48
4.1. 24 Mayıs 2014 Gökçeada Depremi 48
4.2. Gökçeada Depremi Sonrası Hasar Tespit Çalışmaları ve Doğal Afet Yönetimi 51
4.2.1 Gökçeada Depremi Sonrası Doğal Afet Yönetimi 51
4.2.2 Gökçeada Bina Tipleri 52
4.2.3. Hasar Tespit çalışmaları 53
4.2.4 Saha Çalışmaları 62
4.3. 24 Mayıs Gökçeada Depremi Verileri İle Mekansal Modelleme 64
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER 83
KAYNAKLAR 84
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. İnceleme alanı ve çevresini kapsayan uydu görüntüsü (Google Earth)..... 1
Şekil 2.1. Hindistandaki Sismik Bölgeler (BMTPC, 2006)..... 5
Şekil 2.2. Gangtok'un, Merkez Üssü'nün ve Bölgelerin Gösterildiği Sikkim Haritası (Kırsal Kalkınma Departmanı, Sikkim) 6
Şekil 2.3. Sikkim Depremi: Merkez Üssü'nün Yeri ve Bölge Civarında Hissedilen Şiddetler (USGS,2011)..... 7
Şekil 2.4. Ana Sınır İtişi (MBT) ve Bölgedeki Büyük Depremler (Rajendran ve ark., 2011)..... 8
Şekil 2.5. İnşaat Uygulamalarında Takip Edilmesi Gereken Kurallar (Dowrick 2005)..... 19
Şekil 2-6 Bina Rijitliği..... 21
Şekil 2.7. Takip Edilen Basit Kurallar A-(Dowrick 2005), B-(BIS,2002)..... 22
Şekil 2.8. Etkileri ile Yetersiz Boşluk Gösterilmiştir (Dowrick 2005)..... 22
Şekil 2.9. HAZUS Metodu (Porter 2009)..... 24
Şekil 2-10 Yatay Kuvvetlerin Binalarda Sebep Olduğu Deformasyon..... 26
Şekil 2-11 Kapasite Spektrum ile Davranış Spektrumlarının Karşılaştırılması (FEMA 2011)..... 28
Şekil 2-12 Hasar Seviyesinin Gösterildiği Kapasite Spektrum Metodu (FEMA 2011)..... 29
Şekil 4.1. 24 Mayıs Gökçeada Açıkları (Ege Denizi) depremi ve artçı deprem aktivitesi (Mw:6,5) (AFAD Ön Rapor Mayıs 2014). 49
Şekil 4.2. Artçı Depremlerin Büyüklüklerine Göre Grafiksel Dağılımı (AFAD Ön Rapor Mayıs 2014) 49
Şekil 4.3. Deprem Sayısı ve Gün Grafiği (AFAD Ön Rapor Mayıs 2014)..... 50
Şekil 4.4. 24 Mayıs Gökçeada Depremi ve Artçı Depremler (Boğaziçi Üniversitesi Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi Mayıs 2014)..... 50
Şekil 4.5. Yığma Taş duvarda Oluşan kesme çatlağı 54
Şekil 4.6. Pencere köşelerinde oluşan derin çatlaklar..... 55
Şekil 4.7. Duvar kesişim yerlerinde meydana gelen sıva çatlakları ve kılcal çatlaklar..... 55
Şekil 4.8. Kerpiç duvarda meydana gelen çatlaklar ve sıva çatlakları 56
Şekil 4.9. Sağlam yapılmayan köşe bağlantı yerinde meydana gelen ayrılmalar..... 56
Şekil 4.10. Yığma binanın çatı kısmında meydana gelen ağır hasar..... 57
Şekil 4.11. Yığma duvarda meydana gelen ayrılmalar..... 57
Şekil 4.12. Temelde 2 bölümün farklı oturmasından dolayı meydana gelen çatlak..... 58
Şekil 4.13. Pencere hatlı olayan yığma taş duvarda ayrılma ve çatlamalar..... 58
Şekil 4.14. Köşe bağlantısında kılcal çatlak 59
Şekil 4.15. Yüksek hasarlı yığma bina 59
Şekil 4.16. Kapı hatılında meydana gelen hasar..... 60
Şekil 4.17. Metruk halde bulunan bir binada depremden sonra meydana gelen hasar..... 60
Şekil 4.18. Hasar Tespit Çalışmalarında Kullanılan Hasar Değerlendirme Anahtarı (AFAD, 2014)..... 63
Şekil 5.1. Blok işlemi..... 64
Şekil 5-2 İncelenecek alanın kadastral haritası..... 64
Şekil 5-3 ''Veri'' adlı tabakanın oluşturulması..... 65
Şekil 5.4 ada/parseller üzerinde bulunan konutlar ''Nokta at'' komutu ile nokta sınıfı içinde tanımlanır..... 65
Şekil 5-5 Koordinat Dönüşümü..... 66
Şekil 5-6 NetCad formatından autocad formatına dönüştürme işlemi 67

Şekil 5-7 Saha gözlemlerinde elde edilen öznitelik verileri 67
Şekil 5-8 DisasterGis programı 68
Şekil 5-9 Program yardımı ile oluşturulan Excel dosyası 68
Şekil 5-10. Meta veri tabanı oluşturma 69
Şekil 5-11. Gökçeada için veri kümesi oluşturma 70
Şekil 5-12. Veri kümesinin parametrelerinin tanımlanması ve oluşturulması 71
Şekil 5-13. Dwg dosyasının Arcmap ortamında açılması 72
Şekil 5-14. Veri sınıfları için (nokta, çizgi, ve alan) sayısallaştırma (export) işlemi 72
Şekil 5-15. Sayısallaştırma sonucu ve oluşan veri sınıfları (nokta=konut, çizgi=harita vb.) 73
Şekil 5-16. Veri sınıfları ‘’import’’ komutu ile veri kümesine aktarılması 74
Şekil 5-17. Hasar bilgileri tablosu 75
Şekil 5-18. Konut tablosu 76
Şekil 5-19. ‘’join’’ komutu ile birleştirme işlemi 76
Şekil 5-20. Birleştirme arayüz penceresi 77
Şekil 5-21.Konut tablosuna aktarılan hasar bilgileri 77
Şekil 5-22. Mekânsal veri ile mekânsal olmayan verinin sorgulanması 78
Şekil 5-23. Mekânsal olmayan veri ile mekânsal verinin sorgulanması 78
Şekil 5-24. Uydu Görüntüsü üzerinde önemli yerlerin tesis edilmesi 79
Şekil 5-25. Tesis edilen noktaların .KML dosyasına dönüştürülmesi 79
Şekil 5-26. .KML dosyasının ArcGIS ortamına çağrılması 80
Şekil 5-27. Mesafe analizi 80
Şekil 5-28. Mesafe analizinin gösterimi 81
Şekil 5-29. Projenin KML dosyasına dönüşümü 81
Şekil 5-30. Proje.kml dosyasının uydu görüntüsü ortamına aktarılması ve konut hasar bilgilerinin örnek gösterimi 82
Şekil 5-31. Örnek mesafe gösterimi: 104/9 no’lu parselin Gökçeada merkeze olan uzaklığı 82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Sismik Bölgeler ve Şiddet İlişkileri 4
Çizelge 2.2. IMD ve USGS Deprem Parametreleri (IMD, 2011), (USGS, 2011) 6
Çizelge 2.3. Bildirilen Artçı Şokların Tarih, Zaman ve Şiddetleri (IMD, 2011) 8
Çizelge 2.4. Evlerin Sayısı ve Beklenen Hasar Seviyesi (BMTPC, 2006) 10
Çizelge 2.5. Alt araştırma Hedefleri ve Araştırmaya İlişkin sorular 12
Çizelge 2.6. Hindistan Bina Tipleri ve HAZUS Bina Tiplerindeki Karşılığı 14
Çizelge 2.7. Sünek ve Rijit Yapıların Avantajları ve Dezavantajları (Dowrick 2005) 18
Çizelge 2.8. Farklı Çeşit İnşaatlar İçin Uygun Bina Malzemeleri (Dowrick 2005) 20
Çizelge 2.9. Binaların Doğal frekansları 21
Çizelge 2.10. Hindistan Standart Kodlarının Listesi 23
Çizelge 2-11. NEHRP Yer Sınıfları 25
Çizelge 2.12. Kodlu Binaların Kapasite Eğrileri (FEMA 2011) 28
Çizelge 2.13. Yapısal Kırılganlık Eğri Parametreleri (FEMA 2011) 30
Çizelge 2.14. Ayrılma Hasar Olasılıkları (FEMA 2011) 30
Çizelge 2.15. C3 Bina Tipinin Hasar Dereceleri (FEMA 2011) 31
Çizelge 2.16. W1 Bina Tiplerinin Hasar Dereceleri (FEMA 2011) 31
Çizelge 3.1. 1976 yılına kadar meydana gelen birkaç deprem ve yapılan çalışmalar 33
Çizelge 3.2. Bina hasar tespitleri için elde edilen bazı uzaktan algılama verileri 35
Çizelge 3.3. Betonarme ve yığma taş duvarlı binalarda hasar derecelendirmeleri (EMS98'den alınmıştır, Grunthal, 1998) 38
Çizelge 4.1. Hasar Tespitinin Amaçları (Aksaray Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü) 61

BÖLÜM 1
GİRİŞ

1.1 24 Mayıs Gökçeada Açıkları (Ege Denizi) Depremi

Ülkemiz doğal afetler (deprem) ve jeolojik (tsunami, heyelan, kayma, akma, düşme, çökme) afetlerin aynı zamanda gerçekleştiği bir ülkedir. Meteorolojik (kuraklık, sel, hortum, aşırı kış ve yaz koşulları) afetlerin de sıkça yaşandığı bir yerdir. Doğal afetler can ve mal kaybına neden olur. Son yıllarda meydana gelmiş doğal afetlerin yorumlanarak meydana gelecek can kaybı ve hasarların önceki yıllara oranla çok daha altına düşürmek amaçlanmaktadır. Bu amaçla afet sonrası hızlı hasar tespit çalışmalarının, durum tespitlerinin afet bölgesine hızlı ulaşımının önemi, hayati konuda önem arz etmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için coğrafi bilgi sistemi tabanlı afet sonrası risk ve hasar belirleme çalışmalarının yapılması ve geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır. Çalışma alanı olarak Çanakkale'nin bir ilçesi ve Türkiye'nin en büyük adası olan Gökçeada seçilmiştir.



Şekil 1.1. İnceleme alanı ve çevresini kapsayan uydu görüntüsü (Google Earth)

1.2. Tezin Amacı

Türkiye'nin önemli fay kuşaklarında, meydana gelen önceki depremlerle gelecek yıkıcı depremlere hazırlandığı bilinmektedir. Ülkemizde yaşanan depremleri anlamak, onları önlemek, zararlarını aza indirmek için atılması gereken, ilk adım bu çalışmada

Gökçeada da (Çanakkale) meydana gelen afet olaylarını izlemek, anlamak ve yapılanları bilmekle olur. Bundan dolayıdır ki doğal afetler sonucunda meydana getireceği sonuçlarına yönelik, Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı afet bilgi sisteminin geliştirilmesi, doğal afetler sonrası hızlı, etkin ve ekonomik biçimde planlama ve reaksiyon verme bakımından hayati önem arz etmektedir. Bu kapsamda pilot çalışma olarak 14 mayıs 2014 tarihinde meydana gelen doğal afetlerden Gökçeada (Çanakkale) depremi sonucunda bölgeden elde edilecek hasar tespitine yönelik toplanılacak verilerin CBS ortamında değerlendirmek ve afet bilgi sistemini oluşturulmasına yönelik çalışma yapılacaktır. Böylece Gökçeada depremindeki hasara ilişkin somut bulguların hızlı, etkin ve ekonomik olarak sağlanması gerçekleştirilecektir.

1.3. Tezin İçeriği

Bu proje kapsamında ele alınan çalışmalar; CBS ile hasar tespiti alanında önceden yapılmış örnek çalışmalar (Hindistan modeli), deprem tesir etmiş binaların hasar tespitlerinin uzaktan algılama teknikleri ile incelenmesi, 24 mayıs Gökçeada depremi ve sonrasında yapılan saha çalışmaları ve 24 mayıs Gökçeada depremi modellemesi

Önceki Çalışmalar (Hindistan Modeli):

Hindistanda yaşanan Sikkim depremi sonrasında yapılan bina hasar tespit çalışmaları, Hindistan normlarında yapılan hasar tespit modellemeleri ve Sikkim depreminin referans alınarak elde edilen sonuçlara göre yerel bina malzemeleri ve teknikleri ile inşa edilen binalar için HAZUS (Hazard US) metodunun kullanılarak binaların depremsel güvenlik açığını belirlenmesi

Deprem Tesir Etmiş Binaların Uzaktan Algılama Teknikleri İle Kapsamlı olarak İncelenmesi:

Bina hasar tespitlerinde kullanılan uzaktan algılama metotlarını, elde edilen very tipleri, bina hasar derecelendirmeleri

24 Mayıs Gökçeada Depremi ve Arazi Çalışmaları:

*2*4 mayısta yaşanan gökçeda depreminin büyüklüğü ve çevresel etkileri, sonrasında arazide yapılan afet yönetim çalışmaları, bina hasar tespit çalışmaları, verilerin toplanması ve elde edilen verilerin değerlendirilerek coğrafi bilgi sistemi ortamına hazır hale getirilmesi

24 Mayıs Gökçeada Depremi Modelleme Çalışmaları:

Arazi çalışması döneminde elde edilen hasar verilerinin ArcGIS ortamında analiz edilmesi, mekansal ve mekansal olmayan verilerin işlenmesi ve sorgulanması, mesafe analizleri, uydu görüntüleri üzerinde gösterimi ve incelenmesi.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

24 mayıs Kuzey Ege Denizi depremi Gökçeada şehir merkezindeki ve çevre kasabalarda bulunan binaların ağır, orta ve hafif olarak nitelendirdiğimiz hasarlara neden olmuştur. Bu binaların yapısal özelliklerine bağlı olarak hasar değerlendirmesi yapmak amacıyla kullanılacak metotlar için bir literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan bu literatür araştırmasında hedeflenen; dünya üzerinde depremlerden etkilenmiş, Gökçeadadaki binaların yapısal özelliklerine sahip yada benzer binaların oluşturduğu şehirlerde yapılan bina hasar değerlendirmeleri ve uygulanan metotlardır. Bu araştırmada Hindistanda yapılan bina hasar değerlendirmeleri ve uygulanan metotlar ele alınmıştır.

2.2. Depremler

Depremler saniyeler içinde birkaç yüz kilometrelik bir mesafede her şeyi tahrip edebilen oldukça tehlikeli, yıkıcı ve öngörülemeyen doğal felaketlerden biridir. 2011 yılındaki 300'den fazla doğal felaket içinde 30.000'in üzerinde insan hayatını kaybetmiş (Sadece 20.000'i Mart 2011 yılındaki Japonyada meydana gelen deprem ve tsunami sonucu hayatı kaybetmiştir.), 206 milyon insan doğrudan etkilenmiş ve 366 milyar dolarlık bir maddi kayıp ile felaketler tarihinin en pahalı yılı olarak kaydedilmiştir (EM-DAT,2011). 2011 yılındaki can kaybı, 2010 yılındaki felaketlerin sayısına ve sebep olduğu can kaybına kıyasla çok azdır. 2010 Ocak ayındaki Haiti depremi tek başına 220,000 insanın hayatını kaybetmesine neden olmuştur. EM-DAT (2011) gelişmiş ülkelerde gerçekleşecek depremlerin yüksek maddi kayıplara ve çok fazla can kaybına sebep olacağını belirtmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik şartlarına göre insanlar güvensiz yerlerde yaşamak zorunda bırakılmaktadır ve inşaatlar için çok fazla para harcanmaktadır. Böylece deprem sonrası güvenli yerlere gitmek, evlerinden çıkmayı başaramayacak insanlar için bir seçenek olmamaktadır.

Bu nedenle deprem riskini hafifletmede pragmatik bir değişim gerekmektedir ve bu yöndeki ilk adım; risk ve güvenlik açığı değerlendirmesinde, depremin meydana geldiği anda doğrudan etkilenen nüfusa karar vericilerin acilen ulaşabileceği yolu izlemektir.

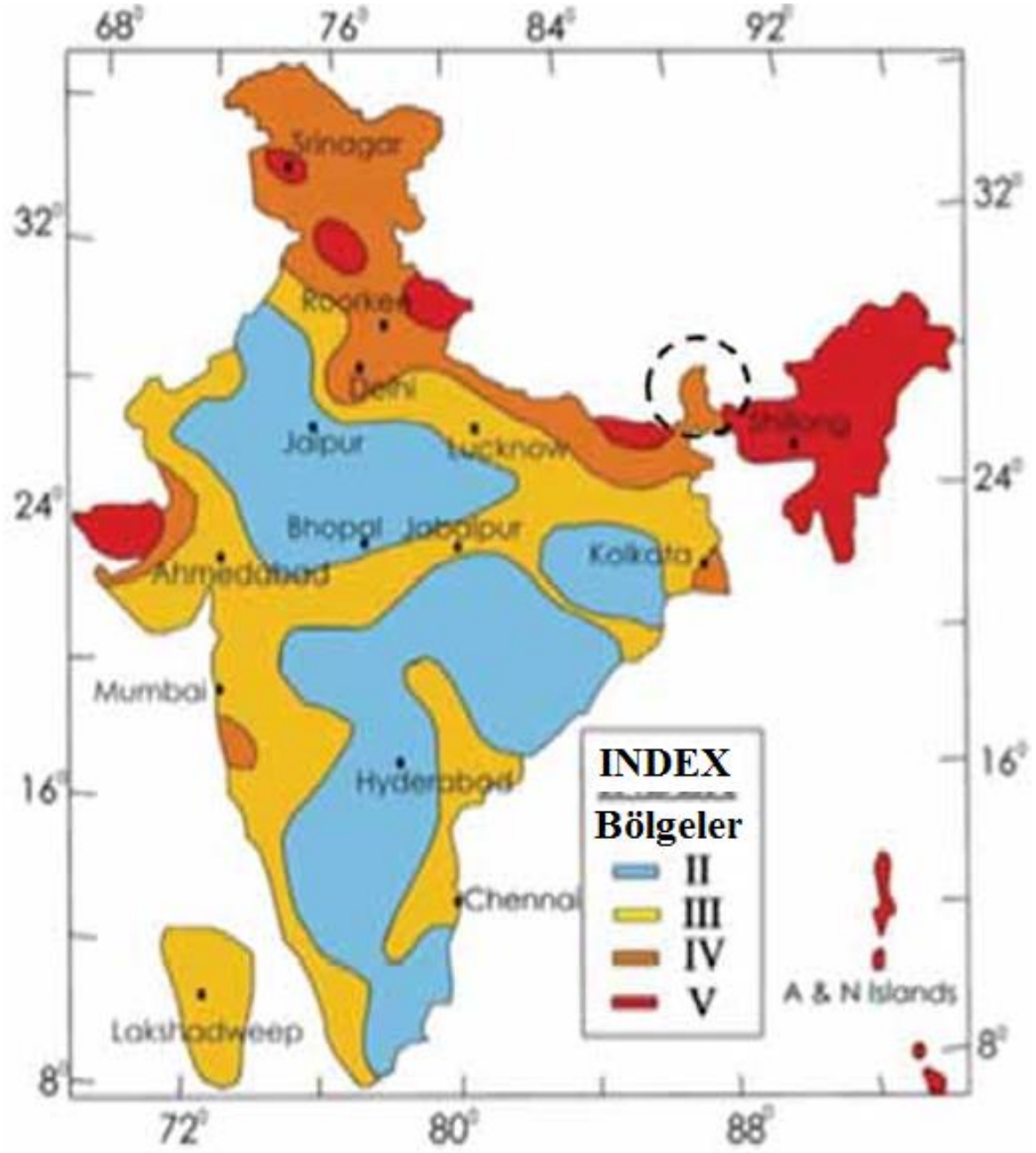
2.2.1 Deprem ve Hindistan

Hindistan deprem tecrübesine sahip bir ülkedir ve hasar çeşidi saniyeler içinde depremlerin iz bıraktığı türdendir. Bu olay Hindistanda hiçbir zaman nadir veya olağan olmayan bir durumlardan biri olmamıştır. Hindistan ana karasının %59 civarının şiddetli

depremlere olan yatkınlığı bu kara parçasını dünyadaki yüksek sismik risk altındaki bölgelerden biri yapmaktadır (BMTPC, 2006). Son 20 yıl boyunca meydana gelen 8 büyük depremde 25,000'den fazla insan hayatını kaybetmiştir. Hindistan'daki son büyük deprem 26 Ocak 2001 yılında Bhuj, Gujurat depreminden 10 yıl önce gerçekleşmiştir ve 14,000 can kaybına, binalarda ağır hasara ve altyapı sistemlerinde maddi zayiata yol açmıştır (Arya, 2000; Ghosh, 2008; NDMA, 2011). Hindistan tabakası ve Avrasya tabakasının çarpışması nedeniyle Himalayalar dünyanın sismik olarak aktif bölgelerinden biridir. Felaket getiren birçok depremin sonucu olarak Kuzey Doğu Hindistan tek başına ülkedeki en aktif sismik bölgedir (NDMA, 2011). Bölgede Himalaya Ön İtişi, Ana Sınır İtişi ve Ana Merkezi İtiş gibi birçok aktif fay hattı mevcuttur. Bureau Hindistan Standartları (BIS) ve Hindistan Meteoroloji Departmanı (IMD) son geçmiş 100 yılın depremsel kayıtları ve diğer bilimsel verilere göre ülkeyi 4 büyük sismik bölgeye ayırmıştır. Olası Mercalli Şiddeti (MMI) Çizelge 2.1'de, sismik bölgelerin mevkileri Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Sismik Bölgeler ve Şiddet İlişkileri

SİSMİK BÖLGE	OLASI ŞİDDETİ	BÖLGEDEKİ %
I (DÜŞÜK)	VI VE ALTI	41
III (ORTA)	VII	31
IV (ŞİDDETLİ)	VIII	17
V (ÇOK ŞİDDETLİ)	IX VE ÜSTÜ	11



Şekil 2.1. Hindistandaki Sismik Bölgeler (BMTPC, 2006)

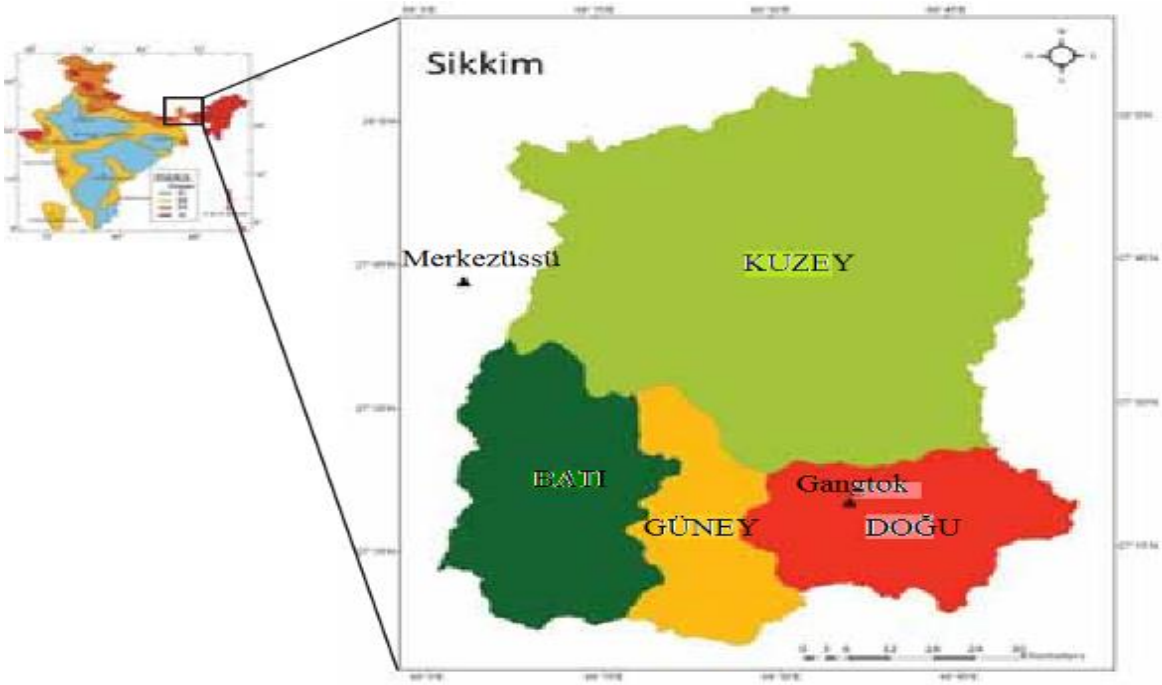
2.2.2 Sikkim Depremi

Merkez üssü Hindistan-Nepal sınırının yanında olan 6,9 şiddetindeki bir deprem 18.09.2011 saat 18:10'da 47 saniye boyunca Hindistan'ın doğusu, kuzeyi, ve kuzey doğusuna kadar olan büyük bir alanı sallamıştır (IMD, 2011). Sikkim eyaletinin başkenti Gangtok merkez üssünün 58,74 km güneybatısındadır ve MMI skalasına göre depremin şiddeti burada 6 olarak hissedilmiştir. Bu deprem geniş ölçüde hasara, geniş bir alana yayılan paniğe ve insanların yaşadığı binaların aynı veya daha fazla büyüklükteki bir deprem için yeterince dayanıklı olmadığını deneyim etmelerine sebep olmuştur.

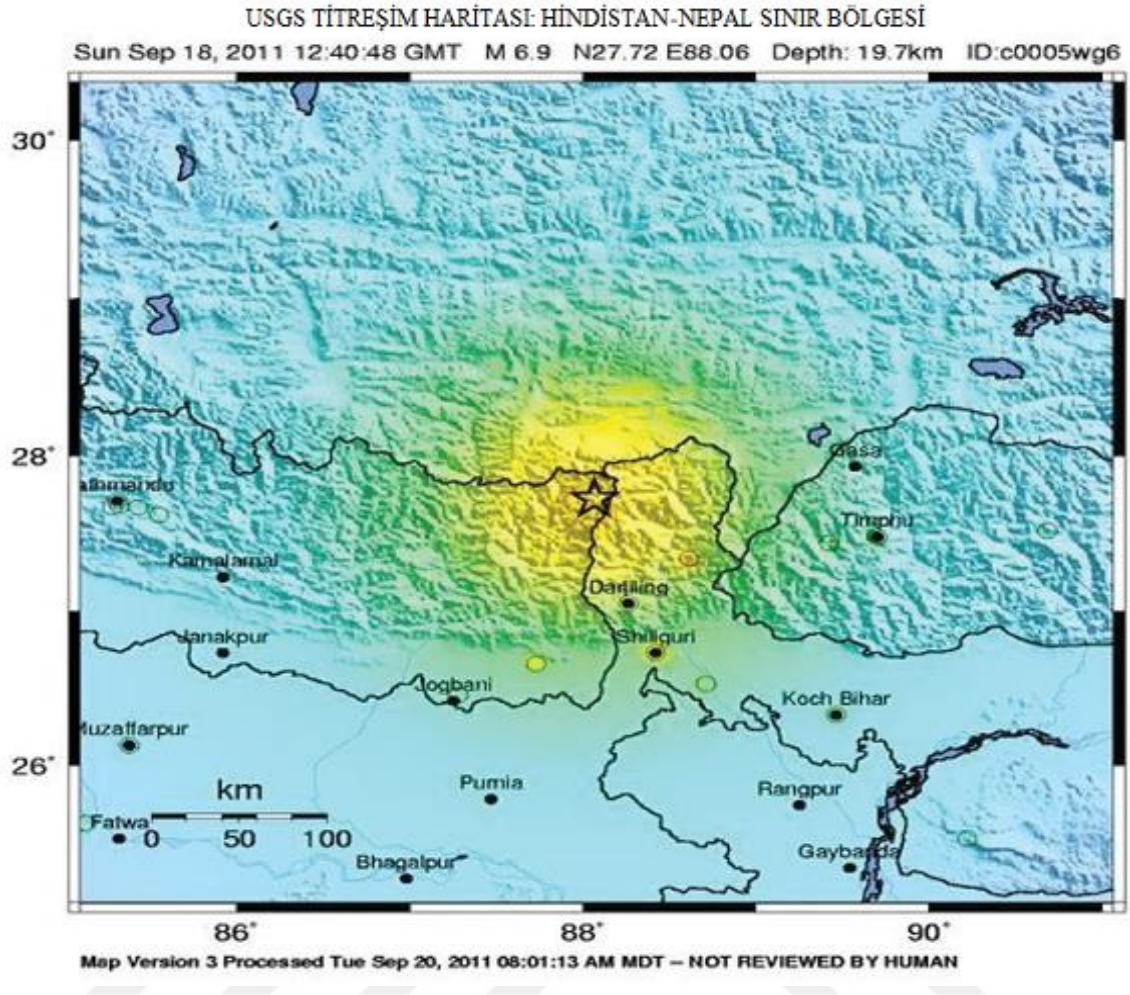
USGS'in ön bildirimine göre, son olarak Sikkim-Bihar-Batı Bengal bölgesinde 94 kişi hayatını kaybetmiş, birkaçı yaralanmış, 5,000 kadar yer boşaltılmış, birkaç bin bina, birçok yol ve köprü yıkılmış veya hasar görmüştür; Nepal'de Bhojpur, Ilam, Panchtar ve Sankhuwasabha'da 6 kişi hayatını kaybetmiş, 25 kişi yaralanmış ve son olarak 4,300 bina hasar görmüş veya yıkılmıştır; Çin'in Tibet şehrinde 6 insan hayatını kaybetmiş, 136 kişi yaralanmıştır; Bhutan'ın Paro-Thimpu bölgesinde 1 kişi hayatını kaybetmiş, 16 kişi yaralanmış ve son olarak 6,000 bina hasar görmüştür ve Bangladeş'in Dhaka şehrinde birkaç bina az hasar görmüştür. Hindistan'daki toplam maddi zayiat 22.3 milyar dolar olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2.2. IMD ve USGS Deprem Parametreleri (IMD, 2011), (USGS, 2011)

	IMD[1]	USGS[2]
TARİH	18 EYLÜL 2011	
ZAMAN	18:11 (IST)	18:25 (IST)
BÜYÜKLÜK	6.8	6.9
ODAK DERİNLİĞİ	10	19
MERKEZ ÜSSÜ	27.7 °N ve 88.2°E	27.72 °N VE 88.06 °E

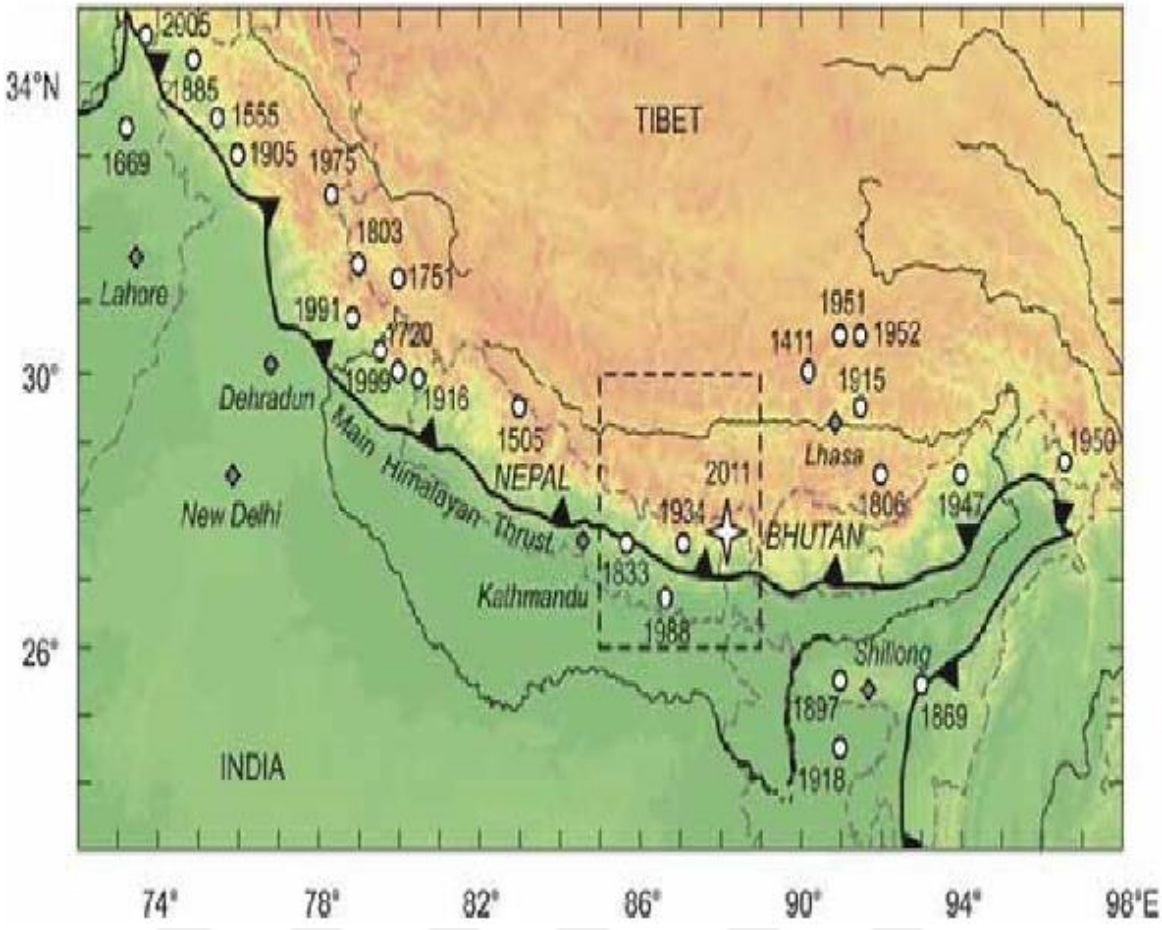


Şekil 2.2. Gangtok'un, Merkez Üssü'nün ve Bölgelerin Gösterildiği Sikkim Haritası (Kırsal Kalkınma Departmanı, Sikkim)



Hissedilen Sarsıntı	Hiç	Zayıf	Hafif	Orta	Güçlü	Çok güçlü	Şiddetli	Çok şiddetli	Aşırı
Potansiyel Hasar	yok	yok	yok	Çok Az	Az	Orta	Orta/Ağır	Ağır	Çok Ağır
Maks. İvme (%g)	<0.17	0.17-1.40	1.40-3.90	3.90-9.20	9.20-18	18-34	34-65	65-124	>124
Maks. Hız (cm/sn)	<0.10	0.10-1.10	1.10-3.40	3.40-8.10	8.10-16	16-31	31-60	60-116	>116
Titreşim Şiddeti	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Şekil 2.3. Sikkim Depremi: Merkez Üssü'nün Yeri ve Bölge Civarında Hissedilen Şiddetler (USGS,2011)



Şekil 2.4. Ana Sınır İtişi (MBT) ve Bölgedeki Büyük Depremler (Rajendran ve ark., 2011)

Çizelge 2.3. Bildirilen Artçı Şokların Tarih, Zaman ve Şiddetleri (IMD, 2011)

TARİH	ARTÇI ŞOK SAATLERİ	BÜYÜKLÜK
18.09.2011	18:42	5.3
18.09.2011	19:24	4.6
18.09.2011	20:35	3.0
19.09.2011	00:57	3.4
19.09.2011	03:21	3.8

2.3. Deprem ve Binalar – Hindistan Normları

Her zaman söylendiği gibi ‘’Depremler insanları öldürmez, binalar öldürür’’. Binalar 2 önemli bileşenden oluşur. Yapısal elemanlar ve yapısal olmayan elemanlar. Yapısal elemanlar temeller, kolonlar, kirişler ve duvarlar gibi bina yükünü taşıyan unsurlardır. Yapısal olmayan elemanlar ise kapılar, pencereler, asma tavan gibi mimari ve tasarım özellikleri ile elektrik, sıhhi tesisat armatürleri gibi özellikleri kapsayan unsurlardır. Deprem anında yapısal sistemlerde büyük hasarlar oluşmasıyla binalar başarısız olmaktadır

(Kircher ve ark. 1997 bina hasar fonksiyonlarının geliştirilmesi). İdeal olarak, binalar orta şiddetli depremleri yapısal olmayan hasarlarla atlatabilecek, güçlü ve büyük depremlerden meydana gelen yapısal hasarlara rağmen yıkılmaya karşı direnebilecek ve yıkıldığı anda bile hiç can kaybı olmamasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Yıkıcı depremler (M>6,5) insanların ve yerel yöneticilerin, depreme dayanıklı bina tasarımına, felaket hazırlıklarına ve deprem sonrası yönetim şeklinin önemine aldırış etmediği düşük frekanslar ile meydana gelmektedir. Ülkede önceden meydana gelen depremler, gecekondu mahalleleri gibi uygunsuz yerleşim yerlerindeki yapıların depreme dayanıklı dizayn edilmemesinden dolayı çok tehlikeli olduğunu, eski ve yeni inşaatların güvensiz olduğunu kanıtlamıştır. Kırsal bölgelerden iş bulmak için kentsel bölgelere göç eden insanlar ucuz maliyetler nedeniyle bu güvensiz yerleşim yerlerinde yaşamaya eğilim göstermektedir. Böylece hızla artan kentsel nüfus üzerindeki güvenlik açığı riski daha da artmaktadır. Hindistan'ın güvenlik açığı atlasına göre 80 milyon civarında konut birimi depremlere karşı güvensiz durumdadır. Bunun 11 milyonu 5.bölgede ve 50 milyonu ülkenin sismik bölgelerinden 4. bölge ve altında bulunmaktadır (Agrawal ve Chourasia 2007). Uttarkashi (1991), Chamoli (1999), Bhuj (2001), Kashmir (2005) ve Sikkim (2011) Hindistan kıta parçasındaki verdiği şiddetli hasarla yapısal çevrede can ve mal kaybına sebep olan son depremlerden bazılarıdır. İnsanların, deprem bilinci ve deprem tehlikelerine karşı artan güvenlik açığı ile ilgili devlet makamlarına karşı endişeleri artmaktadır.

2.3.1. Malzeme ve İnşaat Yöntemi

Hindistan'da bugün büyük şehirlerdeki gibi küçük kasabalar ve kırsalında da eski dönem inşaat yöntemlerini kullanarak modern binalarda kullanılan malzemeler elde edilmektedir. Ancak ironik olarak bunların çoğu ana amacı ülke içindeki yüksek güvenlik açığına sahip binalar için olan Hindistan Sismik Güvenlik Kodları ile eşleştirilmemektedir (Rai, 2008). Buna rağmen betonarme inşaatlar (RCC) için kodlar ve standartlar mevcuttur ancak diğer yerel bina malzemeleri için birçok yer takip altındadır ve herhangi bir standardı yakalamak oldukça zordur. Yerel duvarcılar tarafından inşa edilen bu binalarda herhangi bir yönetmelik uygulanmadığından dolayı deprem tehlikelerine karşı güvensizdirler. Yerel inşaat ustaları tarafından yapılan bu inşaat uygulamalarının çoğu önceki jenerasyonların bırakmış olduğu geleneksel ve eski uygulamalardır. Hindistan'da çoğu bina mühendisler ve mimarlar tarafından dizayn edilmez ve bu binaların çoğu inşalarından önce yerel makamlar tarafından onaylanmamıştır. Ekonomik şartlar nedeniyle binalar paranın mevcut olma durumuna göre aşamalı olarak inşa edilir ve inşaatından sonra

bina yeterince koruma altına alınmaz. Buna rağmen binalar ilk aşamada birkaç kata göre planlanır ve yıllar sonra yapıyı daha zayıf ve güvensiz kılacak şekilde aynı bina üzerine birçok kat eklenir. Hindistan da eski dönemlerden kalma yapılar deprem tehlikelerine karşı oldukça güvensizdir. Bu nedenle uygun çözüm getiren ölçümler yapılarak korunması gerekmektedir. Bu yapıların hasarlardan korunması sadece tarihsel bakış açısı olarak değil turizme yardımcı olması açısında da önemlidir.

Çizelge 2.4. Evlerin Sayısı ve Beklenen Hasar Seviyesi (BMTPC, 2006)

MALZEME	EVLERİN SAYISI	%	DEPREM BÖLGESİN ALTINDAKİ RİSK SEVİYESİ			
			V	IV	III	II
Çamur, ısıl işlem görmemiş tuğla ve taş duvar	HİNDİSTAN 99,280,979	39.9	ÇY	Y	O	D
	Sikkim 20,501	15.9		Y		
Isıl işlem görmüş tuğla duvar	HİNDİSTAN 111,891,629	44.9	Y	O	D	ÇD
	Sikkim 9,300	7.2		O		
Beton ve ahşap duvar	HİNDİSTAN 9,737,330	3.9	O	D	ÇD	ÇD
	Sikkim 70,738	54.6		D		
Diğer Malzemeler	HİNDİSTAN 28,185931	11.4	O	ÇD	ÇD	ÇD
	Sikkim 28,664	22.2		ÇD		
ÇD-ÇOK DÜŞÜK, D-DÜŞÜK, O-ORTA, Y-YÜKSEK, ÇY- ÇOK YÜKSEK						

2.4. Motivasyon ve Problemin Açıklaması

Bu literatür araştırmasının arkasındaki ana motivasyon öğesi deprem güvenlik açığı ve hasar tespitleri için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) tabanlı tekniklerin kullanılması ve bu tekniklerden yerel yönetimlerinde felaket yönetim tedbirlerinde ve hazırlıklı olmak amacıyla faydalanabilmesidir. Hazırlıklı olma ve korunma felaket yönetimindeki anahtar öğelerdir ve hasar değerlendirmesine dayalı bir GIS modeli buna karşı önemli ölçüde katkı sağlayabilir. Binaların güvenlik açığı sadece binalardaki doğru deprem hasar çalışmaları, doğru yapı ve altyapı planlaması ile azaltılabilir. Böylece bu yapılar gelecekte depremlere karşı daha güvenli bir hale gelecektir. Çeşitli hasar değerlendirme teknikleri tarafından ihtiyaç duyulan hasar eğrilerini geliştirmek amacıyla deprem ve binaların güvenlik açığıyla ilgili düzgün bir çalışma çeşitli sebepler nedeniyle henüz ilerletilememiştir (Aryan 2000; Hadler ve ark., 2010). Binalardaki hasarlar genellikle depreme dayanım esaslı uygulamalardan ve binalarda kullanılan malzemelerin ve yapılardaki taşıyıcı sistemlerin standartlarla ifade edilmesi gibi geçerli uygulamalardan farkında olma eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Haldar ve Singh, 2009). Hasar senaryolarını geliştirme ve depreme dayanıklı tasarım içindeki her problemi belirlemek amacıyla bir depremden sonraki bina davranışlarını araştırmak çok önemlidir. Bu hasar modelleri ve senaryolar, gelecekteki depremler, düzgün felaket yönetim planlarının hazırlanması ve hasar tahminleri için oldukça yardımcı olacaktır. İnşaat tiplerini, performansı ve başarısız modelleri araştırmak tasarım ve detay yönlerinin iyileştirilmesini sağlayacaktır (Jagadish ve ark. 2003)

2011 yılındaki nüfus sayımına göre son 10 yıldaki kentselleşme oranı %31,8 civarındadır ki bu çok fazla insanın güvensiz binaların yer aldığı kentsel bölgelerde yaşıyor olması demektir. Bu durum nüfusun büyük bir kısmını deprem tehlikesine maruz bırakmaktadır. Hindistan'ın deprem tarihi oldukça endişe verici olmasına rağmen Hindistan şartları için uygun risk değerlendirme metotları geliştirilmemektedir (Hadler ve ark., 2010). Federal Acil durum yönetim Ajansı (FEMA) tarafından Ulusal Bina Bilim Enstitüsü (NIBS) için geliştirilen HAZUS (Hazard US) bölgesel esaslara göre depremlerdeki potansiyel zayiatların kestiriminde kullanılır (FEMA 2011). HAZUS, bina hasar olasılığı ve bir deprem olayındaki zayiatlar için yapısal özellikleri baz alan bir metottur. Metodun direkt olarak herhangi bir yerde kullanılmasının tek sakıncası, Birleşik Devletlerdeki bina tipleri için HAZUS'da türetilen kapasite eğrileri ve güvenlik açığı fonksiyonlarının dünyadaki diğer bölgelere farklılık göstermesidir. Ancak HAZUS yerel spesifik değişkenlerinin kullanıldığı zayiat değerlendirmeleri için bütün dünya tarafından benimsenmiştir. Tantala ve arkadaşları tarafından New York için gerçekleştirilen zayiat

değerlendirmesi (2008), Gulari tarafından Dehradun için yapılan sismik risk analizi (2006), Aswando (2011) tarafından Yogyarta-Endonezya için yapılan binaları yeniden yapılandırma maliyet analizi ve benzer birkaç çalışmayı içeren örnekler , toplanan deprem verilerinin işlenerek HAZUS metodunun farklı kentsel bölgelerde uygulanabildiğini kanıtlamıştır. Fakat bu çalışmaların bir deprem olayında gelecek planlaması ve hazırlıklı olmak amacıyla risk değerlendirmesi ve zayiat kestirmesinde kullanılabilmiş güvenilir sonuçlar elde ettiği net olarak söylenemez. Talihli bir durumdur ki bu bölgelerde elde edilen sonuçların doğrulamasının yapılabileceği yakın geçmişte hiçbir deprem olmamıştır. 2011 yılındaki Sikkim depremi, elde edilen hasar sonuçlarının doğrulanması gibi HAZUS'un Hindistan bağlamında uygulanabilirlik seviyesini test etmek için iyi bir seçenektir.

2.5. Önceki Çalışmanın Ana Hedefleri

Referans alınan bir depremden elde edilen sonuçlara göre yerel bina malzemeleri ve teknikleri ile inşa edilen binalar için HAZUS metodunun kullanılarak binaların depremsel güvenlik açığını belirlemek.

Çizelge 2.5. Alt araştırma Hedefleri ve Araştırmaya İlişkin sorular

Alt Araştırma Hedefleri	**Araştırma Soruları**
Hindistan şartlarına göre HAZUS metodunda kullanılacak parametrelerin tanımlanması	Gangtok bölgesinde mevcut olan farklı bina tipleri nelerdir ve bunları sınıflandırmada kullanılan kriterler nelerdir.
	Gangtok bölgesindeki bina tipleri ile HAZUS içinde eşleştirilecek bina tipleri arasında benzerlik oranı nasıldır.
	HAZUS metodunun oluşturulmasında değişkenlik göstermesi gereken parametreler nelerdir.
Hindistan şartlarına uyarlanan HAZUS metodunun kullanılarak kullanıcı tarafından tanımlanan deprem senaryosuna göre bina hasar tespiti yapmak ve bunları tasdiklemek	Yüksek çözünürlüklü uydu verilerinden ne tür bilgi elde edilebilir ve çalışma için saha gözlemleri boyunca ne tür veriler toplanmalıdır.
	Gangtok bölgesi için HAZUS metoduna uygulamak ve uyarlamak amacıyla nasıl bir CBS veri tabanı oluşturulmalıdır
	Çevreyi inşa etmek için hasarların genel karakteristik normları nelerdir ve son depremlerle eşleştirildiğinde bina hasarı için en iyi kestirme ve gerçek değerlendirme nasıl yapılır.

Çizelge 2.5.'in devamı

Bina hasarlarını azaltma için güçlendirme metotları ve çeşitli önlemler üzerine yorumlama ve çevresel yapılanma amacıyla genel bir hasar değerlendirmesi yapmak.	Bina hasarlarının ana sebepleri nelerdir ve bunlar saha gözlemlerine dayalı olarak en iyi nasıl tespit edilebilir.
	Gangtok bölgesinde tespit edilen binalardaki hasarı azaltmak için uygulanabilecek güçlendirme metotları nelerdir.

2.6. Önceki Çalışmanın Sınırları

En önemli veri girişlerinden biri bina oturum haritası ve tüm hasarlı binaların konumudur. Geniş bir alanı kapsayan bölgede yaklaşık olarak 12,000 binanın haritalamasının yapılması mümkün değildi. Bu nedenle bu araştırma için 2004 yılında yerel makamlar tarafından hazırlanan oturum haritası kullanılmıştır. Gangtok şehrinin merkezi bölgeleri için bina verileri tam olarak mevcuttur. Ancak Gangtok şehir merkezinden uzak birkaç bölge için bu veriler mevcut değildir. Analiz ve onaylama için şehir merkezindeki bölgeler dikkate alınmıştır. Kısa zamanda hasar verisi toplamanın mümkün olmamasından dolayı onaylama işlemi için belediye tarafından sağlanan hasar verileri kullanılmıştır.

2.7. Hindistan'daki Bina Tipleri

Hindistan'da çeşitli inşaat metotları ve bina inşaatları için kullanılan yerel malzemelerin büyük bir kısmı Hindistan güvenlik kodları ile eşleştirilmemiştir. Bu olay binalardaki yüksek güvenlik açığının ana sebebidir. Betonarme inşaatlar için kodlar ve standartlar olmasına rağmen diğer malzemeler ve metotlarla yapılan inşaatlar için kodlar mevcut değildir. Bu durumdan dolayı ülkenin farklı yerlerinde bulunan her tip inşaatı gözlemlemek oldukça zordur.

Hindistan'daki inşaatların büyük bir çoğunluğu mevcut durumda bulunabilen malzemelere ve mimarlar ile mühendislerin dahil edilmeden yerel halk tarafından uygulanan inşaat metotlarına bağlıdır. Bu inşaatlar on yıllardır kullanılan malzeme, topografya ve bina sahibinin ekonomik standartlarına bağlı metotlar ile inşa edilmektedir. Prasad ve ark. (2009) insanların sosyo-ekonomik şartlarının binaların inşaat kalitesini ve çeşidini belirlediğini ve bina modellerinin 3 tipe ayrıldığını belirtmektedir. Birincisi oturum amaçlı inşa edilmiş müstakil evler, ikincisi apartmanlar, kompleksler gibi toplu yaşam için kullanılan evler, üçüncüsü ise endüstriyel, ofis ve ticari amaçlarla kullanılan binalardır. Günümüzde yerleşim komplekslerinde işlemeye başlayan küçük endüstriler ve

perakende mağazaları, ticari kullanımında orantılı olarak artan ve çok amaçlı kentsel binaların büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır.

Prasad (2009) Hindistan'da genel olarak bulunan 34 bina tipi tanımlamıştır. Binaların yapısal sistemlerine dayalı olarak sınıflandırma kerpiç ve moloz taş duvarlı inşaat, taş duvarlı inşaat ve çerçeve sistemli inşaat olmak üzere 3 tipe ayrılmıştır. Bunlarda kendi içlerinde çatı malzemesi, katlar ve bunun gibi farklı parametrelere bağlı olarak alt sınıflarına ayrılmışlardır. Çizelge 2.5'te bu sınıflandırma gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Hindistan Bina Tipleri ve HAZUS Bina Tiplerindeki Karşılığı

<table>
<tr><td rowspan="2">S.NO</td><td colspan="4">Hindistan Modeli Bina Tiplerinin Tanımı</td></tr>
<tr><td>Duvar/Konstrüksiyon tipi</td><td>Çatı/Döşeme Tipi</td><td>Katlar</td><td>Yüksek Olasılıklı HAZUS Bina Tipi</td></tr>
<tr><td colspan="5">Kerpiç ve gelişigüzel örülmüş moloz taş duvarlı yapılar</td></tr>
<tr><td>1</td><td rowspan="2">Çamur dolgulu, güneşte kurutulmuş tuğla / moloz taş ile bağlayıcısı çamur harcı olan yapılar</td><td>R1,R2</td><td>1-2</td><td rowspan="8">Tanımlı Değil</td></tr>
<tr><td>2</td><td>R3</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>3</td><td rowspan="3">Moloz taş ile bağlayıcısı kireç harcı olan yapılar</td><td>R1,R2</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>4</td><td>R3,R4</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>5</td><td>R5</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>6</td><td rowspan="3">Moloz taş ile bağlayıcısı çimento harcı olan yapılar</td><td>R1,R2</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>7</td><td>R3,R4</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>8</td><td>R5,R6</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td colspan="5">Dikdörtgen elemanlardan oluşan taş duvarlı yapılar</td></tr>
<tr><td>9</td><td rowspan="3">Isıl işlem görmüş kil tuğla/kesme taş ile bağlayıcısı çamur harç olan yapılar</td><td>R1,R2</td><td>1-2</td><td rowspan="6">Tanımlı Değil</td></tr>
<tr><td>10</td><td>R3,R4</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>11</td><td>R5</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>12</td><td rowspan="3">Isıl işlem görmüş kil tuğla/kesme taş ile bağlayıcısı kireç olan yapılar</td><td>R1,R2</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>13</td><td>R3,R4</td><td>1-2</td></tr>
<tr><td>14</td><td>R5,R6</td><td>1-2</td></tr>
</table>

Çizelge 2.6'ın devamı

15	Isıl işlem görmüş kil tuğla/kesme taş ile bağlayıcısı çimento olan yapılar	R1,R2	1-2	Tanımlı Değil	
16		R3,R4	1-2		
17		R5,R6	1-2		
18			3+		
19	Isıl işlem görmüş tuğla / kesme taş / beton tuğla ile bağlayıcısı çimento harcı olan, pencere ve kapı açıklıklarında yatay, köşelerde (pervazlarda) dikey donatılı eleman olarak lentonun bulunduğu taş duvarlı yapılar	R5,R6	1-2		
20			3+		
Çerçeveli Yapılar					
21	Herhangi bir deprem etki kuvveti göz önünde bulundurulmadan inşa edilmiş betonarme çerçeveli / donatısız perde duvarlı yapılardır	R-6	1-3	C3L	Önkod
22			4-7	C3M	
23	Deprem etki kuvvetleri göz önünde bulundurularak dizayn edilmiş ancak orta-kod/düşük-kod deprem direnç ilkelerine göre uygulamanın ve donatı detaylandırmasının yapılmadığı betonarme çerçeveli, donatısız perde duvarlı yapılardır.		1-3	C3L	Ön Kod/Düşük Kod
24			4-7	C3M	
25			8+	C3H	
26	Düşük-kod, orta-kod, yüksek-kod deprem direnç ilkelerine göre uygulanmış, dizayn edilmiş ve detay		1-3	C3L	Ön Kod/Düşük Kod/Orta Kod
27			4-7	C3M	
28			8+	C3H	

Çizelge 2.6'ın devamı

29	Çelik kolon ve kirişlerin tamamen veya kısmi olarak bağlandığı basit çerçeve sistemine sahip ve donatısız perde duvarlı yapılar (Düşük-Kod/Orta-Kod/Yüksek-Kod)	R-6	1-3	S5L	Ön Kod/Düşük Kod/Orta Kod
			4-7	S5M	
30			8+	S5H	
			1-3	S2L	Ön Kod/Düşük Kod/Orta Kod
31			4-7	S2M	
			8+	S2H	
32	Çelik kafes sistemler (Düşük-Kod/Orta-Kod/Yüksek-kod)	R-6	1-3	S2L	Önkod/ Düşük Kod/Orta Kod
33			4-7	S2M	
34			8+	S2H	

Bina yüksekliği sınıflandırmada büyük etkenlerden biri olarak dikkate alınmaktadır. Dayanım ve doğal titreşim periyodu bina yüksekliğine bağlıdır.

Hindistan bina tipleri için analitik fonksiyonlar mevcut değildir ve önceki depremlerden elde edilen verilerin yetersiz olmasından dolayı deneysel eğrilerin geliştirilmesi imkansızdır (Prasad ve ark. 2009). Hindistan'daki bina tasarım standartları ile Amerikan standartları arasındaki birkaç karşılaştırmadan sonra çerçeve sistemli yapıların HAZUS bina tiplerinin yüksek, orta ve az-kodları ile benzerlik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Prasad (2009) sınıflandırılmış Hindistan bina tiplerini HAZUS bina tiplerine göre karşılaştırmış ve Hindistan'daki kerpiç ve taş duvarlı bina tiplerinin HAZUS bina tipleri içinde belirtilen narinlik eğrilerine göre karşılaştırılamayacağını anlamıştır.

2.7.1. C3 Bina Tipi

HAZUS bina tiplerinden C3 tipi duvarların içinde demir bulunmayan, duvar dolgusu normal duvar malzemeleri olan betonarme karkas binaları tanımlamakta olup, FEMA(2011) tarafından hazırlanan teknik kitapçığın EK C bölümü altında belirtilmiştir. Bu binalar iç dolgusunun demirsiz duvar malzemelerinden oluşan duvarlar ile birlikte çerçeve sistemli (Karkas yapılı) betonarme binalardır. Karkaslar binanın her yerinde konumlandırılabilirler. Genellikle kolonlar karkas yapının taşıyıcı olarak kuvvetli yönleri doğrultusunda yer almaktadır. Bundan dolayı bazı kolonlar tek doğrultuda hareket ederken diğerleri başka doğrultuda hareket etmektedir. Bu binalarda duvar dolgusunun

çatlamasından sonra kolonlardaki gerilme kuvveti sistemin göstereceği süneklik tutumunu sınırlandırabilmektedir. Dayanımsız özeliklerle tasarım yapma gibi kırılgan eksiklerden dolayı bu binalar depremlerde başarısızlık göstermekte, kısmi olarak ayakta kalmakta veya tamamen yıkılmaktadır. C3 tipine yakın C1 ve C2 olmak üzere başka 2 tip daha vardır. Betonarme binalar C1 tipi ile tanımlanmıştır ve C2 tipi binalar C1 tipi ile benzerlik göstermektedir. Fakat bu binalarda betonarme dikey kolonlar yerine yükü taşıyan perde duvarlar kullanılmaktadır. Depremlerde bu duvarlar üzerindeki yanal etkiden dolayı başarısızlık eğilimi göstermektedir. Binalar bazı sismik tasarım seviyeleri ile ele alınmıştır fakat bunlar bina kodlarının uygun seviyeleri ile eşleştirilmemektedir. Bu nedenle HAZUS sınıflandırmasının ön-kod kategorisi altında hiçbir sismik tasarım önemine sahip olmayan binalar düşük-kod'a göre dikkate alınmıştır.

2.7.2. W1 Bina Tipi

Genellikle dağlık bölgelerde bulunan ahşaptan yapılan binalar başka yapı tipleridir ve sınıflandırılmalarda belirtilmemiştir. Bu yapılar 5000 feet karelik alandan daha fazla olmayan bir arazi üzerinde müstakil-aile veya küçük-toplu-aile konutları olarak konumlanmış yapılardır. Bu binaların esas yapısal özelliği ahşap duvarlar üzerindeki lentolar veya ahşap kirişler ile kendini tekrarlayan bir karkas yapı olmasıdır. Bu binaların çoğu özellikle şahsi konutlar ve aile konutları bina kodlarının sismik tasarım önemine göre inşa edilmemektedir. Yanal yüklemeler ahşap direk ve kirişler tarafından perde duvarlara iletilir. Çerçeveler arasındaki bölümlerde yer alan perde duvarlar bambu, lif, plastik gibi birkaç kaplama malzemesi ile imal edilmektedir fakat bu perdelerin yapısal bir önemi yoktur. Genellikle küçük sarsıntılardan oluşan yanal kuvvetlere karşı direnç göstermektedirler ancak yeterince dayanıklı ve bina standartlarını karşılayan özelliklere sahip değillerdir.

2.7.3. Binalardaki Sismik Tasarım Seviyesi

HAZUS'daki bina tipleri, Ön-Kod'lu binaların sismik tasarımları baz alınarak değil, Yüksek-Kod, Orta-Kod veya Düşük-Kod sismik standartları baz alınarak tasarlanan bina modellerini göstermektedir. Yüksek-Kod, Orta-Kod veya Düşük-Kod sismik standartları, sismik tasarım önem seviyelerine göre verilmektedir. Düşük-Kod'lu sismik tasarım binaları, deprem sebebiyle oluşan kuvvetlere direnmesi için temel yapısal tasarım önemleri baz alınarak inşa edilmektedir. Düşük-Kod'lu hasar fonksiyonları, bu binalarda deprem sebebiyle oluşan hasarların modellenmesi için kullanılabilir. Ön-Kod'lu hasar

fonksiyonları deprem yüklerine göre tasarlanmamış binalar için uygun olduğu gibi bina kodları ve kuralları olmayan yapılar için de kullanılabilir.

2.8. Güvenlik Açığı ve Güvenlik Açığını Etkileyen Faktörler

UNISDR (2009) güvenlik açığını bir topluluğu, sistemi veya bir varlığı bir tehlikenin hasar verici etkilerine karşı savunmasız bırakan durumlar ve nitelikler olarak tanımlar. Bizim için güvenlik açığı deprem sarsıntısının gücünün yapısal çevreye verdiği hasar derecesidir (Dowrick 2005). Güvenlik açığı, 0'ın hasarsız, 1'in tamamen yıkıcı olarak tanımlandığı 0 ile 1 arasındaki bir ölçek ile ifade edilmektedir.

Binaların güvenlik açığının tanımlanmasında yapının formu ve şekli önemli parametrelerdir. Yapının formu binada kullanılan malzeme, inşaat tipi, yükseklik, mimari ve tasarım bileşenlerini kapsar. Yapının şekli ise plan ve yükselti içindeki düzenli düzensiz formları tanımlar. Dowrick (2005) zayıf yapılar ve zayıf tasarımların depremlerde iyi bir performans sergilemesinin beklenmemesi gerektiğini vurgulamıştır.

2.8.1. Yapının Dayanımı ve Sismik Tasarım Gereksinimi

Binanın konumuna bağlı olarak yapının dayanımını etkileyen parametreler ileri seviyede tanımlanmalıdır. Yerel jeolojik arazi şartları ve depremlerin olası zemin hareketleri gibi parametreler binaların performansını ve tasarımını belirler. Bu parametreler gelecek olaylarda binanın ne çeşit hasarlara karşı ne derece direnebileceğini belirleyecektir. Dowrick (2005)'e göre Tablo 2-6'de farklı tipteki yapıların avantajları ve dezavantajları gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. Sünek ve Rijit Yapıların Avantajları ve Dezavantajları (Dowrick 2005)

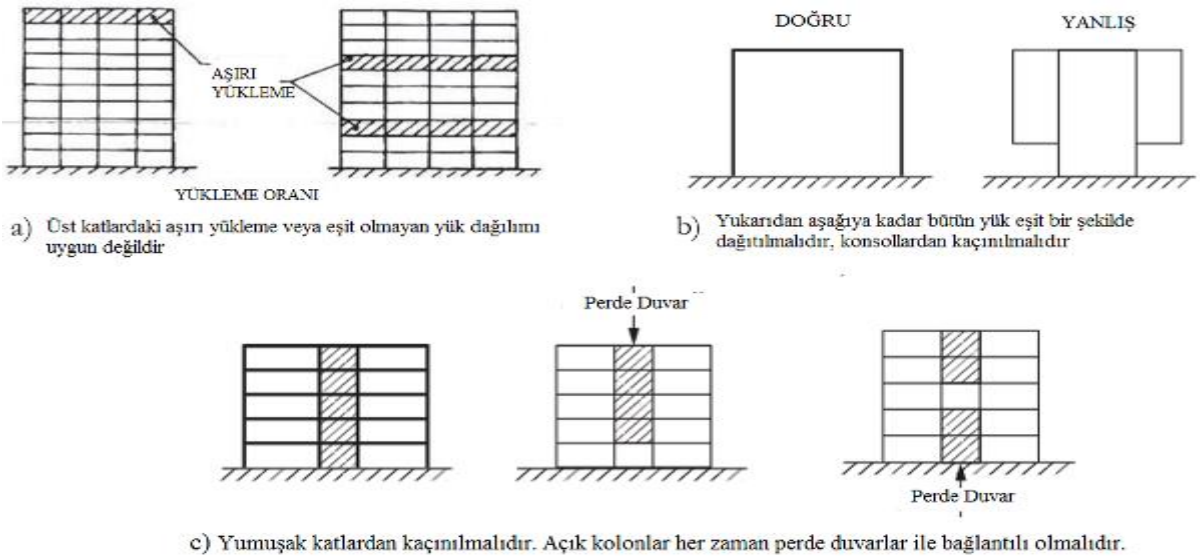
Yapı Cinsi	Avantajları	Dezavantajları
Sünek yapılar	Uzun periyotlu binalar için kısa periyotlu yerlerde özellikle elverişlidir.	Uzun periyotlu yerlerde fazla tepki verirler.
	Süneklik seviyesine tartışmasız daha kolay ulaşırlar.	Esnek çerçeveli betonarme yapıları güçlendirmek zordur.
	Yapısal olmayan elemanlar analizlerde dikkate alınmayabilir.	Analiz edilen mükellef çok fazladır ve yapısal olmayan elemanların detaylandırılması zordur.

Çizelge 2.7'nin devamı

Rijit yapılar	Uzun periyotlu alanlar için elverişlidir.	Kısa periyotlu alanlarda fazla tepki verirler.
	Rijit betonarme yapıların güçlendirilmesi kolaydır.	Uygun sünekliği bilinçli olarak elde etmek kolay değildir.
	Yapısal olmayan elemanları detaylandırmak kolaydır.	Analiz edilen mükellef azdır.

2.8.1.1 Binanın Yapısal Elementleri

Yapısal elementlerin düzgün tasarımı depremlerde binanın performansını artırmaktadır. Temeller, perde duvarlar, yüklemeler, konsollar, sürekli kirişler, bağlantı kirişleri, yumuşak katların bulunmaması binanın dayanımını artıran yapısal elemnetlerden bazılarıdır. Temelden çatıya kadar binanın tüm yapısal bileşenlerinin arasındaki bağ yapısal performans açısından çok önemlidir.



Şekil 2.5. İnşaat Uygulamalarında Takip Edilmesi Gereken Kurallar (Dowrick 2005)

2.8.2 Binanın Fonksiyonu

Bina tasarımını, kullanılan malzemeyi ve inşaat çeşidini sıklıkla üstlenilen kullanım amacı belirler. Binayı ve binanın içindeki ekipmanları veya diğer gereçleri ne kadar sayıda insanın kullanacağı ve binaya biçilen ekonomik değerini binanın fonksiyonu belirler. İnşa edilmesine ihtiyaç duyulan katsayısını malzeme seçimini de etkileyerek yerin uygunluğu

ve binanın kullanımı için gereken alan belirler. Okullar, hastaneler, bankalar ve devlet hizmet binaları gibi birçok insan tarafından faydalanılan önemli binalar yüksek standartlarda uygulama, güvenlik ve doğru planlama gerektirir.

2.8.3 Malzeme ve İnşaat Metodu

Bölüm 2.3.1'de belirtildiği gibi Hindistan da inşaatlarda kullanılan belirli malzemeler ve metotlar vardır. Bina malzemesi; binanın fonksiyonu, malzemenin uygunluğu, bina sahibinin ekonomik durumu, ümit edilen bina ömrü, geçici veya kalıcı yapı tipi ve binanın sismik tasarım gereklikleri gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak seçilir. Tablo 2.8.'de yüksekliklerine göre farklı bina tipleri için kullanılabilecek ideal malzeme çeşitleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Farklı Çeşit İnşaatlar İçin Uygun Bina Malzemeleri (Dowrick 2005)

	Bina Tipi		
	Çok Katlı	Orta Seviyeli	Düşük Seviyeli
Önerilen Benzer uygunluk sırasına göre yapısal malzemeler	1.Çelik	1. Çelik	1. Çelik
	2.Yerinde döküm betonarme yapı	2. Yerinde döküm betonarme yapı	2. Yerinde döküm betonarme yapı
		3. İyi önyapımlı beton	3. İyi önyapımlı beton
			4.Ön gerilmeli beton
			5.İyi demirli taş duvarlı yapı
			6.İyi ön yapımlı beton
Önerilmeyen			7.Basit demirli taş duvarlı yapı

Dayanım, bina ağırlığı, süneklik gibi yapısal özellikler inşa için kullanılan malzemeler ile elde edilmektedir. Buna rağmen yapıların depreme dayanıklı en iyi şekilde tasarımının yapıldığı ve kaliteli malzemeyi elde etmek amacıyla yeterli paranın harcandığı zaman bile

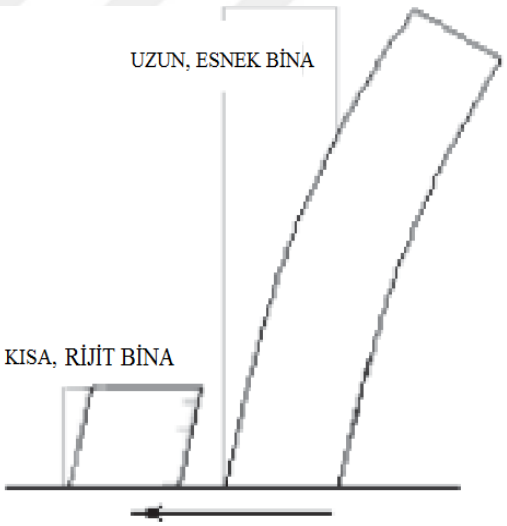
eğer binadaki işçilik yetersiz ise bütün çabalar boşa olacaktır. Bundan dolayı inşaat süresi boyunca kalite güvencesi ve inşaattan sonraki koruma bina ömrü ve güvenliği için çok önemlidir.

2.8.4 Bina Yüksekliği

Bina yüksekliği, yapıların ağırlığına ve onların zemin hareketlerine olan tepkisine doğrudan bağlı olduğu için çok önemlidir. Binaların doğal frekansı uzun binalar için az, kısa binalar için yüksektir. Zaman periyodu frekansla ters orantılı olduğu için amplifikasyon yüksek frekanslı bölgelerde yükseldiği zaman kısa binalar yıkılmaya veya hasar göremeye eğilimlidir. Uzun binalar için ise amplifikasyonun düşük frekanslı bölgelerde yükseldiği zaman hasar gördüğü tecrübe edilmektedir.

Çizelge 2.9. Binaların Doğal frekansları

KAT SAYISI	DOĞAL FREKANS
1	10
2	5
3-5	2
Uzun Binalar	0.5-1.0
Çok Katlı	0.17

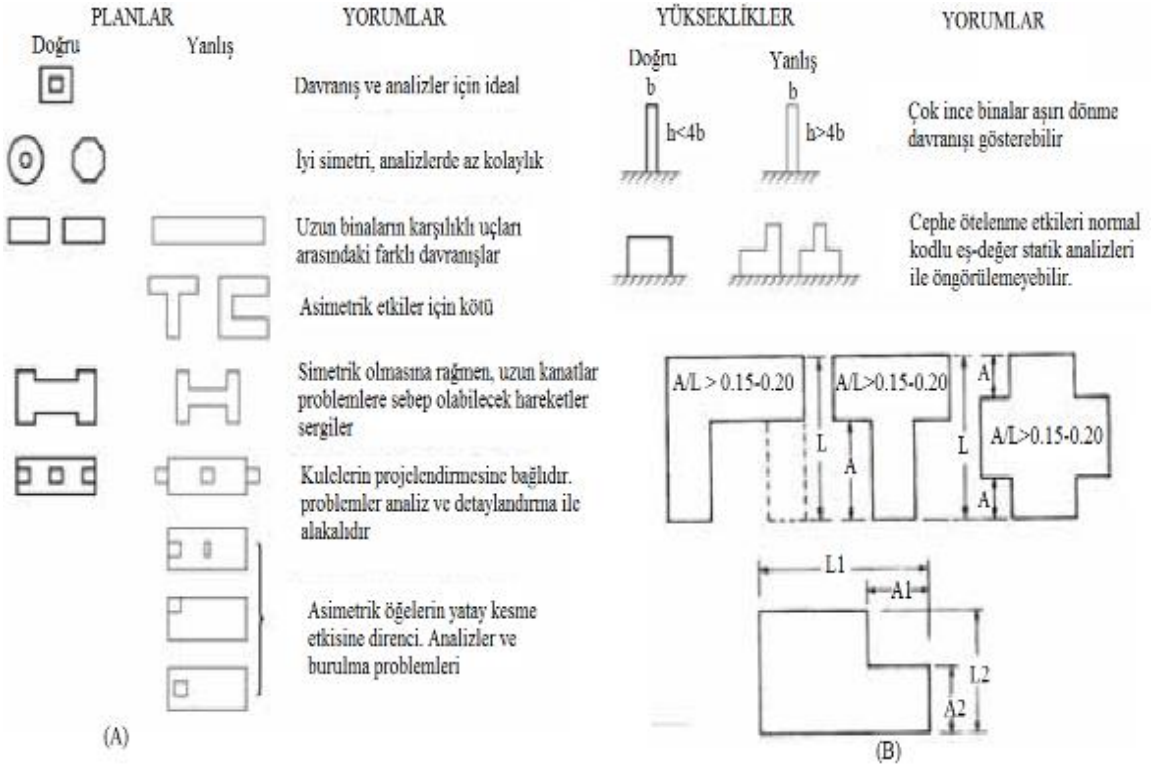


Şekil 2-6 Bina Rijitliği

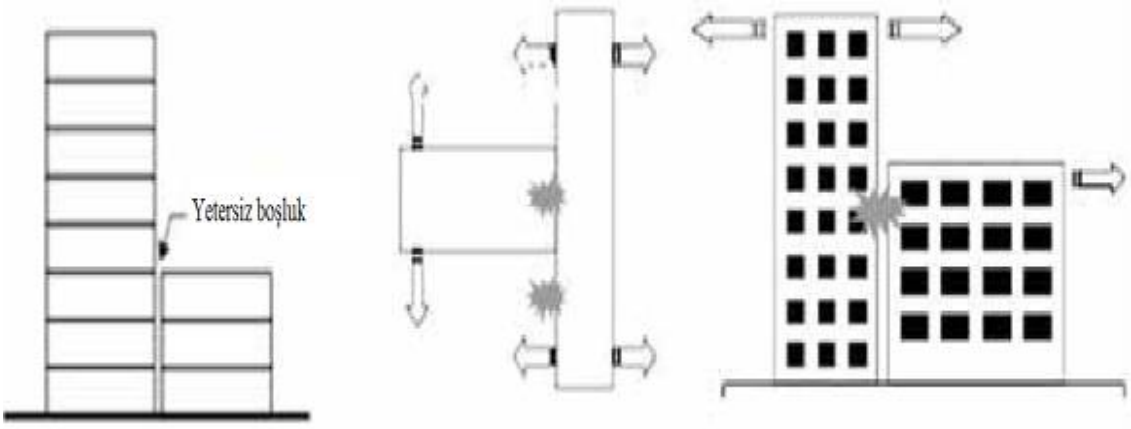
2.8.5 Binaların Şekli

Depreme meyilli bölgelerde binaların basit şekiller ve formlarda inşa edilmesi önerilmektedir. Dowrick (2005) bunun faydalarını 2 sebeple açıklamaktadır. Birincisi, basit yapıların yapısal olarak kolay anlaşılabilir ve kolaya tasarlanabilir olmasıi ikincisi ise bu yapıların daha kolay inşa edilmesi ve deprem sonrasında daha kolay onarılması veya güçlendirilebilmesidir. Planda yer alan simetrik form planın basitliğini ve bina yükseltisini belirlemektedir. Sadelik içindeki simetri yapısal dizayn, servisler ve diğer parametrelere yardımcı olmaktadır. Dikey kesitteki yükseklik-genişlik oranları ve plan içerisinde yer alan uzunluk-genişlik oranları da çok önemlidir. Az taban alanlı yüksek binalar ve az genişlikli uzun binalar yüksek zemin hareketleri sebebiyle oluşacak hasarlara aşırı meyillidir. Planda veya dikey kesitteki bu oranlarda oluşacak ani değişimler yapıları anti-simetrik ve

güvensiz yapmaktadır. Plandaki uzun binaların durumu için binalar ideal uzunlukta parçalara bölünmeli ve depremlerde salınım için pay bırakılmalıdır yoksa tahmin edilenden fazla hasara sebebiyet verebilecek bir etkiye karşı işi şansa bırakmak olur.



Şekil 2.7. Takip Edilen Basit Kurallar A-(Dowrick 2005), B-(BIS,2002)



Şekil 2.8. Etkileri ile Yetersiz Boşluk Gösterilmiştir (Dowrick 2005)

2.8.6 Bina Kodları

Bina kodları binaların güvenlik açığı konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Bina kodlarının uygun arazide planlama yapılarak kullanılması her bölgede depremlerden meydana gelebilecek güvenlik açığını azaltabilir. Bina kodları uygulamasının tasarım ve inşaat aşamalarında yapılması çok önemlidir. Bütün mimar ve mühendislerin bu eylemleri

ilke haline getirmesi binaları ve şehirleri depremlere karşı daha az güvensiz yapacaktır. (Khose ve ark. 2010). Hindistan da geliştirilen kodların modern çağdaki inşaat uygulamaları için yetersiz olmasından dolayı bu kodların güncellenmesinin bir ihtiyaç olduğuna inanmaktadır.

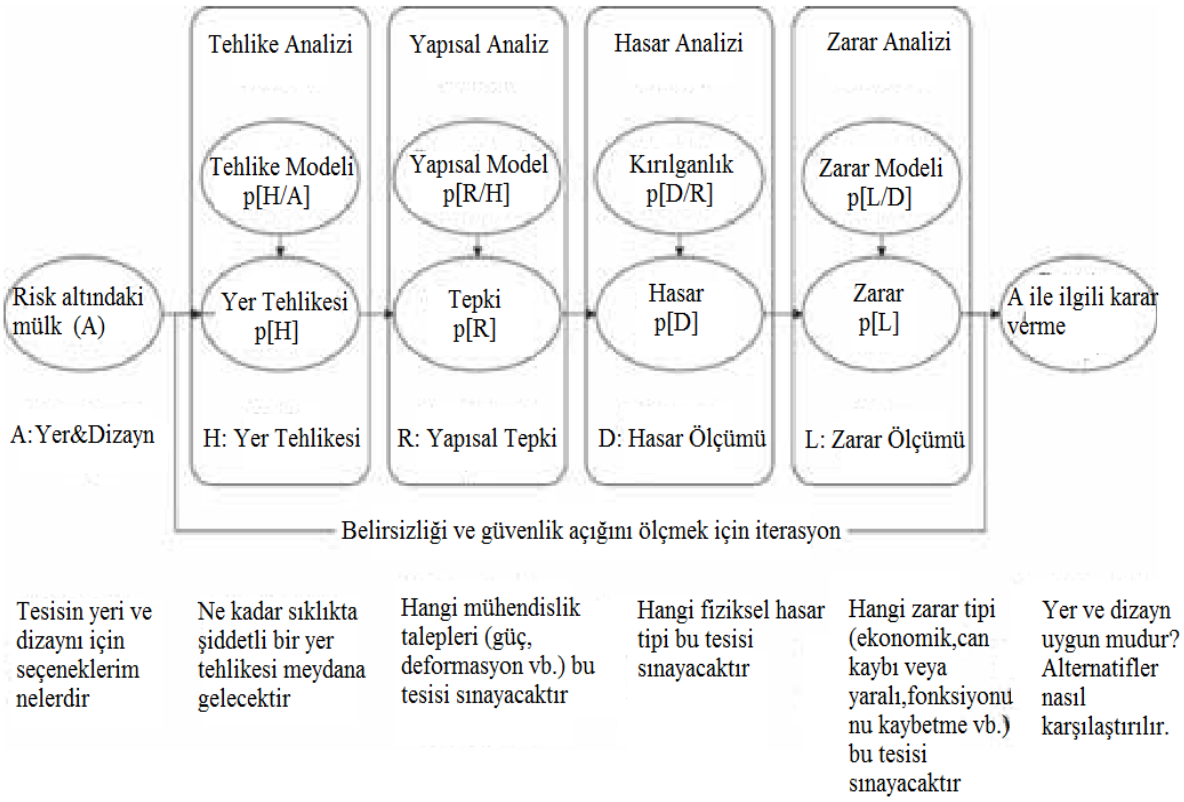
Çizelge 2.10. Hindistan Standart Kodlarının Listesi

IS KOD	**KONU**
IS:4326	Depreme Dayanıklı İnşaatlar
IS:13920	Betonarme Yapılarda Süneklik Ayrıntıları
IS:13827	Toprak Konutlar
IS:13828	Zayıf Dayanımlı Taş Duvarlı Yapılar
IS:13935	Binaların Sismik Dayanımları
IS:1893 (Bölüm 2)	Teraslama yapılmış ve zemin desteklenmesi ile yer altı sıvılarının tutulduğu yapılar

2.9 HAZUS Metodu

Birleşik devletlerdeki tehlikeler (Hazard US), genel olarak bahsedilen ismiyle HAZUS; felaketler sebebiyle oluşacak riskleri ve kayıpları tahmin etmek, yöneticilere felaketlere hazırlıklı yerleşim yerleri kurma, deprem sonrasında felaket planlaması, kurtarma ve yeniden yapılanma sürecinde yardımcı olabilecek Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA) için Ulusal Bina Bilimleri Enstitüsü tarafından geliştirilmiş CBS tabanlı bir araçtır (FEMA 2011). Bu araç; veritabanlarının geliştirilmesi, binaların envanteri, altyapı, sürekli olarak veritabanlarının güncellenmesi ve sonuçların daha iyi sunulması amacıyla analizler gerçekleştirmek için Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS) kullanmaktadır. Binalardan elde edilen geniş bilgilerle veri tabanlarının oluşturulması; her felaket olayında meydana gelen sonuçlar ve senaryolar için HAZUS'un kullanılmasından önce gerçekleştirilmesi gereken önemli bir görevdir. Ölçek ve sonuçların ayrıntıları, metodun uygulanmasında kullanılan bilgi miktarına doğrudan bağlıdır.Kircher ve ark. (1997) depremlerdeki can kaybı kestirimi için Whitman ve ark. (1997) tarafından geliştirilmiş fonksiyonlar ile bina hasar olasılıklarının hesaplanmasında uygulanabilecek metotları tarif etmiştir. Bu yöntem FEMA için geliştirilmiş ve HAZUS içinde kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlardan, çeşitli bina tipleri için hasar değerlendirmesi yapmak amacıyla zemin sarsıntı parametrelerini kullanması özelliği ile bahsedilmektedir. Tehlikeye bakılmaksızın belirli bir tehlikenin etki ve hasar değerlendirmesi için

kullanılacak bir yöntemin veritabanlarına ve envanterlere ihtiyacı vardır. Daha sonra ki aşamalarda bu yöntem bilimi basitçe anlatılmaktadır.



Şekil 2.9. HAZUS Metodu (Porter 2009)

2.9.1 Deterministik Sismik Tehlike Analizi

Bu analizde, tanımlanmış bir olaydaki zemin hareket parametreleri belirtilmektedir. Kaynağından belirli bir bölgeye kadar olan mesafede tespit edilen zemin hareketine göre deprem büyüklüğü, fay tipi gibi parametreler tanımlanmaktadır.

2.9.1.1 Davranış Spektrumunun Oluşturulması

Merkez üssünden bırakılan enerjinin bir noktadaki zemin sarsıntısı davranış spektrumu olarak ifade edilmektedir. Davranış spektrumu spektral ivme ve spektral yer değiştirme arasındaki alandır. Belirli bir zaman periyodunda bir nokta üzerindeki spektral ivme, bölgesel arazi koşulları, kaya tipleri, merkez üssüne olan mesafe gibi birkaç parametrenin yer aldığı eşitliklerin sadeleşmesiyle türetilir. Daha sonrasında spektral ivmenin spektral yer değiştirmeye göre grafiği çizilir. Mandal ve ark. (2009) 2001'deki Bhuj depremi için üst spektral ivmeyi hesaplamak amacıyla 2-1 eşitliğinde gösterildiği gibi Boore ve ark.. (1997) tarafından çıkarılmış olan azalan fonksiyonu kullanmıştır ve

Hindistan koşulları için spektral ivmeyi oluşturmak amacıyla bu fonksiyonun kullanılması tavsiye etmiştir. Bu azalan fonksiyon (2.1) denklemiyle ifade edilmiştir.

$$\mathrm{Ln}(\mathrm{S_A}) = \mathrm{b_1} + b_2(\mathrm{M}-6) + b_3(M-6)^2 + b_5\,\mathrm{Ln}(r) + b_v\,\mathrm{Ln}\left(\frac{V_s}{V_A}\right)$$

$$r = \sqrt{r_{jb}^2 + h^2}$$

ve

$$b_1 = \begin{cases} b_{1SS} & \text{vuruş için - depremsel kayma yüzeyi} \\ b_{1RV} & \text{ters depremsel kayma yüzeyi} \\ b_{1ALL} & \text{eğer mekanizma belirtilmediyse} \end{cases} \qquad (2.1)$$

$\mathrm{S_A}$	Türetilen spektral ivme
$b_1, b_2, b_3, b_5, b_v,$	Eşitlik ile sağlanan sabitler
M	Depremin büyüklüğü
r_{jb}	Merkez üssüne olan yatay mesafe
V_s	NEHRP sınıflandırmasına göre olan toprak sınıflarının kayma dalga hızı

Çizelge 2.11' de farklı toprak sınıfları için kayma dalga hız (Vs) değerleri verilmiştir.

Çizelge 2-11. NEHRP Yer Sınıfları

Yer Sınıfı	Tanım	Kayma Dalga Hızı (Vs) m/sn
A	Sert kaya	Vs > 1500
B	Kaya	760 < Vs < 1500
C	Çok yoğun toprak ve yumuşak kaya	360 < Vs < 760
D	Sert toprak profili	180 < Vs < 360
E	Yumuşak toprak profili	Vs < 180

Spektral yerdeğiştirme ($\mathrm{S_D}$) aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır.

$$\mathrm{S_D} = 9.8 \text{ X } \mathrm{S_A} \text{ X } \mathrm{T}^2 \qquad (2.2)$$

Spectral ivme ($\mathrm{S_A}$) 2.1 eşitliğinden elde edilir.

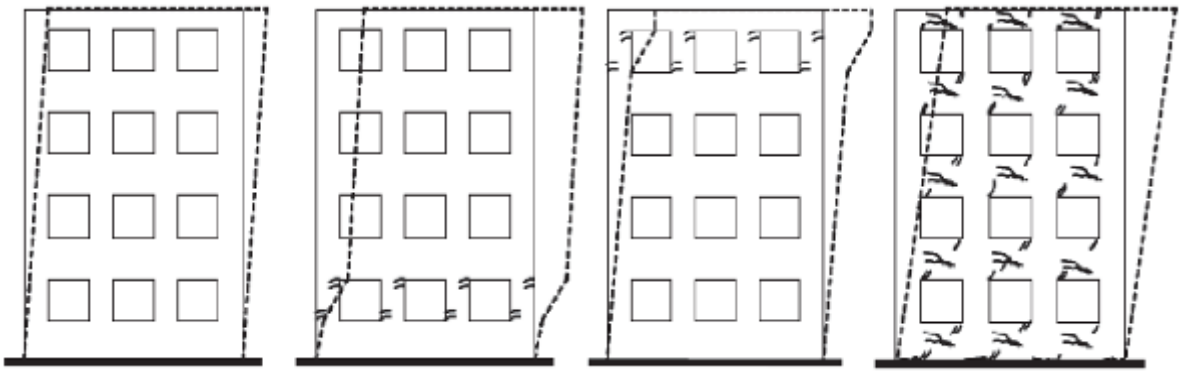
T ise saniye cinsinden zaman periyotudur.

2.9.2 Bina Hasar Fonksiyonlarının Geliştirilmesi

Kircher vd. (1997) depremlerin sebep olduğu zemin sarsıntıları ile oluşan hasarın analizi için HAZUS yöntem bilimi tarafından kullanılan kapasite ve kırılganlık eğrilerini tarif etmiştir. Kapasite eğrileri süneklik ve maksimum dayanımın belirlediği lineer olmayan bina davranışlarını tanımlamaktadır. Diğer yandan belirli bir zemin sarsıntısında binalardaki olası hasar derecesi kırılganlık eğrileri ile tahmin edilmektedir.

2.9.2.1 Kapasite Eğrisi

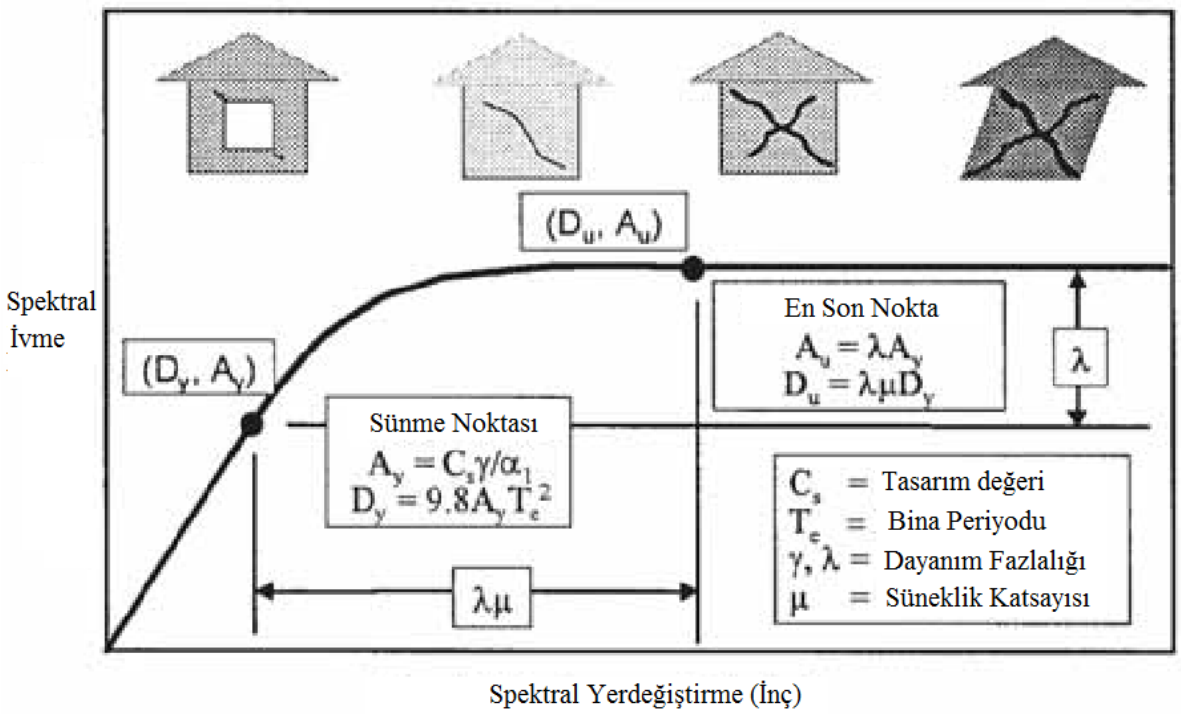
Depremlerdeki sarsıntılara binalar karşılık verirler. Binalar zemine temellerle bağlı olduğundan dolayı çatı gibi serbest uçlu parçalar zemine göre daha fazla sarsılırlar. Bu sarsıntıya direnen her zaman birkaç dahili güç mevcuttur. Fakat sarsıntı maksimum seviyesine ulaştığı zaman bina iç direncide en üst seviyeye ulaşma eğilimi göstermekte ve sonunda yıkılmaktadır. Bir limite kadar binanın iç dayanımı sarsıntıya direnç gösterir ve binanın dik ve sağlam olarak ayakta kalmasını sağlar. Bu limit sünme kapasite noktası olarak adlandırılır. Bina sünme kapasitesine ulaştığı zaman bir limite kadar sarsılmaya başlar. Artık bir evreye gelindiğinde bina bütün dayanımını yitirir ve sarsıntının gücüne daha uzun direnç gösteremez. Yapısal sistemler tamamen işlevini yitirir. Binanın bütün dayanımını kaybettiği bu nokta maksimum kapasite noktası olarak adlandırılır. Kapasite eğrileri genellikle bu 2 noktaya göre türetilir.



Şekil 2-10 Yatay Kuvvetlerin Binalarda Sebep Olduğu Deformasyon

Bina kapasite eğrisi karakteristik yatay yer değiştirmenin binaların yanal yük direncine göre bir grafiğidir (Kircher vd. 1997). Deprem anlarında belirli bir zemin sarsıntısında binanın çatı kısmında meydana gelen yanal yer değiştirme miktarından ‘’üst-itiş’’ eğrisi olarak bahsedilir. Binanın süneklik noktasına ulaşmadan önceki evrede bina sağlam haldedir. Süneklikten maksimum noktaya kadar olan evrede bina plastik davranış

gösterecektir. Bu eğriler bir binayı yapısal terimler çerçevesinde tanımlamaktadır ve genellikle farklı tip binalara göre değişiklik göstermektedir.

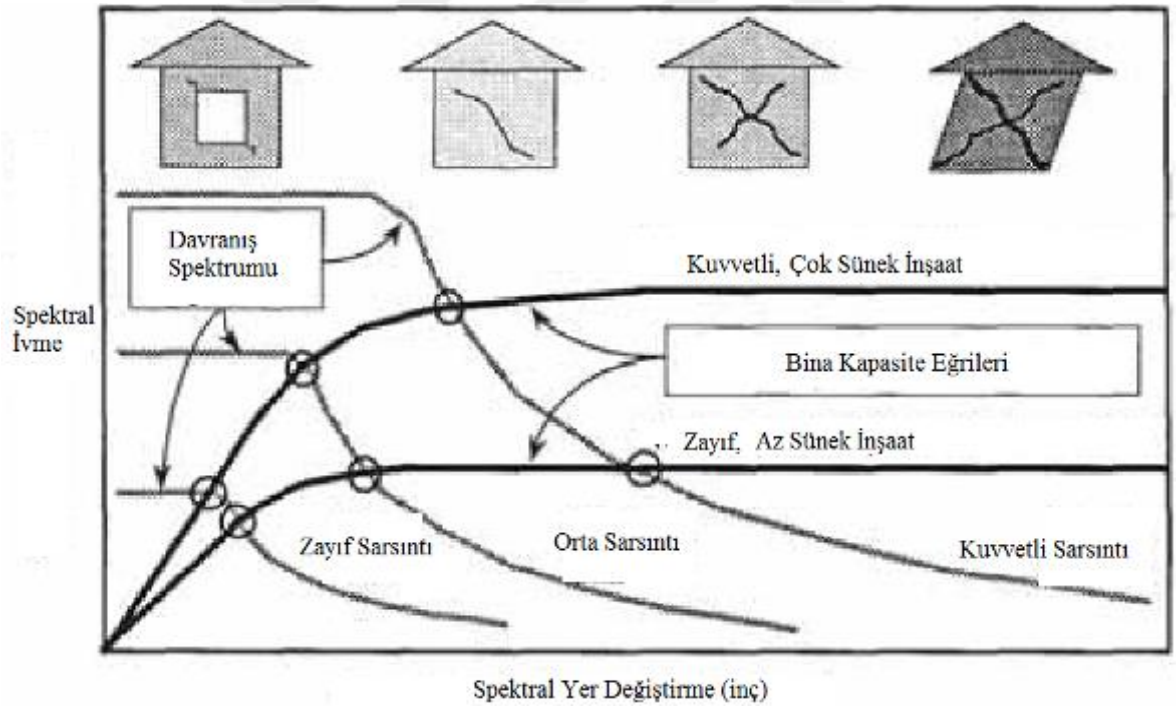


Şekil 2-11 Süneklik ve Maksimum Kapasite Noktalarının Gösterildiği Kapasite Eğrisi

Binalardaki süneklik kapasitesi binalardan binalara göre değişir ve yüksek-kod, orta-kod, düşük-kod, ön-kod gibi farklı sismik seviyeleri esas alan binaların dayanıklılık tasarımına göre belirlenir. Binaların sarsıntılara karşı ne kadar süre direnebileceğine karar veren sismik tasarım seviyelerinde arazi koşulları, sismik bölge, bina yüksekliği ve inşaat malzemeleri gibi faktörler göz önünde bulundurulur. Binanın tepkisi davranış spektrumunun bina eğrisi ile kesiştiği nokta üzerinde belirlenir (Kircher vd. 1997). Farklı binalar farklı davranış spektrumları ile farklı noktalarda kesişir. Bundan dolayı belli zemin sarsıntısı için her bina farklı bir hasar seviyesine sahiptir.Şekil 2-8'de dayanıklı binaların başarısız olmadan önce zayıf binalara göre daha fazla zamanının olduğu gösterilmiştir. Çünkü dayanıklı binaların zayıf binalara kıyasla maksimum kapasitelerine ulaşmaları daha çok zaman gerektirmektedir.

Çizelge 2.12. Kodlu Binaların Kapasite Eğrileri (FEMA 2011)

Bina Tipi	Sünme Kapasitesi		En Son Kapasite	
	Dy	Ay	Du	Au
Düşük-Kod-Sismik Tasarım				
W1	0.24	0.200	4.32	0.600
C3L	0.12	0.100	1.35	0.225
C3M	0.26	0.083	1.95	0.188
C3H	0.74	0.063	4.13	0.143
Ön-Kod-Sismik Tasarım				
W1	0.24	0.200	4.32	0.600
C3L	0.12	0.100	1.35	0.225
C3M	0.26	0.083	1.95	0.188
C3H	0.74	0.063	4.13	0.143



Şekil 2-11 Kapasite Spektrum ile Davranış Spektrumlarının Karşılaştırılması(FEMA 2011)

2.9.3 Ayrılma Hasarı Olasılıkları

Kircher vd. (1997) kırılganlık eğrilerini, belli bir spektral yer değiştirme ile yapısal ve yapısal olmayan hasara ulaşma veya aşma olasılığını log-normal logaritma

fonksiyonları olarak tanımlamaktadır. Bu eğriler az, orta, ağır ve tamamen yıkık olmak üzere bütün hasar olasılıklarını belirler. Bu hasarlar binaların sismik hasar seviyelerine bağlıdır.

Ayrılma hasar olasılıkları, Kircher ve ark. (1997) tarafından geliştirilen 2-3 eşitliğine göre hesaplanmış kümülatif hasar olasılıklarından elde edilir.

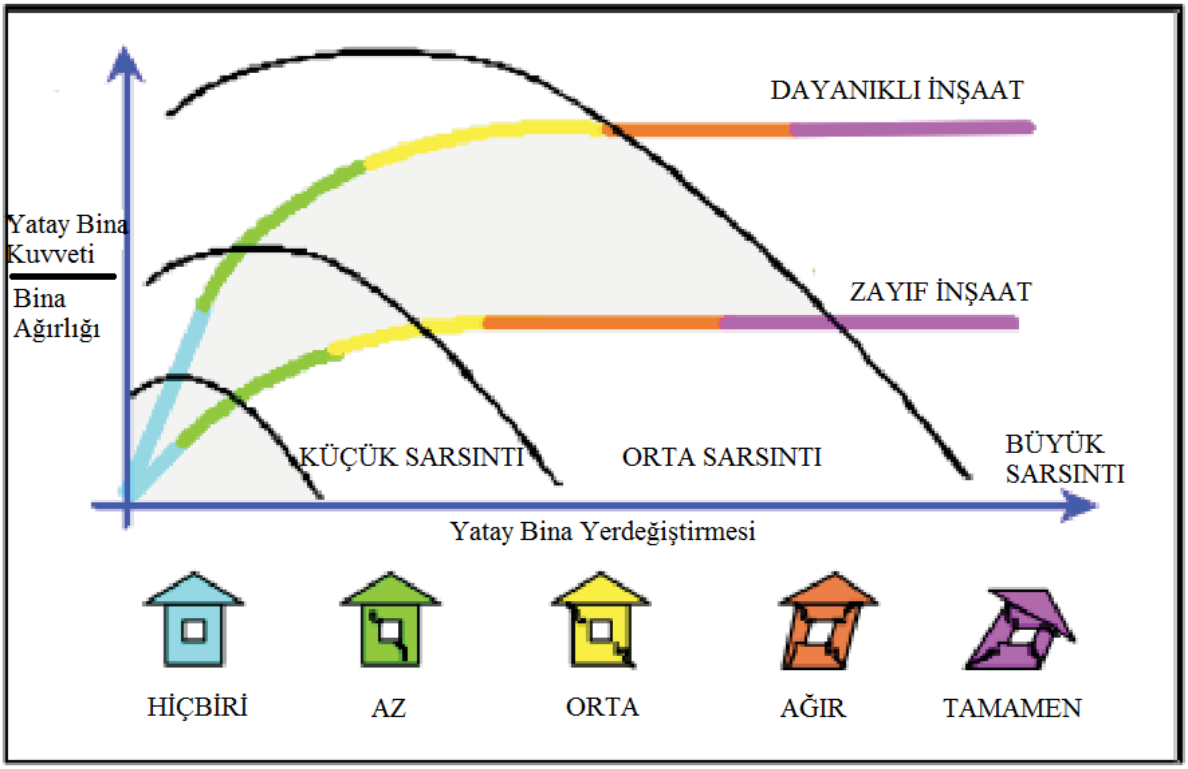
$$P(d_S|S_d) = \Phi\left[\frac{1}{\beta_{ds}}\ln\left(\frac{S_d}{\bar{S}_{d,ds}}\right)\right] \tag{2.3}$$

$P(d_S|S_d)$: Belirli bir üst bina tepkisi için hafif hasara erişme olasılığı S_d

$\bar{S}_{d,ds}$: Hasar evresinin eşiğine ulaşan binadaki spektral yer değiştirmenin medyan değeri

β_{ds} : Spektrumun doğal logaritmasının standart sapması

Φ : Standart kümülatif dağılım fonksiyonu



Şekil 2-12 Hasar Seviyesinin Gösterildiği Kapasite Spektrum Metodu (FEMA 2011)

Belirli bir hasar evresinin medyanı ve binanın zirve tepki değeri yerine konularak her bir hasar evresinin olasılığı hesaplanır. C3 bina tipi için farklı hasar evrelerinin değerleri Tablo 2-12'de gösterilmiştir. Beklenen hasarın muhtemel seviyeleri bina tipinden tipine ve farklı sismik tasarım seviyelerine göre değişiklik gösterir. Demirsiz taş dolgu duvarlı betonarme çerçeveli binaların hasar durumları Tablo 2-12'de tanımlanmıştır.

Çizelge 2.13. Yapısal Kırılganlık Eğri Parametreleri (FEMA 2011)

Bina Tipi	Hafif		Orta		Ağır		Yıkık	
	$S_{d,ds}$	$ß_{ds}$	$S_{d,ds}$	$ß_{ds}$	$S_{d,ds}$	$ß_{ds}$	$S_{d,ds}$	$ß_{ds}$
Düşük Kod – Sismik Tasarım								
W1	0.50	0.93	1.25	0.98	3.86	1.02	9.45	0.99
C3L	0.54	1.09	1.08	1.07	2.70	1.08	6.30	0.91
C3M	0.90	0.85	1.80	0.83	4.50	0.79	10.50	0.98
C3H	1.30	0.71	2.59	0.74	6.48	0.90	15.12	0.97
Ön-Kod-Sismik Tasarım								
W1	0.40	1.01	1.00	1.05	3.09	1.07	7.56	1.06
C3L	0.43	1.19	0.86	1.15	2.16	1.15	5.04	0.92
C3M	0.72	0.90	1.44	0.86	3.60	0.90	8.40	0.96
C3H	1.04	0.73	2.07	0.75	5.18	0.90	12.10	0.95

Kümülatif hasar olasılıklarının hesaplanmasından sonra ayrılma hasar olasılıkları hesaplanır.

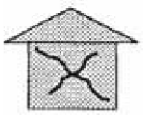
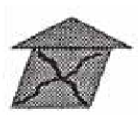
Çizelge 2.14. Ayrılma Hasar Olasılıkları (FEMA 2011)

Olasılıklar	
TAM HASAR	$P[C] = P(C\|S_d)$
AĞIR HASAR	$P[E] = P(E\| S_d) - P(C\|S_d)$
ORTA HASAR	$P[M] = P(M\| S_d) - P(E\| S_d)$
HAFİF HASAR	$P[S] = P(S\| S_d) - P(M\| S_d)$
HASARSIZ	$P[N] = 1- P(E\| S_d)$

HAZUS bina tiplerinden C3 tipi, duvar iç dolgusu demirsiz taş yapı olan ve çerçeve yapısı betonarme olan binalara göre tanımlanmıştır. Bu binalarda kolonlardaki çapraz gerilmeler

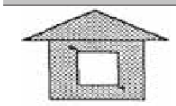
iç dolgunun çatlamasından sonra sistemin kendini biçimlendirme davranışını sınırlandırabilir. Duvar dolgusu tuğla veya beton bloklardan birisiyle yapılır. Bu duvarların kolonlara bağlanması doğru değildir. Duvarlar ayrı çalışmalıdır.

Çizelge 2.15. C3 Bina Tipinin Hasar Dereceleri (FEMA 2011)

Hasar Derecesi		Tanım
	Hafif	Duvar dolgusunda yatay ve çapraz kılcal çatlaklar; çerçeve yapı ile dolgu arası birleşim yerlerinde çatlaklar
	Orta	Duvar dolgu yüzeylerinde büyük çapraz veya yatay çatlaklar, kolon-kiriş birleşim yerlerindeki duvar tuğlalaları veya briketlerin kırılması, ezilmesi. Beton kiriş veya kolonlarda çapraz çatlaklar gözlemlenmesi
	Ağır	Duvar dolgusunda çok büyük çatlaklar. Bazı tuğlaların düşmesi ve çıkması, duvar dolgu düzleminde oluşan çıkıntılar, bazı duvarların kısmen düşmesi. birkaç kolon veya kirişin kısmi çöküş etkisiyle mukavemetini yitirmesi. Yapıda kalıcı yatay deformasyon ihtimali
	Yıkık	Yapı çökmüştür veya betonarme kolon ve kirişlerin süneklik olarak yetersizlikleri ile dolgu duvarlarının işlevsizliğinin toplamı çökme tehlikesi yaratmaktadır. Yaklaşık olarak yapıda %15'i hafif, %13'ü orta veya %5'i ağır hasar var ise çökme tehlikesi mevcuttur.

W1 bina tipleri ahşap yapılardır ve bu yapıların en belirgin tipleri dağlık bölgelerde bulunmaktadır. Bunalar hafif yapılardır ve bütün yapısal sistemleri kısa sürede inşa edilmiştir. Çerçeveler arasında kalan bölümler bamboo, lif, plastik gibi kaplama malzemelerinden imal edilmiştir fakat bunların yapısal bir önemi yoktur.

Çizelge 2.16. W1 Bina Tiplerinin Hasar Dereceleri (FEMA 2011)

Hasar Seviyesi		Tanım
	Hafif	Kapı ve pencere köşeleri ile duvar tavan birleşim yerlerinde küçük sıva ve alçıpan çatlakları; taş bacada ve taş kaplamada ufak çatlaklar
	Orta	Kapı ve pencere açıklıklarında büyük sıva ve alçıpan çatlakları, duvar panallerinde küçük çapraz çatlaklar, alçı ve sıva çatlakları. Tuğla bacalarda büyük çatlaklar
	Ağır	Duvar paneller üzerinde büyük çapraz çatlaklar veya panel birleşim yerlerinde büyük çatlaklar, döşemelerin ve çatıların kalıcı yatay hareketlenmeleri. Temelde çatlaklar, ahşap taban plakalarının ayrılması, yapının temeli üzerinden kayması. Yapı içinde ve çatıda kısmi çökmeler.
	Yıkık	Yapıda kalıcı yatay yerdeğiştirme olması. zayıf duvarlar veya sistemin yatay yükleme etkisi altında mukavemetini kaybetmesi ve çökme tehlikesi olması. Yaklaşık olarak W1 tipi binalarda %3 hasarlı ise çökme beklenmektedir

BÖLÜM 3
MATERYAL VE METOT

Depremler insanoğlunu etkileyen güçlü doğal afetlerdir. Bir depremden sonra kritik problemlerden bir tanesi bina hasar tespitidir. Hasarın cinsi, oranı ve miktarı felaket bölgesindeki insanlık, kurtarma ve yeniden yapılanma operasyonları için gerekli bilgilerdir. Uzaktan algılama; temassız, ucuz maliyet, geniş alan görüşü ve hızlı yanıt kapasiteleri gibi özellikleri ile bina hasar tespitlerinde bilgi edinmede önemli bir rol almaktadır. Şu anda birçok ve çeşitli uzaktan algılama veri tipleri mevcut olup bina hasar tespitleri için önemli metodlar geliştirilmiştir. Bu doküman da 2 kategoride bu metodların kapsamlı bir anlatımı işlenmektedir.

Çoklu-Zamansal Teknikler : Önceki ve mevcut durum verileri arasındaki değişimler için kullanlır.

Tekli-Zamansal Teknikler : Sadece mevcut durum verilerini değerlendirmek amacıyla kullanılır.

Bu her 2 kategori, kullanılmış uzaktan algılama verisi, kapsamlı görüş, LİDAR ve SAR veri tiplerinin yardımıyla detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

3.1. Deprem Tesir Etmiş Binalarda Uzaktan Algılama teknikleri ile Hasar Tespiti Yapılması

Depremlerin insanlığı derinden etkileyen güçlü doğal afetler olduğundan bahsetmiştik. Dünya genelinde her yıl 1 milyon'dan fazla deprem meydana gelmektedir. Sadece 2001-2011 yılları arasındaki periyotta, felaketler 780.000'den fazla ölüme yol açmış ve tüm felaketlerin yol açtığı bu ölüm oranının yaklaşık %60'ına deprem felaketleri sebep olmuştur. (Bartels ve Van-Rooyen, 2011). Depremlerin tehdidi, küresel kentleşme ile muhtemelen artacak ve böylece milyonlarca insan deprem felaketine maruz kalacaktır. Bizler depremleri önleyemesek bile bir yol bulabiliriz.

Neyse ki, uzaktan algılama teknikleri, uydu ve hava bağlantıları bu konuda çok katkı sağlayabilirler. Örneğin termal kızılötesi görüntüler deprem tahminleri için kullanılabilir. (Tronin ve ark. 2002 Ouzounou ve ark. , 2006 ; Joyce ve ark. 2009.). Dünyanın yüzey kırılmalarını veya deformasyonunu ölçmek için In-SAR (İnterferometrik Yapay Açıklıklı Radar) , (Gabriel ve ark. , 1989 ; Massonnet ve ark. , 1993) , ve bina hasar tespitleri için Optik, SAR, LİDAR verileri kullanılabilir. (Ehrlich ve ark. , 2009 ; Corbane ve ark. , 2011). Bu doküman da özellikle cevaplama ve kurtarma aşamaları

çerçevesinde bina hasar tespitleri için uzaktan algılanan verilerin işlenilmesine odaklanılmıştır. Amerikalı bilim adamları 1964 Alaska Depreminin sebeplerini anlamak için 6 adet uzaktan algılama görüntüsü kullanmıştır ve bu büyük ihtimalle sismik alandaki uzaktan algılama uygulamasının ilkiydi. (Duan ve ark. , 2010). Daha sonradan, deprem tesir etmiş binaların hasar tespitlerinde birçok geçici deney yapılmıştır ve araştırmacılar bu çalışmaların öncülüğünde çok önemli gelişmeler kaydetmiştir. Çizelge 3.1. 'de birçok deprem, meydana geldiği mevkiiler ve hakkında yapılan araştırma ismi ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 3.1. 1976 yılına kadar meydana gelen birkaç deprem ve yapılan çalışmalar

Depremler	**Referanslar**
1976 Tanghsan, Çin	Liu ve ark. (2004)
1980 Santomenna, İtalya	Gamba ve Casciati
1995 Kobe, Japonya	Ogawa ve Yamazaki (2000), Yonezawa ve Takeuchi (2001), Yonezawa ve ark. (2002), Ito ve ark. (2000); Mitomi ve ark. (2002), Matsuoka ve Yamazaki (2004)
1999 İzmit, Türkiye	Türker ve San (2003 , 2004), Türker ve Çetinkaya (2005), Güler ve Türker (2004), Sümer ve Türker (2006), Stramondo ve ark. (2006) ve Brunner ve ark. (2010)
1999 Kocaeli, Türkiye	Matsuoka ve Yamazaki (2000), Sümer ve Türker (2006), ve Rasika ve ark. (2006)
1999 Nantou, Tayvan	Zhang ve ark. (2003)
2001 Gujarat, Hindistan	Yusuf ve ark. (2001), Saito ve ark. (2004), ve Liu ve ark. (2004)
2003 Bam, İran	Sakamoto ve ark. (2004), Adams ve ark. (2005), Saito ve Spence (2005), Kohiyama ve Yamazaki (2005), Yamazaki ve ark. (2005), Yamazaki ve Matsuoka (2007), Rathje ve ark. (2005a, 2005b), Gusella ve ark. (2005), Huyck ve ark. (2005), Matsuoka ve Yamazaki (2005), Vu ve ark. (2005), Stromondo ve ark. (2006), Hoffman (2007), Gamba ve ark. (2007a), Archiniegas (2007), Chesnel ve ark. (2007), Rezaian ve Gruen (2007), Samadzadegan ve Rastiveisi (2008), Chini ve ark.. (2009), Rezaeian (2010), Brunner ve ark.. (2010) ve Bignami ve ark. (2011)

Çizelge 3.1'in devamı

2003 Bourmerdes, Cezayir	Vu ve ark. (2004), Yamazaki ve ark. (2004), Biteli ve ark. (2004), Trianni ve Gamba (2008)
2004 Darfur, Sudan	Tomowski ve ark. (2010)
2004 Endonezya	Chini ve ark. (2008)
2005 Kaşmir, Pakistan	Chini ve ark. (2011)
2006 Mid Java, Endonezya	Matsuoka ve Yamazaki (2006), Miura ve ark. (2007), Brunner ve ark. (2010), Kerle (2010)
2007 Peru	Trianni ve Gamba (2008)
2008 Vençuan, Çin	Li ve ark. (2009), Guo ve ark. (2009), Wang ve ark. (2009), Wang ve Jin (2009), Liu ve ark. (2010), Vu ve Ban (2010), Duan ve ark. (2010), Balz ve Liao (2010), Pan ve Tang (2010), Dong ve ark. (2011), Tong ve ark. (2012), Ma ve Qin (2012)
2009 L'Aquila, İtalya	Dell'Acqua ve ark. (2011), Guida ve ark. (2010), Polli ve ark. (2010), Cossu ve ark. (2012)
2010 Haiti	Polli ve ark. (2010), Yu ve ark. (2010), Dell'Acqua ve Polli (2011), Gerke ve Kerle (2011), Malinverni (2011), Hussain ve ark. (2011), Miura ve ark. (2011), Uprety ve Yamazaki (2012), Wang ve Jin (2012)
2010 Yushu, Çin	Ma ve Qin (2012)
2011 Tohoku Japonya	Satake ve ark. (2012) ve Liu ve ark. (2012)

Deprem tesir etmiş binaların hasar durumu şehirleri tehdit eden önemli unsurlardan birisidir.

- Toplam hasar miktarı ve tesir ettiği alan,
- Yıkılan bina oranı,
- Deprem tesir etmiş alandaki hasarın derecesi ve
- Felaket bölgesindeki kurtarma yeniden yapılanma faaliyetleri için bina ile ilgili önemli bilgiler aracılığıyla elde edilen genel hasar tespiti (Scheweier ve Markus, 2006).

Bu hedefe ulaşmak için binalar arasındaki özellikleri yeterince iyi ayırt ederek elde edilen verilerin uzaysal çözümlemesine ihtiyaç vardır. Örnek araştırmada kullanılan verilerin büyük bir kısmı yüksek kararlılıktadır ve 4 kategoride sınıflandırılabilirler.

1. Görüş Verisi
2. SAR Verisi
3. LİDAR Verisi
4. Yardımcı Veri

Yardımcı veri , uzaktan algılama ve yerinde yapılan bina hasar tespitleri aracılığıyla elde edilen GIS verilerinden üretilen haritaları kapsamaktadır. Platform ve sensör tiplerine göre de derecelendirilmektedir. Çizelge 3.2'de deprem hasarlı binaların bulunması için 10 m'lik uzaysal çözünürlükten daha iyi çözünürlükteki bazı veriler gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Bina hasar tespitleri için elde edilen bazı uzaktan algılama verileri

Veri Tipi	Edinim Platformu		Sensör	Uzaysal Çözünürlük (m)	Tekrar Sıklığı	Başlatma Tarihi
Optik veri	Havai Kaynaklı	Uçak, İnsansız Hava Araçları	ADC, DMC, UCD, SWDC	ca 0.1	Talebe göre	1972'den itibaren
	Uzaysal Kaynaklı	Quickbird	Pankromatik	0.6	1.5-3 gün	Ekim 2001
			Multispektral	2.4		
		Worldview-1	Pankromatik	0.5	1.7 gün	Eylül 2007
		Worldview-2	Pankromatik	0.46	1.1 gün	Ekim 2009
			Multispektral	1.85		
		IKONOS	Pankromatik	1	1.5-3 gün	Eylül 1999
			Multispektral	4		
		RapidEye	Multispektral	5	1 gün	Ağustos 2008

Çizelge 3.2’nin devamı

Optik veri	Uzaysal Kaynaklı	ALOS	PRISM	4	2	Ocak 2006
			AVNIR	10		
		GeoEye-1	Pankromatik	0.41	2-3 gün	Mart 1998
			Multispektral	1.65		
		SPOT-4	Pankromatik	10	2-3 gün	Mart 1998
		SPOT-5	Pankromatik	5	2-3 gün	Mayıs 2002
			Multispektral	10		
		SPOT-6	Pankromatik	1.5	1	Eylül 2012
			Multispektral	6		
		Pleiades-1	Pankromatik	0.5	1	Aralık 2011
			Multispektral	2		
		KOMPSAT-2	Pankromatik	1	2-3 gün	Temmuz 2007
			Multispektral	4		
		Formasat-2	Pankromatik	2	1	Mayıs 2004
			Multispektral	8		
		OrbView-3	Pankromatik	1	3 gün	Temmuz 2003
			Multispektral	4		
		EROS-A	Pankromatik	1.9	5 gün	Aralık 2000
		EROS-B IRS-P6 (Resourcesat-1)	Pankromatik	0.7	5 gün	Nisan 2006
			Multispektral	5.8	5 gün	Ekim 2003
		IRS-P5 (Cartosat-1)	Pankromatik	2.5	5 gün	Mayıs 2005
SAT	Havai Kaynaklı	Uçak, İnsansız Hava Araçları	MEMPHIS	ca 0.1	Talebe göre	1972’den itibaren
	Uzaysal Kaynaklı	SAOCOM ALOS	PALSAR	10	16 gün	2003

Çizelge 3.2'nin devamı

SAR	Uzaysal Kaynaklı	SAOCOM ALOS	PALSAR	10	2 gün	Ocak 2006
		Radarsat-1	Fine	8	24 gün	Kasım 1995
		Radarsat-2	Ultra-Fine	3	24 gün	Aralık 2007
			Fine	8		
			Quad-pol fine	8		
		Cosmo-Skymed	Spotlight	1	1,5 gün	Haziran 2007
			Stripmap	3		
		TerraSAR-X	Spotlight	1	2.5 gün	Haziran 2007
			Stripmap	3		
LIDAR	Yerden Havai	Uçak, İnsansız Hava Araçları	Lynx Mobile Mapper, ALTM Orion, ALS70, LMS-S560	<0.1	Talebe göre	1986'dan beri

Mevcut veriler arasında optik görüntüler; gri tonlama, tayf, doku, şekil, morfolojik özellikler gibi çeşitli bina özelliklerini teşhis edebilmek için kullanılabilirler. Oysa ki bina yüksekliği ve ses bilgisi de dijital yükselti modeli (DEM) veya stereoskopik ölçüm aracılığıyla da türetilebilir. (Türker ve Çetinkaya, 2005; Rezaeian ve Gruen, 2007; Tong vb. 2012).

Bununla alakalı olarak yardımcı veri ile ilgili şunları da belirtmekte fayda var.

- Makul Maliyet
- Geniş kapsamlı ve hızlı veri edinim kabiliyeti
- Bugün olabilecek bir olay için yüksek miktarda uzaktan algılama verisi.

Örneğin , Haiti depreminden sonra eşi görülmemiş miktarda ve olağandışı çeşitli tiplerde uzay ve havai sensörlerden SAR, LİDAR ve görsellik gibi uzaktan algılama verileri; toplum organizasyonları, devletin ajansları ve ticari şirketler aracılığıyla elde edilmiştir. (Carbone vb. , 2011). Literatürün yeniden incelenmesiyle çeşitli bina hasar tespit metotları

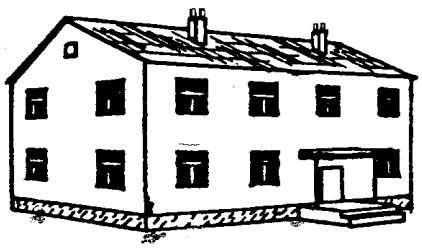
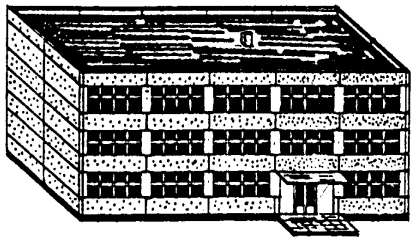
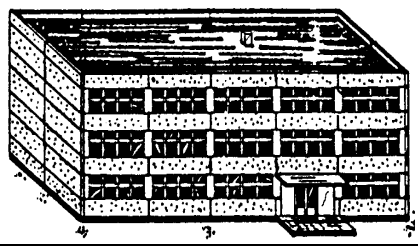
üzerinde küçük araştırmalar yapıldığı ortaya çıkmıştır. Bu doküman bina hasar tespitlerindeki son ilerlemelerin yeniden incelenmesini sağlayarak bu boşluğu doldurmaktadır. Farklı uzaktan algılama metotlarının performansı, bu metotların sağlamlığını ve sınırlarını ortaya çıkarmak amacıyla incelenmektedir.

Bölüm 3.2 de bina hasar tespiti için metrik ölçümlere bir giriş yapılmakta ve ilgili çalışmalar ile alakalı genel bir bakış açısı sunulmaktadır. Önceki ve sonraki olay verilerini kullanan metot grupları bölüm 3.3'de paylaşılmıştır..

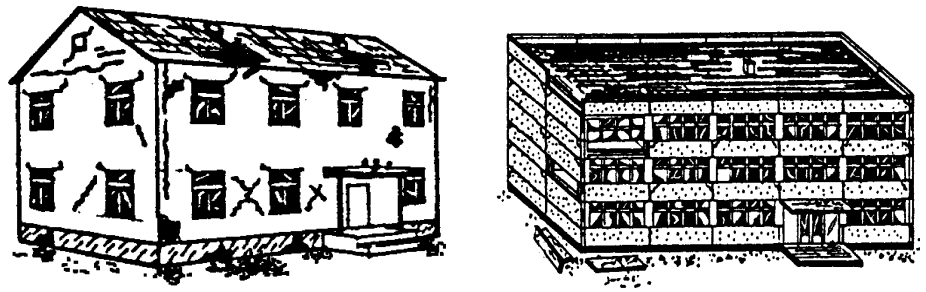
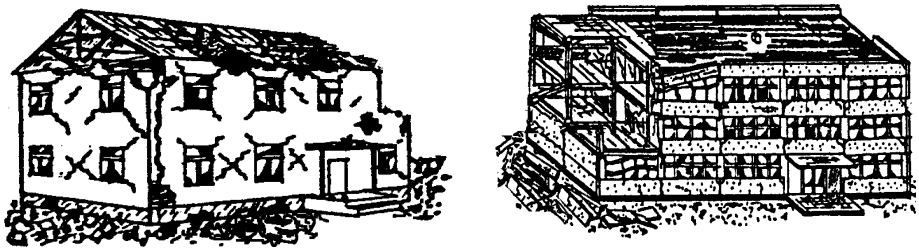
3.2. Bina Hasar Tespitleri için Metrik ve Metodolojik Genel Bakış

Bina hasarı, genellikle incelemelerimizi açıklayabileceğimiz derecelendirme aracılığıyla değerlendirilmektedir. 10 m'lik veya daha kabaca bir çözümlemede, deprem tesir etmiş binalardaki hasar sadece bina blok seviyesine göre birkaç temel hasar derecelendirilmesi ile yapılıp sınıflandırılabilir. Metre ve metre altı çözümlemelerde bina hasar seviyelerinin tespitini ve kesin hasar derecelendirmesini yapmak mümkündür. Farklı yapılardaki binalar için hasar sınıflandırılması ve derecelendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin, Avrupa Makrosismik Ölçeği 1998'e göre (EMS98) Tablo 3'de gösterildiği gibi yığma taş duvar ve betonarme binalardaki hasar sınıflandırılması için 5 adet hasar derecelendirilmesine yer verilmiştir.

Çizelge 3.3. Betonarme ve yığma taş duvarlı binalarda hasar derecelendirmeleri (EMS98'den alınmıştır, Grunthal, 1998)

Yığma taş duvarlı bina	**Betonarme Bina**	
		1.Derece Az Hasarlı
		2.Derece Orta Hasarlı

Çizelge 3.3'ün devamı

	3.Derece Ağır hasarlı
	4.Derece Çok Ağır Hasarlı
	5.Derece Yıkık

Ahşap yapılı binalarda Japonya Başbakanlığının önerisiyle 4 çeşit hasar derecelendirmesi kabul edilmiştir. (Kawai 1995)

1. Hasar Yok
2. Orta Hasar
3. Ağır Hasar
4. Çok büyük Hasar

Okada ve Takai (2000), farklı türdeki binalar için hasar sınıflandırma kataloğu olarak bir hasar index'ini önermiştir.

LIDAR verisinin uygulaması, havadan elde edilen dolaylı görüntüler ve çoklu – perspektif görüntüleri binaların bireysel hasarları için spesifik hasar tiplerinin tespitlerini mümkün kılmaktadır. Var olan bina hasar kataloğu bu amaç için gereksinimleri karşılayamaz iken, Schweier ve Markus (2006) eğilmiş düzlemler, yayılmış çoklu katman çökmesi, tam yıkım hikayesinin olmadığı ama ağır hasarlı hale gelmiş, eğilme gibi bazı tipik hasar çeşitlerini göz önünde bulundurmuşlardır. Görsel veri, SAR verisi ve dünyanın farklı bölgelerine göre değişiklik gösterebilecek uzaktan algılama verisi içindeki bina görüntüleri ve hasar dereceleri arasındaki ilişkiyi algılayabilmek için birkaç çalışma

yapılmaktadır. (Chini ve ark. , 2009; Rathje ve ark. 2005a*)*. Öncesinde edinilen Quickbird görüntülerini ve sonrasında mevcut doğru deprem verilerini kullanarak EMS98'den bina hasar derecelerine göre hedeflerin (kontrast, farklılık, entropi, homojenlik gibi) sözel özelliklerinin hassasiyeti incelenmiştir.

Bu yaklaşımın operasyonel kullanımın sağlayacak kayda değer bir hassasiyet mevcut değildir. (Wang ve ark. 2009).

Wenchuan depreminde hasarlı binaların karakteristik özellikleri havadan elde edinilen yüksek çözünürlükteki SAR görüntüleri içinde analiz edilmiştir. Uygun görüntüleme şartları altında yüksek çözünürlüklü SAR görüntüleri ile hasarlı binaların tespit edilebileceğini bulmuşlardır. Dell'Aqua ve ark. (2011) radar modellerinden elde edilen blok – ortalama hasar – tesir etkisi değişimleri ile olay sonrası Cosmo / Skymed verilerine dayalı hasar değerlendirmelerini inceleyen istatistiklere bağlı değişimler arasındaki ilişkiyle ilgili araştırma yapmıştır. Pan ve Tong (2010), Wenchuan depremi sonrasında bina hasar derecesi ve olay öncesi-sonrası SAR görüntülerinden gelen geri saçılım şiddet farklılıkları arasındaki ilişkiyi incelemiştir ve binaları 3 kategoride sınıflandırmıştır.

- Ağır Hasarlı
- Orta Hasarlı
- Hafif Hasarlı

Cassau ve ark. (2012) bazı yapısal özellikler ve farklı çözünürlükteki SAR görüntüleri aracılığıyla elde edinilen hasar değerlendirmeleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

Genellikle, tamamen yıkılmış kategorisindeki gibi ağır hasar derecelendirmeleri kolaylıkla saptanabilir. Az hasar derecelendirmelerinin (EMS98'DEN derece 2'ye eşit veya daha düşük olan hasar derecesi) tespiti 0.5 m'lik çözümlemedeki uzaktan algılama verisi ile bile sorun olmaya devam etmektedir. (Ehrlich ve ark. 2009; Yamazaki ve ark. 2005; Kerle 2010). Böylece bu kategorilerdeki bina hasar dereceleri arasında birinden birine bir şekilde karar vermek zordur.

Sonuç olarak bina hasar tespitlerinde tatmin edici sonuç edinmek amacıyla değişken hasar derecelendirme tasarımları, kullanılan uzaktan algılama verisinin kalitesi ve tipine göre tanımlanmalıdır. Böylece, pratikte bina hasar sınıflandırması için birkaç az hasar derecesinden bir hasar derecesine ulaşılabilir.

Bina hasar tespitleri için çeşitli metotlar tasarlanmaktadır. Bu metotlar temelde 2 gruba ayrılabilir.

1. Olay öncesi ve sonrası elde edinilen veriler arasındaki değişimlerin tespit edilmesi metodu
2. Sadece olay sonrası verilerin irdelenmesi metodu

Bu 2 metodun arasındaki temel farklar sonuçların kalitesi ve uygulanabilirliği altında yatmaktadır. Metotların karşılaştırılması, sadece olay sonrası verileri kullanarak ve olay öncesi – sonrası verileri aracılığıyla elde edilebilecek birçok doğru sonuç arasında yapılır. Fakat çoklu – zamansal tekniklerin birçok şehirde büyük limitleri vardır. Özellikle gelişen ülkelerde; olay öncesi referans verisi veya yüksek kararlılıktaki nadir veriler için kullanılan uzaydaki COSMO / Skymed ve TerraSAR – X gibi çok yüksek kararlılıktaki yeni radar sistemlerinden veri geldiği zaman elde edilmesi gereken olay öncesi – sonrası homojen görüntüler mevcut değildir. Olay öncesi veri kullanılabilir olduğu zaman bile güvenilir ve doğru sonuçlar elde etmek problem olabilir. Çünkü olay öncesi – sonrası veriler arasında büyük renk ve tayf farklılıkları vardır. (Kaya ve ark. 2011).

Referans verisi dışında idare edilebilen bina hasar tespitlerinde olay sonrası verisinin kullanıldığı metotların temel avantajı ilk bina hasar değerlendirmesi ve hızlı çözüm için uygun olmasıdır. Fakat tekli – zamansal tekniklerin net eksikliği, depremden önceki durumun bilinmesi dışında verilen hasar sonuçlarının az tatmin edici olmasıdır.

3.3. Olay Öncesi ve Sonrası Verilerini Kullanarak Bina Hasar Tespiti

Deprem öncesi ve sonrası uzaktan algılama verisi kullanarak tespit değişikliği bina hasar bilgi edinimindeki en popüler metottur.

- Tespit yaklaşımlarının değişikliği
- Görüntü sayısındaki artışın dahil edilmesi
- Sonradan sınıflandırmaların karşılaştırılması (Mas, 1999)
- Farklı zamanlardaki gözlemler aracılığıyla binanın mevcut durumundaki değişikliklerin belirlenmesi

Görüntü çoğaltma metodu gözlenmiş ve sayısı belli olan, banttan çıkan görüntüler gibi farklı zamansal görüntüleri birleştirerek değişken alanları belirlemek amacıyla matematiksel saptama yöntemini desteklemektedir. Olay sonrası sınıflandırma, bağımsız sınıflandırmadan sonra farklı zamansal görüntüleri denetlemektedir.

3.3.1. Optik Veri

Uzaydaki veya havai sensörler aracılığıyla ve 1 metreden daha ince uzaysal çözümleme ile optik görüntü elde edilebilir. (bkz. Çizelge 3.2). Bu sensörlerden bazıları 10 yıldan fazla süredir bulunmaktadır ve dünyanın geniş bir kısmını görüntülemektedir. Bu şekilde görüntülemenin kullanımındaki artış ve belirli aralıklarla güncellenen görüntü arşivleri, bina hasar tespiti için olay öncesi referans veri kaynağı gibi iyi optik verileri VHR'a sağlamaktadır. Son on yıldır, şehir genelinde bina hasar değerlendirmeleri için optik uzaktan algılama tekniklerinin değeri büyük oranda anlaşılmıştır.

3.3.1.1. Görsel İrdeleme

Deprem öncesi ve sonrası görüntülerine yenilerini eklemek kesinlikle kolay değildir. (Bütün farklı görüntüleme parametreleri ile farklı 2 zamansal görüntü için otomatik değişim algılaması). Bu nedenle otomatik algılama yönteminden ziyade optik görüntülerin görsel irdelemesi pratikte bina hasar tespiti için daha fazla kullanılmaktadır. Saito ve ark.(2004) Gujarat depreminin öncesinde ve sonrasında alınan 3 IKONOS görüntüsü ile yıkılmış binaların görsel yorumlamasını yapmış ve zemin harita verileri aracılığı ile sonuçların kalitesini doğrulamıştır. Ayrıca, Saito ve Spence (2005) sadece olay sonrası Quickbird görüntüleri ile bunların olay öncesi ve sonrası görüntülerinden gelen görsel çeviri sonuçlarını karşılaştırmış ve sadece olay sonrası görüntü kullanımının deprem hasarını hafife almak olduğunu vurgulamışlardır. Adams ve ark. (2005) Bam depreminin acil müdahale aşamasında kurtulanları daha güvenli bölgelere yönlendirmek ve verimli bir yönlendirme planlaması yapmak amacıyla olay öncesi ve sonrası Quickbird görüntüleri ile entegre edilmiş bir görüntüleme sistemi kullanmıştır. Yamazaki ve ark. (2005) Bam depreminin tesir etmiş olduğu hasarlı binaları 4 hasar derecesi ile sınıflandırmıştır. (EMS98). Bölge harita verileri ile sonuçların karşılaştırılması, görsel irdeleme altında az hasarlı binaların derece tespitleri için olay öncesi görüntülerin çok daha fazla yardımcı olduğunu açığa vurmuştur. ''Az Hasar'' dereceli hasarlı binaların sadece olay sonrası verileri kullanarak belirlenmesi zordur ve hasar tespit oranı ağır hasarlı binalara göre daha düşüktür.

Genellikle bu çalışmalarda da görüldüğü gibi görsel irdeleme aracılığıyla bina sınıflandırılmasında iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. Ne yazık ki, görsel irdeleme, zaman tüketen, eğitimli operatörler gerektiren ve ağır iş yükü oluşturan bir yöntemdir. Bu da geniş bir alanda yapılacak hızlı hasar tespiti için uygun değildir.

3.3.1.2. Görüntü Çoğaltımı

Bir depremin öncesinde ve sonrasında elde edilen görüntülerin 2 zamansal veri dizisi arasındaki değişimi gösteren kalıcı bir görüntü üretmek amacıyla kaydı ve çıkarımı yapılır. Gamba ve Casciati (1998) bina hasar tespiti için olay öncesi, olay anına yakın ve olay sonrası havai görüntülerin kullanıldığı otomatik bir sistem geliştirmiştir. Bu metot şekil analizleri ve algısal gruplama ile desteklenmiştir. Görsel irdeleme sonuçları ile karşılaştırıldığı zaman, 2 testte yıkık binaların %70 civarı bu sistemin uygulanması ile doğru şekilde tespit edilebilmektedir. Yusuf ve ark. (2001) Gujarat depremi öncesi ve sonrasında edinilen Land – Sat – 7 renklere duyarlı görüntülerin parlaklık tonlarının kıyaslanması aracılığıyla hasarlı kentsel bölgelerin tespitini yapmıştır. İshii ve ark. (2002) önceki ve sonraki olay havai görüntülerinin aynı coğrafik lokasyonda yer alanlarının renk farkı eşiklemesi ile hasarlı bölgeleri çıkarmak için bir görüntü farkı algoritması önermiştir. Bu metodun zor tarafı gölgeli arazilerdeki hasar tespitleridir. Zhang ve ark. (2003) yapı özellik görüntülerinin desteklediği bir metodu ortaya koymuştur. Bu metotta, blok seviyesindeki hasar derecesi önceki ve sonraki olay görüntülerinin ortalama değişiklikleri ve ortalama gri tonlamadaki farklılıkların eşiklenmesi ile belirlenmiştir. Arazi harita verisi ile yapılan karşılaştırma, sonucun kesin ve hata payının kabul edilebilir seviyede olduğunu ortaya koymuştur. Kohiyama ve Yamazaki (2005) Bam depreminden sonra 15 m'lik çözümlemedeki Terra-ASTER görüntülerini kullanarak hasarlı alanları tespit etmişlerdir. Bu metotta dijital numaraların değişimi, temeli pixel üstüne olan olay öncesi görüntülerle desteklenmiş normal bir tesadüfi değişken gibi modellenmiştir. Olay sonrası görüntülerdeki her dijital numaranın sapma değeri değerlendirilmiş ve depremin etkisiyle oluşan muhtemel yüzey değişikliklere göre analiz edilmiştir. Quickbird görüntüleri ile yapılan karşılaştırma sonucu, bu metodun enkaz binalarındaki hasarı veya bu ayrıştırmada görüntüdeki belirsizliği çözebilmesinin zor olduğu anlaşıldı. Sakamoto ve ark. (2004) otomatik olarak bir Quickbird görüntü çiftiyle coğrafi değişimleri tespit etmek için doğrusal olmayan bir haritalama metodu ortaya koymuştur. Olay sonrası görüntünün olay öncesi görüntüye göre doğrusal olmayan haritalamasını yapmış ve görüntü eşleştirme puanlarının dağılımını hesaplayarak bina hasar derecesini hesaplamıştır. Tespit oranı, arazi harita sonuçları ile karşılaştırıldığı zaman %75 – 90 oranında doğru ve %20 oranında yanlış olabileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Kayıtlı görüntülerden çıkarılan renk, tayf, doku ve diğer özellikler arasındaki farklar hasarlı ve hasarsız binaları ayırt etmekte kullanılabilirler. Rathje ve ark. (2005b), bina hasar tespiti için kayıtlı olay öncesi ve sonrası Quickbird görüntüleri arasında

hesaplanmış bir korelasyon katsayısı ve dokusal özelliklere dayalı değişik bir tespit algoritması önermiştir. Bu metotta hasar dağılımı, 100'e 100'lük pixel penceresi ile pixellerin yüzdesi gibi sınıflandırılmış olarak tanımlanan hasar yoğunluğu ile karakterize edilmiştir. Pesaresi ve ark. (2007) tsunami afetinin yaşandığı bölgelerde hasarlı binaların otomatik tespiti için olay öncesi ve sonrası Quickbird görüntülerinden gelen radyometrik, dokusal ve morfolojik özelliklerin bir kombinasyonunu kullanarak çoklu – kriter metodunu tasarlamıştır. Bu metodun zor tarafı ise enkaz hali dışındaki hasarlı binaların tespitlerinin zor olmasıdır. Tomowski ve ark. (2010) 4 adet dokusal tabanlı değişik tespit yaklaşımının Quickbird görüntülerine uygulanması ile alakalı sonuçları karşılaştırmıştır. Bu çalışmada, farklı yapı özelliklerindeki 4 değişik tespit metodunun karşılaştırılması, ''enerji'' yapı özelliği ile temel bileşen analizini kullanarak çok iyi sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir. Miura ve ark. (2011) Haiti depremi için otomatik bir hasar tespit metodu geliştirmek amacıyla olay öncesi Quickbird ve olay sonrası Worldview – 2 görüntülerindeki yapısal karakteristik özelliklerini kullanmıştır. Birleşik Devletler Araştırma ve Geliştirme Enstitüsünün Operasyonel Uydu Uygulamaları Programından (NDVI) gelen hasar verileri ile karşılaştırılması enkaz halindeki binaların %70 oranında doğru tespit edildiğini ve sonuçları enkaz halindeki binaların farklarının enkaz halinde olmayanların farklılıklarından daha geniş olduğu eğilimini göstermiştir.

3.3.1.3. Sonradan Sınıflandırılmaların Karşılaştırılması

Bina hasarı, olay öncesi ve sonrası verilerinden gelen sonuçların 2 bağımsız sınıflandırılması arasındaki bir karşılaştırma ile tespit edilebilir. Bu çeşitteki metotların temel avantajı, 2 veri dizisi arasındaki radyometrik farklılık etkisini minimize ediyor olmasıdır. Fakat doğruluk tamamen ilk sınıflandırma sonuçlarına bağlıdır. Bitelli ve ark. (2004) olay öncesi – sonrası IRS ve Quickbird görüntülerini kullanarak nesne tabanlı değişik bir tespit yaklaşımı ile farklı derecelendirmeler içinde bina hasar sınıflandırması yapmıştır. Pixel tabanlı metotlardan gelen sonuçlar ile karşılaştırıldığında, nesne tabanlı metotların kayıt problemlerinden az etkilendiği görülmüştür. Gusella ve ark. (2005) deprem öncesi ve sonrası Quickbird görüntülerini kullanarak enkaz halindeki binaların sayılarını belirlemek amacıyla istatistiksel karakteristik özelliklere dayalı nesne tabanlı bir metot önermiştir. Bu metot aracılığıyla yapılan hasar sınıflandırılması için tüm doğruluk payı %70.5 idi. Hucky ve ark. (2005) Bam depreminin IKONOS ve Quickbird görüntülerini kullanarak enkaz halindeki binaların tespiti için kesit farklılıklarına dayalı otomatik bir metot ortaya atmıştır. Bu metodun varsayımı zarar görmemiş binalara kıyasla

olay sonrası görüntülerde hasarlı binalar yüksek oranda kesit farklılığı göstermekteydi. Gamba ve ark. (2007b) olay öncesi ve sonrası görüntülerdeki binaların düzgün parçaları ve NDVI karşılaştırması aracılığıyla hasar tespiti yapmıştır. Tespit oranı %90'nın üzerindeydi. Yamazaki ve ark. (2008) Niigata depremi öncesi ve sonrasında alınan dijital havai görüntülerin nesne tabanlı sınıflandırılması aracılığıyla enkaz halindeki binaları tespit etmiştir. Li ve ark. (2009) Wenchuan depreminden sonra Çin'in Dujiangyan bölgesinden elde edilen Quickbird görüntülerini kullanarak tayf ve uzaysal bilginin kombinesine dayalı bir metot ortaya atmıştır. Sonuçlar tayf ve uzaysal özelliklerin birlikte kullanımının, tayf bilgisinin yalnız başına kullanımına kıyasla tespit oranını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Chini ve ark. (2011) olay öncesi ve sonrası Quickbird görüntülerini kullanarak bina hasar tespiti için morfolojik profil özelliklerine dayalı otomatik bir metot önermiştir.

3.3.1.4. Diğer Metotlar

Bina silüeti ve çatısı gibi diğer bilgilerden bina hasarını tespit etmekte faydalanılabilir. Irvin ve Mckeown 1989; bir binanın ve onun silüetinin arasındaki ilişkiyi desteklemiştir. Vu ve ark. (2004) Quickbird görsellerinden bina yapısındaki yön, şekil ve silüet büyüklüklerinin değişiklikler karşısındaki tepkisine dair araştırma yapmıştır. Bu araştırma da olay öncesi ve sonrası görüntülerin yıkık binaların tespitine yardımcı olarak silüet uzunlukları arasındaki farklılıklar baz alınmıştır. Ayrıca Iwasaki ve Yamazaki (2011), Boumerdes depreminin olay öncesi ve sonrası Quickbird görüntülerindeki silüet uzunluklarından enkaz halindeki binaların yükseklik değişimlerine göre hasar tespitlerini yapmışlardır. Fakat görüntülerden silüet uzunluklarının ölçümlerinin yapılması çok zaman almaktadır. Chesnel ve ark. (2007) olay öncesi ve sonrası Quickbird görüntülerinden bina çatılarının analiz edilmesine dayalı bir metot önermiştir. Çatı hasarını belirlemek amacıyla 2 zamansal görüntüdeki çatı pixelleri arasındaki ilişkiyi analiz etmişti. Sonuçlar, verilerin kesin kayıtlarının bulunduğu VHR görüntüleri ile analiz değişikliklerindeki hassas görünümü ve deprem öncesinde bina oturum sınırlarının veri tabanında bulunmasının hasar tespitlerinde ne kadar güvenilir sonuçlar verebileceğini göstermiştir.

Çoklu perspektif içeren ve dolaylı görüntüler, detaylı bir envanter ve bina hasar bilgilerinin depolanması için oldukça kullanışlıdır. Detaylı bir algılama yöntemi ile binaların yassı kısımları ve bozulmamış çatı dokusunun tespiti mümkündür. Türker ve Çetinkaya (2005), olay öncesi ve sonrası havadan çekilmiş fotoğraflarla oluşturulan DEMs görüntülerini kullanarak İzmit depreminin yol açtığı çökmüş binaları tespit etmiştir. 2

zamansal DEMs görüntüleri arasındaki farklılıkların çökmüş olan binaları tespit etmek amacıyla binadan binaya analizleri yapılmış ve %84 doğruluk payı olduğuna ulaşılmıştır. Asgari yükseklik, ses ve eğim açısı gibi özelliklerle oluşturulan, görüntülerden elde edilen pixel yoğunluğu ve parça şekil gibi özelliklerle kombine edilmiş bir dijital yükseklik modeli (DSM), Rezaian ve Gruen tarafından her binanın kesin hasar derecesini tahmin etmek amacıyla kullanılmıştır. Binalar hasarlı, az hasarlı ve hasarsız olarak sınıflandırılmıştır. Tüm başarı oranı, yöneticinin doğruluk oranı ve kullanıcının doğruluk oranı sırasıyla %71.4, %86.5ve %90.4'dür. Tong ve ark. (2012) olay öncesi ve sonrası IKONOS 3 boyutlu görüntü çiftlerini kullanarak, özellikle bina yükseklikleri gibi 3 boyutlu geometrik değişimlere dayalı bina hasar tespiti yapmıştır. Bina ve blok seviyesindeki tatmin edici sonuçlar, bu metodun Wenchuan depremi sırasında uygulanmasıyla elde edilmiştir. Greke ve Kerle (2011) havadan elde edilen çoklu perspektif görüntüleri aracılığıyla 3 derecelendirme ile bina hasar sınıflandırması yapmışlardır. Eğimli görüntülerin uygulanması, dikey görüntülerin kısıtladığı klasik görüntü metotlarının limitlerini ortadan kaldırabilir. Malinverni (2011), FRAGSTATS yazılımı içinde uygulanan ve manzara ekolojisinden elde edilen manzara metrik sistemine dayalı bir bina hasar tespit metodunu önermiştir. Bu metrik sistem olay öncesi ve sonrası sınıflandırılan Quickbird ve IKONOS görüntülerine uygulanmıştır. Böylece blok seviyesinde sonuçlar elde edilmiştir.

3.3.2. SAR Data

Radar uzaktan algılamasının bütün hava ve bütün zaman verilerini toplayabilme kabiliyetinin yanında yükseklik değişimlerindeki hassasiyeti, onu depremlerin sebep olduğu kentsel hasar haritalaması için uygun kılmaktadır.

TerraSAR – X ve Cosmo – Skymed gibi VHR uydu bağlantılı SAR sensörlerinin yeni nesli 1 m civarında bir çözünürlüğe ulaşabilir ve bina seviyesinde kentesel bölgelerin analizinin yapılmasına izin verebilir. Matsuoka ve Yamazaki (1999) hasarlı ve hasarsız binaların farklı görünümleri üzerinde çalışmıştır. Stramondo ve ark. (2008) Wenchuan depremi olayında çok kısa bir zaman periyodunda kentsel bölgelerdeki hasar tespitini Cosmo – Sky – Med görüntüleme becerisiyle göstermiştir. Tüm tahrip olmuş binaların tespiti bu tip bir veri ile mümkündür ancak kesin hasar derecelendirmesi hala bir muammadır. Genellikle SAR görüntülerindeki tespit değişiklikleri 3 adım prosüdürüne bağlıdır.

- Tekrar çoklu görüntü oluşturulması
- 2 görüntünün pixel'den pixel'e göre karşılaştırılması

- Görüntü eşiklemesi (ikili tonlama)

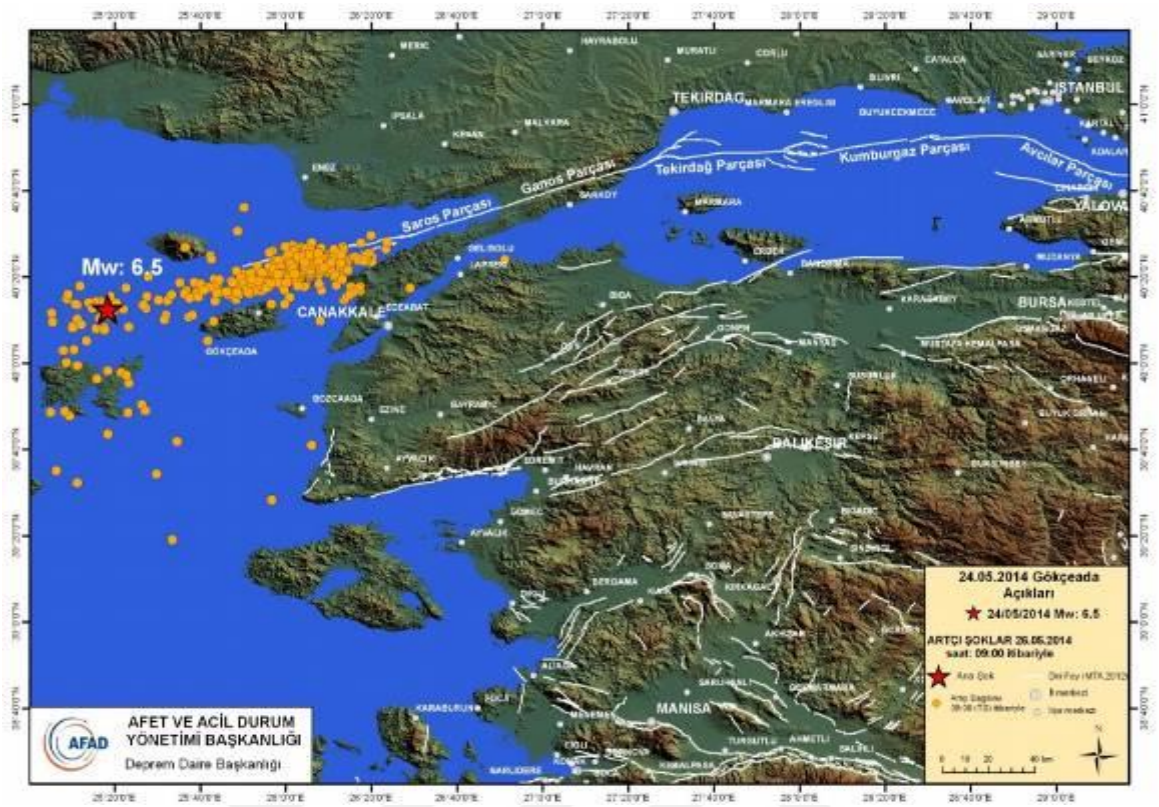
(Tzeng ve ark. 2007)

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

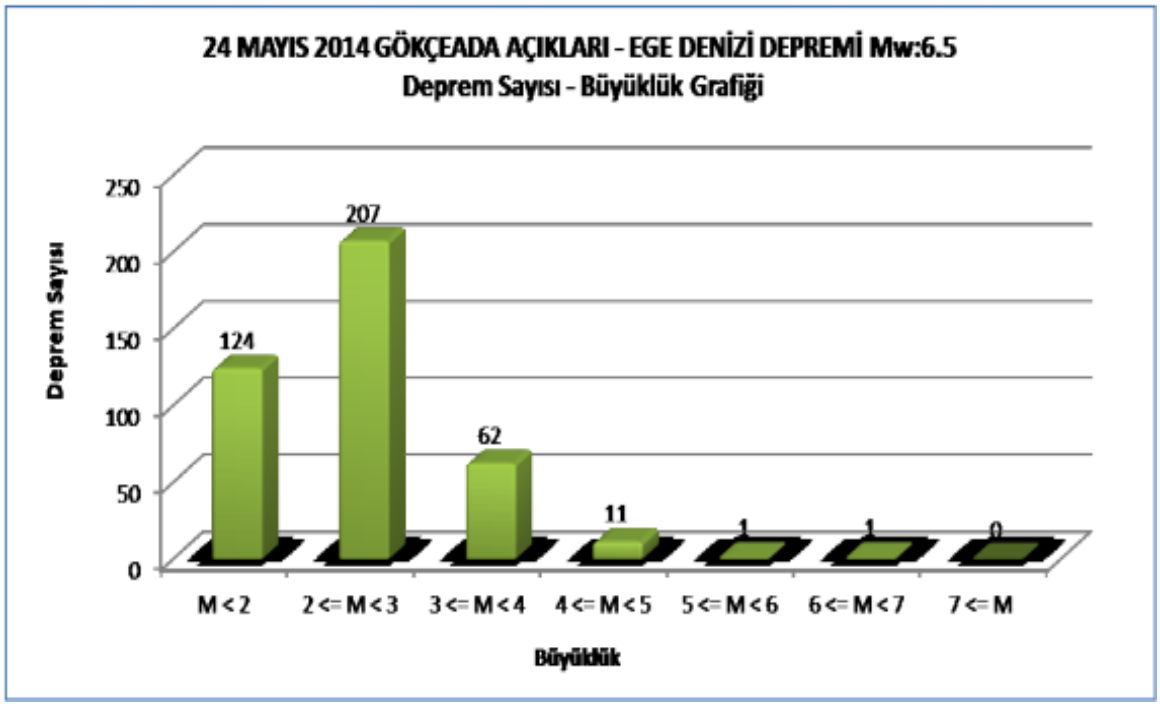
4.1. 24 Mayıs 2014 Gökçeada Depremi

24 Mayıs 2014 tarihinde Türkiye Saati ile 12:25'te Gökçeada açıklarında (Ege Denizi) bir deprem meydana gelmiştir. Depremin dış merkez koordinatları 40.2108 K, 25.3073 D olarak belirlenmiştir. AFAD Türkiye Deprem Veri Merkezi'nden (TDVM) alınan verilere göre meydana gelen depremin büyüklüğü 6.5 olarak hesaplanmıştır. Depremin süresi 42 sn. olarak ölçülmüştür. Söz konusu depremden sonra ilk 48 saat içerisinde büyüklükleri 1.1 ile 5.3 arasında değişen 405 adet artçı deprem meydana gelmiştir. Artçı depremlerin günlük dağılımı da Şekil 2'de verilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde artçı deprem aktivitesi depremden sonra azalarak devam etmiştir (AFAD Ön Rapor 2014).

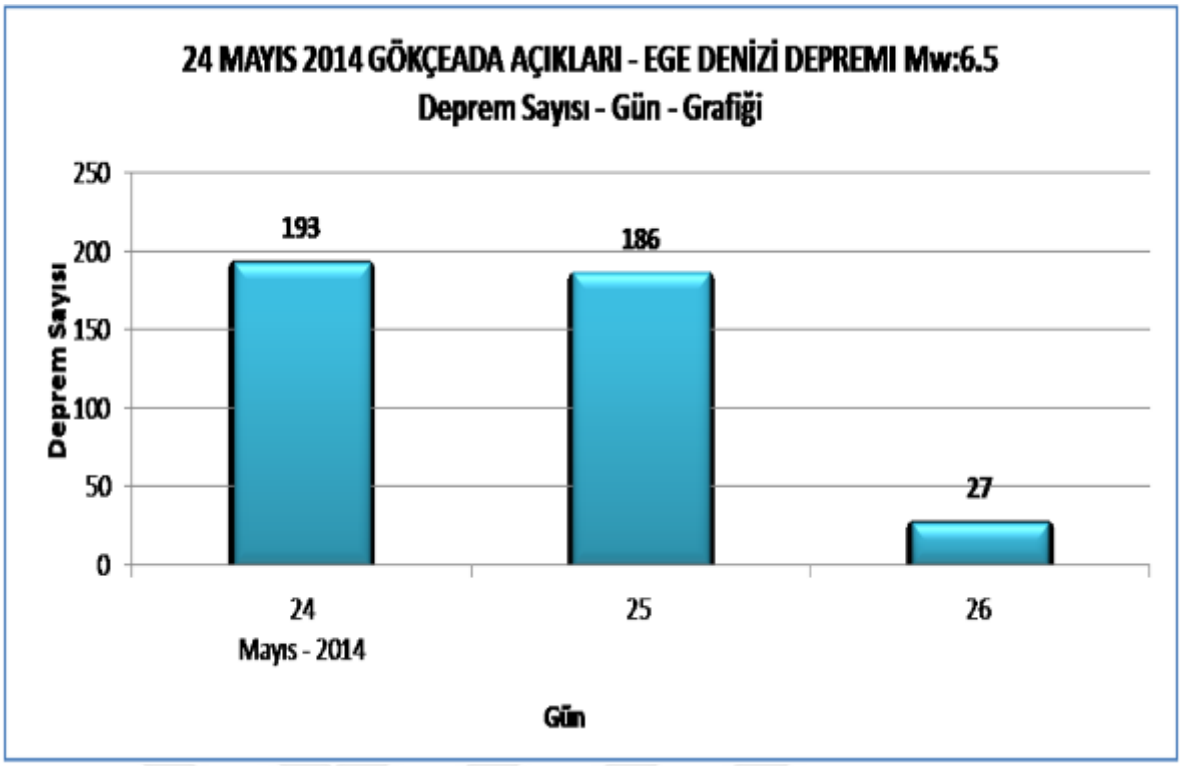
Deprem başta Çanakkale, Edirne, İstanbul, İzmir olmak üzere Ege ve Marmara Bölgelerinde geniş çaplı hissedilmiş olup, AFAD Başkanlığının deprem sonrası yaptığı çalışmalarda, bazı binalarda hafif hasar bilgisi tespit edilmiştir. Yapılan odak mekanizması çalışmaları sonucunda depremin doğrultu atımlı bir faya bağlı geliştiği, bu fayında Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Ege Denizi içerisindeki devamına ait olduğu düşünülmektedir (Şekil 3). AFAD Başkanlığının Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem ağından elde edilen en yüksek ivme değeri, deprem episantrına 51 km uzaklıktaki Gökçeada istasyonunda Doğu-Batı yönünde 176.59 gal olarak hesaplanmıştır (Tablo 1, Şekil 4,5). Söz konusu deprem yaklaşık 200 ivme kayıtçısı tarafından kaydedilmiş olup, bu istasyonlardan 135 tanesinin verisi değerlendirilmiştir. Depremden hemen sonra sismik şiddet dağılım haritası AFAD-RED programı yardımıyla oluşturulmuştur (Şekil 6,7,8). Aletsel dönemde bölgede meydana gelen depremler; 1912 M=7.2, M=6.3, M=6.8 Şarköy Mürefte, 1953 M=7.2 Yenice-Gönen, 1972 M=5.0 Ezine, 1975 M=5.5 Gelibolu, 1983 M=5.5 Biga depremleri ve 29 Aralık 2008'de Gökçe adanın Kuzey Doğusunda meydana gelen M=5.1 büyüklüğündeki deprem ve 08 Ocak 2013'de Ege Denizinde meydana gelen Ml=6.2 büyüklüğündeki deprem olarak verilebilir (AFAD Ön Rapor Mayıs 2014).



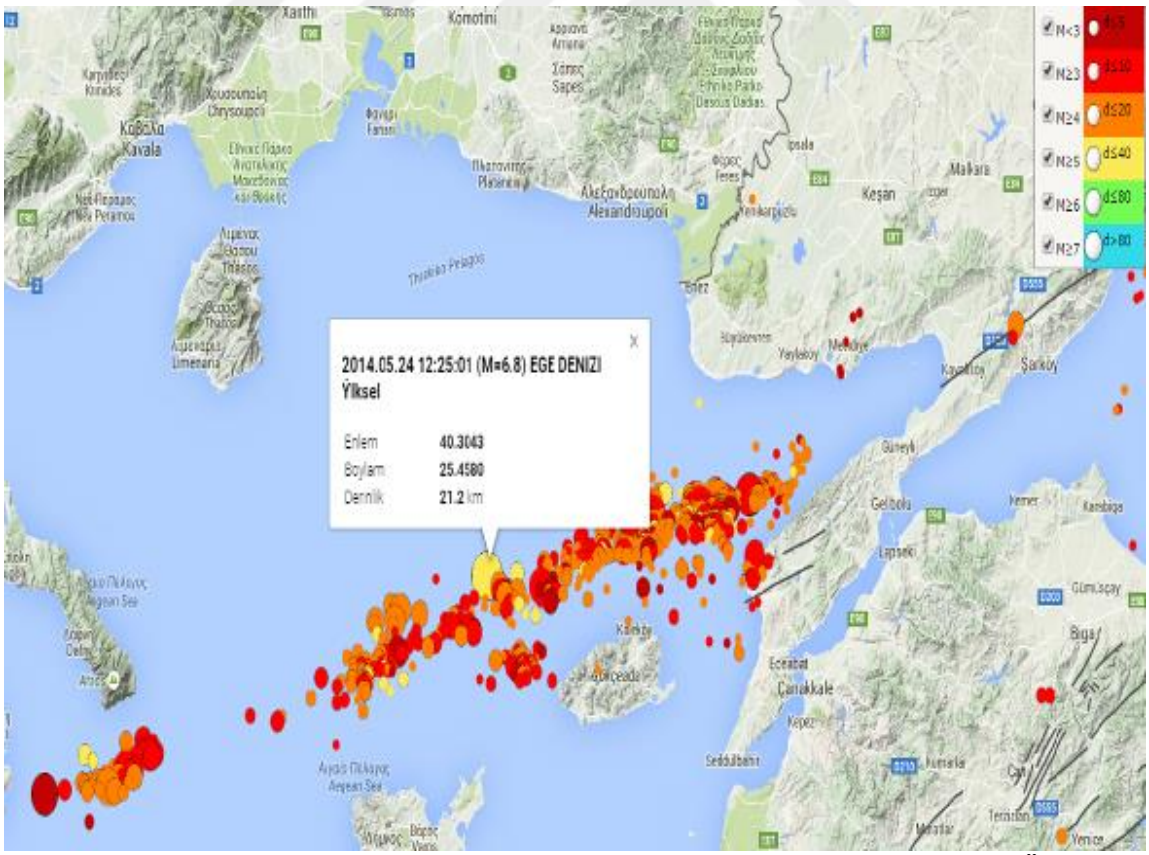
Şekil 4.1. 24 Mayıs Gökçeada Açıkları (Ege Denizi) depremi ve artçı deprem aktivitesi (Mw:6,5) (AFAD Ön Rapor Mayıs 2014).



Şekil 4.2. Artçı Depremlerin Büyüklüklerine Göre Grafiksel Dağılımı (AFAD Ön Rapor Mayıs 2014)



Şekil 4.3. Deprem Sayısı ve Gün Grafiği (AFAD Ön Rapor Mayıs 2014)



Şekil 4.4. 24 Mayıs Gökçeada Depremi ve Artçı Depremler (Boğaziçi Üniversitesi Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi Mayıs 2014)

4.2. Gökçeada Depremi Sonrası Hasar Tespit Çalışmaları ve Doğal Afet Yönetimi

İnsanların toplu yaşadıkları şehir, kasaba ve benzeri yerleşim birimlerinde yer alan binaların büyük bir kısmında, deprem sonrasında çeşitli düzeylerde hasar ortaya çıkmakta, hatta bir kısım bina tamamen çökmektedir. Deprem sonrasında söz konusu bölgedeki hasarın hızlı ve gerçekçi bir biçimde belirlenmesi ve binaların kullanılabilirliğinin araştırılması, sorumlu ve yetkili kuruluşlar tarafından acilen yapılmak durumundadır. "Deprem Sonrası Acil Hasar Tespiti" diye adlandırılan bu işlemle, depremden hemen sonra artçı sarsıntıların devam ettiği süre içinde binaların güvenilirliğinin araştırılması ve tehlikeli binaların boşaltılması yoluyla, yöre insanının can güvenliğinin sağlanması amaçlanmaktadır. Bu işlemin diğer bir amacı da, bölgedeki hasar görmüş yapıların hasar durumlarının incelenmesiyle, oturulabilir, kolayca onarılabilir ve onarılamaz biçiminde değerlendirmelerin yapılması, o yerleşim biriminin deprem sonrası yapılaşma gereksinimi ve onarım faaliyetlerinin büyük ölçüde belirlenmesidir. Bu yolla, gereksiz biçimde ortaya çıkabilecek yeni yapılaşmanın önüne geçilmek suretiyle ülke ekonomisine de katkıda bulunulmuş olunabilmektedir. Ayrıca, o yerleşim yerinde yaşayan insanların gerek oturulabilir binalarda, gerekse onarılabilir binaların süratle onarılmasıyla elde edilecek binalarda ikamet etmesiyle, deprem sonrası evsiz kalanların sayısı da azaltılabilmektedir (Gülkan ve Yakut, 1994).

24 mayıs 2014 tarihinde Türkiye saati ile Ege denizi açıklarında meydana gelen 6,5 büyüklüğündeki bu deprem Gökçeada ilçe merkezi ile beraber ada üzerinde kırsal yapılaşmanın bulunduğu köy ve kasabalarda da küçümsenmeyecek bir maddi hasara sebep olmuştur. Bu bölümde deprem sonrası doğal afet yönetimi ve arazide yapılan hasar tespit çalışmaları ele alınmıştır.

4.2.1 Gökçeada Depremi Sonrası Doğal Afet Yönetimi

Doğal afet yönetimi, çok katmanlı ve çok aşamalı bir süreçtir. Çok katmanlıdır, çünkü uluslararası kuruluşlar , devlet, yerel yönetimler, meslek odaları, üniversiteler, sivil toplum örgütleri, şirketler, bireyler bu sürecin belirli noktalarında yer alırlar. Çok aşamalıdır; çünkü önleme ve zarar azaltma, hazırlıklı olma, tahmin ve uyarı, kurtarma ve ilk yardım, iyileştirme, yeniden inşa etme gibi ara süreçleri vardır. CBS'nin bu katmanlar tarafından, afet aşamalarında felaketi önlemek için kullanılması gerekir (Yomralıoğlu, 2009).

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun, afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve olayların meydana gelmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, olay sırasında yapılacak müdahale ve olay sonrasında gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması ve bu konularda politikaların üretilmesi ve uygulanması hususlarını kapsar. Gökçeada depremi sonrasında Çanakkale Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Çanakkale İl Özel İdaresi, Kara Yolları Genel Müdürlüğü-142. Şube Şefliği, Çanakkale Belediyesi ve diğer yerel yönetimlerden yöneticilerin de aralarında bulunduğu bir acil durum il koordinasyon kurulu oluşturulmuştur

Deprem sonrasında başta Gökçeada olmak üzere Eceabat, Gelibolu, Lapseki ilçeleri ve Çanakkale merkez bina hasar tespit çalışmalarına başlanacak hedef bölgeler olarak belirlenmiştir. İlgili kamu kurum ve kuruluşları ile yerel yönetimlerin bünyesinde mimar, inşaat mühendisi ve inşaat teknikeri olarak çalışan teknik personelin envanteri çıkarılmış ve hasar tespiti yapılacak bölgelere görevlendirilmesi yapılmıştır. Çanakkale Çevre ve Şehircilik İl müdürlüğünde yöneticilerin de katılımıyla gerçekleşen afet il koordinasyon toplantısında teknik personele ön hasar tespit çalışmaları öncesinde brifing verilmiştir.

4.2.2 Gökçeada Bina Tipleri

Kırsal yapı tanımı, genellikle duvarları moloz taştan yapılmış, çamur harçlı ve düz toprak damlı yapılar için kullanılmaktadır. Bu yapıların duvar- taş işçiliği ve duvar- dam bağlantıları yeteri kadar yapılamamaktadır. Böyle bir damın ağırlığı 0.75-1.00 ton/m2 olmaktadır. 12 cm kalınlığında betonarme bir tabliyenin ağırlığı ise 0.300 ton/m2 ‘dir (Bayülke, 2011). Türkiye nüfusunun yaklaşık %30’u köylerde ikamet etmekte, köylerde yaşayan halkın büyük bölümü tarımla geçimini sağlamakta ve kırsal yapılar adı verilebilecek 1-2 katlı ahşap karkaslı kerpiç yapılar, ahşap destekli yığma- kerpiç yapılar ve betonarme lento destekli tuğla ve briket yığma yapılarda oturmaktadır (Alkaya, 2005).

Gökçeada ilçe merkezinde betonarme ve yığma inşaatlar bulunsa da ada üzerinde kırsal bir yapılaşma söz konusudur. Gökçeada ada dışından da insanların konut sahibi olduğu ve yazlık turizminin bulunduğu bir yerdir. Ada kırsalında özelikle Tepeköy, Bademli ve Kaleköy yazlık turizminin sık yaşandığı köylerdir. Bu köylerde bulunan binaların hepsi yığma taş duvarlı yapılardır. yapılan hasar tespit çalışmalarında bu yığma yapıların bazılarında (özellikle son 10 yıl içeresinde inşa edilen) mühendislik kurallarına

ve kat yüksekliklerine dikkat edildiği gözlemlenmiştir. Ancak Ege denizi açıklarında, merkez üssünün Gökçeada'ya yakın bir mesafede bulunduğu 6,5 şiddetindeki bir depremin tesir ettiği ada üzerindeki binalarda yapılan hasar tespit çalışmalarında tam olarak ''hasarsız'' derecelendirilmesi yapılamamıştır.

4.2.3. Hasar Tespit çalışmaları

Yığma yapıların tercih edilmesinin nedeni, Hindistan modeli örneğinde de bahsettiğimiz gibi yerel malzemeler ve yerel mevcut kaynaklar ile kolay inşa edilmesi ve daha ekonomik olmasıdır. Bu tür yapılar, genellikle, yeterli mühendislik bilgisi olmadan standartlara bakılmaksızın gelişigüzel olarak inşa edilmektedirler. Belirtildiği üzere, yığma yapılar, tuğla ve harç gibi gevrek malzemelerden oluştukları için, süneklikleri düşüktür. Geleneksel yapıların ve özellikle kırsal kesimlerde konut ve hayvan barınağı olarak sıklıkla kullanılan bu yapı türünün hasar şekillerinin incelenmesi ve bu doğrultuda önlemler alınması gerekmektedir (Çırak, 2011). Ancak gökçeda kırsalında özellikle Bademli, Kaleköy ve Tepeköy gibi köylerde daha öncede belirtidiği gibi bazı binalarda yığma taş duvar yapı imalat işçiliğine önem verildiği ve mühendislik kurallarına riayet edildiği gözlemlenmektedir. Yığma yapılar düzgün, deprem bölgesine göre uygun kat sayısında ve mühendislik kurallarına riayet edilerek yapılırsa, avantajlarından bahsetmek mümkündür. Örneğin deprem bölgelerinde dolu tuğla ve çimento harcı ile özenli olarak örülen bir- iki katlı tuğla yığma binalarda, her iki yönde duvar alanı plan alanının yüzde onundan fazla ise, bu binaların yeterli deprem güvenliğine sahip olduğuna kanaat getirmek mümkündür (ODTÜ, 1995). Deprem etkisi altında yığma yapıların çerçeveli yapılara göre bazı belirgin avantajları vardır. Bunların başlıcaları şöyle sıralanabilir (ODTÜ, 1995):

- Kutu şeklindeki taşıyıcı sistemleri basit ve süreklidir.
- Düşey yükleri taşıyan duvar elemanları yatay yükler altında perde duvarı olarak görev yaparlar.
- Taşıyıcı sistemde düğüm noktaları olmadığı için iç kuvvetler belirli bölgelerde aşırı değerlere ulaşmazlar ve oldukça düzgün bir dağılım gösterirler.
- Yığma sistemin kuruluşu ve yapımı basit olduğundan kalifiye işçilik gerektirmez, sistem işçilik hataları tolere edebilir.

Yığma yapılarda Taşıyıcı sistemi duvarlar oluşturur. Bu sebeple duvarlarda oluşan hasarlar taşıyıcı sistemi doğrudan etkiler. Yığma yapılarda bu özelliği nedeniyle betonarme yapılardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan sistem hasarı gibi ayrım yapılamaz. Yığma yapılarda duvarlar oturmalara karşı çok duyarlıdır. Bu sebeple en küçük oturmalarda duvar

ve temel kesişim bölgelerinde kısmi çatlaklar gözlemlenebilir. Bunun nedeni yığma yapıların gevrek olması ve çatlamalara karşı direnebileceği elastik gerilim değerinin düşük olmasıdır. Kısa periyotlu olmaları nedeni ile uzak depremler yığma yapıları pek etkilemez. Kısa periyotları nedeni ile depremin merkezine yakın bölgelerde en büyük yer ivmesi olarak uç ivmesi gibi bir ivme ile zorlanır (Bayülke, 2011). Yığma yapıların depreme karşı dayanıksız olmaları sebebiyle bazı önlemler alınmıştır. Dış ve iç duvarlar üzerinde en basitiyle ahşaptan bile olsa binayı dolaşan ve kuşatan duvar altı ve üstü hatıllar yerleştirmek bu önlemlerden biridir (Karaşin, Karaesmen, 2005). Yığma yapı duvarlarında, üst kısımda yeterli rijitlikte döşeme, lento bağlantısı yapılmamışsa, düzlemlerine dik yönde de hasar görürler. Duvarlarda su basman, kapı, pencere hatılı ve döşeme hatılı olmak üzere yatay bağlantılar tekniğine uygun yapılmamışsa depremden zarar görmeleri çok yüksek olasılıktır (Çırak, 2011). Yığma yapıların en büyük özelliği taş, tuğla, kerpiç, harç ve beton gibi malzemelerden inşa edildiği için basınç dayanımının yüksek olması ve çekme dayanımının düşük olmasıdır. Deprem anında yapıların şekil değiştirmesine karşı direncini çekme gerilmeleri belirler. Yığma yapılarda çekme dayanımının ve yapıyı meydana getiren malzemeler arasında bağlayıcı olarak kullanılan harcın kayma dayanımının düşük olması en önemli hasar sebebidir. Yığma yapının çekme ve basınç altındaki sünek olmayan davranışı, yapının önemli bir plastik şekil değiştirme göstermeden aniden göçmesine neden olur (Celep, Kumbasar, 2004).



Şekil 4.5. Yığma Taş duvarda Oluşan kesme çatlağı



Şekil 4.6. Pencere köşelerinde oluşan derin çatlaklar



Şekil 4.7. Duvar kesişim yerlerinde meydana gelen sıva çatlakları ve kılcal çatlaklar



Şekil 4.8. Kerpiç duvarda meydana gelen çatlaklar ve sıva çatlakları



Şekil 4.9. Sağlam yapılmayan köşe bağlantı yerinde meydana gelen ayrılmalar



Şekil 4.10. Yığma binanın çatı kısmında meydana gelen ağır hasar



Şekil 4.11. Yığma duvarda meydana gelen ayrılmalar



Şekil 4.12. Temelde 2 bölümün farklı oturmasından dolayı meydana gelen çatlak



Şekil 4.13. Pencere hatlı olayan yığma taş duvarda ayrılma ve çatlamalar



Şekil 4.14. Köşe bağlantısında kılcal çatlak



Şekil 4.15. Yüksek hasarlı yığma bina



Şekil 4.16. Kapı hatılında meydana gelen hasar



Şekil 4.17. Metruk halde bulunan bir binada depremden sonra meydana gelen hasar

Yığma taş yapılar ağır ve rijit olduğu için çok fazla deprem yüküne maruz kalırlar. Rijit olmalarından dolayı deprem yükü altında çok sünek davranış gösteremedikleri gibi göçme eğilim gösterirler. Duvarlarda su basman, kapı, pencere hatılı ve döşeme hatılı olmak üzere yatay bağlantılar tekniğine uygun yapılmamışsa depremden zarar görmeleri çok yüksek olasılıktır (Çırak, 2011). Köşe birleşim yerlerinde lento bağlantısının da düzgün yapılması, düzlemlerine düşey yönde hasar etki etmemesi açısından önemlidir. Düzgün ve rijit köşe bağlantısı yapılması ve planda simetriden ayrılmamak gerekir. Yığma duvarın düzlem dışı dayanımının, düzlem içi dayanımına göre daha küçük olduğu ve kırılmaların düzlem dışı olduğu, deprem hasarlarından açıkça görülmektedir (Kanıt vd, 2005). İşçilik, derz kalınlığı, duvar kalınlığı, yatay ve düşeydeki lento bağlantıları, duvar altı hatılları, kullanılan malzeme ve harç arasındaki bağlayıcılık gibi parametreler yığma binalarda hasar derecesini etkileyen en önemli faktörlerdir.

24 mayıs Gökçeada depremi sonrasında arazide yapılan bina hasar tespit çalışmaları AFAD tarafından belirlenen hasar tespit formlarına göre yapılmıştır. Gökçeada da yapılan hasar tespit çalışmaları 3 aşamada yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Hasar Tespitinin Amaçları (Aksaray Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü)

Ön Hasar Tespiti	Hasarın yoğun olduğu bölgelerin tespiti, can ve mal güvenliği bakımından oturulması sakıncalı olan, acil yıktırılması gereken binaların tespiti, Acil Yardım ve Geçici İskan yardımı yapılacak afetzedelerin belirlenmesi ve kesin hasar tespitleri için gerekli bilgilerin sağlanması amacıyla yapılır.
Kesin Hasar Tespit	Afetzedelerin gördükleri zarara göre konut ve işyeri yardımı yapılmasına esas olan raporlardır. Binalardaki bağımsız birimler tek tek incelenerek, hasar sınıflandırmasına tabi tutulurlar. Hazırlanan raporlar, hak sahipliği, yer seçimi, kira yardımı gibi işlemler için esas teşkil ederler.

Çizelge 4.1.'in devamı

İtiraz Hasar Tespit	Afetzedenin yapılan kesin hasara itiraz etmesi durumunda gerçekleştirilir. Bu çalışmanın raporları da, afetzedelere binalarının gördükleri zarara göre konut ve işyeri yardımı yapılmasına esas olan raporlardır. Binalardaki bağımsız birimler tek tek incelenerek, hasar sınıflandırmasına tabi tutulurlar. Kesin hasar tespit çalışmalarından farkı, bu çalışmada sadece kesin hasar tespit sonucuna yasal süresi içerisinde dilekçe ile itiraz eden vatandaşların konutları/işyerleri/ahır/samanlıkları incelenir.

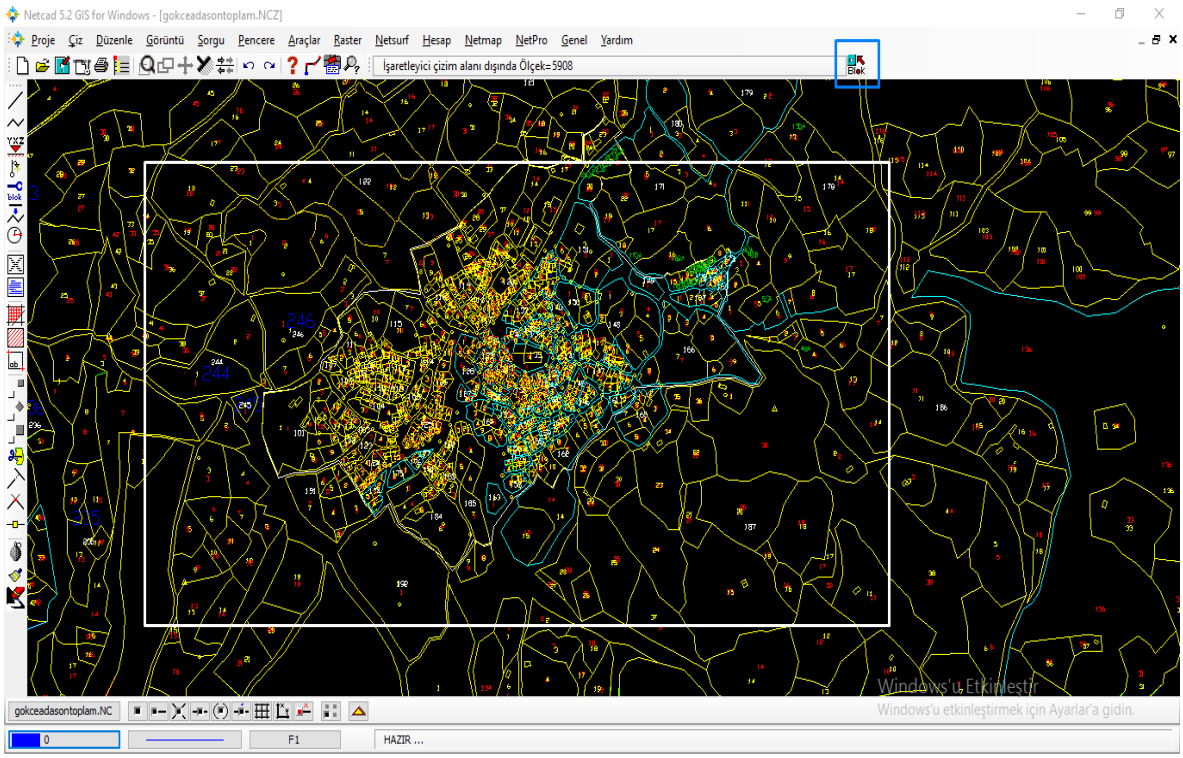
4.2.4 Saha Çalışmaları

24 Mayıs Gökçeada depreminin hemen sonrasında 7269 sayılı kanuna göre afet sonrası oluşan hasarın miktarına bağlı olarak Valilik tarafından Çanakkale ilindeki kamu kurum ve kuruluşları bünyesindeki teknik elemanlar görevlendirilmiştir. Bu nedenle teknik eleman kapasitesini planlarken il genelindeki teknik eleman yapısını düşünmek gereklidir. Yapılan hasar tespit çalışmaları esnasında hem arazi hem de büro faaliyetleri yürütülmüştür. Çanakkale Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü bünyesinde organize edilen hasar tespit bürosu, hasar tespit ekiplerinin bölgelere dağılımı ve araç temini gibi ihtiyaçları karşılamıştır. Ayrıca arazide çalışan ekipler tarafından büroya teslim edilen dosyalar burada arşivlenmiş ve çoğaltılmıştır. Yetkililere her gün araziden gelen sonuçlara bağlı olarak durum raporu hasar tespit formları ile birlikte teslim edilmiştir.. Arazide çalışan ekip, AFAD tarafından normlarının oluşturulduğu bu standart formları kullanarak çalıştıkları yerleşim yerlerine ait hasar tespitlerini, afetzedelere ait isim listesini ve bunların icmallerini her günün sonunda büroya teslim etmiştir. Bu teslim edilen icmaller hasar bürosunda birleştirilmiş ve çalışmalar sürecinde her gün güncellenmiştir.

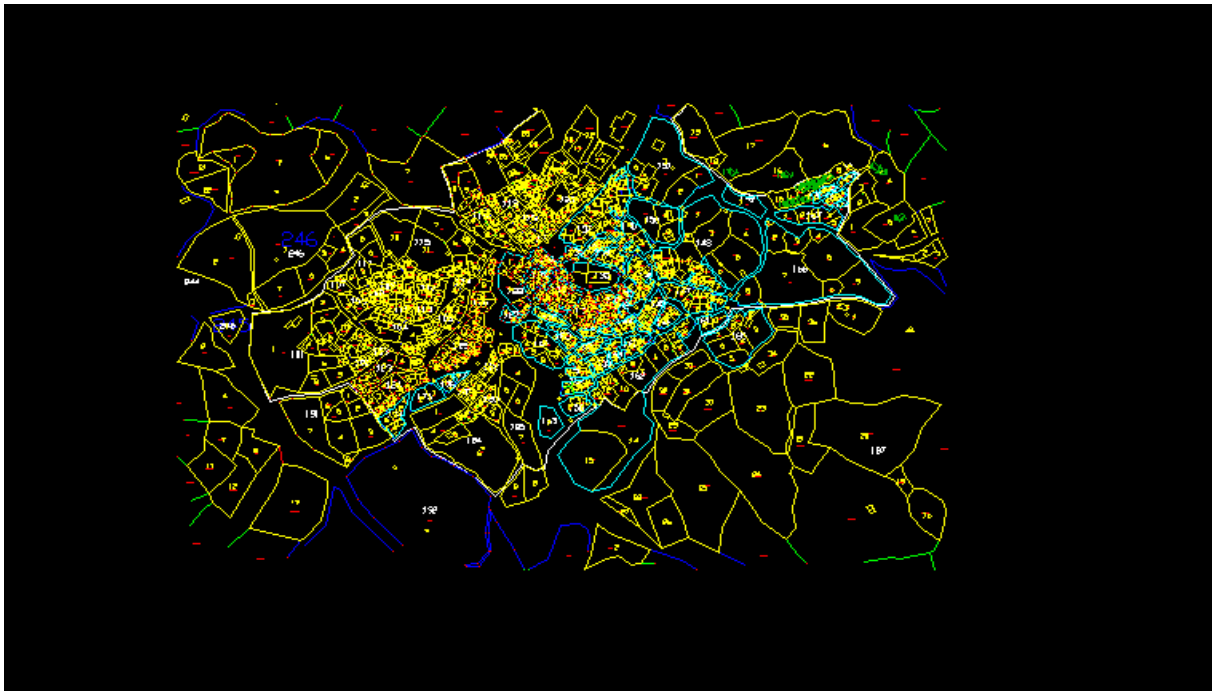
Şekil 4.18. Hasar Tespit Çalışmalarında Kullanılan Hasar Değerlendirme Anahtarı (AFAD, 2014)

4.3. 24 Mayıs Gökçeada Depremi Verileri İle Mekansal Modelleme

Netcad 5.2 yazılımında tüm Gökçeada kadastral haritasından block işlemi ile incelenecek alana ait kadastral harita ayrılır.

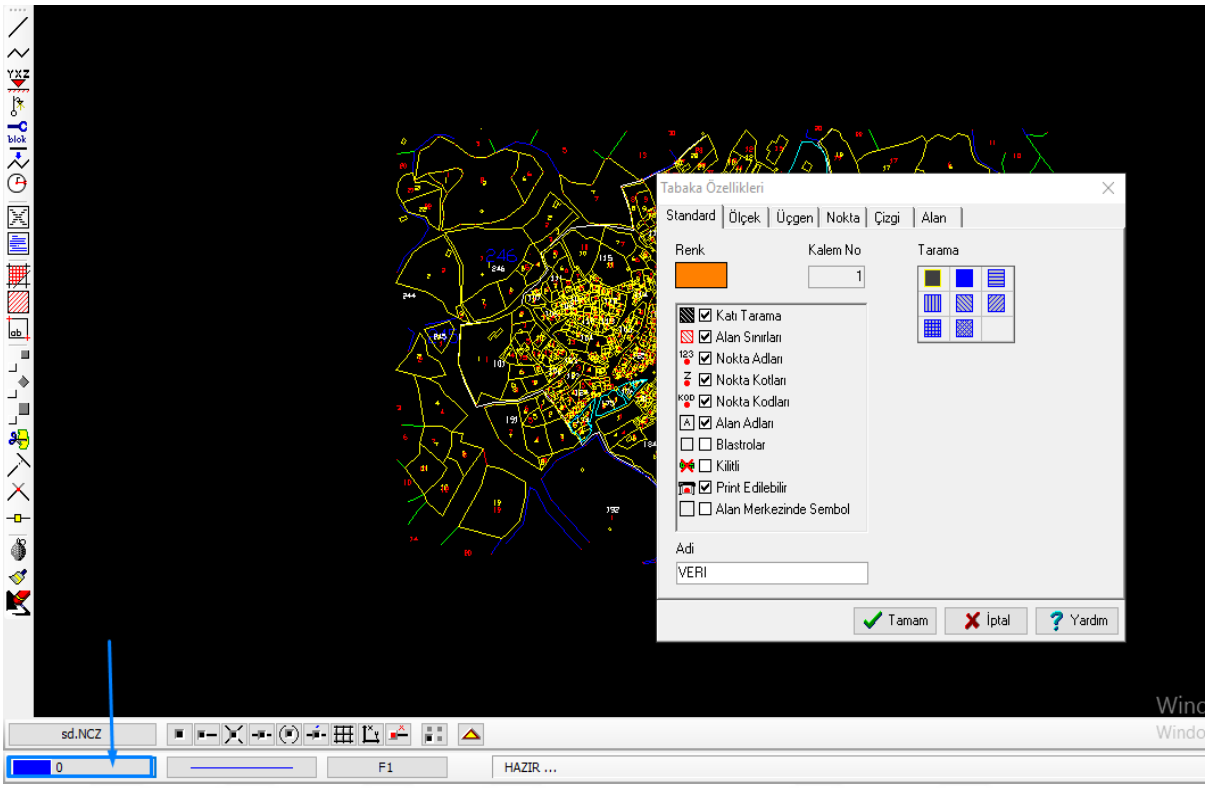


Şekil 5.1. Blok işlemi

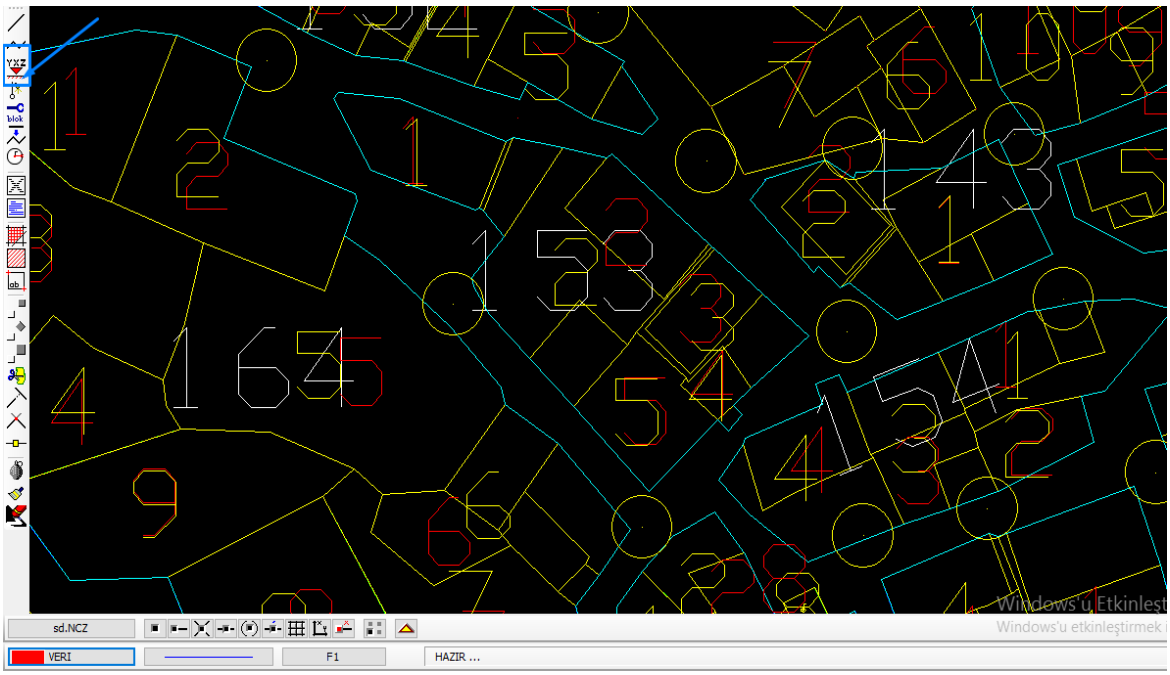


Şekil 5-2 İncelenecek alanın kadastral haritası

Hasar tespiti yapılmış konutların kadastral harita üzerinde ada/parsel numaraları yardımıyla konumu bulunur. .Şekil 5-3 ve Şekil 5-4 ‘de gösterildiği gibi konutlar ‘’veriler’’ adlı nokta tabakası ile tanımlanır.

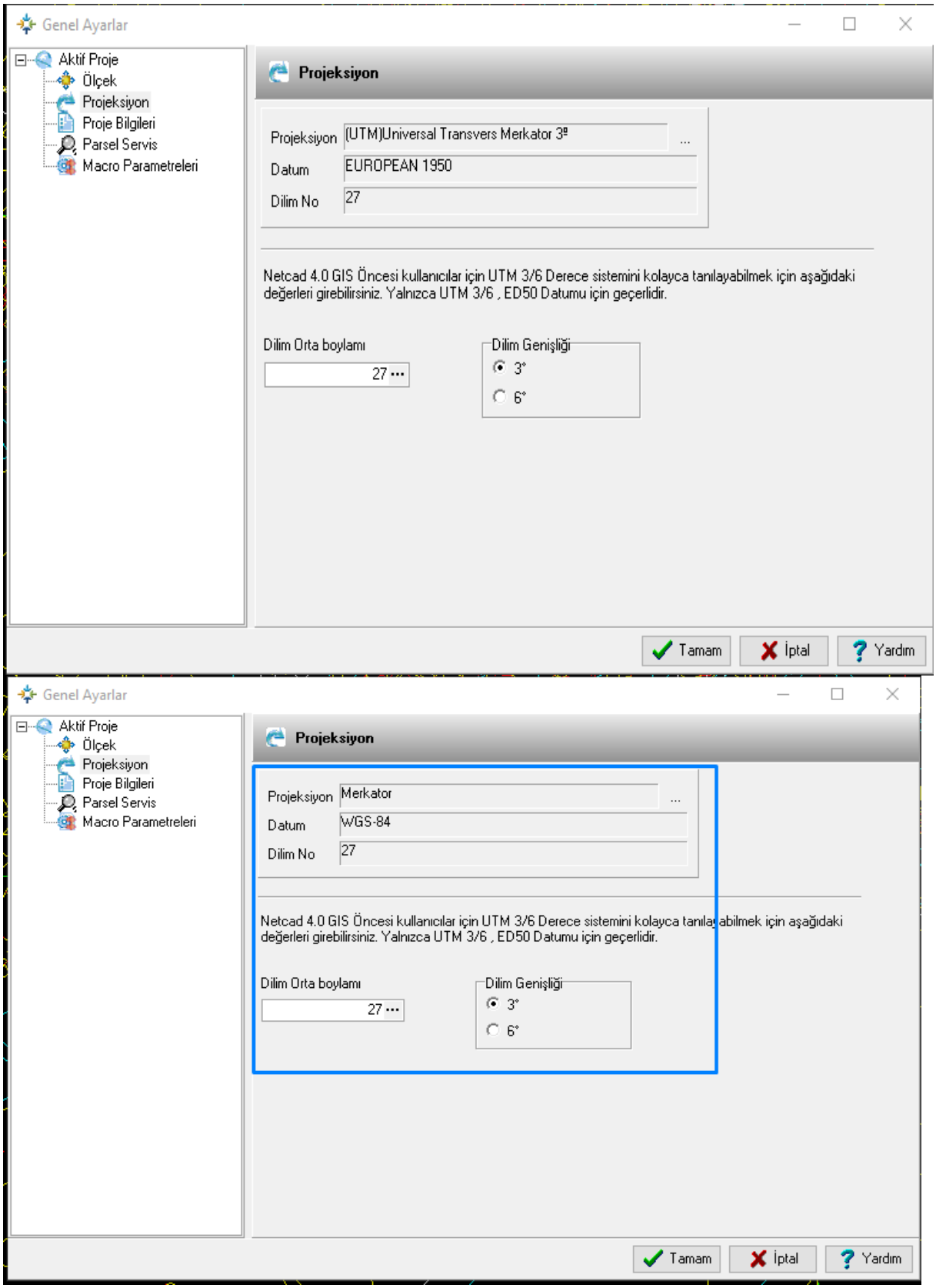


Şekil 5-3 ‘’Veri’’ adlı tabakanın oluşturulması



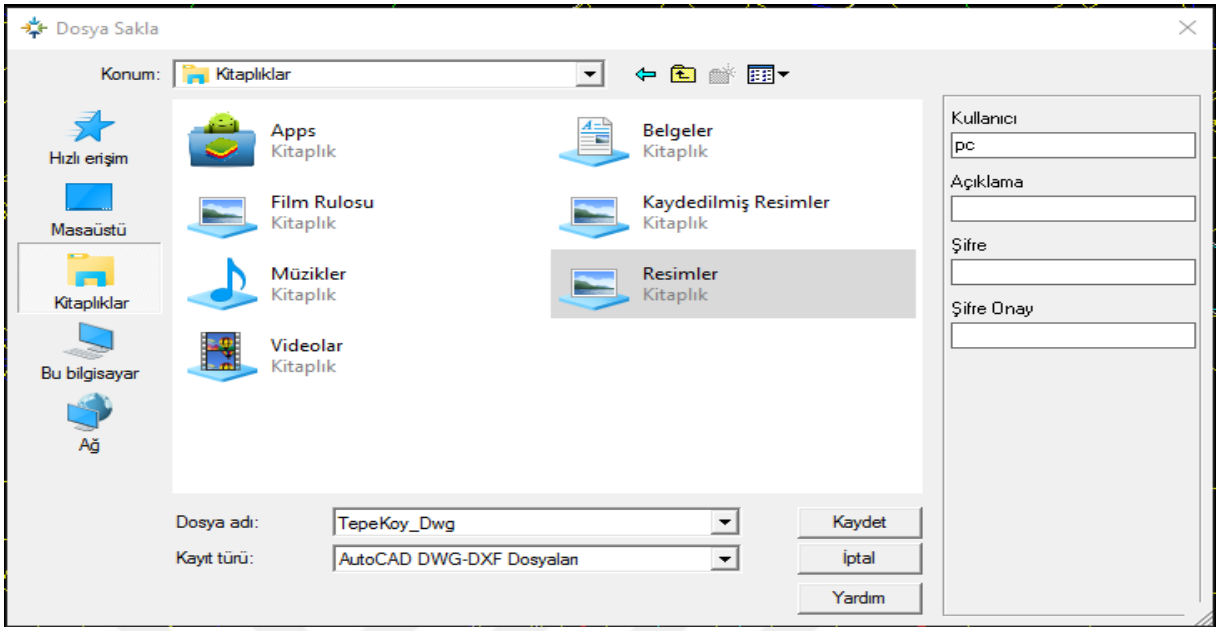
Şekil 5.4 Ada/parseller üzerinde bulunan konutlar ‘’Nokta at’’ komutu ile nokta sınıfı içinde tanımlanır.

Kadastral haritanın projeksiyon koordinat sisteminden (UTM), şekil 5-5 de gösterildiği gibi coğrafi koordinat sistemine (Merkator) dönüşümü gerçekleştirilir.



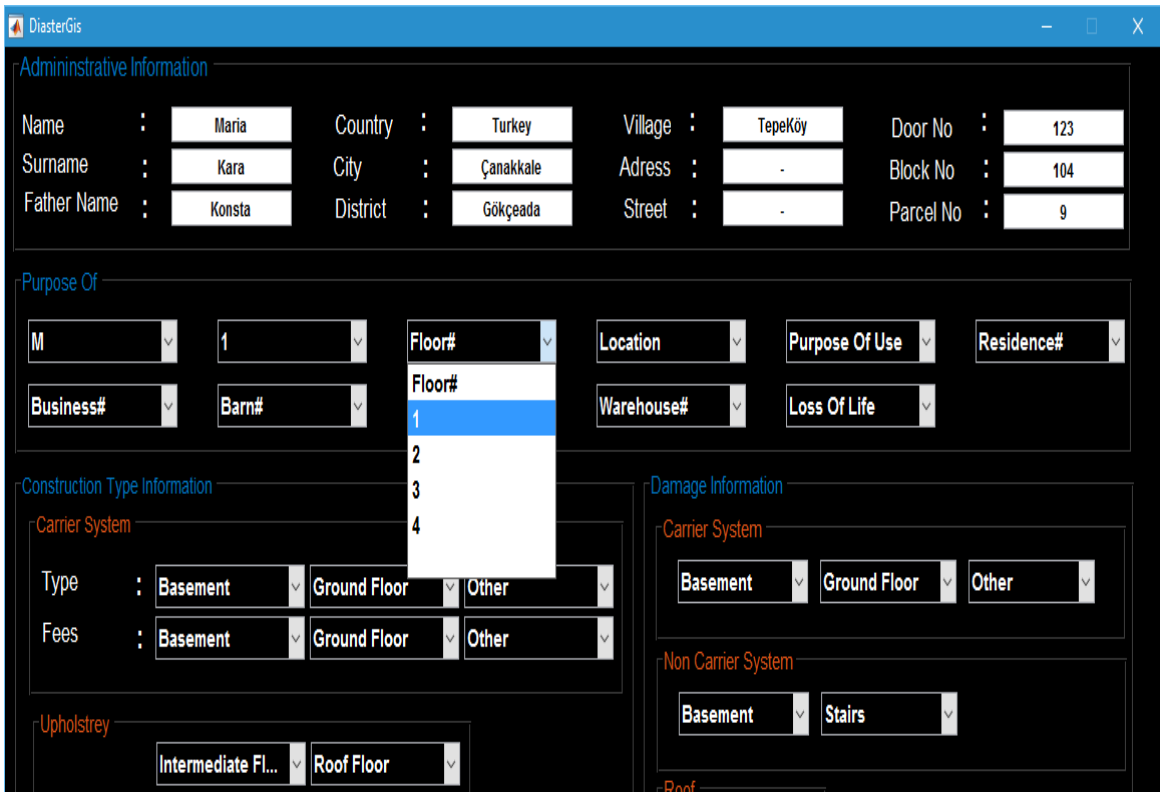
Şekil 5-5 Koordinat Dönüşümü

Koordinat dönüşümü gerçekleştirildikten sonra Tepeköy.ncz dosyası Tepeköy.dwg dosyasına dönüştürülür.

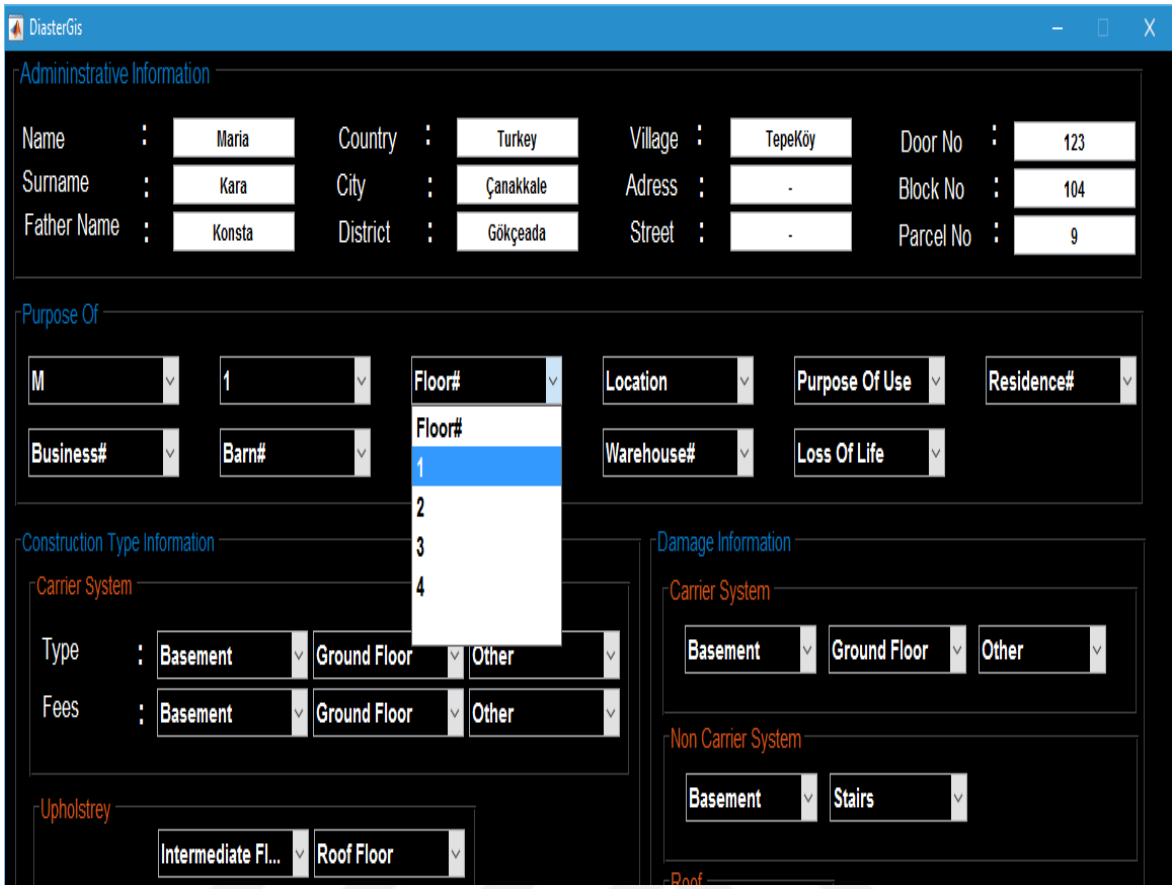


Şekil 5-6 NetCad formatından autocad formatına dönüştürme işlemi

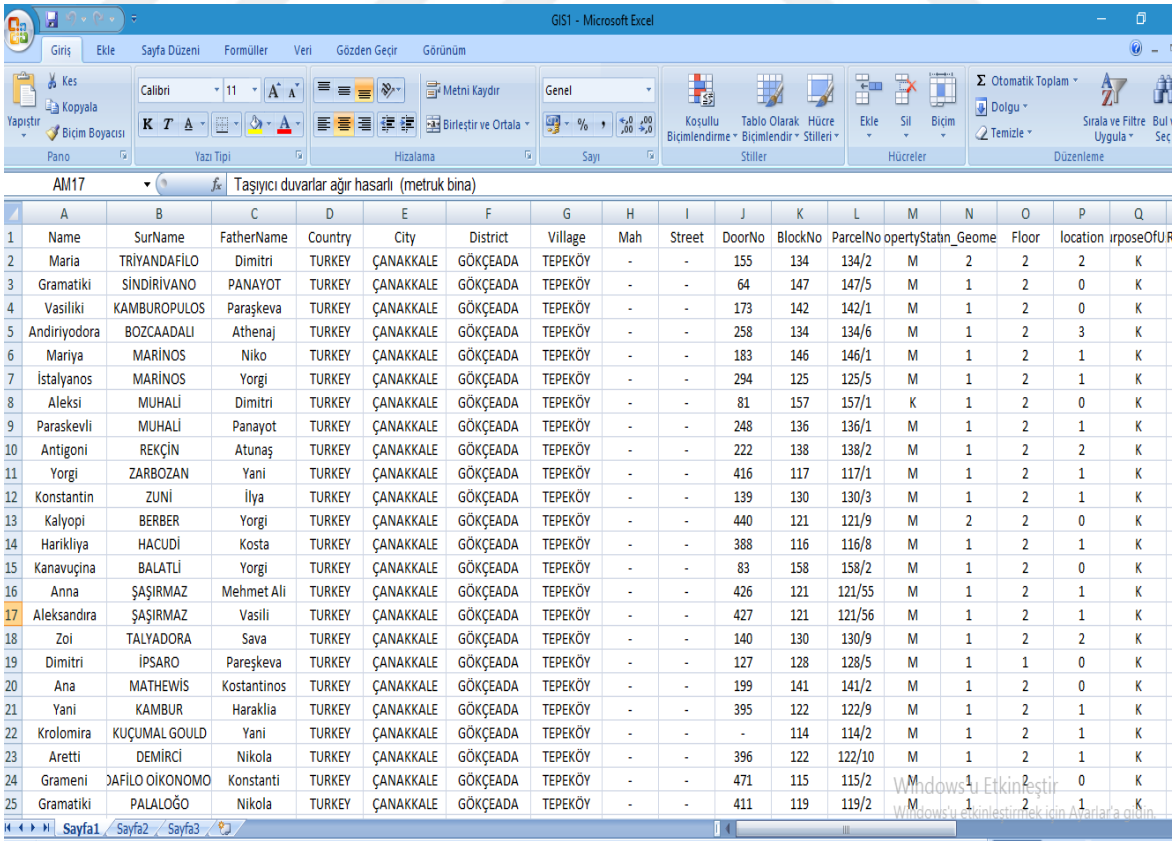
Saha çalışmaları sırasında uzaktan algılama yöntemleri veya görsel incelemeler yoluyla elde edilen verilerin daha hızlı ve daha pratik bir şekilde excel ortamına aktarmak amacıyla Matlab yazılımının Guide arayüzü yardımı ile'DiasterGis'' isimli bir program yazılmıştır



Şekil 5-7 Saha gözlemlerinde elde edilen öznitelik verileri



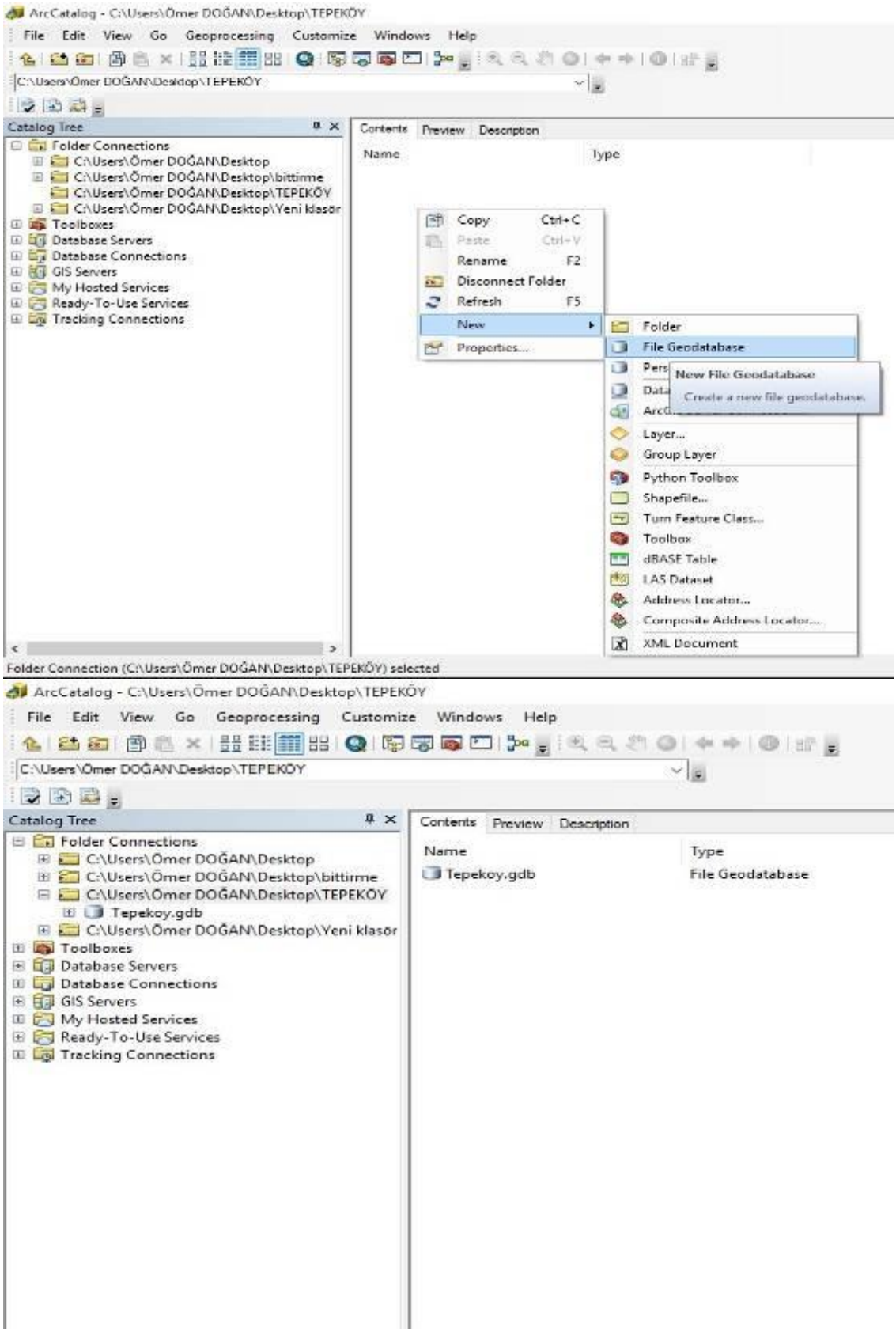
Şekil 5-8 DisasterGis programı



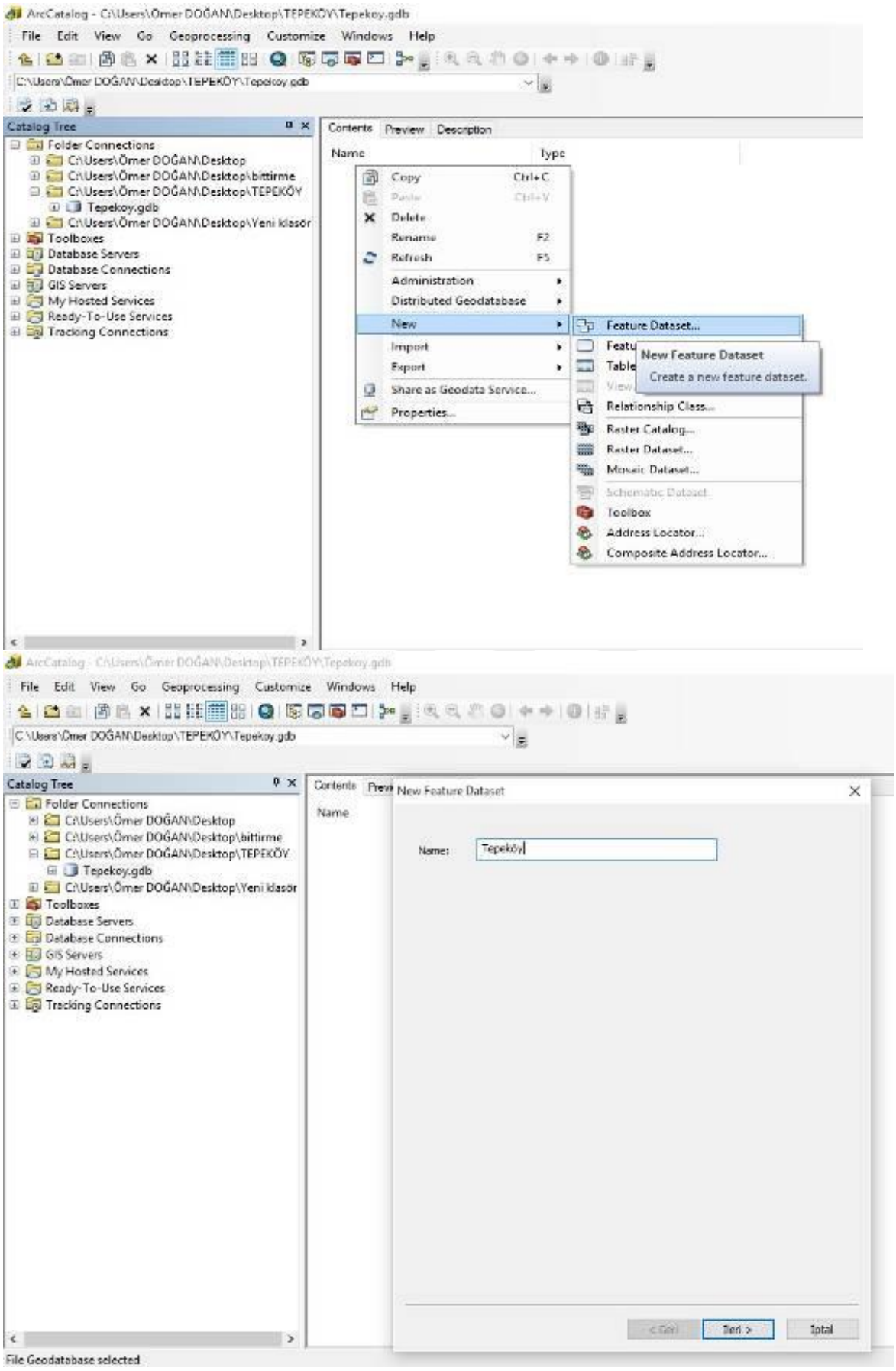
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Name	SurName	FatherName	Country	City	District	Village	Mah	Street	DoorNo	BlockNo	ParcelNo	opertyStatın_Geome		Floor	location	irposeOfU
2	Maria	TRİYANDAFİLO	Dimitri	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	155	134	134/2	M	2	2	2	K
3	Gramatiki	SİNDİRİVANO	PANAYOT	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	64	147	147/5	M	1	2	0	K
4	Vasiliki	KAMBUROPULOS	Paraşkeva	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	173	142	142/1	M	1	2	0	K
5	Andiriyodora	BOZCAADALI	Athenaj	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	258	134	134/6	M	1	2	3	K
6	Mariya	MARİNOS	Niko	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	183	146	146/1	M	1	2	1	K
7	İstalyanos	MARİNOS	Yorgi	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	294	125	125/5	M	1	2	1	K
8	Aleksi	MUHALİ	Dimitri	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	81	157	157/1	K	1	2	0	K
9	Paraskevli	MUHALİ	Panayot	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	248	136	136/1	M	1	2	1	K
10	Antigoni	REKÇİN	Atunaş	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	222	138	138/2	M	1	2	2	K
11	Yorgi	ZARBOZAN	Yani	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	416	117	117/1	M	1	2	1	K
12	Konstantin	ZUNİ	İlya	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	139	130	130/3	M	1	2	1	K
13	Kalyopi	BERBER	Yorgi	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	440	121	121/9	M	2	2	0	K
14	Harikliya	HACUDİ	Kosta	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	388	116	116/8	M	1	2	1	K
15	Kanavuçina	BALATLİ	Yorgi	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	83	158	158/2	M	1	2	0	K
16	Anna	ŞAŞIRMAZ	Mehmet Ali	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	426	121	121/55	M	1	2	1	K
17	Aleksandıra	ŞAŞIRMAZ	Vasili	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	427	121	121/56	M	1	2	1	K
18	Zoi	TALYADORA	Sava	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	140	130	130/9	M	1	2	2	K
19	Dimitri	İPSARO	Pareşkeva	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	127	128	128/5	M	1	1	0	K
20	Ana	MATHEWİS	Kostantinos	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	199	141	141/2	M	1	2	0	K
21	Yani	KAMBUR	Haraklia	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	395	122	122/9	M	1	2	1	K
22	Krolomira	KUÇUMAL GOULD	Yani	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	-	114	114/2	M	1	2	1	K
23	Aretti	DEMİRCİ	Nikola	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	396	122	122/10	M	1	2	1	K
24	Grameni	)AFİLO OİKONOMO	Konstanti	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	471	115	115/2	M	1	2	0	K
25	Gramatiki	PALALOĞO	Nikola	TURKEY	ÇANAKKALE	GÖKÇEADA	TEPEKÖY	-	-	411	119	119/2	M	1	2	1	K

Şekil 5-9 Program yardımı ile oluşturulan Excel dosyası

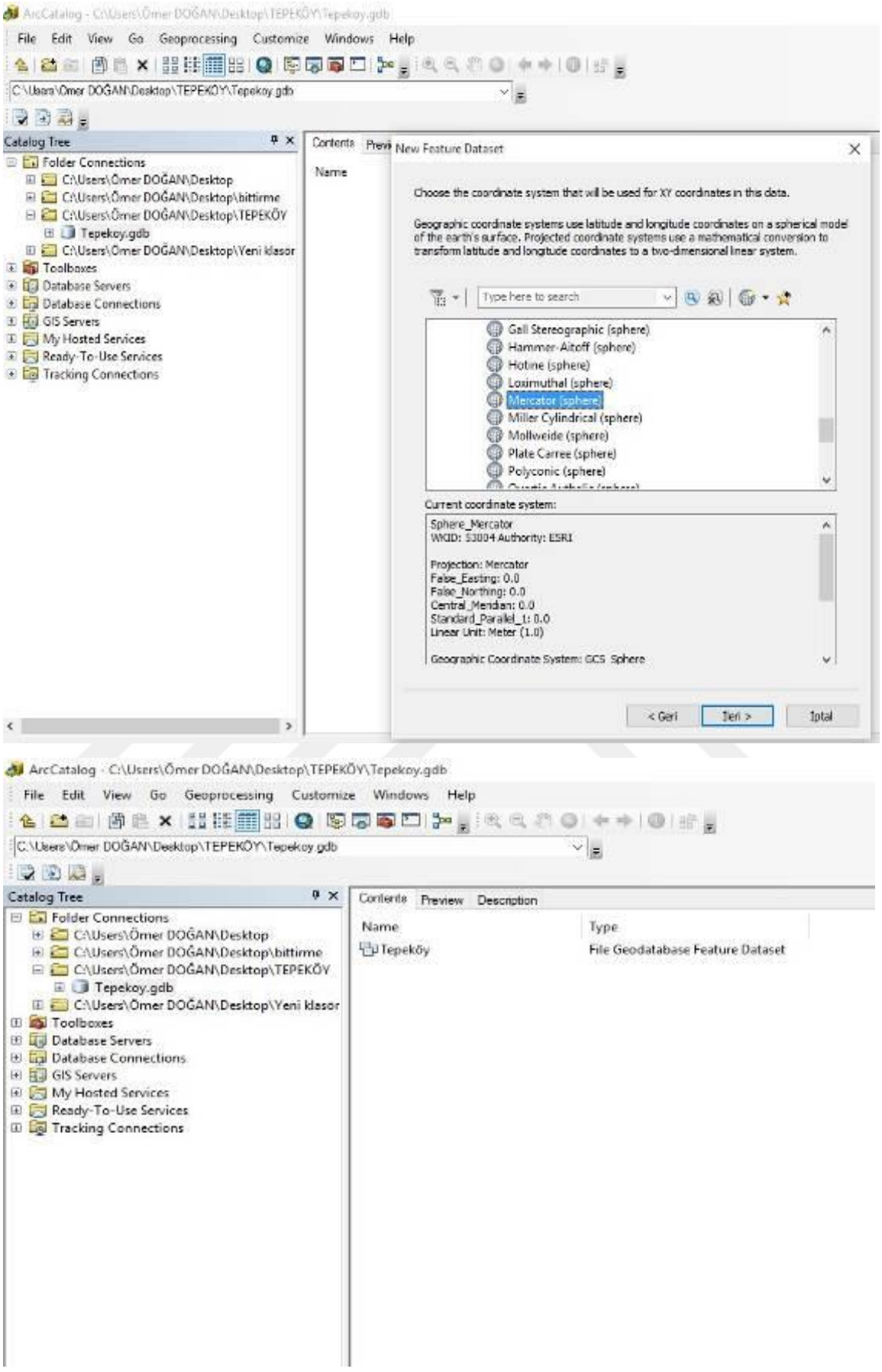
ArcGIS/ArcCatalog ortamında Şekil 5-9, Şekil 5-10 ve şekil 5-11'de gösterilen aşamalar ile Gökçeada için bir veri tabanı oluşturulur.



Şekil 5-10. Meta veri tabanı oluşturma

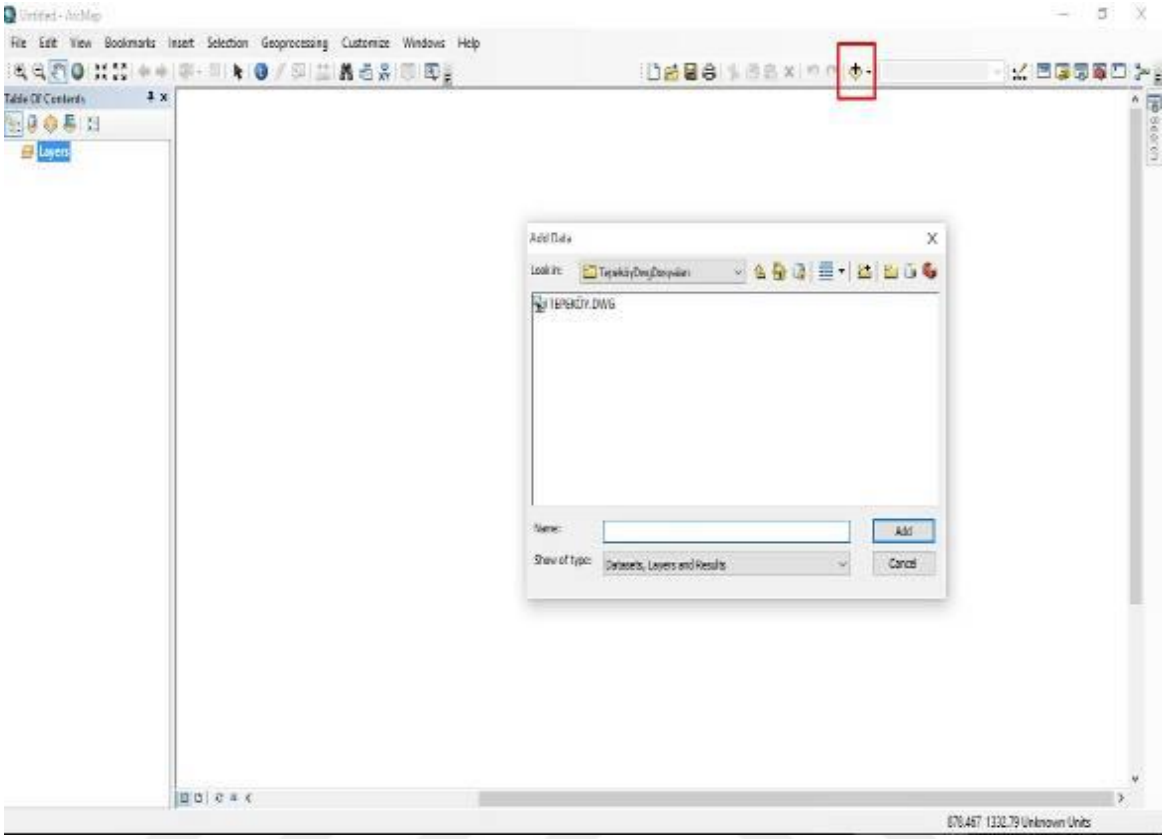


Şekil 5-11. Gökçeada için veri kümesi oluşturma

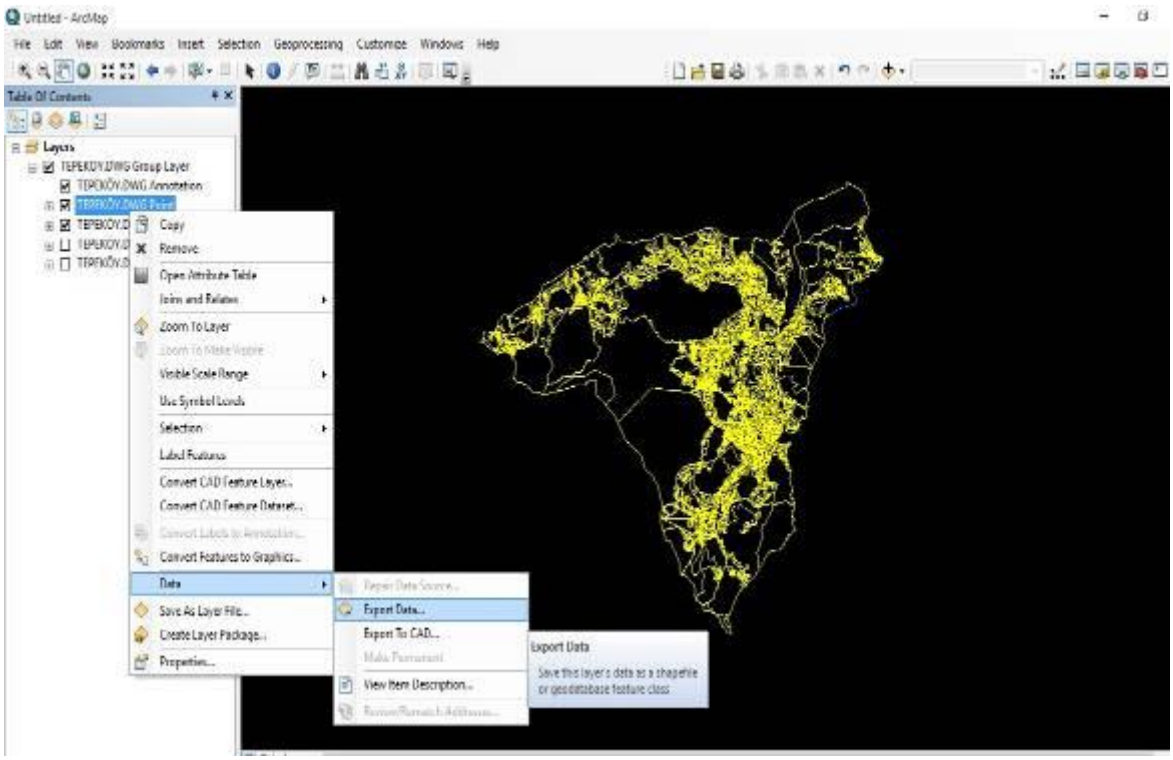


Şekil 5-12. Veri kümesinin parametrelerinin tanımlanması ve oluşturulması

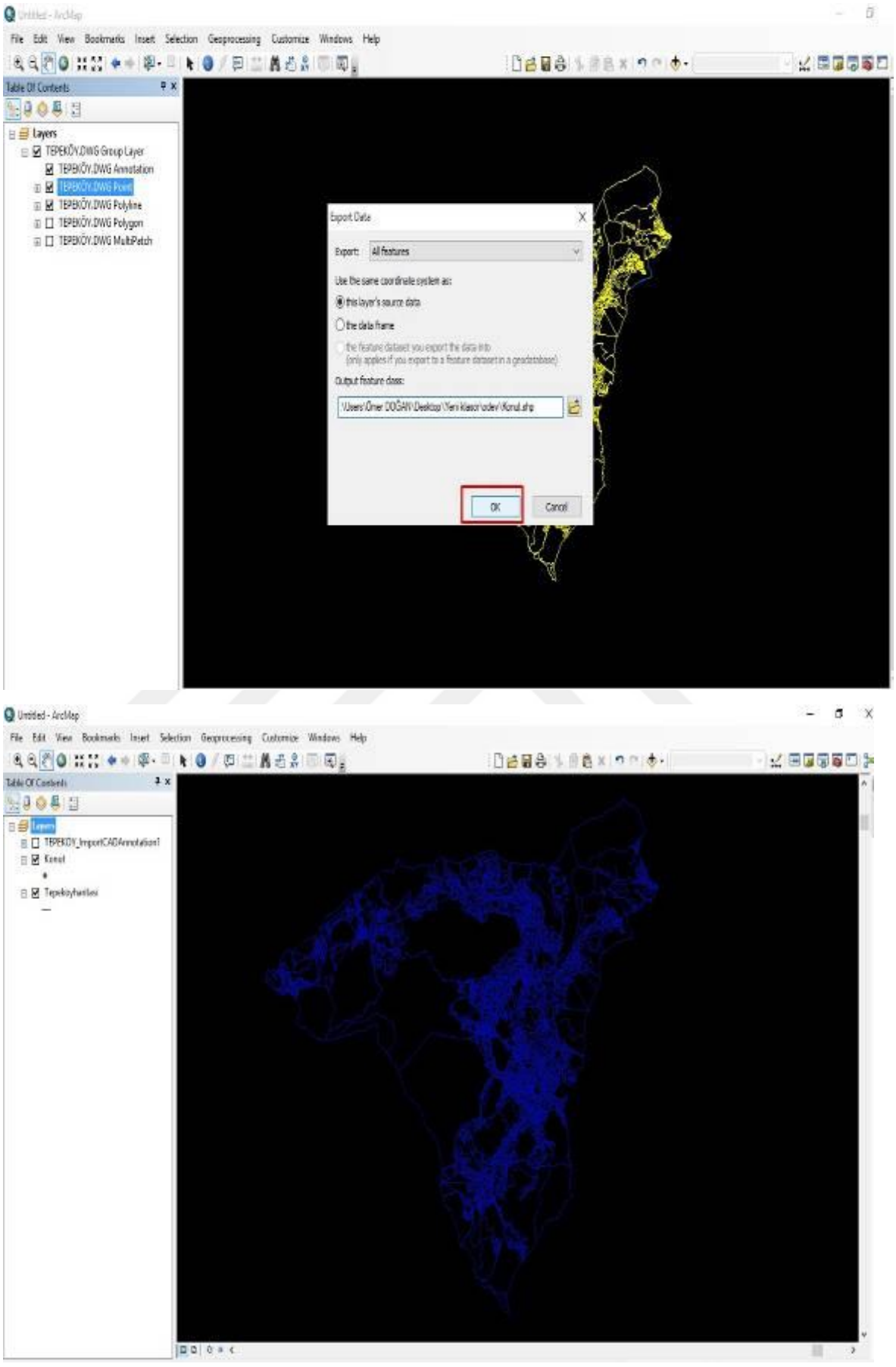
Netcad'de oluşturulan dwg dosyası Arcmap ortamında açılır ve sayısallaştırma işlemi yapılır.



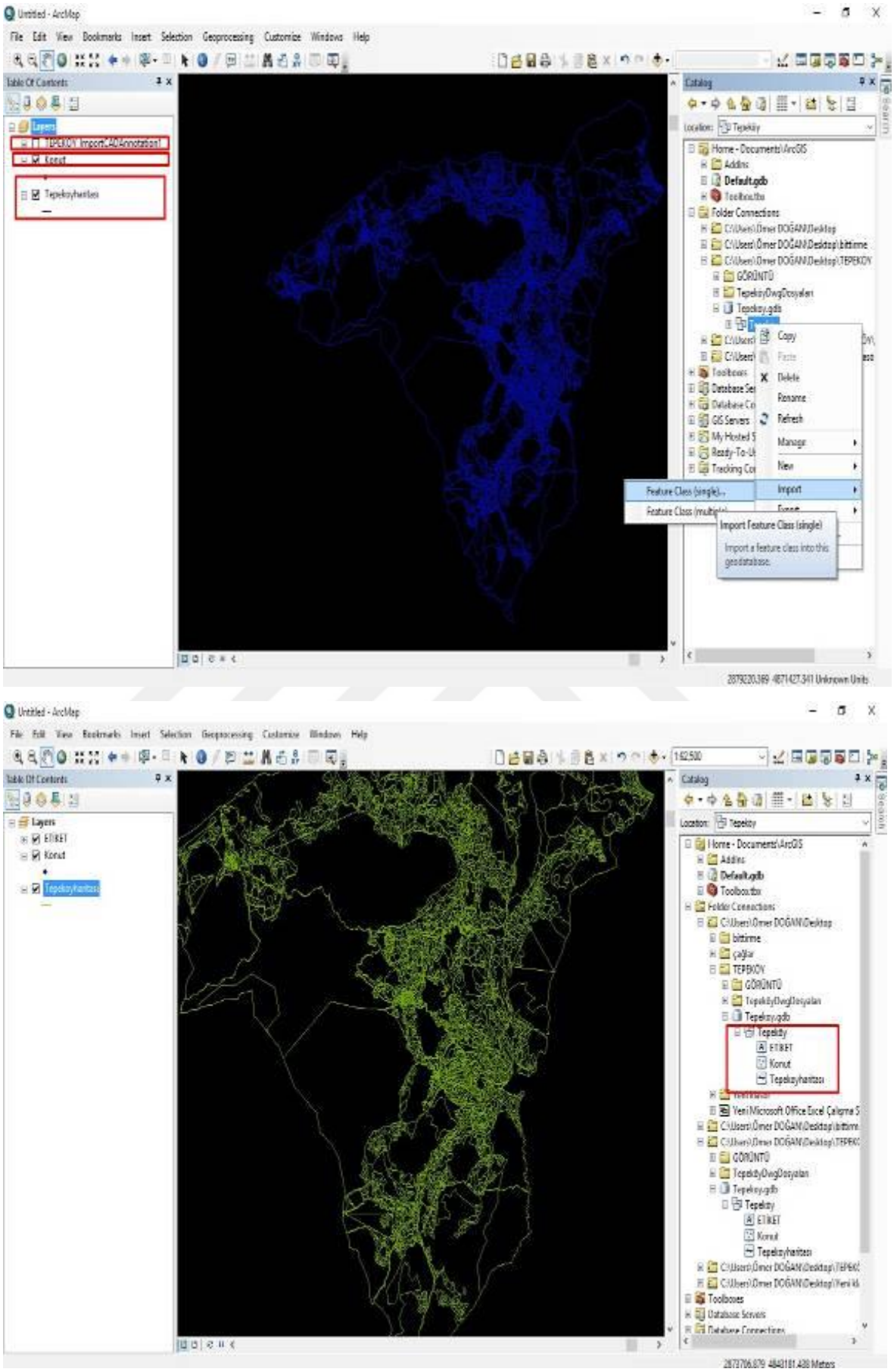
Şekil 5-13. Dwg dosyasının Arcmap ortamında açılması



Şekil 5-14. Veri sınıfları için (nokta, çizgi, ve alan) sayısallaştırma (export) işlemi

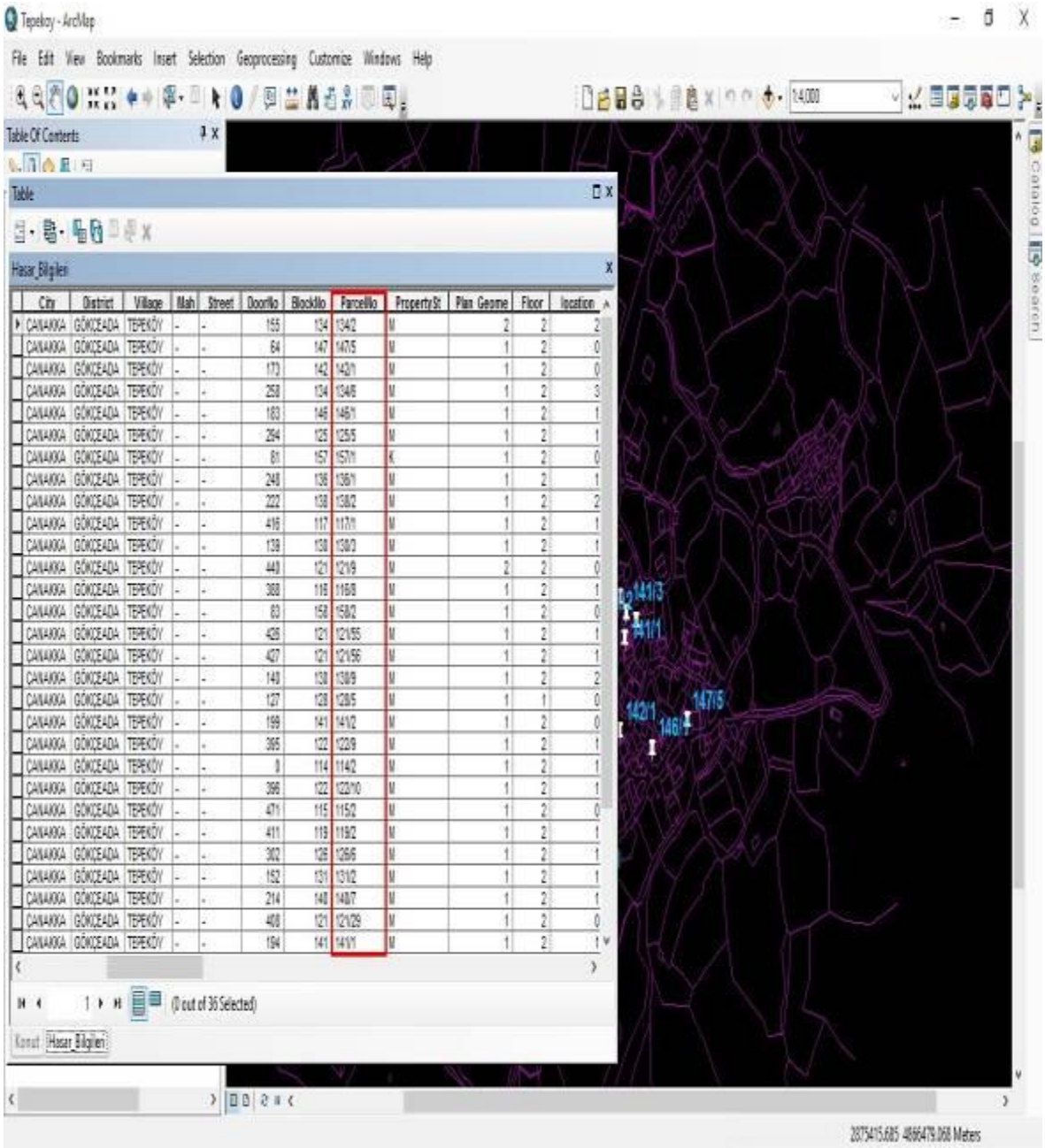


Şekil 5-15. Sayısallaştırma sonucu ve oluşan veri sınıfları (nokta=konut, çizgi=harita vb.)

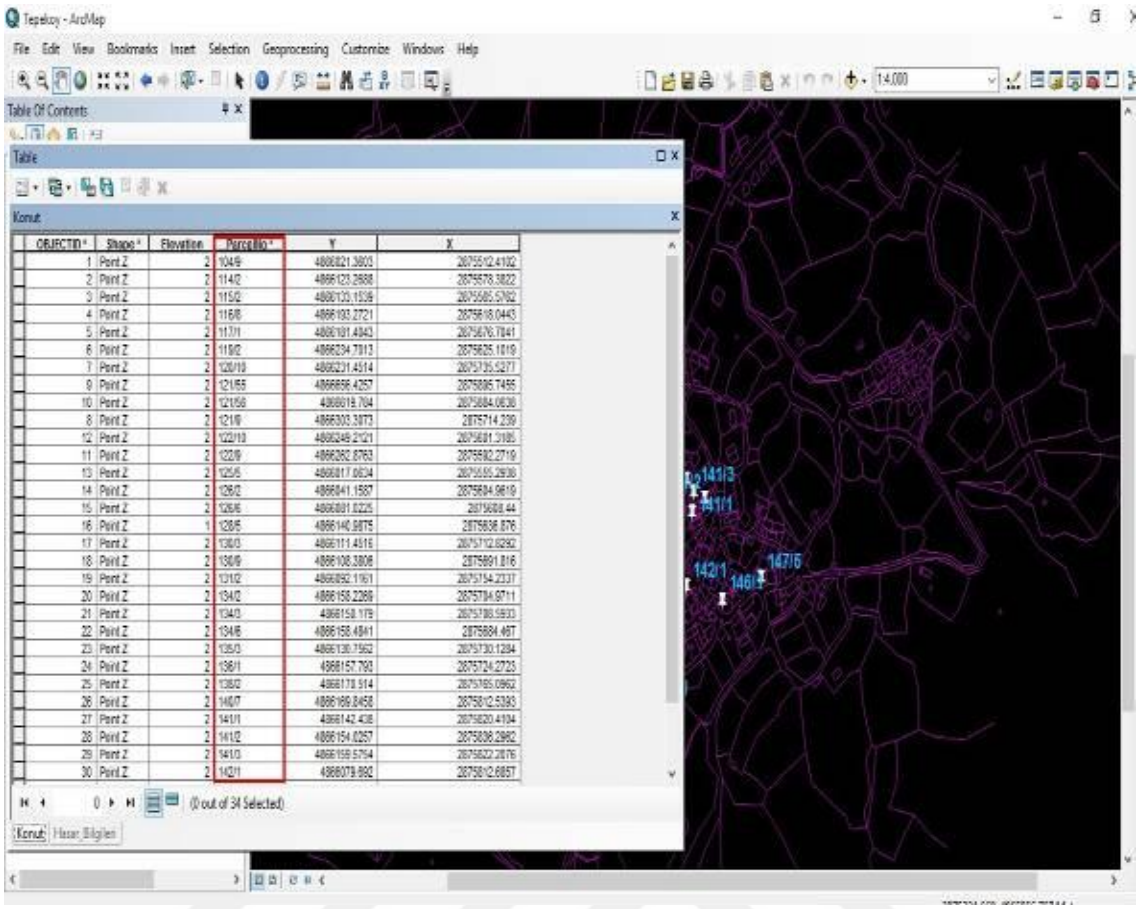


Şekil 5-16. Veri sınıfları ‘’import’’ komutu ile veri kümesine aktarılması

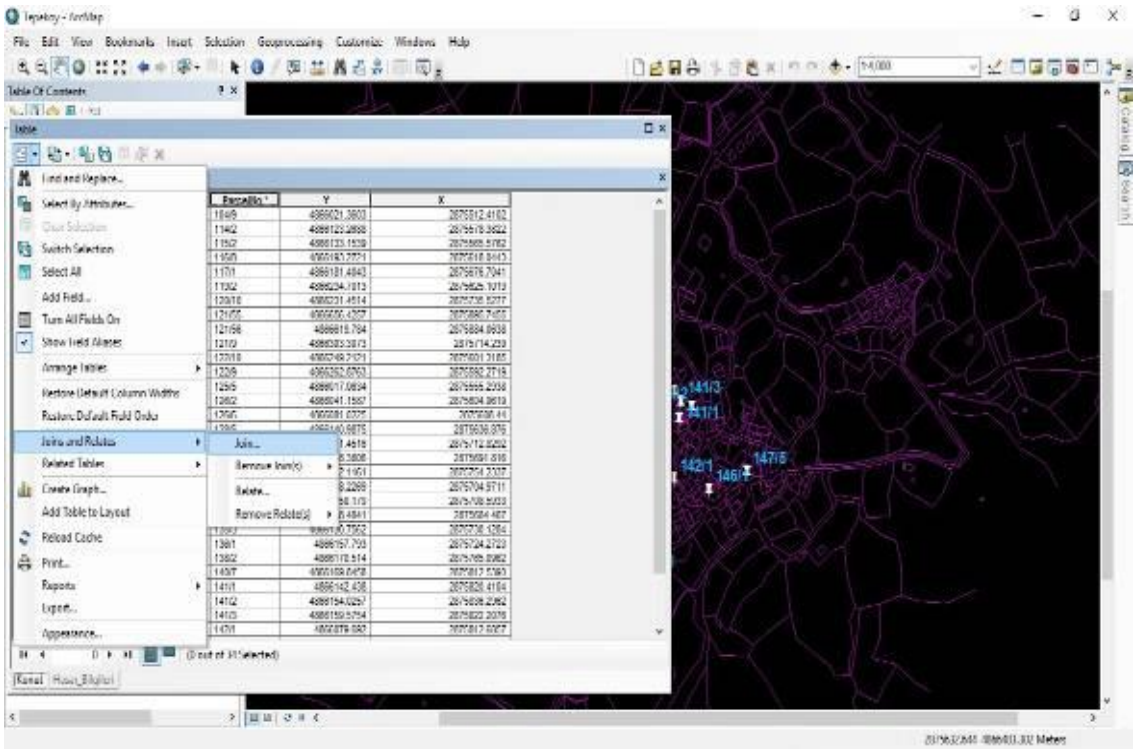
Matlab yazılımı aracılığı ile oluşturulan ve konutların öznitelik verilerinin yer aldığı Excel tablosunu konut nokta veri tabakası ile birleştirme işlemi yapılır. Bu işlem ile mekânsal olmayan veriler üzerinden mekânsal verileri sorgulama veya mekânsal veriler ile mekânsal olmayan verileri sorgulama eylemi gerçekleştirilebilir. Birleştirilecek olan tabloların en az 1 ortak öznitelik sütununa sahip olmaları gerekir. Ancak bu şekilde birleştirme işlemi gerçekleştirilebilir.



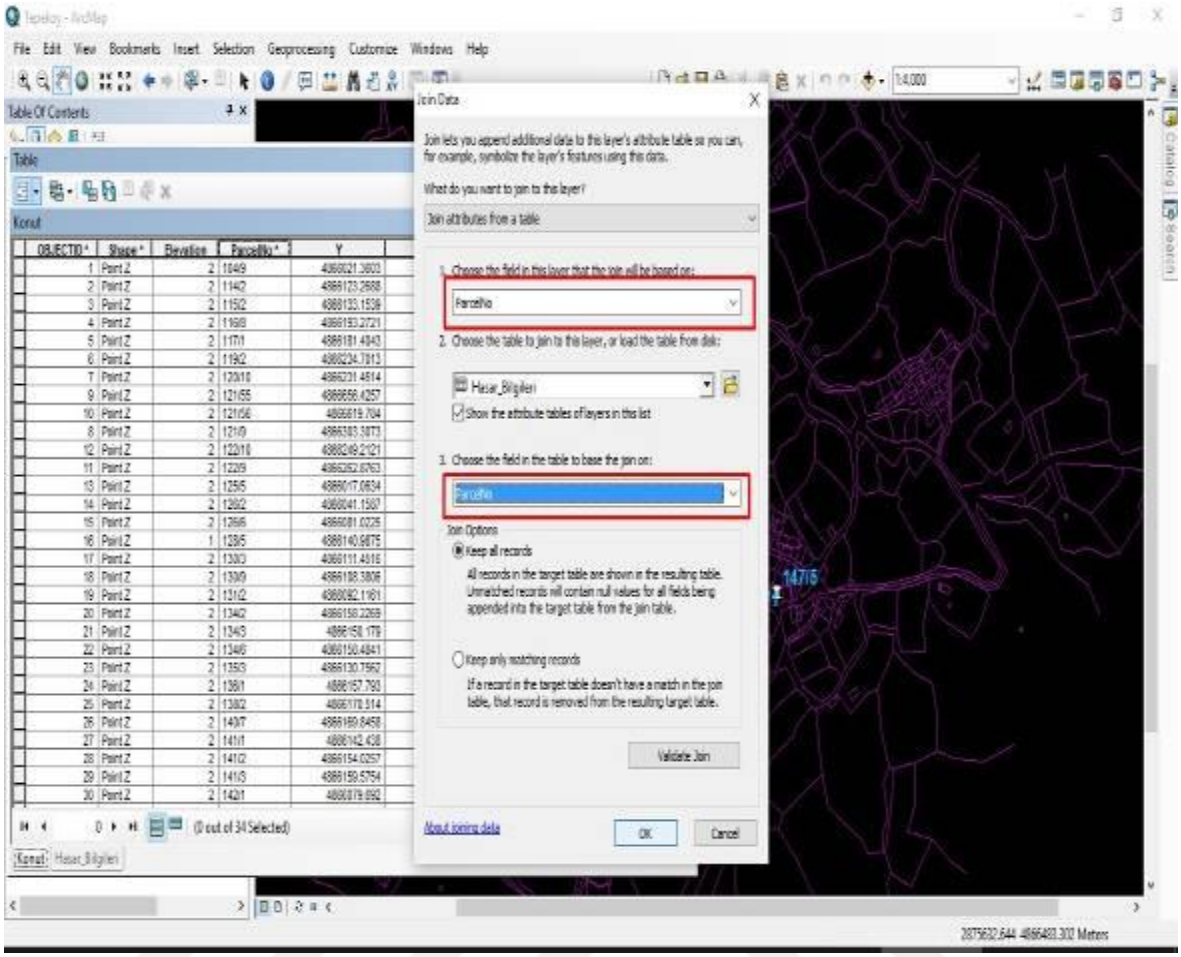
Şekil 5-17. Hasar bilgileri tablosu



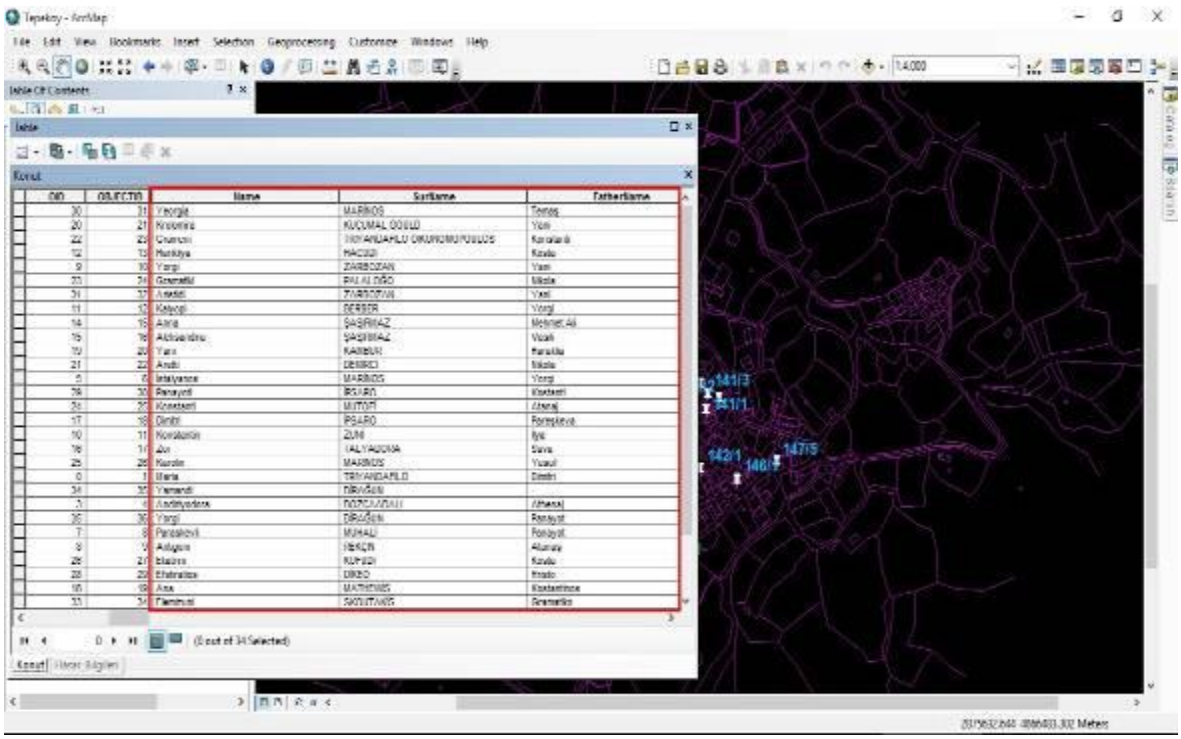
Şekil 5-18. Konut tablosu



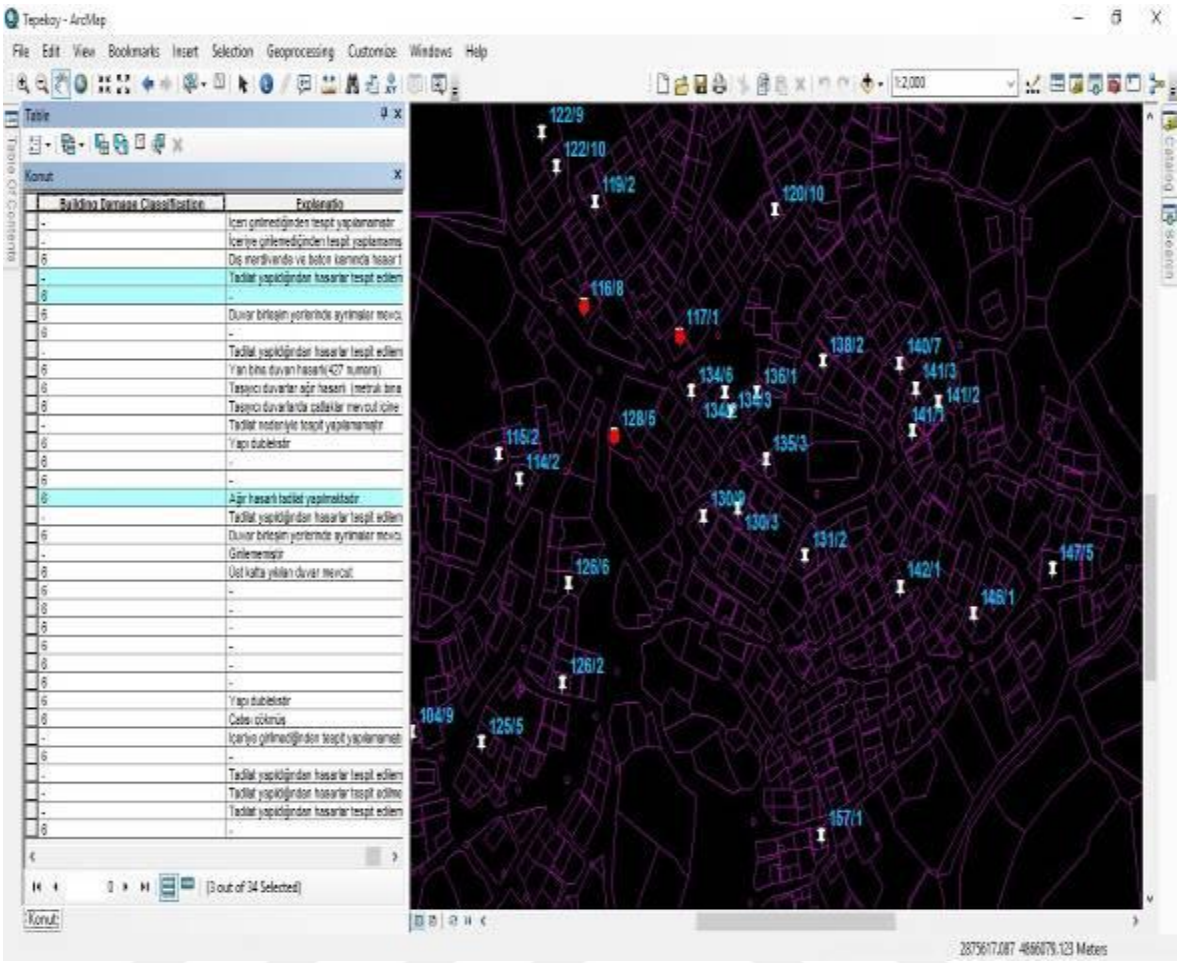
Şekil 5-19. ‘’join’’ komutu ile birleştirme işlemi



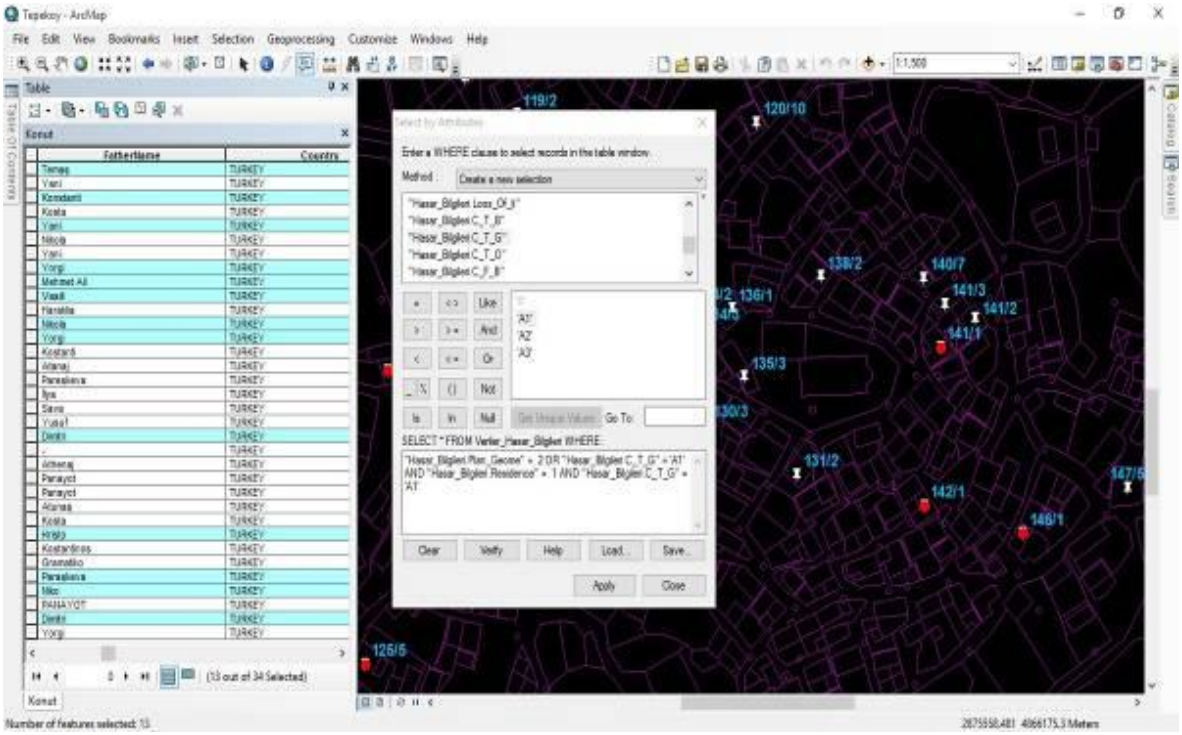
Şekil 5-20. Birleştirme arayüz penceresi



Şekil 5-21.Konut tablosuna aktarılan hasar bilgileri

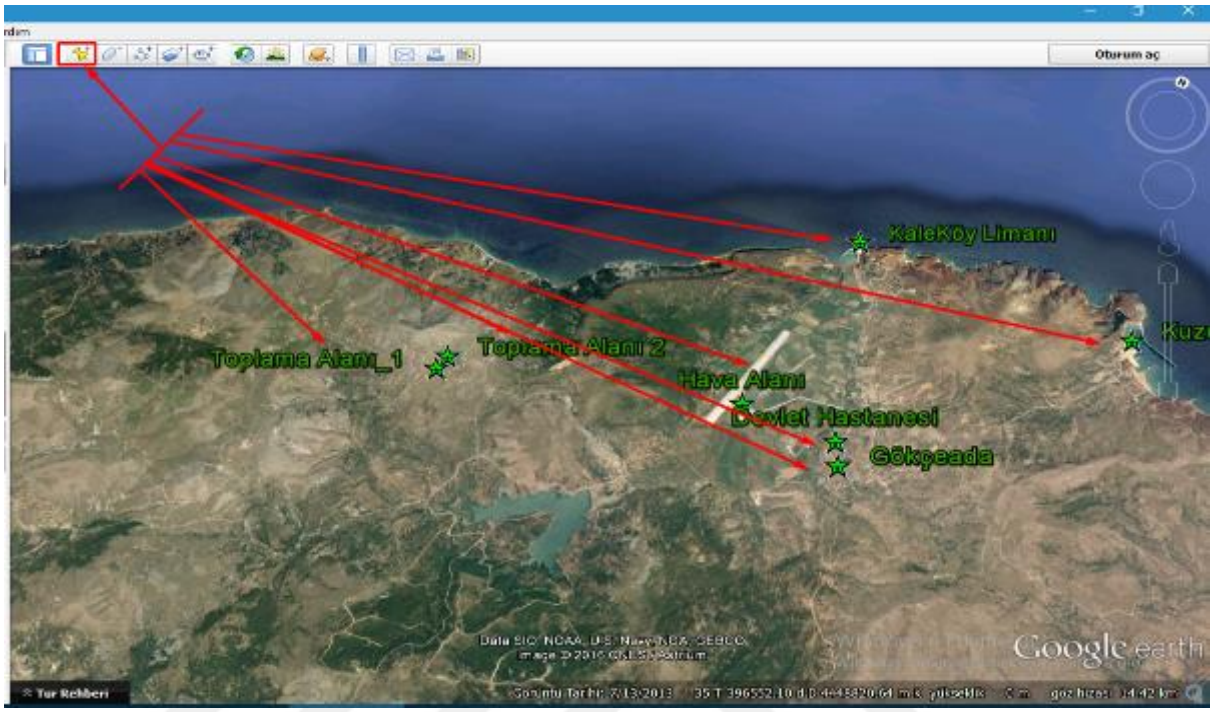


Şekil 5-22. Mekânsal veri ile mekânsal olmayan verinin sorgulanması

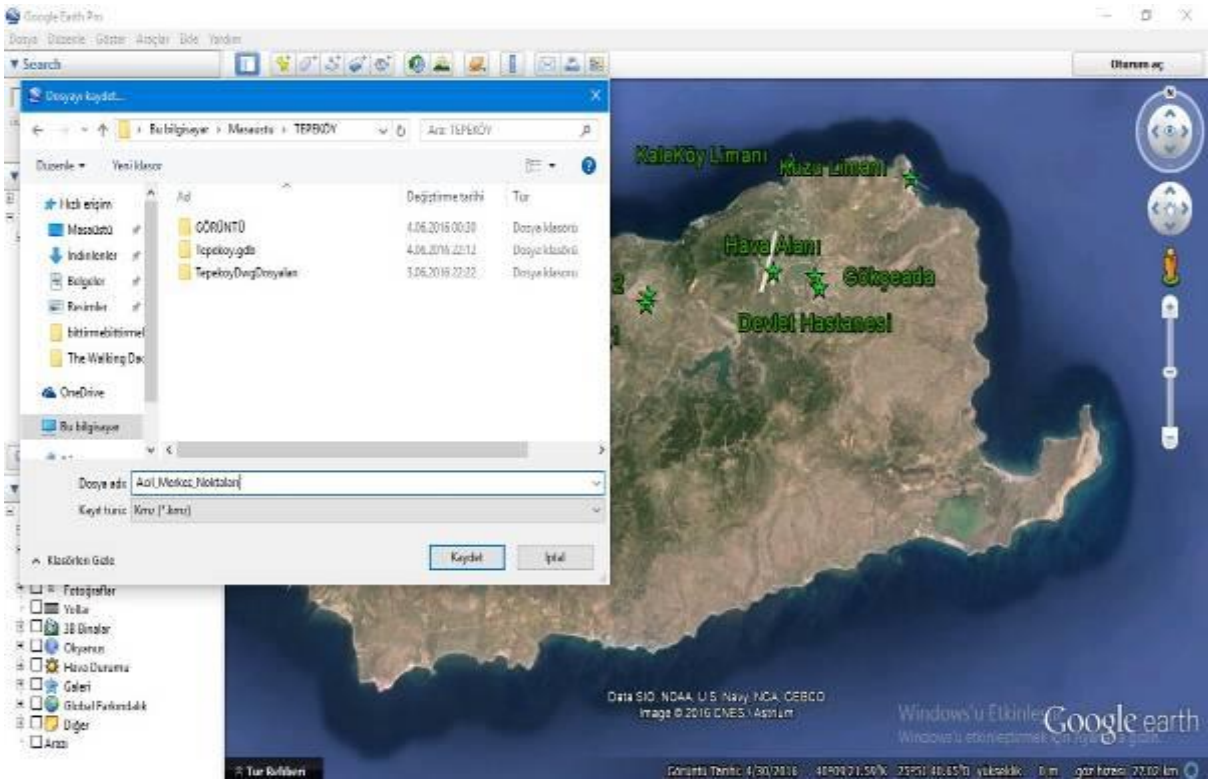


Şekil 5-23. Mekânsal olmayan veri ile mekânsal verinin sorgulanması

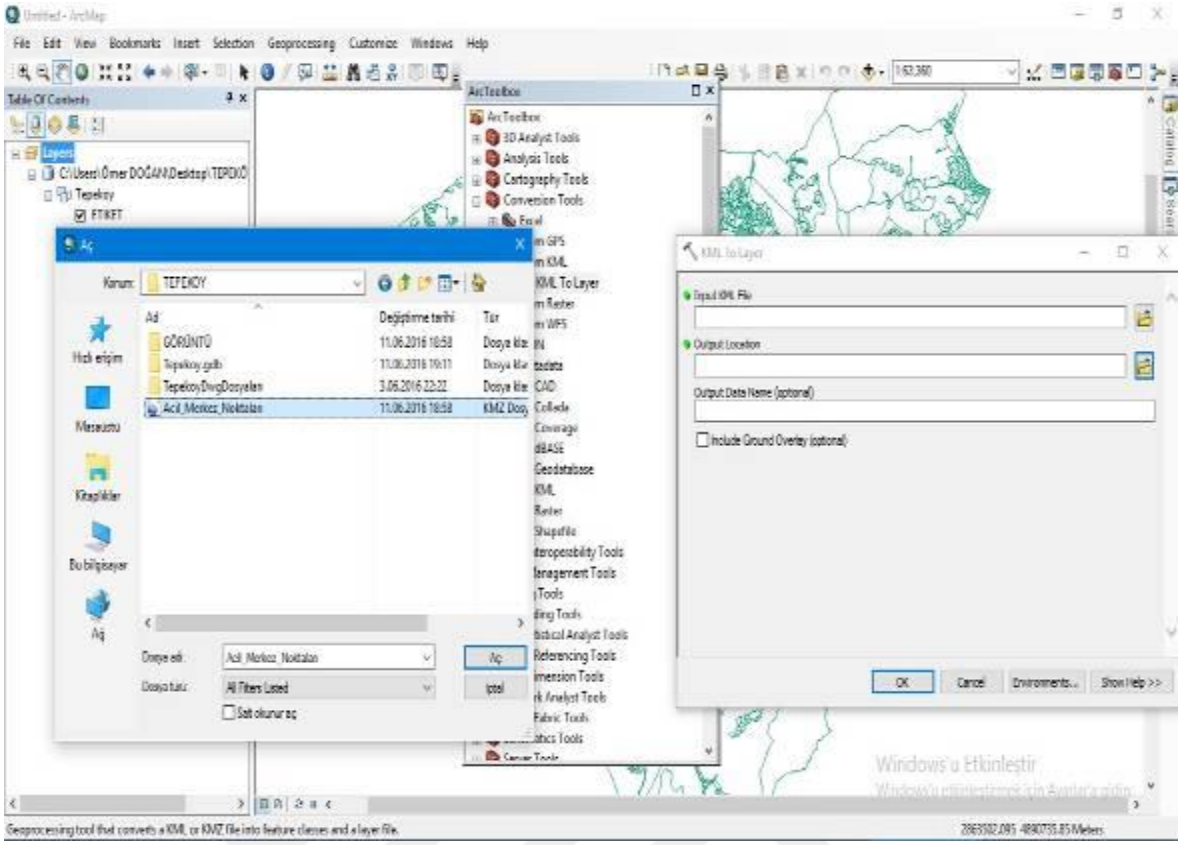
Google earth'de deprem bölgesindeki toplanma alanları, liman, hastane, havalimanı, ilçe merkezi…vs önemli noktaların yerlerin tesis edilip, bu noktalar ArcGIS'e aktarılır. Böylece hasarlı yapıların bu noktalara olan uzaklıkları analiz edilir.



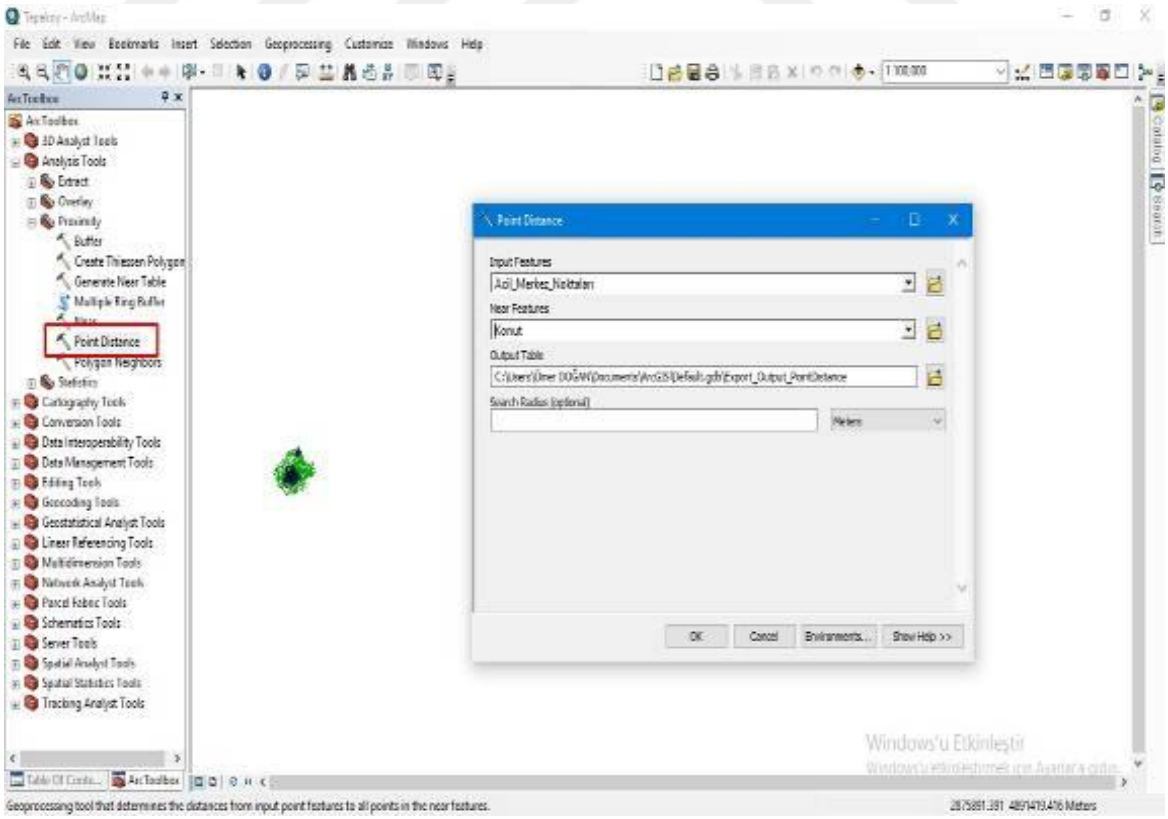
Şekil 5-24. Uydu Görüntüsü üzerinde önemli yerlerin tesis edilmesi



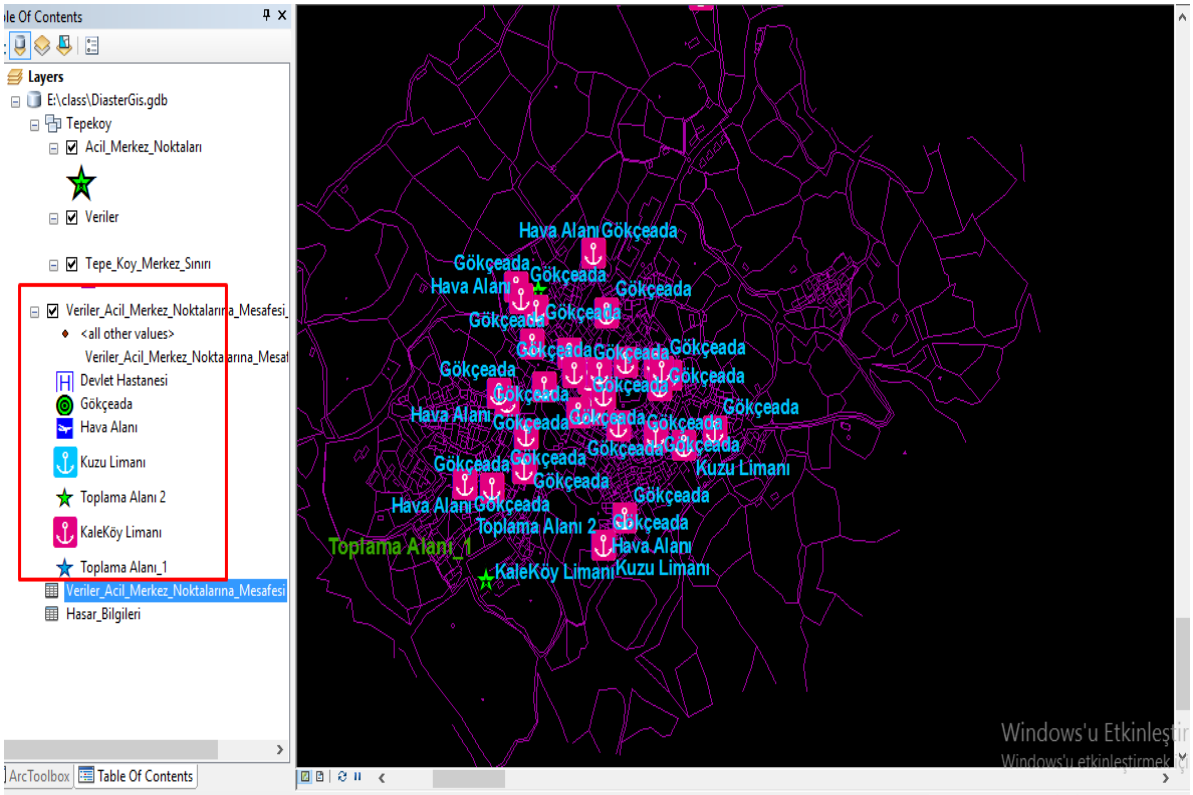
Şekil 5-25. Tesis edilen noktaların .KML dosyasına dönüştürülmesi



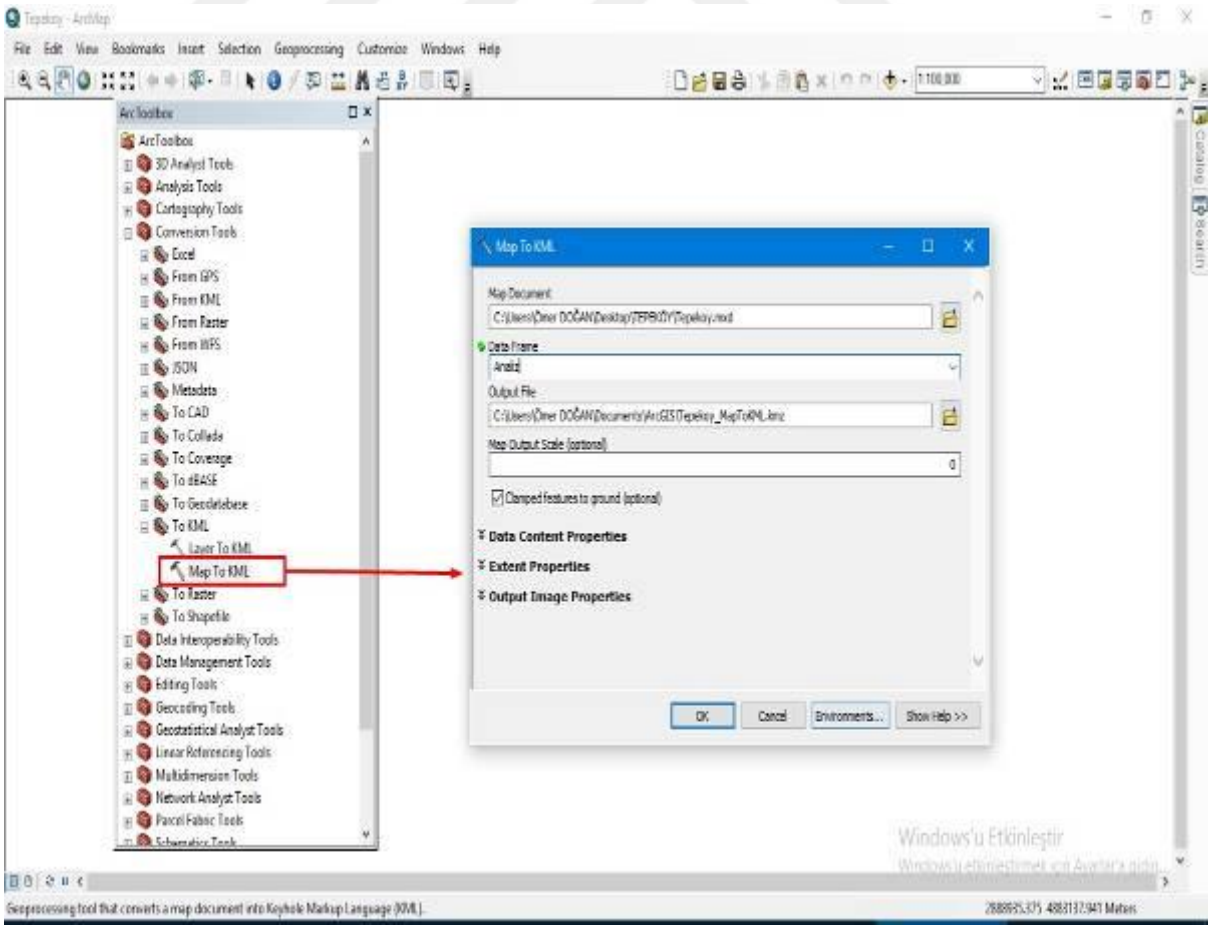
Şekil 5-26. .KML dosyasının ArcGIS ortamına çağrılması



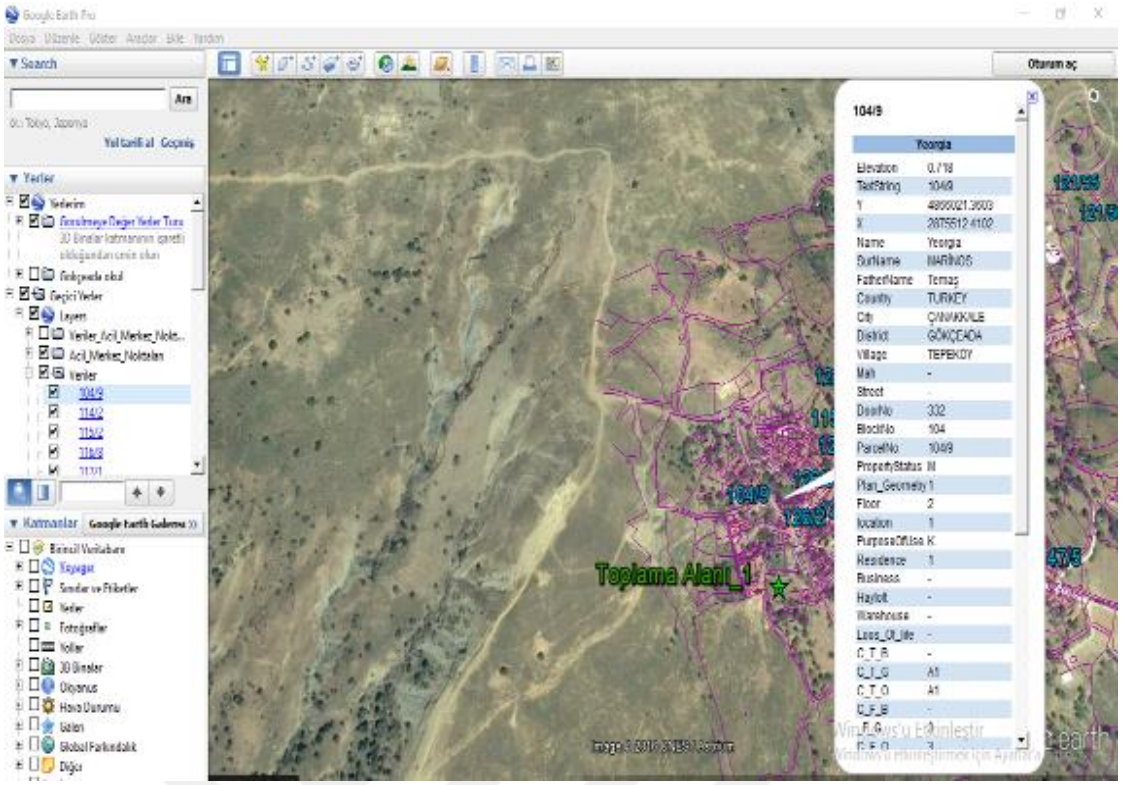
Şekil 5-27. Mesafe analizi



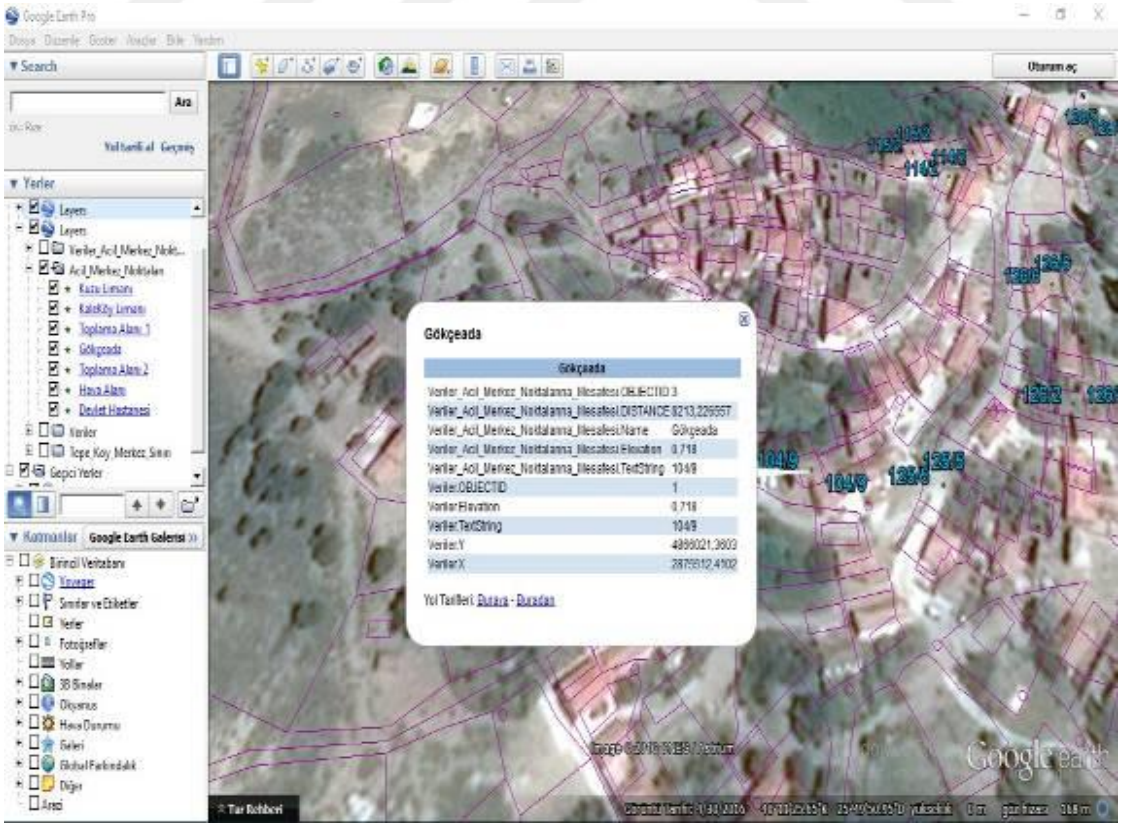
Şekil 5-28. Mesafe analizinin gösterimi



Şekil 5-29. Projenin KML dosyasına dönüşümü



Şekil 5-30. Proje.kml dosyasının uydu görüntüsü ortamına aktarılması ve konut hasar bilgilerinin örnek gösterimi



Şekil 5-31. Örnek mesafe gösterimi: 104/9 no'lu parselin Gökçeada merkeze olan uzaklığı

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem önlenemez bir doğa olgusudur, ancak felaket önlenebilir bir olaydır. Bilhassa deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında CBS insanlara ve yöneticilere önemli katkılar sağlayabilir. Dünyada meydana gelen depremler ve bunlara karşı planlamadan afet yönetimine kadar birçok faaliyeti gerektiren çabalar CBS ile ez aza indirgenmeye çalışılmaktadır. Deprem öncesi oluşturulan simülasyon modelleriyle depremin öncesi ve etkisi hakkında önemli bilgiler elde edilmektedir. Depreme hazırlıklı olmak için coğrafya üzerindeki tüm doğal ve yapay yerleşim bilgileri ile yer altı jeolojik katmanları arasında sağlam ilişkiler kurulmalıdır. Bu tür bilgiler ve ilişkiler ancak CBS ile sağlanabilir (Yomralıoğlu, 2009)

Herhangi bir depremden sonra afet bölgesinde bulunan yapılar ile ilgili verilerin toplanması, depolanması ve işlenmesi olası depremler için senaryoların üretilmesini kolaylaştırmaktadır. Gökçeada depremi örneğinde görüldüğü gibi ada üzerinde bulunan yapılarla ilgili toplanan güncel verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi, ada üzerinde herhangi olası bir deprem anında hangi bölgelerin ve hangi yapıların ne derece etkileneceği daha kolay belirlenebilecektir. Hasar görebilecek binalar ve bu hasarın etkisiyle oluşabilecek olası maddi-manevi zaiyat, taşıyıcı sistem tipi, kat sayısı, kullanım amacı, hastanelere ve ulaşım merkezlerine olan uzaklıkları gibi verilerin analiz edilmesiyle daha rahat kestirilebilecektir. Gökçeada depremi ile alakalı yapılan bu modelleme çalışması, gelecekte yaşanabilecek bir deprem afetinin daha büyük bir felakete dönüşmemesi için alınacak önlemler, afet anında yapılacak ilkyardım çalışmaları ve bölgenin yeniden yapılanması gibi konularda doğal afet yönetimine katkı sağlayabilecek bir çalışmadır. Hasar tespiti sonuçları gerek planlamada, gerek inşa sırasında yeniden yapılanma için kullanılacaktır.

Coğrafi bilgi sistemlerini yöneten veri tabanı yönetim sistemleri, birbirleri ile ilişkili mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin SQL ara yüzleri ile yönetilmesine imkân sağlayarak, CBS verilerinin, veri tabanları üzerinde oluşturulmalarına, güncellenmelerine, sorgulanmalarına, analiz edilebilmelerine ve geliştirilebilmelerine imkân sağlarlar. Bu sebeple veri tabanında sürdürülebilirliği sağlamanın yolu mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin güncel tutulmasıdır.

KAYNAKLAR

Agrawal S. K. S. K. and Chourasia A. (2007). Methodology for Seismic Vulnerability Assessment of Building Stock in Mega Cities. In T. G. Sitharam and B. K. Bansal (Eds.), Microzonation (pp. 182– 190). Banglore: Interline Publishing.

Arya A. S. (2000). Recent developments toward earthquake risk reduction in India. Current science, 79(9), 1270–1277.

Bartels S.A., VanRooyen M.J., 2011. Medical complications associated with earthquakes. The Lancet 379 (9817), 748–757.

Bitelli G., Camassi R., Gusella L., Mognol A., 2004. Image change detection on urban areas: the earthquake case. International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS) 35 (B7), 692–697.

BIS. (2002). Indian standard criteria for earthquake resistant design of structures, Part 1 — general provisions and buildings". Engineering (Vol. 1893, p. 41). New Delhi.

BMTPC. (2006). Vulnerability Atlas of India. New Delhi: Building Materials and Technology Promotion Council.

Boore D. M., Joyner W. B., and Fumal T. E. (1997). Estimation of Rexponse Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: AN Interm Report. Seismological Research Letters, 68(1), 129-153. Menlo Park, CA.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi, 24 mayıs 2014 Basın Bülteni, http://udim.koeri.boun.edu.tr/Depremler/onemliler/24052014_1225TSIKuzeyEgeDeniziDepremi_.pdf

Chesnel A.L., Binet, R., Wald, L., 2007. Object oriented assessment of damage due tonatural disaster using very high resolution images. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 3736–3739.

Chini M., Bignami, C., Stramondo S., Pierdicca N., 2008. Uplift and subsidence due to the 26 December 2004 Indonesian earthquake detected by SAR data. International Journal of Remote Sensing 29 (13), 3891–3910.

Corbane C., Saito K., Dell'Oro L., Gill S.P.D., Piard B.E., Huyck C.K., Kemper T., Lemoine G., Spence R.J.S., Shankar R., Senegas O., Ghesquiere F., Lallemant D., Evans G.B., Gartley R.A., Toro, J., Ghosh S., Svekla W.D., Adams B.J., Eguchi R.T., 2011. A comprehensive analysis of building damage in the 12 January 2010 M(W)7 Haiti earthquake using high-resolution satellite- and aerial imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 77, 997–1009.

Dell'Acqua, F., Bignami C., Chini, M., Lisini G., Polli D.A., Stramondo S., 2011. Earthquake damages rapid mapping by satellite remote sensing data: L'Aquila April 6th, 2009 Event. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 4 (4), 935–943.

Dell'Acqua F., Polli D.A., 2011. Post-event only VHR radar satellite data for automated damage assessment: a study on COSMO/SkyMed and the 2010 Haiti earthquake. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 77, 1037–1043. Dong, Y.F., Li, Q., Dou, A.X., Wang, X.Q., 2011. Extracting damages caused by the 2008 Ms 8.0 Wenchuan earthquake from SAR remote sensing data. Journal of

Asian Earth Sciences 40 (4), 907–914.

Duan F.Z., Gong H.L. Zhao W.J., 2010. Collapsed houses automatic identification based on texture changes of post-earthquake aerial remote sensing image. In: 18th International Conference on Geoinformatics.

Ehrlich D., Guo H.D., Molch K., Ma J.W., Pesaresi, M., 2009. Identifying damage caused by the 2008 Wenchuan earthquake from VHR remote sensing data. International Journal of Digital Earth 2 (4), 309–326.

EM-DAT. (2011). 2011 Disasters in Numbers. The OFDA/CRED - International Disaster Database, (1). Belgium. Retrieved from www.emdat.be

FEMA. (2002). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards : A Hanbook. National Earthquake Hazards Reduction Program (2nd ed.). Washington D.C: Applied Technology Council.

FEMA. (2011). HAZUS MH 2.0 User and Technical Manual. Washington, D.C: Department of Homeland Security.

Gabriel A.K., Goldstein R.M., Zebker H.A., 1989. Mapping small elevation change sover large areas: differential radar interferometry. Journal of Geophysical Research 94 (B7), 9183–9191.

Gamba P., Casciati F., 1998. GIS and image understanding for near-real-time earthquake damage assessment. Photogrammetic Engineering and Remote Sensing 64, 987–994.

Gamba P., Dell'Acqua F., Trianni G., 2007a. Rapid damage detection in the Bam area using multitemporal SAR and exploiting ancillary data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 45 (6), 1582–1589.

Gamba P., Dell Acqua F., Odasso L., 2007b. Object-oriented building damage analysis in VHR optical satellite images of the 2004 tsunami over Kalutara, Sri Lanka. 2007 Joint Urban Remote Sensing Event, 1–5.

Gerke M., Kerle N., 2011. Automatic structural seismic damage assessment with airborne oblique pictometry imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 77 (9), 885–898.

Ghosh C. (2008). Earthquake Risk Mitigation Strategies in India. The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG) (pp. 2985-2991). Goa, India.

Grunthal G., 1998. European macroseismic scale 1998. Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie 15, 1–99.

Guida R., Iodice A., Riccio D., 2010. Monitoring of collapsed built-up areas with high resolution SAR images. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2422–2425.

Gusella L., Adams B.J., Bitelli G.C., Huyck K., Mognol A., 2005. Object-oriented image understanding and post-earthquake damage assessment for the 2003 Bam, Iran, earthquake. Earthquake Spectra 21 (S1), S225–S238.

Haldar P., and Singh Y. (2009). Seismic Performance And Vulnerability Of Indian Code- Designed Rc Frame Buildings. ISET journal of Earthquake Technology, 46(1), 29-45.

Hussain E., Ural S., Kim K., Fu C.S., Shan J., 2011. Building extraction and rubble mapping for city of Port-au-Prince post-2010 earthquake with GeoEye-1 imagery and Lidar data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 77 (10), 1011–1023.

Huyck C.K., Adams B.J., Cho S., Chung H.-C., Eguchi R.T., 2005. Towards rapid citywide damage mapping using neighborhood edge dissimilarities in very high-resolution optical satellite imagery – application to the 2003 Bam, Iran earthquake. Earthquake Spectra 21 (S1), S255–S266.

IMD. (2011). A detailed report on the earthquake (M :6.8) of 18 September, 2011 in Sikkim-Nepal border region. New Delhi. Retrieved from www.imd.gov.in

Irvin R., Mckeown D., 1989. Methods for exploiting the relationship between buildings and their shadows in aerial imagery. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 19.

Ito Y., Hosokawa M., Lee H., Liu J.G., 2000. Extraction of damaged regions using SAR data and neural networks. In: Proceeding of 19th International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Conference, pp. 156–163.7

Iwasaki Y., Yamazaki F., 2011. Detection of building collapse from the shadow lengths in optical satellite images. In: 32nd Asian Conference on Remote Sensing. Taiwan, China.

Jagadish K. S., Raghunath S., and Nanjunda Rao K. S. (2003). Behaviour of masonry structures during the Bhuj earthquake of January 2001. Journal of Earth System Science, 112(3), 431-440. doi:10.1007/BF02709270

Joyce K.E., Belliss S.E., Samsonov S.V., McNeill S.J., Glassey P.J., 2009. A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters. Progress in Physical Geography 32 (2), 183–207.

Kawai A., 1995. Photo album: Buildings destructed in the great earthquake. Dai- san-shokan, pp. 1–207.

Kaya G., Musaoglu N., Ersoy O., 2011. Damage assessment of 2010 Haiti earthquake with post-earthquake satellite image by support vector selection and adaptation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 77, 1025– 1035.

Kerle N., 2010. Satellite-based damage mapping following the 2006 Indonesia earthquake – how accurate was it. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 12 (6), 466–476.

Khose V. N., Singh Y., and Lang D. (2010). Limitations of Indian seismic design codes for RC buildings. In A. Kumar and M. . Sharma (Eds.), 14 Symposium On Earthquake Engineering (pp. 1416-1423). Roorkee: Elite Publishing.

Kircher C. A., Nassar A. A., Kustu O., and Holmes W. T. (1997). Development of Building Damage Functions for Earthquake Loss Estimation. Earthquake Spectra, 13(4), 663. Earthquake Engineering Research Institute. doi:10.1193/1.1585974

Kohiyama M., Yamazaki F., 2005. Damage detection for 2003 Bam, Iran earthquake using Terra-ASTER satellite imagery. Earthquake Spectra 21 (S1), S267–S274.

Liu J.H., Shan X.J., Yin J.Y., 2004. Automatic recognition of damaged town buildings caused by earthquake using remote sensing information: Taking the 2001 BHUJ, India Earthquake and the 1976 Tangshan, China Earthquake as examples. Acta Seismologica Sinica 26 (6), 623–632.

Liu W., F. Yamazaki H. Gokon S. Koshimura, 2012. Extraction of damaged buildings due to the 2011 Tohoku, Japan Earthquake Tsunami. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Melbourne, Australia.

Malinverni E.S., 2011. Change detection applying landscape metrics on high remote sensing images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 77 (10), 1045–1056.

Mandal P. Kumar N., Satyamurthy C., and Raju, I. P. (2009). Ground-motion Attenuation Relation from Strong-motion Records of the 2001 Mw 7.7 Bhuj Earthquake Sequence (2001–2006), Gujarat, India. Pure and Applied Geophysics, 166(3), 451-469. doi:10.1007/s00024-009-0444-y

Malladi V. P.T. , March,2012, Earthquake Building Vulnerability and Damage Assesment with reference to Sikkim Earthquake, The faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Dehradun, India : 1-22.

Mas J.F., 1999. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. International Journal of Remote Sensing 20 (1), 139–

152.

Massonnet D., Rossi M., Carmona C., Adragna F., Peltzer G., Feigl K., Rabaute T., 1993. The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interfereometry. Nature 364, 138–142.

Matsuoka M., Yamazaki F., 1999. Characteristics of satellite images of damaged areas due to the 1995 Kobe earthquake. In: 2nd Conference on the Applications of Remote Sensing and GIS for Disaster Management.

Matsuoka M., Yamazaki F., 2000. Use of interferometric satellite SAR for earthquake damage detection. In: Proceedings of 6th Internationnal Conference of Seismic Zonation, pp. 103–108.

Matsuoka M., Yamazaki F., 2004. Use of satellite SAR intensity imagery for detecting building areas damaged due to earthquakes. Earthquake Spectra 20 (3), 975–994.

Matsuoka M., Yamazaki F., 2005. Building damage mapping of the 2003 Bam, Iran Earthquake using Envisat/ASAR intensity imagery. Earthquake Spectra 21 (S1), S285–S294.

Matsuoka M., Yamazaki F., 2006. Use of SAR imagery for monitoring areas damaged due to the 2006 Mid Java, Indonesia Earthquake. In: Proceedings of 4th International workshop on Remote Sensing for Post-Disaster Response, Cambridge, United Kingdom.

Miura H., Modorikawa S., Chen S.H., 2011. Texture characteristics of high- resolution satellite images in damaged areas of the 2010 Haiti Earthquake. In: Proceedings of 9th International Workshop on Remote Sensing for Disaster Response, pp. 1–9.

Miura H., Yamazak F., Matsuoka M., 2007. Identification of damaged areas due to the 2006 Central Java, Indonesia Earthquake using satellite optical images. In: Proceedings of Urban Remote Sensing Joint Event, Paris, France.

NDMA. (2011). Development of Probabilistic Seismic Hazard Map of India Technical Report. National Disaster Management Authority (p. 126). New Delhi.

Ogawa N., Yamazaki F., 2000. Photo-Interpretation of building damage due to earthquakes using aerial photographs. In: 12th World Conference on Earthquake Engineering. Auckland, New Zealand.

Okada S., Takai N., 2000. Classifications of structural types and damage patterns of buildings for earthquake field investigation. In: 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand.

Pan G., Tang D.L., 2010. Damage information derived from multi-sensor data of the Wenchuan Earthquake of May 2008. International Journal of Remote Sensing 31, 3509–3519.

Pesaresi M., Gerhardinger A., Haag, F., 2007. Rapid damage assessment of built-up structures using VHR satellite data in tsunami-affected areas. International Journal of Remote Sensing 28 (13/14), 3013–3036.

Polli D., Dell'Acqua F., Gamba P., Lisini G., 2010. Earthquake damage assessment from post-event only radar satellite data. In: Proceedings 8th International Workshop on Remote Sensing for Disaster Management, p. 30.

Porter K. (2009). Cracking an Open Safe: HAZUS Vulnerability Functions in Terms of Structure- Independent Spectral Acceleration. Earthquake Spectra, 25(2), 361. doi:10.1193/1.3106680

Prasad J. S. R., Singh Y., Kaynia A. M., and Lindholm C. (2009). Socioeconomic Clustering in Seismic Risk Assessment of Urban Housing Stock. Earthquake Spectra, 25(3), 619. doi:10.1193/1.3158547

Rajendran K., Rajendran C. P., Thulasiraman N., Andrews R., and Nima S. (2011). The 18 September 2011 , North Sikkim earthquake. Current Science, 101(11), 1475-1479.

Rai D. C. (2008). A generalized method for seismic evaluation of existing buildings. Current Science, 94(3), 363-370.

Rasika A.K., Kerle N., Heuel S.R.K.B., 2006. Multi-scale texture and color segmentation of oblique airborne video data for damage classification. ISPRS mid-term symposium remote sensing: from pixels to processes.

Rathje E.M., Crawford M., Woo K., Neuenschwander, A., 2005a. Damage patterns from satellite images of the 2003 Bam, Iran, Earthquake. Earthquake Spectra 21 (1), 295–307.

Rathje E.M., Woo K.S., Crawford M., Neuenschwander A., 2005b. Earthquake damage identification using multi-temporal high-resolution optical satellite imagery. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, vol. 7, pp. 5045–5048.

Rezaeian M., Gruen A., 2007. Automatic classification of collapsed buildings using object and image space features. Springer: Geomatics Solutions for Disaster Management, 135–148.

Saito K., Spence R.J., Going C., Markus M., 2004. Using high-resolution satellite images for post-earthquake building damage assessment: a study following the 26 January 2001 Gujarat earthquake. Earthquake Spectra 20 (1), 145–170.

Saito K., Spence R.J.S., 2005. Visual damage assessment using high-resolution satellite images following the 2003 Bam, Iran, earthquake. Earthquake Spectra 21 (S1), S309–S318

Schweier C., Markus M., 2006. Classification of collapsed buildings for fast damage and loss assessment. Bulletin of Earthquake Engineering 4, 177–192.

Stramondo S., Chini M., Salvi S., Bignami C., Zoffoli S., Boschi E., 2008. Ground Deformation Imagery of the May Sichuan Earthquake. EOS Transaction American Geophysical Union 89, 341–342.

Tomowski D., Klonus S., Ehlers M., Michel U., Reinartz P., 2010. Change visualization through a texture-based analysis approach for disaster applications. In: ISPRS Technical Commission VII Symposium – 100 Years ISPRS Advancing Remote Sensing Science Sensing Proceedings, vol. 35, pp. 263–268.

Tantala M., Nordenson G., Deodatis G., and Jacob, K. (2008). Earthquake loss estimation for the New York City Metropolitan Region. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28(10-11), 812-835. doi:10.1016/j.soildyn.2007.10.012

Tong X., Hong Z., Liu S., Zhang X., Xie H., Li Z., Yang S., Wang W., Bao F., 2012. Building-damage detection using pre- and post-seismic high-resolution satellite stereo imagery: a case study of the May 2008 Wenchuan earthquake. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 68, 13–17.

Trianni G., Gamba P., 2008. Damage detection from SAR imagery: application to the 2003 Algeria and 2007 Peru earthquakes. International Journal of Navigation and Observation, 1–8.

Tronin A.A., Hayakawa M., Molchanov O.A., 2002. Thermal IR satellite data application for earthquake research in Japan and China. Journal of Geodynamics 33 (4–5), 519–534.

T.C Başbakanlık, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, 24 Mayıs 2014 Gökçeada Açıkları Ege Deniz Depremi Ön Raporu, www.afad.gov.tr/Dokuman/TR/72-2014052616857-ege-denizi-depremi-on-raporu-r.pdf

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Aksaray Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü www.csb.gov.tr/iller/dosyalar/imajlar/imaj6163/EkVsX.ppt

USGS. (2011). M 6.9, India-Nepal Border Region. Event. Retrived from http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/usc0005wg6.php#maps

Wang C., Zhang H., Wu F., Zhang B., Tang Y., Wu H., Wen X., Yan D., 2009. Disaster phenomena of Wenchuan earthquake in high resolution airborne synthetic aperture radar images. Journal of Applied Remote Sensing, 3.

Whitman R. V., Anagnos T., Kircher C. A., Lagorio H. J., Lawson R. S., and Schneider P. (1997). Development of a National Earthquake Loss Estimation Methodology. Earthquake Spectra, 13(4), 643. doi:10.1193/1.1585973

Yamazaki F., Suzuki D., Maruyama Y., 2008. Detection of damages due to earthquakes using digital aerial images. In: 6th International Workshop on Remote Sensing for Disaster Applications Pavia, Italy.

Yomralıoğlu T. ,2009, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar: 376-384.

Zhang J.F., Xie L.L., Tao, X.X., 2003. Change detection of remote sensing image for earthquake damaged buildings and its application in seismic disaster assessment. In: Proceedings of 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, vol. 4, pp. 2436–2438.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Çağlar AYDIN

Doğum Yeri : ÇANAKKALE

Doğum Tarihi : 09.11.1986

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Yıldız Teknik Üniversitesi/İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi /
FBE / Coğrafi Bilgi Teknolojileri

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Aydin Ç., Erenoğlu R.C., "A GIS Based Model Development to Assess Infrastructure After Natural Disaster: a Case Study from Gökçeada Earthquake 24 May 2014 (Çanakkale, Turkey) ", FIG Working Week 2016, Christchurch, YENI ZELANDA, 2-6 Mayıs 2016, pp.1-39.

b) Katıldığı Projeler: "Geomatik Yöntemlerle Heyelanların İzlenmesi ve Tematik Haritaların Oluşturulması: Biga Yarımadası (Çanakkale) Örneği ", TÜBITAK Projesi, 112Y336, Bursiyer.

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Belda İnşaat Ltd. Şti - 2011-2012
Sertek İnşaat Ltd. Şti - - 2012 - 2014

Çanakkale İl Özel İdaresi - 2014- Halen

İLETİŞİM

E-posta Adresi : aydn_caglar@yahoo.com