

Sakarya İlinin Depreme Duyarlı Bölgelerinde CBS Tabanlı Hasar Tahmini

Hüseyin BAYRAKTAR¹, Azalden HOSSIN²

Öz

Afet sonrasında insanların doğru bilgilere ulaşabileceği ve toplanabileceği güvenli alanlara yönlendirilmeleri ve barınma ihtiyaçlarının karşılanması müdahale ve iyileştirme planlamasının en önemli konularından birisidir. Bu alanların afet öncesi belirlenmesi ve planlanması, asgari standartların sağlanması, değişen ihtiyaçlara uygun biçimde tasarlanması, afetzedelerin insanca yaşamalarına katkı sağlayacaktır. Çalışmada Sakarya ilinin deprem bakımından riskli 16 ilçesinde 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi eşşiddet haritası kullanılarak deprem senaryosu hazırlanmıştır. Senaryo sonucunda hasar görebilecek bina sayısı, etkilenecek kişi sayısı ve ihtiyaç duyulacak çadır sayısı belirlenmiştir. Bölgeye ait harita ve analizler CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın deprem öncesi alınacak tedbirlerde bölgeye fayda sağlaması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sakarya, Deprem senaryosu, CBS, Barınma.

GIS-Based Damage Estimation in Earthquake Sensitive Areas of Sakarya Province

Abstract

One of the most important issues of the Response and Improvement planning is that after disaster, people are directed to safe areas where they can reach and gather the right information and meet their housing needs. Pre-disaster determination and planning of these areas, ensuring minimum standards and designing them according to changing needs will contribute to the survival of the victims. In the study, an earthquake scenario was prepared by using the 17 August 1999 Marmara Earthquake intensities map in 16 districts of Sakarya at risk for earthquakes. As a result of the scenario, the number of buildings that could be damaged, the number of people to be affected and the number of tents that would be needed were determined. Maps and analyzes of the region were obtained using the GIS (Geographical Information System) method. It is aimed that the study will benefit the region in the measures to be taken before the earthquake.

Keywords: Sakarya, Earthquake Scenario, GIS, Shelter.

¹ Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı MYO, Düzce, TÜRKİYE

² Sakarya Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Sakarya, TÜRKİYE

*İlgili yazar / Corresponding author: huseyinbayraktar@duzce.edu.tr

Gönderim Tarihi / Received Date: 09.08.2021

Kabul Tarihi / Accepted Date: 01.12.2021

1. Giriş

Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğüne göre “Doğa kaynaklı afet”, (İng. natural disaster) Deprem, sel, heyelan, çığ, kuraklık, fırtına, dolu, hortum, kuraklık, göktaşı düşmesi v.b. gibi oluşumu engellenemeyen jeolojik, meteorolojik, hidrolojik, klimatolojik, biyolojik ve kaynağı dünya dışında olan tehlikelerden kaynaklanan doğa olaylarının sonuçlarına verilen genel addir. Depremler, levhaların sınırlarında meydana gelen değişimler sonucunda ortaya çıkan enerjidir (Yeryüzü ve Deprem, 2002). Levhalarda meydana gelen bu değişimler sonucu açığa çıkan enerji yani depremler yeryüzünde büyük sarsıntılara ve titreşimlere neden olabilmektedir. Dünyanın bir çok bölgesinde kıtaların hareket etmesi depremlere neden olmakta ve kıtaların hareketi devam ettiği için gelecekte de depremler olacaktır. Ülkemizde oluşan doğa kaynaklı ve teknolojik afetlerin neredeyse % 25’ini depremler oluştursa da can kayıplarının % 90’dan fazlası depremlerden kaynaklanmaktadır (Bahadır, H. ve Uçku, R. 2018). Depremler sıklıkla oluşmamakla beraber ani gelişen afetler arasında yer alması ve büyük alanları etkilemesi nedeniyle sonuçları ağır olabilmektedir. Ülkemizde üç önemli fay hatlarından olan Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAFH), Doğu Anadolu Fay Hattı (DAFH) ve Batı Anadolu Fay Hattı (BAFH) üzerinde büyük depremler oluşmaktadır. 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi KAFH üzerinde meydana gelen büyük depremlerden biridir. 17 Ağustos 1999 tarihinde, saat 03:02 sularında Doğu Marmara’da M =7.4 büyüklüğünde meydana gelen deprem büyüklük (magnitüd) olarak 1939 Erzincan depreminden sonra Türkiye tarihinin en büyük depremi olmuştur (URL-1).

AFAD Türkiye’de Deprem İzleme ve Değerlendirme Merkezi tarafından 01.01.2020–31.12.2020 tarihleri arasında 33.821 deprem kayıt edilmiş ve bir önceki yıla göre depremlerde % 44 artış meydana gelmiştir. Depremlerde meydana gelen bu artışlar levha hareketlerinin arttığını göstermektedir.

Depremlerin ne zaman olacağı tam olarak bilinemese de ne sıklıkta ve hangi büyüklükte olabileceği konusunda tahminlerde bulunmaktadır. Deprem tekrarlama zamanı tahmini, deprem olasılık tahmini, deprem kaynaklı iyonosferik değişimlerin tespiti gibi bilimsel yaklaşımlar bulunmaktadır (Özel, G. ve Solmaz, A. 2012; Köle, M.M. 2016; İnyurt vd. 2018). Bilimsel yaklaşımlar farklılık gösterse de depremin kesin oluş zamanı ile ilgili doğru sonuç henüz elde edilememektedir. Önceki depremlerin oluşma zamanları ve bazı sismik ölçümler ile yaklaşık olarak depremin meydana gelebileceği zamanı tahmin edilmektedir.

Senaryo depremleri ile etkilenebilecek bölge, bina ve kişi sayıları belirlenerek afet sonrası oluşabilecek zararların azaltılması sağlanmaktadır. Senaryo deprem çalışmaları matematiksel ya da tahmini yöntemler ile yapıldığı gibi (Işık vd. 2019; Çiftçi vd. 2020), deprem kayıp tahmini Eler program, Hazus, Afad-Red gibi programlar ile bilgisayarda deprem hasar ve mali kayıplar yapılabilmektedir (Hancılar vd. 2019; Fahjan vd. 2015). Risk yönetimi bakımından senaryo depremleri hem yerel yönetimlere hem de topluma önemli faydalar sağlamaktadır.

Bu çalışmada Sakarya ilinin deprem bakımından riskli ilçeleri için deprem senaryosu yapılmıştır. Çalışmada, Özmen (2002)’de verilen 5 farklı şiddet cetveli katsayıları ve Deprem eşşiddet haritası kullanılarak kayıp tahminleri yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı ArcGIS programında Sakarya ili faya yakınlık analizine göre eşşiddet haritası elde edilmiştir. Eşşiddet haritasına göre ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayıları tespit edilmiştir. Kayıp kişi sayısı ve barınma ihtiyacı duyacakların sayıları belirlenmiştir. Son olarak açıkta kalacak kişi sayısı ile ihtiyaç duyulacak çadır sayıları verilmektedir.

Diri fayların Sakarya merkez ve ilçelerini etkileyecek yakınlıkta geçmesi yerleşimin her an deprem riskine karşı hazırlıklı olması gerçeğini ortaya koymaktadır. Yerleşim yerlerinde yapılacak deprem senaryoları sayesinde yerleşimin deprem olmadan önce gerekli tedbirlerin alınması sağlanabilmektedir.

3. Deprem Senaryosu

Deprem oluş zamanı kesin olarak bilinemediği için ancak tahminlere dayalı çalışmalar yapılabilmektedir. Deprem senaryoları tahmine dayalı olasılık, matematiksel ve bazı yazılım programları ile depremin olası can ve ekonomik kayıpları üzerine çalışmalar yapılabilmektedir. Kentsel deprem risk senaryolarının hazırlanması genelde aşağıda sıralanan etüd safhalarını kapsar (Erdik ve diğ., 1996);

Depremsellik ve mikrobölgelendirme çalışmaları: Kenti etkilemiş tarihi depremlerin ve yaratmış olduğu hasarların incelenmesi, senaryo depremi kaynak parametrelerinin belirlenmesi, yöresel eşşiddet haritalarına ve şiddet azalım ilişkilerine dayalı olarak taban kayasında beklenen deprem şiddet (MSK) haritalarının elde edilmesi, geçmiş deprem hasar dağılımlarına, yerel zemin ve topoğrafik şartlara bağlı olarak şiddet büyütme dağılımının belirlenmesi ve zemin sıvılaşma ve göçmesi ve heyelan ihtimali olan bölgelerin tesbiti.

Hasar görülebilirlik belirlemeleri: Mevcut yapı stokunun incelenerek yapı tipi haritalarının çıkartılması, her bir yapı tipi için "hasar görülebilirlik" oran ve ihtimallerinin yöresel verilere dayalı olarak belirlenmesi, mevcut alt yapı şebekeleri ve ulaşım sistemlerinin depremden etkilenme durum ve oranlarının belirlenmesi, emniyet, itfaiye, hastane bina ve donanımları gibi kritik birimlerin depremden etkilenme durumlarının belirlenmesi, yapı hasarlarıyla can kaybı ve yaralanmalar arasındaki ilişkilerin tesbiti, depremden kaynaklanacak sosyo-ekonomik kayıpların incelenmesi.

Bu çalışmada Sakarya ili (40.77 K – 30.40 D) için olasılıksal sismik tehlike analizi Ms: 7.4 büyüklüğünde bir deprem için ve yüzey kırığı uzunluğunun 140 km olacağı kabul edilerek ArcGIS programında eşşiddet haritası hazırlanmıştır (Şekil 2). Senaryo depremin büyüklüğü ve yüzey kırığı uzunluğu 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi ile aynı alınmıştır.

3.1 Deprem şiddeti hesaplama

Sakarya için şiddet değerleri aşağıda açıklanan azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmıştır. (Erdik ve Eren, 1983) Kuzey Anadolu Fay hattı boyunca oluşan depremlerle ilişkili olarak var olan eşşiddet haritalarından yararlanarak fay izine dik olacak şekilde aşağıdaki gibi bir azalım ilişkisi elde etmişlerdir.

$$I = 0.34 + 1.54 M - 1.24 \ln R$$

Burada;

I : MSK ölçeğinde yapı yerindeki ortalama şiddet.

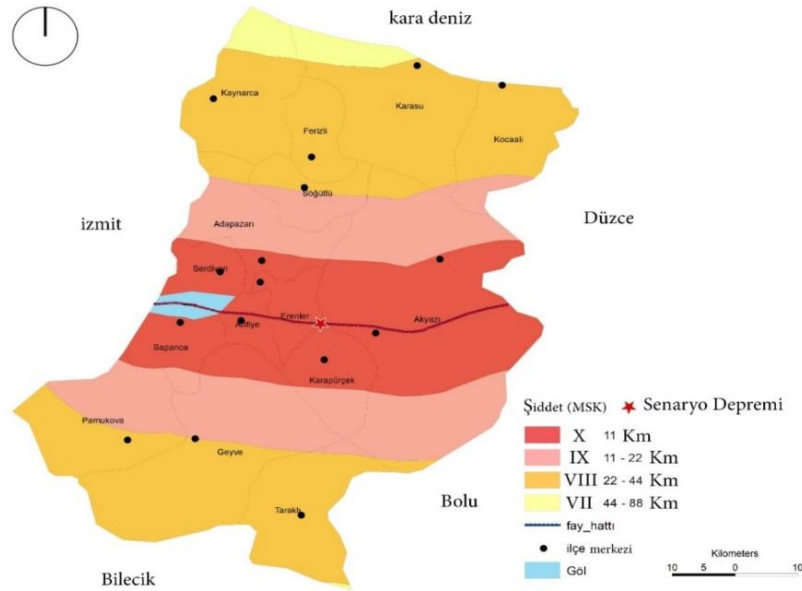
M : Yüzey dalgası magnitüdü

R : Faya en yakın uzaklık (km. cinsinden)

Senaryo depremi neticesinde İstanbul ve diğer komşu illerde oluşabilecek maksimum şiddet değerleri yukarıdaki azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen değerlerin birleştirilmesi ile eşşiddet haritası elde edilmiştir. Burada elde edilen değerler sert zemin koşullarında oluşabilecek şiddet değerlerini göstermektedir.

Deprem şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan şiddet cetvellerine göre belirlenmektedir. Dünyada kullanılan birçok şiddet cetvelleri vardır. Ülkemizde bu şiddet cetvellerinden Medvedev-

Sponhuver-Karnik (MSK) tarafından 1964 yılında hazırlanmış 12 dereceli MSK şiddet cetveli kullanılmaktadır. Şiddet cetvelerinde şiddetin derecesi Romen rakamı ile gösterilmektedir. Bir depremin şiddeti yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerine bağlı olarak belirlenir. Bu etki, depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı, yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık, yerel zemin yapısı ve jeolojiye bağlı olarak değişir.



Şekil 2: Sakarya merkezli senaryo depremin eşşiddet haritası

Şekil 2'de Sakarya merkezli eşşiddet haritası, fay hattının sağlı sollu 11 km içerisinde kalan bölgelere göre ArcGIS proramında hazırlanmıştır. Fay hattından uzaklaştıkça şiddet değeri düşmektedir. Eşşiddet haritasına göre deprem senaryosu yapılan yerleşim yerleri hangi şiddet bölgesinde yer alıyorsa o şiddet değeri kullanılarak hasar ve kayıp tahminleri yapılmıştır. Örneğin Akyazı, Karapürçek, Erenler, Arifiye, Serdivan ve Sapanca ilçeleri eşşiddet haritasında 11 km'lik tampon bölge içerisinde kaldıkları için hesaplarda X şiddet değeri kullanılmıştır.

3.2 Hasarlı konut sayıları

Aşağıdaki çizelgede 17 Ağustos 1999 tarihinde oluşan İzmit Körfezi Depremi'nden değişik şiddetlerde etkilenen konutların yüzde kaçının Ağır, Orta ve Hafif hasara uğradığı gösterilmiştir (Özmen, 1999). Bu oranlar çalışmada konutların hasar durumunu tahmin etmek için kullanılacaktır.

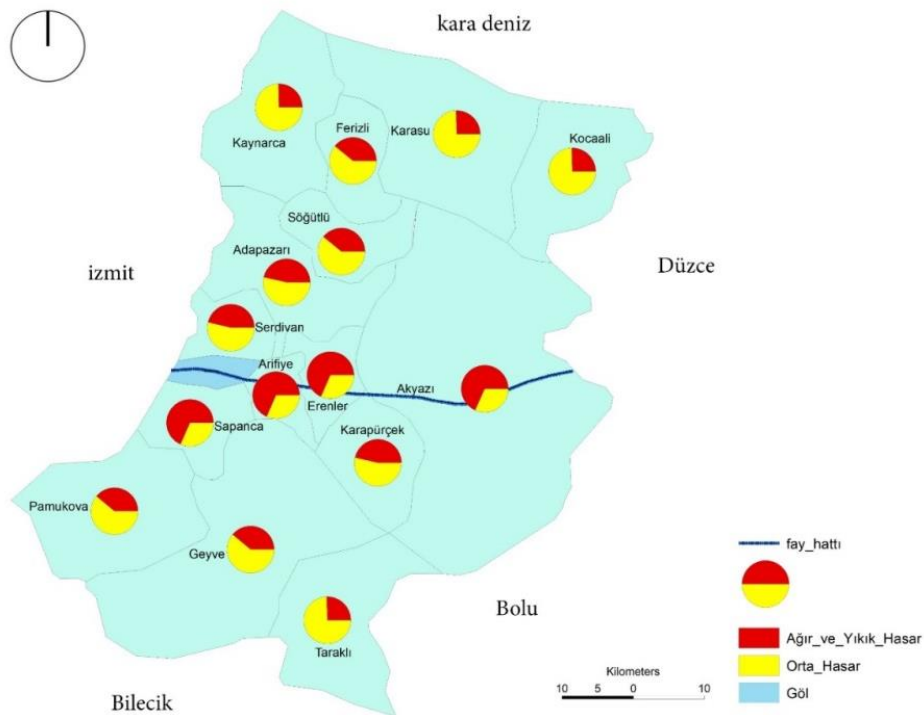
Tablo 2. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminden farklı şiddetlerde etkilenmiş bölgelerdeki hasar oranları

| ŞİDDET(MSK) | Ağır ve Yıkık Hasar (%) | Orta Hasar (%) | Az Hasar (%) |
|-------------|-------------------------|----------------|--------------|
| VI | 0.04 | 0.22 | 0.24 |
| VII | 0.91 | 2.67 | 2.59 |
| VIII | 2.82 | 4.41 | 5.31 |
| IX | 15.70 | 18.16 | 22.75 |
| X | 33.06 | 15.29 | 19.14 |

Tablo 2'ye göre IX şiddetinde etkilenen bir bölgedeki konutların % 15.7'sinin ağır hasara, % 18'inin orta hasara ve % 23'ünün az hasara uğrayabileceği ön görülmektedir. Aynı şekilde farklı şiddette etkilenen bölgelerdeki hasar tahminleri o şiddete ait olan oranlar kullanılarak yapılabilir. Elimizde Sakarya iline ait konut sayıları olmadığı için bu ilin konut sayıları 2017 yılı genel nüfus sayımından elde edilen nüfusların hanehalkı (3.55) büyüklüklerine bölünmesi ile hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Senaryo depremi sonucunda Sakarya ilinde oluşabilecek ağır, orta ve az hasarlı konut sayıları

| Sakarya İli İçin Deprem Senaryosu | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|---------------------|----------------------------------|----------------------|--------------|--------------|
| Sıra | ilçe | Şiddet (MSK) | Nüfus Sayısı (2017) | Konut Sayısı (Hanehalkı = 3.55) | Hasarlı Konut Sayısı | | |
| | | | | | Ağır ve Yıkık Hasar | Orta Hasar | Az Hasar |
| 1 | Adapazarı | IX | 272901 | 76874 | 12069 | 13960 | 17489 |
| 2 | Serdivan | IX | 133477 | 37599 | 5903 | 6828 | 8554 |
| 3 | Akyazı | X | 87892 | 24758 | 8185 | 3786 | 4739 |
| 4 | Erenler | X | 85649 | 24126 | 7976 | 3689 | 4618 |
| 5 | Hendek | IX | 81635 | 22996 | 3610 | 4176 | 5232 |
| 6 | Karasu | VII | 62866 | 17709 | 161 | 473 | 459 |
| 7 | Geyve | VIII | 48731 | 13727 | 387 | 605 | 729 |
| 8 | Arifiye | X | 43234 | 12179 | 4026 | 1862 | 2331 |
| 9 | Sapanca | X | 40343 | 11364 | 3757 | 1738 | 2175 |
| 10 | Pamukova | VIII | 29293 | 8252 | 233 | 364 | 438 |
| 11 | Ferizli | VIII | 25909 | 7298 | 206 | 322 | 388 |
| 12 | Kaynarca | VII | 23760 | 6693 | 61 | 179 | 173 |
| 13 | Kocaali | VII | 20858 | 5875 | 53 | 157 | 152 |
| 14 | Söğütü | VIII | 14044 | 3956 | 112 | 174 | 210 |
| 15 | Karapürçek | IX | 12773 | 3598 | 565 | 653 | 819 |
| 16 | Taraklı | VII | 6849 | 1929 | 18 | 52 | 50 |
| TOPLAM | | | 990214 | 278934 | 47322 | 39017 | 48554 |



Şekil 3: Sakarya İli için deprem senaryosu ağır hasar ve orta hasar

Şekil 3'de senaryo depreminde göre konutlarda ağır hasar ve orta hasar oranları ArcGIS programında elde edilen verilere göre haritası üretilmiştir. Sadece ağır ve orta hasarlı konutların verilmesinin nedeni deprem sonrası bu tür konutların kullanımına izin verilmemesi ve açıkta kalacak insan sayısının ağır ve orta hasarlı konut sayılarına göre belirleniyor olmasıdır.

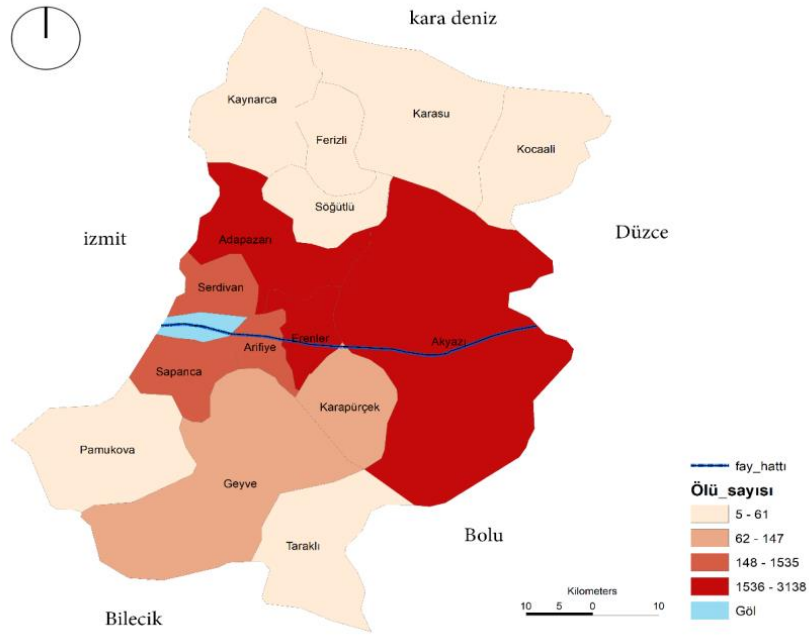
3.3 Ölü ve yaralı sayıları

Senaryo depremine göre oluşabilecek ölü sayısı 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi'ndeki ölü sayısının ağır hasarlı konut sayısına bölünmesi ile elde edilen % 26 oranı kullanılarak, yaralı sayısı ise yine aynı depremde oluşan yaralı sayısının ölü sayısının kaç katı olduğunun hesaplanmasıyla bulunan 2.515 rakamı kullanılmaktadır. Tablo 2'deki rakamlar kullanılarak incelenen yerleşim yerleri için hasar ve kayıp oranları Tablo 4'de bulunmuştur.

Tablo 4. Senaryo deprem sonucunda Sakarya ilinde ölü ve yaralı sayıları

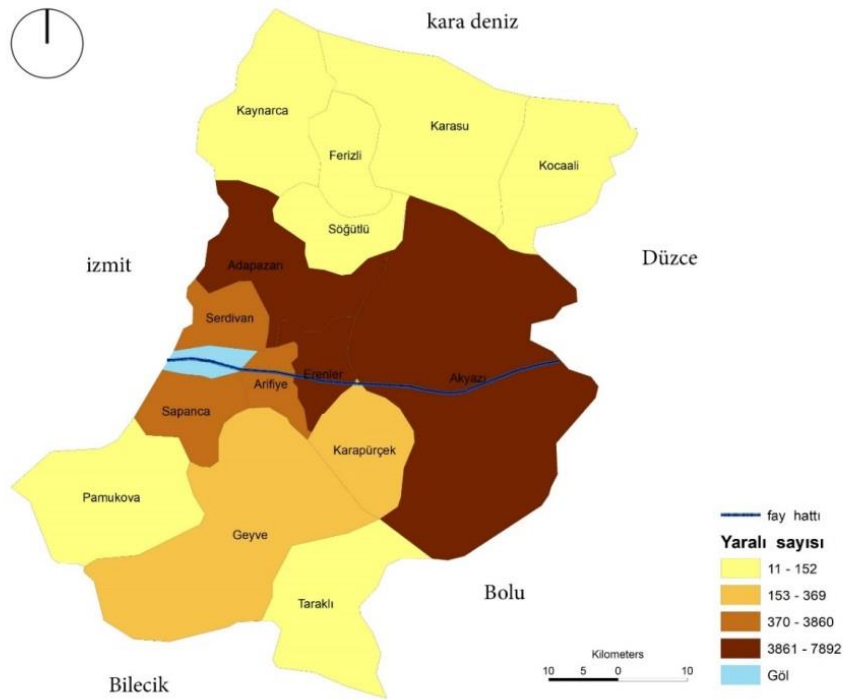
| Sakarya İli İçin Deprem Senaryosu | | | | | |
|-----------------------------------|------------|----------------------|------------|------------|---------------|
| Sıra | İlçe | Hasarlı Konut Sayısı | | Ölü sayısı | Yaralı sayısı |
| | | Ağır ve Yıkık Hasar | Orta Hasar | | |
| 1 | Adapazarı | 12069 | 13960 | 3138 | 7892 |
| 2 | Serdivan | 5903 | 6828 | 1535 | 3860 |
| 3 | Akyazı | 8185 | 3786 | 2128 | 5352 |
| 4 | Erenler | 7976 | 3689 | 2074 | 5216 |
| 5 | Hendek | 3610 | 4176 | 939 | 2361 |
| 6 | Karasu | 161 | 473 | 42 | 105 |
| 7 | Geyve | 387 | 605 | 101 | 253 |
| 8 | Arifiye | 4026 | 1862 | 1047 | 2633 |
| 9 | Sapanca | 3757 | 1738 | 977 | 2457 |
| 10 | Pamukova | 233 | 364 | 61 | 152 |
| 11 | Ferizli | 206 | 322 | 54 | 135 |
| 12 | Kaynarca | 61 | 179 | 16 | 40 |
| 13 | Kocaali | 53 | 157 | 14 | 35 |
| 14 | Söğütü | 112 | 174 | 29 | 73 |
| 15 | Karapürçek | 565 | 653 | 147 | 369 |
| 16 | Taraklı | 18 | 52 | 5 | 11 |
| TOPLAM | | 47322 | 39017 | 12304 | 30944 |

Tablo 4'e göre en fazla hasar ve kayıp Adapazarı ilçesinde iken en az hasar ve kayıp ise Taraklı ilçesinde bulunmuştur. Serdivan, Akyazı, Erenler, Hendek, Arifiye, Sapanca gibi ilçelerde de kayıp ve hasarlar azımsanmayacak sayılardadır. Senaryo depremi için inceleme yapılan 16 ilçeden 7'sinde hasar ve kayıp oranları yüksek çıktığından bu bölgelerde riskli bina taramalarına hız verilerek zarar azaltma çalışmalarının yapılması olası risk oranını düşürecektir.



Şekil 4: Sakarya ili için deprem senaryosu ölü sayısı

Belirlenen ağır hasarlı konut sayılarına göre ölü ve yaralı sayıları ilgili bölgenin şiddet derecesi katsayısı yardımıyla bulunmuştur. Ağır hasarlı konutların bulunduğu ilçelerde ölü ve yaralı sayısı yüksek çıkmaktadır. Şekil 4'de ölü sayıları, Şekil 5'de ise yaralı sayıları için haritalar elde edilmiştir.



Şekil 5: Sakarya ili için deprem senaryosu yaralı sayısı

Şekil 4 ve 5'e göre ölü ve yaralı sayısı daha çok Adapazarı, Akyazı ve Erenler bölgesindedir. Bu bölgelerin fay hattına yakın olması ve eşşiddet haritasında X şiddet değerine denk gelmeleri kayıpların artmasına neden olmaktadır.

3.4 Ayakta tedavi edilen ve hastane bakımına ihtiyaç insan sayıları

Genel olarak 17 Ağustos 1999 Depremi verilerine göre yaralıların % 75'inin ayakta tedavi edilebileceği ve yaralıların % 25'inin hastane bakımına ihtiyaç duyacakları kabul edilmektedir., bu oranlara göre yaralı sayısı ve hastane bakımına ihtiyaç insan sayısı hesaplanarak Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Senaryo deprem sonucunda Sakarya ilinde Ayakta tedavi edilen ve hastane bakımına ihtiyaç insan sayıları

| Sakarya İli İçin Deprem Senaryosu | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|---|---------------------------------------|
| Sıra | İlçe | Yaralı sayısı | Ayakta tedavi edilebilecek insan sayısı | Hastane bakımına ihtiyaç insan sayısı |
| 1 | Adapazarı | 7892 | 5919 | 1973 |
| 2 | Serdivan | 3860 | 2895 | 965 |
| 3 | Akyazı | 5352 | 4014 | 1338 |
| 4 | Erenler | 5216 | 3912 | 1304 |
| 5 | Hendek | 2361 | 1771 | 590 |
| 6 | Karasu | 105 | 79 | 26 |
| 7 | Geyve | 253 | 190 | 63 |
| 8 | Arifiye | 2633 | 1975 | 658 |
| 9 | Sapanca | 2457 | 1843 | 614 |
| 10 | Pamukova | 152 | 114 | 38 |
| 11 | Ferizli | 135 | 101 | 34 |
| 12 | Kaynarca | 40 | 30 | 10 |
| 13 | Kocaeli | 35 | 26 | 9 |
| 14 | Söğütü | 73 | 55 | 18 |
| 15 | Karapürçek | 369 | 277 | 92 |
| 16 | Taraklı | 11 | 9 | 3 |
| TOPLAM | | 30944 | 23208 | 7736 |

Tablo 5'e göre Adapazarı, Akyazı, Erenler, Serdivan, Hendek, Arifiye ve Sapanca gibi ilçeler yaralı ve ayakta tedavi sayısı yüksek çıkan yerleşimlerdir. Bu yerleşim yerlerinde hastane ve ambulans kapasitesi önem arz etmektedir. Gereklik durumunda diğer ilçelerden takviye desteğin planlanması doğru olacaktır. Sakarya ilinin mevcut hastane kapasitesi TÜİK 2019 verilerine göre; hastane sayısı toplam 19 (13 kamu, 6 özel), yatak sayısı toplam 1936 (1613 kamu, 323 özel)' dir (URL-2). Tablo 5'e göre hastane bakımına ihtiyaç duyacak insan sayısı 7736 olarak bulunmuştur. TÜİK 2019 verilerine göre özel ve kamu tüm hastanelerin yatak sayısı 1936 olduğu için olası bir depremde Sakarya ili için yatak sayısı çalışma sonuçlarına göre yeterli gelmeyecektir.

3.5 Açıkta kalacak insan sayısı ve çadır ihtiyacı

Açıkta kalacak insan sayısında ağır hasar ve orta hasarlı konutların toplanmasıyla elde edilen sonucun hane halkı büyüklüğü ile çarpılması sonucu hesaplanmıştır. Açıkta kalacak insan sayısı ortalama aile sayısı (3.55) ile oranlandığında çadır ihtiyacı genel olarak Tablo 6'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Senaryo sonucunda Sakarya ilinde açıkta kalacak insan sayısı ve çadır ihtiyacı

| Sakarya İli İçin Deprem Senaryosu | | | | | |
|-----------------------------------|------------|----------------------|------------|-----------------------------|----------------------|
| Sıra | İlçe | Hasarlı Konut Sayısı | | Açıkta kalacak insan sayısı | Çadır ihtiyaç sayısı |
| | | Ağır ve Yıkık Hasar | Orta Hasar | | |
| 1 | Adapazarı | 12069 | 13960 | 92404 | 26029 |
| 2 | Serdivan | 5903 | 6828 | 45195 | 12731 |
| 3 | Akyazı | 8185 | 3786 | 42496 | 11971 |
| 4 | Erenler | 7976 | 3689 | 41411 | 11665 |
| 5 | Hendek | 3610 | 4176 | 27642 | 7786 |
| 6 | Karasu | 161 | 473 | 2251 | 634 |
| 7 | Geyve | 387 | 605 | 3523 | 992 |
| 8 | Arifiye | 4026 | 1862 | 20904 | 5888 |
| 9 | Sapanca | 3757 | 1738 | 19506 | 5495 |
| 10 | Pamukova | 233 | 364 | 2118 | 597 |
| 11 | Ferizli | 206 | 322 | 1873 | 528 |
| 12 | Kaynarca | 61 | 179 | 851 | 240 |
| 13 | Kocaeli | 53 | 157 | 747 | 210 |
| 14 | Söğütü | 112 | 174 | 1015 | 286 |
| 15 | Karapürçek | 565 | 653 | 4325 | 1218 |
| 16 | Taraklı | 18 | 52 | 245 | 69 |
| TOPLAM | | 47322 | 39017 | 306506 | 86340 |

Çadır ihtiyacı ağır ve orta hasarlı konutların yoğun bulunduğu ilçelerde fazla çıkmaktadır. Özellikle Adapazarı, Serdivan, Akyazı ve Erenler ilçelerde çadır ihtiyacı on binin üzerinde çıkmaktadır. Çadır sayısına göre çadırların kurulacağı yerlerin de önceden belirlenmesi olası bir afette uygulama kolaylığı sağlayacaktır.

3.6 Çadırkent yer seçimi

Afet sonrası geçici barınma için kurulan çadır kentlerin altyapı vb etkenler düşünülmeden afet öncesi belirlenmemesi sorunlara neden olmaktadır (Yılmaz, A. 2012). Çadır kentlerin insanlar için yaşanabilir ve güvenilir olması önemlidir. 1999 depremlerinden sonra çadır kentlerin yanlış yerlere kurulması sonucu su basmaları, yangınlar, yerleşim yerlerine uzak olmaları gibi birçok sorunla karşılaşmıştır. Uluslararası standartlarda Sphere Projesi gibi çadır kentlerin kurulmasında yer seçimi ve afetzedeler için asgari standartlara vurgu yapılmaktadır. Çadır kent yer seçiminde ulusal ve uluslararası standartların gözetilmesi sayesinde afetzedeler için sorunsuz bir geçici barınma imkanı elde edilebilecektir.

3.7 Sphere projesi, afete mücadelede asgari standartlar ve insani yardım sözleşmesi

Sphere İnsani Yardım Sözleşmesi ve Afet Yardımlarında Asgari Standartlar, afet yardımlarının etkinliğinin ve sayışım sorumluluğunun artırılmasını amaçlayan önemli bir uluslararası inisiyatifte, dünyada ilk defa afetten etkilenen insanların insani yardımdan neyi beklemeye hakları olduğunu belirlemektedir. İnsani Yardım Sözleşmesi, uluslararası insani prensipler ve koşullar, insan hakları sözleşmesi, Mülteci Kanunu ve Kızıl Haç ile STK yürütme yasasına dayanır. İnsani Yardım Sözleşmesi, insani eylemi yöneten temel ilkeleri açıklamakta ve halkların korunma ve yardım alma haklarını savunmaktadır. Sözleşmeyi, beş temel bölümde asgari standartlar izlemektedir: su temini, beslenme, gıda yardımı, barınak ve yerleşim yeri planlama ve sağlık hizmetleridir.

3.8 Yer seçimi ve altyapı standartları

- Mülteciler için seçilecek çadırkent alanı dışarıdan gelebilecek olası tehlikelere karşı sınırdan ve şehir merkezinden uzakta olmalıdır.
- Afetzedeler için seçilecek çadırkent alanı yerleşim alanlarına mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır.
- Seçilen yer yeterli sayıda insanı barındırmak için uygun olmalıdır.
- Çadırkent kurulması düşünülen alan, yerleşime uygun olmalı ve insanların güven ve huzuruna katkıda bulunmalıdır.
- Hizmetlerin ve iç ulaşımın etkin ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamalıdır.

- f) Yerleşim çevreye en az zarar verecek şekilde planlanmalıdır.
- g) Ağır vasıtaların her türlü hava şartlarında ulaşabileceği bir yol olmalı, eğer bir yol inşa etmek gerekiyorsa, toprak ve arazi tipi buna uygun olmalı, halkın oturduğu yerlere hafif vasıtalar ulaşabilmelidir.
- h) Uygun olan yerlerde, mevcut sosyal ve ekonomik tesislere yakın olmalıdır.
- i) Yeterli su olmalıdır. (İçmek, yemek pişirmek, sağlıklı koşullarda temizlenmek için)
- j) Yağmur mevsiminde birikmesi beklenen yağmur suyu havzasından en az 3 m. yukarıda olmalıdır.
- k) Toprağın cinsi kazıya ve suyu geçirmeye uygun olmalıdır.
- l) Yerleşim alanında halkı ve hayvanları etkileyecek endemik (bölgesel) hastalıklar, durgun su ve sel ve toprak kayması olasılığı olmamalı ve aktif yanardağa yakın olmamalıdır.
- m) Çadırkentlerin kurulacağı alanlar, elektrik, su ve kanalizasyonun, şehir şebekesine bağlanmaya elverişli bölgelerinde olmalıdır.
- n) Çadırkentlerin eğimleri maksimum %7'yi geçmemeli, tercihen %2 ile %4 arasında olmalı, drenajı sağlamalıdır.
- o) Çadırkent kurulacak bölgenin zemin etüdü yapılmalıdır.
- p) Tespit edilen bölgeler mümkünse hazine arazisi olmalıdır.
- q) Seçilen alanın, tarımsal alan olmamasına dikkat edilmelidir.

Sphere Projesi, afetzedelerin insanca ve güvende yaşamaları için hangi afet türü olursa olsun dikkate alınabilecek önemli bir çalışmadır. Yer seçiminde altyapı çalışmalarından insanların temel gereksinimlerine kadar bir çok konuda yol göstericidir.

3.9 Sakarya ilçelerinde çadırkent önerisi

Çadır alanı seçiminde her ilçede kamuya ait yeşil alanlar tercih edilmiştir. Ağır ve orta hasarlı konutlar deprem sonrası hemen kullanılmayacağı için bu tip hasarlı konutlara sahip afetzedeler için çadır ihtiyacı karşılanmalıdır. Çalışmamızda tüm ilçelerde çadır ihtiyacı bulunmaktadır. Tablo 7'ye göre en çok çadır ihtiyacı Adapazarı ilçesinde çıkmaktadır. Çalışma yapılan ilçelerde ihtiyaç duyulan çadır alanları yeterli sayıda yeşil alanlara denk gelecek şekilde belirlenmiştir.

Tablo 7. Sakarya ili için deprem senaryosu çadırkent sayısı ve alanları

| İlçe | Yer Adedi | İmar Durumu | Alanı (m2) | Kapasitesi / Çadır Sayısı |
|---------------|-----------|-------------|-----------------|---------------------------|
| Adapazarı | 9 | yeşil alan | 4164699 | 26029 |
| Serdivan | 5 | yeşil alan | 2036971 | 12731 |
| Akyazı | 4 | yeşil alan | 1915302 | 11971 |
| Erenler | 4 | yeşil alan | 1866424 | 11665 |
| Hendek | 3 | yeşil alan | 1245819 | 7786 |
| Karasu | 1 | yeşil alan | 101436 | 634 |
| Geyve | 1 | yeşil alan | 158794 | 992 |
| Arifiye | 2 | yeşil alan | 942136 | 5888 |
| Sapanca | 2 | yeşil alan | 879136 | 5495 |
| Pamukova | 2 | yeşil alan | 95454 | 597 |
| Ferizli | 2 | yeşil alan | 84427 | 528 |
| Kaynarca | 1 | yeşil alan | 38337 | 240 |
| Kocaali | 1 | yeşil alan | 33655 | 210 |
| Söğütlü | 1 | yeşil alan | 45764 | 286 |
| Karapürçek | 1 | yeşil alan | 194927 | 1218 |
| Taraklı | 1 | yeşil alan | 11051 | 69 |
| TOPLAM | 40 | | 13814332 | 86340 |

Tablo 8’de araştırma yapılan ilçelere ait senaryo depremi sonuçları verilmektedir. Deprem şiddetine göre hesaplanan hasarlı konut sayıları, ölü ve yaralı sayıları, çadır ihtiyacı gibi önemli veriler bulunmuştur. Bu verilere göre Sakarya ilinin ve komşu yerleşimlerin mevcut kapasite durumları, senaryo depremi ile elde edilen veriler karşılaştırılarak bir yol izlenmelidir.

Tablo 8. Sakarya ili için deprem senaryosu hasar durumu

| Sakarya İli İçin Deprem Senaryosu | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|---------------------|---------------------------------|----------------------|------------|----------|------------|---------------|---|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Sıra | İlçe | Şiddet (MSK) | Nüfus Sayısı (2017) | Konut Sayısı (Hanehalkı = 3.55) | Hasarlı Konut Sayısı | | | Ölü sayısı | Yaralı sayısı | Ayakta tedavi edilebilecek insan sayısı | Hastane bakımına ihtiyaç insan sayısı | Açıkta kalacak insan sayısı | Çadır ihtiyacı sayısı |
| | | | | | Ağır ve Yıkık Hasar | Orta Hasar | Az Hasar | | | | | | |
| 1 | Adapazarı | IX | 272901 | 76874 | 12069 | 13960 | 17489 | 3138 | 7892 | 5919 | 1973 | 92404 | 26029 |
| 2 | Serdivan | IX | 133477 | 37599 | 5903 | 6828 | 8554 | 1535 | 3860 | 2895 | 965 | 45195 | 12731 |
| 3 | Akyazı | X | 87892 | 24758 | 8185 | 3786 | 4739 | 2128 | 5352 | 4014 | 1338 | 42496 | 11971 |
| 4 | Erenler | X | 85649 | 24126 | 7976 | 3689 | 4618 | 2074 | 5216 | 3912 | 1304 | 41411 | 11665 |
| 5 | Hendek | IX | 81635 | 22996 | 3610 | 4176 | 5232 | 939 | 2361 | 1771 | 590 | 27642 | 7786 |
| 6 | Karasu | VII | 62866 | 17709 | 161 | 473 | 459 | 42 | 105 | 79 | 26 | 2251 | 634 |
| 7 | Geyve | VIII | 48731 | 13727 | 387 | 605 | 729 | 101 | 253 | 190 | 63 | 3523 | 992 |
| 8 | Arifiye | X | 43234 | 12179 | 4026 | 1862 | 2331 | 1047 | 2633 | 1975 | 658 | 20904 | 5888 |
| 9 | Sapanca | X | 40343 | 11364 | 3757 | 1738 | 2175 | 977 | 2457 | 1843 | 614 | 19506 | 5495 |
| 10 | Pamukova | VIII | 29293 | 8252 | 233 | 364 | 438 | 61 | 152 | 114 | 38 | 2118 | 597 |
| 11 | Ferizli | VIII | 25909 | 7298 | 206 | 322 | 388 | 54 | 135 | 101 | 34 | 1873 | 528 |
| 12 | Kaynarca | VII | 23760 | 6693 | 61 | 179 | 173 | 16 | 40 | 30 | 10 | 851 | 240 |
| 13 | Kocaali | VII | 20858 | 5875 | 53 | 157 | 152 | 14 | 35 | 26 | 9 | 747 | 210 |
| 14 | Söğütü | VIII | 14044 | 3956 | 112 | 174 | 210 | 29 | 73 | 55 | 18 | 1015 | 286 |
| 15 | Karapürçek | IX | 12773 | 3598 | 565 | 653 | 819 | 147 | 369 | 277 | 92 | 4325 | 1218 |
| 16 | Taraklı | VII | 6849 | 1929 | 18 | 52 | 50 | 5 | 11 | 9 | 3 | 245 | 69 |
| TOPLAM | | | 990214 | 278934 | 47322 | 39017 | 48554 | 12304 | 30944 | 23208 | 7736 | 306506 | 86340 |

4. Sonuç

Senaryo çalışmaları ile afet öncesi, sırası ve sonrasında neler yaşanabileceği ve buna göre mevcut durumun karşılaştırılarak eksiklerin giderilmesi önemli derecede kayıpların önüne geçilmesini sağlayacaktır. Senaryo depremine göre Sakarya ili için olası bir depremde ortaya çıkabilecek olumsuzluklar azımsanmayacak düzeydedir. Bu bakımdan yerleşim yeri için saha uygulamalarına yönelik detaylı çalışmaların yapılarak risklerin ortaya konması ve buna göre afet planlamalarının yapılması kayıpların en aza indirilmesini sağlayabilir. Yerleşim yerinin mevcut hastane kapasitesi yapılan senaryo deprem çalışmasına göre yeterli gelmemektedir. Bundan dolayı çevre illerde bulunan hastaneler ya da sahra hastaneleri değerlendirilebilir.

Bina envanter çalışmaları risk taraması anlamında önemlidir. Çünkü binaların yeterli mühendislik hizmeti görmemesi, malzeme, işçilik gibi faktörlerin eksikliği depremde yıkımların artmasına neden olmaktadır. Mevcut binaların durumları tespit edilerek riskli olanların yıkılması ya da güçlendirilmesi yoluna gidilerek zarar azaltılabilmektedir. Saha çalışmaları ile sorunlar yerinde tespit edilerek çözüm yollarının aranması en gerçekçi yol olacaktır. Senaryo deprem çalışmaları afet öncesi yapılan, yerleşim yerleri için bir uyarı ve hazırlık anlamında referans olan çalışmalardır. Bu anlamda vakit kaybetmeden bölgede deprem risklerinin ve mevcut kapasitenin belirlenmesi tüm kayıpların en aza indirilmesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

Bahadır, H., Uçku R. (2018). Uluslararası Acil Durum Veri Tabanına Göre Türkiye Cumhuriyeti Tarihindeki Afetler. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Cilt:4, Sayı:1.

Boyut Yayın Grubu, (2002). Dünyada ve Türkiye’de Depremler Yeryüzü ve Deprem Oluşumundan Günümüze Yeryüzünün Hikayesi Kitabı. 3. Baskı, Kasım 2002, ISBN 975-521-379-1, İstanbul.

Çiftçi, S., Çakırcı, Z., Sakallı, S.Ü. (2020). Simülasyon Çalışması ile Deprem Senaryosu Oluşturulması ve Kırıkkale İli Kayıp Tahmin Analizi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, UMAGD, 12(2), 603-617.

Fahjan, Y.M., Pakdamar, F., Kara, İ.F., Eryılmaz, Y., Eravcı, B., Baykal, M., Yenilmez, G., Yalçın, D., Yanık, K. (2015). Afet Yönetiminde Olası Depremler İçin “Afad-Red” Hasar Tahmin Sisteminin Kullanımı. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 14-16 Ekim 2015 – DEÜ – İZMİR.

Hancılar, U., Şeşetyan, K., Çaktı, E. (2019). İstanbul’daki 2000 Yılı Sonrası Binalar İçin Tasarıma Esas Deprem Seviyesi Altında Karşılaştırmalı Yapısal Hasar ve Mali Kayıp Tahminleri. *Teknik Dergi*, 9107-9123, Yazı 536.

Işık, E., Sağır, Ç., Tozlu, Z., Ustaoglu, S, Ü. (2019). Farklı Deprem Senaryolarına Göre Kırşehir İli Kayıp Tahmin Analizleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*; 5(1): 80-93, DOI: 10.21324/dacd.432592.

İnyurt, S., Mekik, Ç., Yıldırım, Ö., (2018). “7.2 Büyüklüğündeki Baja Kaliforniya Depremi Kaynaklı İyonosferik Değişimlerin Tespit Edilebilmesi İçin Farklı Bir Yaklaşım Geliştirilmesi”. II. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi.

Köle, M.M., (2016). Çankırı İli için Deprem Olasılık Tahmini. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 455-470.

Maral, H., Akgün, Y., Çınar, A., Karaveli, A. (2015). İzmir’deki Afet Sonrası Toplanma Ve Acil Barınma Alanları Üzerine Bir Değerlendirme. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*.

Özmen, B., (2000). 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi’nin Hasar Durumu. *Türkiye Deprem Vakfı*.

Özmen, B. (2002). İstanbul İli için Deprem Senaryosu. *Türkiye Mühendislik Haberleri*.

Özel, G., Solmaz, A., (2012). Türkiye’de Deprem Tekrarlanma Zamanının Tahmini ve Neotektonik Bölgelere Göre Depremselliğin Markov Zinciri ile İncelenmesi. *Çankaya University Journal of Science and Engineering* Volume 9, No. 2, 125–138.

Yılmaz, A. (2012). Türkiye’de Afetlerde Karşılaşılan Sorunlar. *Manyas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, cilt 1, sayı 1, ISSN: 1624-7215.

URL-1: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/17agustosmarmara> (Son Erişim: 10.09.2020)

URL-2: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=saglik-ve-sosyal-koruma-101&dil=1> (Son Erişim: 14.09.2019)