

Türkiye’de Etkin Bir Tsunami Erken Uyarı Sistemi ve Tsunami Risk Azaltımı İçin Gereksinimler

Öcal NECMİOĞLU^{1,*}

Öz

Tarihsel çalışmaların yanısıra 21 Temmuz 2017 Mw 6.6 Bodrum-Kos ve 30 Ekim 2020 Mw 6.9 Doğu Ege depremlerinin neden olduğu tsunamiler ve etkileri, ülkemizin tsunami tehlikesine açık olduğunu karşı konulamaz bir şekilde ortaya koymuş bulunmaktadır. Özellikle kıyı şeritlerindeki kentsel ve turistik yerleşimler ile endüstriyel yapılaşmaların artması, çevre ve iç denizlerimizde yaşanabilecek herhangi bir tsunaminin ülkemize olan etkileri üzerinde dikkatle durulmasını gerektirmektedir. Olası bir tsunaminin oluşması durumunda mümkün olan en kısa sürede afet acil durum yönetimi bileşenlerine ve halka erken uyarı mesajını gönderebilmek kritik önem taşımaktadır. 2015-2030 Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi, afet risk yönetiminde özellikle afet riskinin anlaşılması için ulusal ve uluslararası iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesi adına yol gösterici bir özellik taşımakta ve yeni risklerin önlenmesini, mevcut risklerin azaltılmasını ve afetlere karşı dirençliliğin artırılmasını hedeflemektedir. Bu kapsamda belirlenen 7 küresel hedeften birisi çoklu tehlike erken uyarı sistemlerinin, afet risk bilgisinin ve değerlendirmelerinin kullanımını ve bunların toplum tarafından ulaşılabilirliğinin 2030 yılına kadar önemli ölçüde artırılması olarak tanımlanmıştır. Bu çalışma, bir deprem ülkesi olan ülkemizde bu yaklaşım doğrultusunda Türkiye’de deprem kaynaklı tsunami erken uyarısı ve tsunami riskinin azaltılmasına ilişkin sorunlara ve önerilere odaklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tsunami Erken Uyarısı, Tsunami Risk Azaltımı, Bütünleşik Afet Risk Yönetimi

Requirements for an Effective Tsunami Early Warning System and Tsunami Risk Mitigation in Turkey

Abstract

In addition to historical studies, the tsunamis due to the 21 July 2017 Mw 6.6 Bodrum-Kos and 30 October 2020 Mw 6.9 East Aegean earthquakes have unavoidably demonstrated that Turkey is open to tsunami threat. The increase in both urban and touristic settlements together with industrial facilities in coastal regions requires careful investigation of the effects of any tsunami that may occur in seas surrounding and inland Turkey. In such an event, it is of critical importance to be able disseminate tsunami early warning message to disaster emergency management authorities and public, as soon as possible. The 2015-2030 Sendai Disaster Risk Reduction Framework provides guidance for strengthening national and international cooperation mechanisms in disaster risk management, especially for understanding disaster risk, and aims to prevent new risks, reduce existing risks, and increase resilience against disasters. In this context, one of the 7 global targets identified is significantly increasing the use of multiple hazard early warning systems, disaster risk information and assessments and their accessibility by the society by 2030. This study focuses

¹ Dr., UNESCO/IOC Tsunami Ulusal İrtibat Kişisi (2012-2021/11), Boğaziçi Üniversitesi-Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul, e-posta/e-mail: ocal.necmioglu@boun.edu.tr ORCID No: 0000-0002-7211-8564

* 2021/12 itibarı ile Avrupa Komisyonu-Ortak Araştırma Merkezi’nde (Ispra-İtalya) Bilimsel Proje Görevlisi olarak çalışmaktadır.

on the problems and suggestions regarding earthquake-induced tsunami early warning and tsunami risk reduction in Turkey within this context.

Keywords: Tsunami Early Warning, Tsunami Risk Mitigation, Integrated Disaster Risk Management

1. GİRİŞ

Tarihsel çalışmalar ülkemizin tsunami tehlikesine hiç de yabancı olmadığını göstermektedir (Altınok ve Ersoy, 2000; Altınok vd., 2011; Soloviev vd., 2000). Doğu Akdeniz’de 365 ve 1303 yıllarında meydana gelen büyük depremlerin yol açtığı büyük tsunamilerin yanı sıra İ.Ö. 16. yy’da gerçekleştiği kabul edilen Santorini volkanının patlaması sonucu oluşan kaldera çökmesinin neden olduğu tsunami etkisini tüm Doğu Akdeniz’de hissettirmiş, ülkemizde kaynağından yaklaşık 200km kadar uzakta dahi Çeşme-Bağlararası bölgesinde can kaybına yol açmıştır (Şahoğlu vd., 2022). Bu büyük ve bölgesel afetlerin yanı sıra Karadeniz, Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz’de çok sayıda orta ölçekli tsunami de tarihsel kayıtlarda karşımıza çıkmaktadır (Altınok ve Ersoy, Altınok vd., 2011; Ambraseys, N., 2009; Soloviev vd., 2000). Bunlar arasında Karadeniz’de 1598 Amasra, 1939 Erzincan (deprem nedeni ile tetiklenmiş heyelan sonucu Fatsa, Giresun, Ünye, Novorossiysk ve Sivastopol’da tsunami gözlemleri), 1968 Bartın; Marmara’da 1509 ve 1894 İstanbul, 1963 Doğu Marmara ve 1999 İzmit, Ege’de de 1389, 1856, 1949 Sakız Adası ve 1956 Amorgos depremleri ve neden oldukları tsunamiler öne çıkmaktadır. Her ne kadar tarihsel katalogların çapraz sorgulanmasında kataloglarda tsunami olarak kaydedilmiş olayların yaklaşık %30’u kesin, %20’si olası, %40’ı tartışmaya açık ve %10’u beklenmedik olarak tanımlanmış olsa da (Necmioğlu, 2014), 21 Temmuz 2017 Mw 6.6 Bodrum-Kos ve 30 Ekim 2020 Mw 6.9 Doğu Ege depremlerinin neden olduğu tsunami ve etkileri, ülkemizin tsunami tehlikesine açık olduğunu karşı konulamaz bir şekilde ortaya koymuş bulunmaktadır. Tarihsel veriler, sismolojik ve sismotektonik analizler doğrultusunda ülkemiz ve dolaylarında 2415 tsunami senaryosu üzerinden yapılan kapsamlı bir değerlendirmede (Necmioğlu, 2014; Necmioğlu ve Özel, 2015), Ege ve Doğu Akdeniz’de $M_w \geq 6.5$ büyüklüğünde sığ (< 40km odak derinliği) depremlerin kıyılarda 0.5m dalga yüksekliğinde tsunamiye neden olabileceği, derin (> 40km odak derinliği) depremlerde ise aynı tsunami seviyeleri için $M_w \geq 7.0$ büyüklüğünde depremlerin meydana gelmesi gerektiği görülmüştür. Modellemeler sonucunda elde edilen en büyük dalga yüksekliklerinin incelenmesi sonucunda ülkemiz kıyılarındaki tsunami tehlike seviyeleri haritalanmış, özellikle Güney Ege ve Batı Akdeniz bölgelerinde tsunami tehlikesinin çok ciddiye alınması gerektiği, 21 Temmuz 2017 Mw 6.6 Bodrum-Kos ve 30 Ekim 2020 Mw 6.9 Doğu Ege depremlerinin neden olduğu tsunamilerden daha önce detaylı bir şekilde ortaya konmuştur (Necmioğlu, 2014; Necmioğlu ve Özel, 2015).

2. KRDAE TSUNAMİ ERKEN UYARI SİSTEMİ

Avrupa-Akdeniz coğrafyasında gerek tsunami risk algısının dünyada büyük tsunamilerin yaşandığı bölgelere göre düşük olması, gerekse bu coğrafyada tsunami tehlikesinin Pasifik ve Hint Okyanusu gibi diğer bölgelere nazaran daha yakın alan nitelikli olması, tsunami erken uyarı sistemlerinin kurulumunda temel zorluklar olarak tanımlanabilir Schindelé vd., 2015; Amato vd., 2021; Necmioğlu vd., 2021). Bununla beraber daha “tecrübeli ve olgun” olduğu kabul edilen Hint ve Pasifik Okyanusu tsunami uyarı merkezleri de halen sadece deprem kaynaklı tsunamiler için uyarı verebilmekte ve atipik kaynaklar (heyelan, volkan, meteorolojik kökenli vb.) tsunamiler için yetersiz kalmakta, toplumsal hazırlık ve farkındalık çalışmaları bu bağlamda hala en üst düzeyde önemini korumaktadır (Srinivasa ve Manneela, 2021). Boğaziçi Üniversitesi - Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), 2006 yılında UNESCO Hükümetlerarası Oşinografi Komisyonu’nun alt organı Kuzey-Doğu Atlantik, Akdeniz ve Bağlantılı Denizler için Tsunami Erken Uyarı ve Zararları Hafifletme Sistemi Hükümetlerarası Eşgüdüm Grubu (UNESCO/IOC/ICG/NEAMTWS) çatısı altında Ulusal Tsunami Uyarı Merkezi olarak tanımlanmış,

bu kapsamda 2012 yılı Temmuz ayında hizmet alanı Doğu Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz olmak üzere Aday Tsunami Hizmet Sağlayıcı olarak 7/24 görev yapmaya başlamış ve KRDAE Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) 2016 yılı Kasım ayında da NEAMTWS tarafından akredite edilmiştir. KRDAE-BDTİM, kısaca deprem büyüklüğü, depremin odak derinliği ve coğrafi konumunu dikkate alan bir karar matrisi aracılığı ile tsunami uyarı mesajı gönderilmesi ve bir tsunami oluşması halinde deniz seviyesi gözlemleri yaparak ilgili kurum ve kuruluşların bilgilendirilmesi olarak tanımlanabilecek bu görevi kapsamında M>5.5 depremler için tsunami uyarı, gözlem ya da bilgi mesajlarını AFAD’a ve sisteme kayıt olan NEAMTWS üye ülkeleri temsilci kurum ve kuruluşlarına göndermiş, ilgi çalışmalar farklı nitelikte tatbikatlarla düzenli olarak desteklenmiştir (Necmioğlu vd., 2021). Operasyonel çalışmalara farklı seviyelerde eğitim ve farkındalık çalışmaları eşlik etmiş, Boğaziçi Üniversitesi Kültür ve Sanat Komisyonu’nun, sosyal, beşerî ve fen bilimlerini kapsayan “Açık Ders” adı altında düzenlediği seminer dizisi kapsamında çeşitli tarihlerde “Tsunami Tehlikesine Hazır Mıyız?” başlıklı kamuya açık seminerler düzenlenmiştir. KRDAE Afete Hazırlık Laboratuvarı ve KRDAE-BDTİM ziyaretçileri ülkemiz ve dolaylarında tsunami afetine ve KRDAE tarafından yapılan risk azaltımı çalışmalarına dair düzenli olarak bilgilendirilmişlerdir. JAMSTEC/JST desteği ile 2013-2017 yılları arasında KRDAE koordinatörlüğünde yürütülmüş olan Marmara Bölgesinde Deprem ve Tsunami Zararlarının Azaltılması ve Afet Eğitimi Projesi (MarDim) SATREPS Projesi kapsamında yapılan çalışmaların sonucunda bir “Tsunami Bilgilendirme El Kitabı” üretilmiş ve gerek basılı gerekse elektronik kopyası halkımıza dağıtılmıştır. Ülkemizde katılım sağlanan çok sayıda kongre, çalıştay, konferans ve toplantıda gerek tsunami tehlikesi gerekse yapılan çalışmalar hakkında kapsamlı bilgilendirmeler yapılmış, değerlendirmeler sunulmuştur.

3. TSUNAMİ TAHMİN NOKTALARI TSUNAMİ BASKIN HARİTALARI

Türkiye’de belirlenmiş olan tüm Tsunami Tahmin Noktaları için tsunami-baskın haritalarının üretimi 2017 yılında tamamlanmış ve haritalar AFAD’a iletilmiştir (Özer-Sözdinler vd., 2017). İlgili haritaların AFAD tarafından geliştirilen web tabanlı Afet Risk Azaltma Sistemi’ne (ARAS) entegre edilmesi 2021 Ocak ayında AFAD tarafından talep edilmiş, müteakip ilgili haritalar sayısal ortamda 2021 Şubat ayında KRDAE tarafından AFAD ile paylaşılmıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, ODTÜ ile gerçekleştirilen bir proje çalışması üzerinden 2020 yılı içinde kıyı ilçeleri için tsunami risk analizi ve eylem kitapçıkları aracılığı ile hem deprem hem de depremin tetikleyebileceği denizaltı heyelanlarının neden olabileceği tsunami baskın haritaları ve ilişkili tsunami tahliye haritalarını halka açık olarak sunmuştur. NEAMTWS çatısı altında çok başarılı bir örnek teşkil eden bu çalışmanın çıktılarının bütünleşik afet risk azaltımı yaklaşımı doğrultusunda tsunami tehlikesine maruz kalacak bölgelerin deprem nedeni ile yıkıma uğramış olabileceği gerçeği dikkate alınarak iyileştirilmesi ve ilgili müdahale ve eylem planlarının bu doğrultuda hazırlanması gerekmektedir.

4. 21 TEMMUZ 2017 BODRUM-KOS VE 30 EKİM 2021 DOĞU EGE TSUNAMİLERİ

21 Temmuz 2017 tarihinde gerçekleşen Mw 6.6 büyüklüğündeki Bodrum depreminde Bodrum mareografında 10 cm tsunami dalgası ölçülmüş, kıyı şeridinde 30-40 cm tsunami dalga girişi gözlemlenmiş, bazı bölgelerde 1m su baskın seviyesi, 1.5m kadar da tırmanma yüksekliği gözlemlenmiştir. Oluşan tsunami nedeni ile araçlar sürüklenmiş, balıkçı barınağındaki tekneler karaya oturmuş ve maddi hasara neden olmuştur. Ölçülen ve gözlemlenen tsunami değerleri yukarıda belirtilen kapsamlı tsunami senaryosu çalışmasında (Necmioğlu, 2014; Necmioğlu ve Özel, 2015) elde edilen değerlerle uyumludur. Gözlemlenen dalga yüksekliklerinin iki katının meydana gelmesi için deprem büyüklüğünün bu bölge için sismotektonik anlamda hiç de abartılı sayılmayacak Mw 6.8-6.9 büyüklüğünde olması yeterli olacaktır. Depremin yoğun turistik

sezonda gece yarısı olmasının özellikle çocuk, yaşlı ve özel gereksinimleri olan yurttaşlarımız nezdinde tsunami nedeni ile söz konusu olabilecek can kayıplarının yaşanmaması nezdinde büyük bir şans olduğu değerlendirilmelidir.

30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi'nde Sisam adasının kuzeyi ile Doğanbey-İzmir açıkları arasında meydana gelen Mw=6.9 depremde akım derinliği 1.9m'ye, su baskın mesafesi 760 m'ye varan mertebelerde tsunami meydana gelmiş (Dogan vd., 2021), tekerli sandalye kullanmak mecburiyetinde olan yaşlı bir yurttaşımız tsunami neticesinde yaşamını kaybetmiş, 45 konut, 195 iş yeri ve 54 araç ağır hasar görmüş, 17 tekne batmış ve 34 tekne karaya oturmuştur. Ölçülen ve gözlemlenen tsunami değerleri yukarıda belirtilen kapsamlı tsunami senaryosu çalışmasında (Necmioğlu, 2014; Necmioğlu ve Özel, 2015) elde edilen değerlerle uyumludur. Depremin Covid-19 pandemisi döneminde ve yoğun turistik sezon dışında olması, ayrıca tsunami etki alanının deprem nedeni ile hasar görmemiş olması, tekerli sandalye kullanmak zorunda olan yaşlı bir vatandaşımız haricinde tsunami nedeni ile can kaybını engellemiş olmakla beraber, afet hazırlık çalışmalarının yaşlı ve özel gereksinimleri olan yurttaşlarımız nezdinde gereksinimlere ayrıca odaklanması gereğini bir kez daha ortaya koymuştur. Seferihisar'ın deprem nedeni ile zarar görmüş olması halinde, fiziki ve psikolojik-sosyolojik nedenlerle dikey tahliyenin mümkün olamaması nedeni ile tsunami sonucunda daha fazla sayıda can kayıplarının olabileceği, enkaz altında sağ kalan yurttaşların da tsunami etkisi nedeni ile kurtulma şanslarının ciddi derecede azalabileceği açıktır.

5. BODRUM YEREL TSUNAMİ FARKINDALIK, HAZIRLIK VE RİSK AZALTIMI ÇALIŞMALARI

21 Temmuz 2017 Bodrum-Kos deprem ve tsunamisinden edinilen tecrübeler doğrultusunda 2019 yılında KRDAE ve ODTÜ, Avrupa Komisyonu-Birleşik Araştırmalar Merkezi'nin desteği ve Bodrum Kaymakamlığı, Bodrum Belediye Başkanlığı, Muğla İl AFAD Müdürlüğü ve diğer ilgili yerel paydaşlar ile iş birliği içerisinde Bodrum'a yönelik tsunami farkındalık ve hazırlık çalışmalarını içeren bir pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Koordinatörlüğü KRDAE tarafından gerçekleştirilen bir yıl süreli bu çalışmalar kapsamında Bodrum'da ilgili kurum ve kuruluşların yetkili temsilcilerinin katılımı ile çeşitli toplantılar düzenlenmiş, çeşitli deprem ve tsunami senaryoları bilimsel çalışmalar üzerinden değerlendirilmiş, yüksek çözünürlüklü su baskın haritaları ve tsunami tahliye güzergahlarının tayini, pilot bir deprem gözlem ve tsunami erken uyarı sistemi kurulumu için gereksinimlerin belirlenmesi için çalışmalar yürütülmüştür (Necmioğlu vd., 2019). Çalışmalar kapsamında Bodrum Marina'da bir deniz seviyesi gözlem istasyonu kurulumu gerçekleştirilmiş olup, ayrıca kurulumu gerçekleştirilen iki adet sismometrenin tsunami erken uyarısı özelinde kullanımı için testler halen devam etmektedir. Söz konusu çalışmalar kapsamında 5 Kasım 2019 Dünya Tsunami Farkındalık Gününde Muğla İl AFAD Müdürlüğü'nün koordinasyonu, Bodrum Kaymakamlığı, Bodrum Belediye Başkanlığı, KRDAE, ODTÜ ve diğer ilgili kurum ve kuruluşların katılımı ile Bodrum Kaymakamlığı'nda bir masa başı tsunami tatbikatı gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Tatbikatın amacı tsunami afetine hazırlık anlamında bugüne kadar yapılan çalışmaların değerlendirilmesi, mevcut yeterliliklerin ve eksikliklerin ortaya çıkarılması ve belirlenen eksikliklerin giderilmesine yönelik bir eylem planı ortaya konulması olarak özetlenebilir. Yapılan çalışmalarda kamu yöneticilerinin, özellikle turizm sektörünün hassasiyetleri nedeni ile bölgenin altında bulunduğu tsunami tehlikesine ilişkin korumacı bir yaklaşım içerisinde oldukları, ilgili tüm yerel paydaşların ulusal mevzuatta erken uyarı konusunda görev, sorumluluk ve yetkileri bütüncül bir şekilde tanımlanmamış olması nedeni ile sorunun farkında olmalarına rağmen çözüm mekanizmalarını sahiplenemedikleri gözlemlenmiştir.

6. SORUNLAR VE ÖNERİLER

6. 1 Tsunami uyarısının halka iletilmesi

Bir tsunami oluşturması muhtemel büyük bir depremin ardından AFAD’ın uyarı mesajlarını kamuya nasıl iletileceği bilinmemektedir. 30 Ekim 2020 Doğu Ege deprem oluş zamanının 11 dakika sonrasında tsunami uyarı mesajları ülkemizde AFAD’a, bölgemizde de sisteme kayıt olan ülkelerin ilgili merkezlerine iletilmiştir. Aynı depremde Atina Ulusal Rasathanesi – Yunanistan (NOA) da 11. dakikada bir uyarı mesajı göndermiş, ülkemizde KRDAE tarafından gönderilen mesaj AFAD üzerinden halka ve yerel birimlere ulaşmazken, NOA gönderilen bu mesaj Yunanistan Sivil Savunma Genel Sekreteryası deprem oluş zamanından sonraki 24. dakikada 112 sistemi üzerinden önce Sisam’a sonra çevre bölgelerde en büyük dalga gelmeden halka cep telefonları üzerinden iletilmiş, bu sayede insanlar tehlike bölgesinden uzaklaşmayı başarmışlardır.

AFAD tarafından yürütülmekte olan “Bütünleşik İkaz Alarm Sistemi Projesi (İKAS)”ın bu bağlamda gerekli teknik altyapıyı sunabileceği değerlendirilmekle beraber, uyarı mesajının gönderimi kadara uyarı mesajının alınımının ve doğru değerlendirilmesinin de kendi içinde hazırlık ve uygulama planları gerektiren ayrı bir çalışma gerektirdiği açıktır. Kıyı bölgelerindeki tüm siren ve Cami-Belediye hoparlörleri dahil duyuru sistemlerinin bir tsunami uyarısı halinde halka tahliye duyurusu yapılabilmesi için kullanılabilir hale getirilmeleri gerekmektedir. Ancak erken uyarının tek başına bir çözüm olmadığı, erken uyarıyı alacak kurum ve kişilerin uyarı halinde neler yapılması gerektiğine dair farkındalık ve hazırlıklarının olması gerekir. 2021 yılı Ağustos ayında Kastamonu-Bozkurt ilçesinde yaşanan sel afetinde “iyi niyetli” bir uyarı, herhangi bir eylem planı kapsamında verilmemiş olduğu için binalarında güvende olduğunu düşünen yurttaşlarımızın can kaybı ile sonuçlanmıştır. Bu bağlamda özellikle ulusal mevzuatımızın herhangi bir doğal afete ilişkin erken uyarı verilmesi özelinde yeterli bir şekilde oluşturulmamış, ilgili kurum ve kuruluşların görev, sorumluluk ve yetkileri bütüncül bir şekilde tanımlanmamış olması önemli bir sorun olarak karşımızda çıkmakta, sorunların farkında olan merkezi ve yerel sorumlu yönetici ve birim uzmanlarının hareket kabiliyetini kısıtlamaktadır. Bu alandaki eksiklikleri gidermek ve eşgüdüm sağlayabilmek, NEAMTWS çatısı altında ulusal ve bölgesel çalışma gereksinim ve prensipleri kapsamında, öncelikle Ulusal KRDAE ve AFAD arasında iş birliğinin çerçevesini oluşturmak amacı ile bir protokol imzalanmasında bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmakla beraber bu konuda maalesef halen bir ilerleme kaydedilmiş değildir. Bununla beraber 30 Ekim 2020 Sisam-İzmir deprem ve tsunamisinden edinilen tecrübeler ışığında AFAD’ın talebi doğrultusunda KRDAE ile AFAD arasında 24 Nisan 2021 tarihinde bir tsunami haberleşme protokolü imzalanmış, protokol kapsamında KRDAE-BDTİM arasında bir doğrudan telefon hattı kurulmuş ve tsunami uyarı mesajı gönderiminin ardından AFAD’a sadece gönderilen tsunami uyarı mesajının (ilk mesajın) içeriğini teyit etmeyi amaçlayacak şekilde bir sözlü bilgilendirme yapılmasına başlanmıştır. Ancak bu protokolün, yukarıda eksikliği vurgulanan ve ülkemizin tsunami afetine gerekli hazırlık seviyesine erişmesi için kritik önem arz ettiği düşünülen kapsamlı protokolün yerini hiçbir şekilde tutamayacağı açıktır.

6.2 Marmara Bölgesi Yerel Tsunami Erken Uyarı Sistemi Kurulumu Gereği

Marmara’da tsunami tehlikesinin temel karakteristik özelliklerini belirlemek amacı yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar, geçmişte Marmara’da gözlemlenmiş olan tsunamilerin salt deprem kaynaklı değil, ancak deprem tarafından tetiklenmiş olan deniz tabanı heyelanları olduğunu ortaya koymuştur (Yalciner vd., 2001a, b, c; Hebert vd., 2005; Tinti vd., 2006; Latcharote vd., 2016; Necmioğlu, 2016). Bunun yanı sıra, deprem büyüklüğü üzerinden tsunami erken uyarı verilmesi, depremin büyüklüğünün hata payı en düşük şekilde belirlenmesini şart koşmaktadır. KRDAE-BDTİM’de bu süre yaklaşık 5-6 dk. olarak tanımlanmış olup tsunami oluşturma potansiyeli olan bir depremin ardından tsunami erken uyarısı en erken deprem oluş zamanından sonra 7. dakikada verilebilmektedir. Tsunami oluşturması muhtemel deprem kaynaklarının olası etki alanlarına yeterli uzaklıkta olduğu bölgelerde etkinliğini dünya çapında kanıtlamış olan bu

yaklaşım, kaynakların yakın olduğu ve erken uyarı süresinin kısıtlı olduğu bölgelerde yetersiz kalmaktadır. İşte bu nedenlerle Marmara denizi için işlevsel bir tsunami erken uyarı sisteminin yakın alan tsunami tehlikesi odaklı olarak deprem erken uyarı sistemi ya da yakın-gerçek zamanlı sismolojik yöntemler kullanılarak, kuvvetli yer hareketine entegre olarak tasarlanması gerektiği düşünülmektedir. Bu değerlendirmedeki temel amaç, bir deprem sonrası hızlı ve kendi kendini organize eden bir şekilde kıyı şeritlerinde toplanma eğilimi gösterecek olan yurttaşların tsunami tehlikesine karşı en hızlı şekilde uyarılması ve en azından 1-3 saat gibi belirli bir süre sahil şeridinden uzak kalmalarının sağlanmasıdır (Necmioğlu, 2016). 1908 yılında İtalyan anakarasını Sicilya Adası'na bağlayan Messina Boğazında meydana gelen Mw 7.1 depremin ardından depremin tetiklediği bir heyelanın oluşturduğu tsunami, depremin yol açtığı yıkım ve yangından uzak durmak için sahil kesiminde toplanmış afetzedeleri hazırlıksız yakalamış, depremden kurtulmuş olduğunu düşünen yaklaşık 2000 kişi tsunami nedeni ile hayatını kaybetmiştir (Comerci vd., 2008). Bu bağlamda kıyı bölgelerindeki yurttaşların tsunami olgusu ve tehlikesi hususundaki farkındalıklarının artması ve yaşanabilecek bir tsunami afetine hazırlıklı olabilmesi için tüm ilgili kurumlar ile iş birliği içerisinde ortak çalışmalar yapılmalıdır. Söz konusu çalışmalarda, Tsunami Erken Uyarısının KRDAE-BDTİM tarafından üretilmesi ve ilgili kurumlara iletilmesinden insan yaşamının kurtarılmasına kadar olan zincir sistem sürecinin modellenmesi, eksiklerin belirlenmesi ve gereken iyileştirilmelerin yapılabilmesi için büyük önem arz ettiği düşünülmektedir.

Bu sistemi destekleyecek şekilde Japonya'da DONET ve DONET-2 (URL 1) sistemlerine benzer şekilde deprem ve tsunami gözlem ve erken uyarı amaçlı deniz tabanı kablo gözlem sistemleri kurulmalı ya da Marmara için kurulu bulunan deniz tabanı gözlem sisteminin bu amaçla iyileştirilmesinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gereklidir. Söz konusu sistemin erken uyarı anlamında başarı ile hayata geçebilmesi için ilgili tüm kurumlar ile eşgüdüm içerisinde çalışmalar yapılmalıdır. Geçtiğimiz son on yılda yoğun bir kentsel dönüşüm geçiren İstanbul'da afet sonrası toplanma alanlarının büyük bir bölümün yapılaşma nedeni ile kaybedilmiştir. Maltepe ve Yenikapı gibi kuvvetli yer hareketi ve tsunami etkisine karşı davranışı yüksek belirsizlikler içeren dolgu alanlar bu kaybedilen alanlara önce alternatif olarak sunulmuş ancak daha sonra yapılan düzenlemeler doğrultusunda afet sonrası acil durum eylem planlarından afet toplanma alanı olarak çıkarılmışlardır. Buna rağmen, bir deprem anında bu alanların yakın bölgelerdeki yurttaşların ilk yönelecekleri yer olacakları gerçeği, Marmara'da bir deprem sonrası yaşanması olası bir tsunaminin potansiyel etkileri bağlamında oldukça endişe vericidir. Gerek kuvvetli yer hareketi gerekse tsunami yükü altında istikrarsızlaşması muhtemel olan bu iki bölgenin, yaşanabilecek doğal afetin boyutunu doğal olmayan nedenlerle çok daha fazla büyütebileceği düşünülmektedir.

Marmara özelinde tsunami erken uyarı sisteminin iyileştirilmesi ve erken uyarı zamanının mümkün mertebe en aza indirebilmesi için KRDAE tarafından bir pilot çalışma başlatmış bulunmaktadır. Çalışma kapsamında Marmara kıyısında 50 noktada ivmeölçer, mareograf, GNSS, ve hava istasyonu algılayıcıları içeren çok disiplinli gözlem sistemleri kurulması öngörülmekte, sistem Marmara denizi içerisinde 5 ayrı noktada şamandıra tipi tsunami ölçüm sistemleri ile desteklenmesi hedeflenmektedir. Pilot uygulama olarak Tuzla İTÜ Denizcilik Fakültesi Yerleşkesi Tuzla Eğitim Sahası Mendirek İskelesi'nde, Tekirdağ-Kumbağ Asyaport Limanında ve Büyükçekmece Marinada ivmeölçer, mareograf ve hava istasyonu içeren üç ayrı gözlem sistemi kurulmuş olup GNSS bileşeninin sistemlere ileride entegre edilmesi hedeflenmektedir. Ancak bir erken uyarı sistemi ne kadar iyi tasarlanmış ve uygulamaya konulmuş olursa olsun, burada kritik ögenin yurttaşların deprem-tsunami afeti ve gerektirdiği hazırlıklar anlamında farkındalık ve bilinçlendirilmelerinin sağlanması olduğu unutulmamalıdır. Bu bağlamda ülkemizde kıyı yerleşim bölgelerinde planlanan deprem tatbikatlarında tsunami tehlikesinin de mutlaka tatbikat planlaması ve uygulamasına dahil edilmesi bir zorunluluktur.

6.3 Ege ve Akdeniz’de Yerel Tsunami Erken Uyarı Sistemleri Kurulumu Gereği

Marmara için geçerli olan yakın alan tsunami erken uyarısı prensiplerinin Ege ve Akdeniz’de tsunami oluşturması deprem kaynaklarının kıyıya yakın olduğu benzer bölgelerde de geçerli olduğu unutulmamalıdır. Bu bağlamda deprem afetinde olduğu gibi, tsunami afetinde de afetten korkmak ve yok saymak yerine afete hazırlığın başta turizm olmak üzere tüm sektörler için bir artı değer oluşturacağı hususu hatırdta tutularak tsunami afetine hazırlık amaçlı yerel otoriteler ile eşgüdüm içerisinde çalışılmaları yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda yukarıda belirtilmiş olan Bodrum’a özel çalışmaların Edremit, Ayvalık, Aliğa, Foça, İzmir, Çeşme, Seferihisar, Kuşadası, Didim, Datça, Marmaris, Fethiye, Kaş, Kemer, Antalya, Side, Alanya, Anamur, Taşucu, Erdemli, Mersin, İskenderun’da, ayrıca KKTC’de Girne ve Gazimağusa’da yapılması büyük önem taşımaktadır. Söz konusu yerel tsunami sistemleri KRDAE Tsunami Sistemine entegre edilerek bu noktalarda uzak alan tsunami tehlikesi halinde tsunami erken uyarısının etkin bir şekilde halka iletilmesini sağlayacaktır.

6.4 Eğitim ve Farkındalık Çalışmaları

Turizm sektörünün ülkemiz ekonomi ve istihdamında aldığı rol göz önüne alınarak kıyı kesimlerindeki yurttaşların ve turistlerin tsunami afeti ve bir erken uyarı durumunda yapılması gerekenler hakkında bilinçlendirilmesi ve bu amaçla Millî Eğitim Bakanlığı, YÖK, AFAD ve ilgili Sivil Toplum Kuruluşları ile eşgüdüm içerisinde çalışmalar yapılmalıdır. Kıyı kesimlerindeki AFAD yerel birimlerinin, yerel yönetimlerin ve kamu kurum ve kuruluşlarının tsunami afeti ve erken uyarı sistemi hakkında bilgilendirilmeleri ve il afet planlarının tsunami afetine yönelik güncellenmesi bir zorunluluktur. Bütünleşik deprem-tsunami tatbikatları düzenlenmeli ve ilgili Sivil Toplum Kuruluşları ile mahalle ölçeğinde afet gönüllüğünü esas alan tüm yapıların bu tatbikatlara dahil edilmesi sağlanmalıdır.

6.5 Sosyo-Ekonomik Çalışmalar

30 Ekim İzmir-Sisam deprem ve tsunamisi, ülkemizde on yıldan uzun bir süredir KRDAE tarafından yürütülmekte olan tsunami farkındalık ve risk azaltımı çalışmaları nezdinde çok önemli bir eksiklik olan ilgili ekonomi, sosyoloji ve psikoloji bilim çalışmaları için de bir fırsat yaratmaktadır. Bu bağlamda tsunaminin bölgede yol neden olduğu ekonomik kayıpların incelenmesinin yanı sıra, afet öncesinde bölgedeki halkın bölgenin deprem ve tsunami tehlikesine yönelik farkındalığı, afet anında davranış biçimleri, vb. gibi unsurların çok kapsamlı bir şekilde ekonomi, sosyoloji, psikoloji ve kamu yönetimi uzmanları tarafından çalışması gerekmektedir.

6.6 Ulusal Güvenlik Nezdinde Önemli Unsurlar

2011 yılında Japonya’da meydana gelen tsunami afetinin maliyeti 235 milyar Amerikan Dolarını aşmış ve GSMH’nin %4’ünü geçmiş, 20.000’den fazla can kaybına ve 300.000’den fazla kişinin evlerini kaybetmesine neden olmuştur. 2004 yılında Hint Okyanusunda meydana gelen tsunami afeti 250.000 kişinin hayatını kaybetmesine ve 4,5 milyar dolayında bir mal kaybına neden olmuştur. 1755 Lizbon deprem ve tsunamisinin, Portekiz’in o zamanki GSMH’nin %32 ile %48’i arasında bir kısmını kaybetmesine neden olduğu savlınmaktadır. 1999 İzmit depreminin ülkemize yaklaşık 17.000’den fazla can kaybı, 45.000 kadar yaralı ve 3.5-8 milyar ABD Doları tutarında bir maliyete neden olduğu unutulmamalıdır. Tüm bu afetlerin tekrarlama periyotları dikkate alınsa bile, 365 yılında Girit’te gerçekleşen ve etkileri Mısır - İskenderiye’de bile hissedilmiş olan deprem ve tsunami afetinin günümüzde tekrarlanması halinde tüm Doğu Akdeniz’in sosyo-ekonomik ve siyasi yapısının etkilenmesinin olasılık dahilinde olduğu değerlendirilmelidir.

Ege ve Doğu Akdeniz’de yaşanabilecek bir tsunami afetine karşı Deniz Kuvvetlerinin muharip ve lojistik unsurlarının hazırlıklarına dolaylı destek verilmesi ve bu bağlamda Tsunami Erken Uyarı Sisteminin ilgili karar mekanizmalarına hizmet vermesinin sağlanması hedeflenmelidir. Bu bağlamda 2019 Ağustos ayında İsrail, Fransa, ABD, Yunanistan deniz kuvvetlerinin katılımı ile

Doğu Akdeniz’de gerçekleştirilen “Mighty Waves 2019” (URL 3) benzeri bir tatbikatın Türk Deniz Kuvvetleri tarafından da gerçekleştirilmesinin kritik önemde olduğu düşünülmektedir.

Özellikle planlanan ve yapılmakta olan Nükleer Enerji Santralleri olmak üzere kıyı kesimlerindeki kritik altyapı ve tesislerin tsunami afetine karşı hazırlığının sağlanması ve 2011 yılında Japonya’da tsunaminin neden olduğu nükleer kaza benzeri bir afetin önüne geçilebilmesi için Tsunami Erken Uyarı Sisteminin bu kritik tesislerin işletimine entegre edilmesi ve bu bağlamda Sinop ve Akkuyu’da kurulmakta bulunan santrallere hizmet edecek nitelikte deprem ve tsunami erken uyarı amaçlı deniz tabanı kablo ya da şamandıra tipi tsunami gözlem sistemlerinin kurulması hedeflenmelidir.

6.7 Ölçüm Sistemlerinin İyileştirilmesi

Marmara bölgesinde kurulmuş bulunan GNSS ölçüm ağlarının tsunami erken uyarısı amaçlı kullanılabilmesine ilişkin altyapı iyileştirmeleri yapılması ve benzer nitelikteki sistemlerin özellikle Edremit – Kaş arasında kalan kıyı şeridinde kurulması gerekmektedir. Harita Genel Müdürlüğü tarafından işletilen deniz seviyesi gözlem ağının iyileştirilmesi, ağın kapasitesinin artırılması ve tüm istasyonların KRDAE-BDTİM’e entegre edilmesi, bu amaçla HGM’ne gerekli mali ve insan kaynağı desteğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir. Pasifik ve Hint Okyanusu’nda olduğu üzere Kaş-Rodos arasında kalan bölgede tsunami erken uyarısı amaçlı deniz tabanı basınç ölçer ya da deniz yüzeyi GPS-şamandıra ölçüm sistemlerinin kurulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, sistemin iyileştirilmesi ve olası hata payının düşürülmesi bakımından önemli bir zorunluluktur. Son dönemde dünyada fiber-optik telekomünikasyon kablolarındaki tekrarlayıcılarda deprem ve tsunami gözlem ve erken uyarısı gereksinimi karşılayacak sistemlerin eklenmesi sonucunda oluşturulacak sistemlerin (SMART Cable) kullanılmasına yönelik başlamış olan çalışmaların (Howe vd., 2009) yakından takip edilmesi ve ülkemiz için uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu noktada ayrıca belirtilmesi gereken husus GKRY Oşinografi Merkezi’nin 2010 yılında GKRY Kıyı Okyanus Tahmin ve Gözlem Sistemi-GKRY Tsunami Uyarı ve Erken Müdahale sistemi (CYCOFOS/TWERC) adı altında bir GPS-şamandıra tipi kurulumu GKRY açıklarında işletmeye başlamış olduğudur. Bu gelişmeye ilave olarak yine GKRY-İsrail ortaklığında GKRY-İsrail-Mısır arasında kalan bölgede deniz tabanı sismometrelerin çalıştırılmakta olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber söz konusu sistemlerin kurulması halinde özellikle yakın alan tsunami tehlikesi durumunda erken uyarı bağlamında işlevsiz kalabileceği akıldan çıkarılmamalıdır.

NEAMTWS faaliyetlerine ülkemiz adına daha fazla katkıda bulunmak amacıyla, açık denizlere oşinografik ve meteorolojik sensörleri de içeren tsunametre şamandıralarının ve deniz tabanı sismometre ve DART (URL 2) benzeri basınçölçer sistemlerinin atılması konusunda Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Hizmetleri Plan ve Koordinasyon Kurulu (Kurul) üyesi ilgili kurum kuruluşlarının ulusal ve uluslararası iş birliğine gitmeleri hususu 2015 yılından beri düzenli olarak Kurul tavsiye kararları arasında yer almaktadır. Bu bağlamda Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından 2023 yılına kadar Ege’de atılması planlanan meteorolojik ve oşinografi gözlem amaçlı şamandıraların tsunami ölçüm ve gözlemlerine imkan sağlayacak şekilde, düşey deniz seviyesi değişimi ölçüm hassasiyeti 1 cm’den düşük olmayacak ve anlık veri aktarım gecikmesi 10 sn.den az olmayacak nitelikte kurgulanması ya da kurulması planlanan şamandıraların doğrudan tsunami ölçümü yapabilecek ve ilave olarak meteorolojik-oşinografi ölçümlere de imkan sağlayabilecek şamandıra sınıfından tercih edilmesinin, NEAMTWS çatısı altında gerçekleştirilen tsunami erken uyarısı odaklı çalışmalarda operasyonel yetenekleri arttıracığı, Ege denizinde ülkemizin görünürlüğünü arttıracığı ve bu sayede ülkemiz adına stratejik kazanımlara vesile olacağı açıktır.

6.8 Kayıp ve Risk Hesaplamaları

Türkiye’de belirlenmiş olan tüm Tsunami Tahmin Noktaları (TTN) için tsunami risk ve kayıp modellerinin gerçekleştirilebilmesi için bu noktalarda yüksek çözünürlüklü Coğrafi Bilgi

Sistemleri (CBS) veri tabanlarına ve çok paydaşlı çalışmalara gereksinim duyulmaktadır. Söz konusu çalışmaların, sadece TTN ile sınırlı kalmaması ve çalışmanın, mevcut yapılan benzer çalışmalar da dikkate alınarak tüm kıyılarımızı kapsayacak şekilde gerçekleştirilmesinde büyük yarar görülmekte olup kıyı bölgelerimizdeki ilgili tüm kurumların ve Üniversitelerin de dahil olmasına imkân verecek şekilde hayata geçirilmesi azami fayda sağlayacaktır.

6.9 İl Tsunami Risk Azaltma Planlarının Oluşturulması

Kıyı bölgelerimizdeki illerimiz için il tsunami risk azaltma planlarının oluşturulması gerekmektedir. Ülkemizde bu konuda çalışmalar başlamış olmakla beraber, İl bazında yetkili kurumların uzmanlık yetersizliği, tsunami özelinde gerçekçi ve sürdürülebilir planların ortaya konmasını güçleştirmektedir. Söz konusu planlarda bölgenin tsunami tarihçesi, coğrafi ve sosyoekonomik bilgiler, fiziki planlamayla ilişkili kentsel bilgiler, sahil alanlarının değerlendirilmesi, gözlem, erken uyarı ve haberleşme sistemleri ve acil müdahaleye yönelik bilgiler sunulmalı, tsunami tehlike - kırılabilirlik-zarar görebilirlik ve risk haritaları, kıyı alanlarında arazinin planlaması ve güvenliğinin artırılması, tsunamiden korunma hazırlıkları, halkın farkındalığının artırılması, uyarıların verilmesi ve iletişim, tahliye hazırlığı, tsunami hazırlık tatbikatları ve tsunami müdahale eylemleri gibi tsunami risk azaltımı bileşenleri yakın alan deprem tehlikesini de içerecek şekilde bütünleşik afet risk yönetimi yaklaşımı ile oluşturulmalı ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Özellikle tsunami risk analizi çalışmaları yapılırken ve tahliye güzergahları-yönetmeleri belirlenirken, tsunami tehlikesine maruz kalabilecek bölgenin depremden de etkilenmiş ve hasara uğramış olabileceği akıldan çıkarılmamalıdır. Son dönemde İBB tarafından pilot bir proje olarak Büyükçekmece’de başlatılmış olan ve tüm kıyı ilçelerinde uygulanması hedeflenen tsunami tahliye tabelası uygulaması bu bağlamda önemli ve sevindirici bir gelişme olup bu çalışmanın ülkemizin diğer kıyılarında benzer çalışmalara rehberlik edebileceği düşünülmektedir.

6.10 UNESCO/IOC “Tsunami Ready” Programına Katılım

UNESCO/IOC çatısı altında yerel tsunami zarar azaltımı, farkındalık ve hazırlık çalışmalarını hedefleyen "[Tsunami Ready](#)" programına aktif bir şekilde dahil olunması ülkemizde tsunami risk azaltımı konusunda yapılan çalışmalara somut katkı sağlamanın yanı sıra, ilgili tüm kurumlar tarafından yapılan çalışmaların ve dolayısıyla ülkemizin IOC ve UNDRR nezdinde görünürlüğünü arttıracığı açıktır. Bu bağlamda ilgili çalışmalarda ülkemizin ilerleme kat edebilmesi için yakın zamanda benzer nitelikli ancak daha küçük ölçekli bir çalışmayı tecrübe etmiş olması ile Bodrum’un ve son dönemde İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından halka sunulan ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından (ODTÜ) İBB ile eşgüdüm içerisinde hazırlanmış bulunan ilçe tsunami risk analizi ve eylem planı kitapçıkları kapsamında yapılan tsunami tehlike, baskın ve tahliye planlaması çalışmaları ve İBB ile KRDAE ve ODTÜ işbirliğinde yapılması planlanan İstanbul merkez olmak üzere Marmara Belediyeler Birliği’ni de içerebilecek şekilde tüm Marmara’yı kapsayabilecek potansiyeli olan çalışmaların 2021 yılında ilgi program kapsamına alınmış olması ve 2022 yılında bilfiil başlamış olması, ülkemizde tsunami afet risk azaltımı konusunda önemli bir gelişme olarak değerlendirilmelidir.

7. SONUÇ

Günümüz modern dünyasında, özellikle kıyı şeritlerindeki kritik altyapı tesislerinin ve nüfus artması, çevre denizlerimizde yaşanabilecek herhangi bir tsunaminin ülkemize olan etkileri üzerinde dikkatle durulmasını gerektirmektedir. Muhtemel bir tsunaminin oluşması durumunda operasyonel olarak hazırlıklı olmak ve mümkün olan en kısa sürede özellikle afet acil durum yönetimi ve sivil savunma kurumlarına erken uyarı mesajını gönderebilmek büyük önem taşımaktadır. Tarihsel kayıtlar, modelleme çalışmaları ve 21 Temmuz 2017 Bodrum-Kos ile 30 Ekim 2020 Doğu Ege depremlerinin oluşturduğu tsunamiler, ülkemizin tsunami tehlikesine açık olduğunu bir kez daha hatırlatmış ve kıyı bölgelerimizde tsunami risk azaltım çalışmalarına hız

verilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. KRDAE tarafından UNESCO Hükümetlerarası Oşinografi Komisyonu (IOC) çatısı altında Doğu Akdeniz, Ege ve Karadeniz'de 2012 yılından beri ulusal ve uluslararası nitelikte hizmet veren tsunami uyarı sisteminin yanı sıra Bodrum ve İstanbul'da yürütülen bazı çalışmaların bu bağlamda ulusal başarı ve kazanımlarımız olduğu açık olmakla beraber, ülkemizin gerçek anlamda tsunami afetine hazırlığının sağlanması için daha birçok bileşende çalışmalar yapılmalıdır. Yukarıda detaylı gerekçeleri sunulmuş bu bileşenler aşağıda ayrıca belirtilmiştir. Ayrıca, KRDAE'nin UNESCO/IOC çatısı altındaki görevinin, dolaylı da olsa Yunanistan ile aramızdaki kıta sahanlığı sorununda ülkemiz için önemli bir kazanım olmanın yanı sıra gözlem ve tsunami hizmet alanının fiziki olarak kesin ve sınırlanmış bir alandan ziyade daha çok manevi ve sembolik bir anlam taşıyan "Mavi Vatan" kavramını da tamamıyla desteklediği düşünülmektedir. Bu değerlendirmeler ışığında, çoklu-bütünleşik afet riski yaklaşımı çerçevesinde ülkemizde tsunami riskinin azaltılması için yapılması gerekenler aşağıda sunulmuştur.

- Tehlike altında bulunan bölgedeki yurttaşlarımıza tsunami uyarısı verilmesi için gerekli altyapıların oluşturulması ya da mevcut altyapıların bu maksatla kullanılabilir hale getirilmesi gerekmektedir.
- KRDAE-BDTİM'in tsunami erken uyarısı ve tsunami risk azaltımı konularında çalışmalarının ve operasyonel sürdürülebilirliği için gerekli olan araştırmacı insan kaynağının sağlanması gerekmektedir.
- Akdeniz, Ege, Karadeniz ve Marmara'da tüm kıyı illerimizde tsunami risk azaltma planları oluşturulmalı, İBB tarafından İstanbul için yapılan çalışma benzeri, tsunami tehlike analiz çalışmaları yapılmalı, tsunami baskın ve tahliye haritaları oluşturulmalı, tsunami tahliye tabelaları yerleştirilmeli ve tüm bu unsurların afet ve acil durum müdahale planlarına deprem tehlikesi ile bütünleşik bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir.
- Tsunami tehdidi altındaki bölgelerde Millî Eğitim Bakanlığı, YÖK, AFAD ve ilgili Sivil Toplum Kuruluşları ile eşgüdüm içerisinde eğitim ve farkındalık çalışmaları yapılmalıdır.
- Kıyı bölgelerimizde deprem eşlenik tsunami tatbikatlarının düzenlenmesi, ilgili kamu kurum ve kuruluşların yanı sıra STK ve halkın bu tatbikatlara doğrudan katılımı sağlanmalıdır.
- Akdeniz, Ege, Karadeniz ve Marmara'da yakın alan tsunami tehlikesine karşı, KRDAE-BDTİM'e entegre edilmiş yerel tsunami erken uyarı sistemlerinin kurulması gerekmektedir.
- Deniz Kuvvetlerinin muharip ve lojistik unsurlarının Akdeniz'de yaşanabilecek büyük bir tsunamiye hazırlıklı olması için gerekli tüm iyileştirmeler yapılmalı, bu unsurların KRDAE tsunami erken uyarı sistemine doğrudan entegre edilmesi sağlanmalıdır.
- Akkuyu ve Sinop Nükleer Enerji santrallerinin KRDAE tsunami erken uyarı sistemine doğrudan entegre edilmesi bu bağlamda deprem ve tsunami erken uyarı amaçlı deniz tabanı kablo ya da şamandıra tipi tsunami gözlem sistemlerinin kurulması hedeflenmelidir.
- HGM tarafından işletilen deniz seviyesi gözlem ağının iyileştirilmesi, ağın kapasitesinin artırılması ve tüm istasyonların KRDAE-BDTİM'e entegre edilmesi, bu amaçla HGM'ne gerekli mali ve insan kaynağı desteğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir.
- Pasifik ve Hint Okyanusu'nda olduğu üzere Kaş-Rodos arasında kalan bölgede tsunami erken uyarısı amaçlı deniz tabanı basınç ölçer ya da deniz yüzeyi GPS-şamandıra ölçüm sistemlerinin kurulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, sistemin iyileştirilmesi ve olası hata payının düşürülmesi bakımından önemli bir zorunluluktur. MGM tarafından Ege'de kurulması

planlanan şamandıra sistemlerinin kurulumlarının tsunami ölçüm ve gözlemlerine imkân sağlayacak nitelikte planlanması yerinde olacaktır.

- Marmara bölgesinde kurulmuş bulunan GNSS ölçüm ağlarının tsunami erken uyarısı amaçlı kullanılabilmesine ilişkin altyapı iyileştirmeleri yapılması ve benzer nitelikteki sistemlerin özellikle Edremit – Kaş arasında kalan kıyı şeridinde kurulması gerekmektedir
- Son dönemde dünyada fiber-optik telekomünikasyon kablolarındaki tekrarlayıcılarda deprem ve tsunami gözlem ve erken uyarısı gereksinimi karşılayacak sistemlerin eklenmesi sonucunda oluşturulacak sistemlerin (SMART Cable) kullanılmasına yönelik başlamış olan çalışmaların (Howe vd., 2009) yakından takip edilmesi ve ülkemiz için uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir
- NEAMTWS çatısı altında yerel tsunami zarar azaltımı, farkındalık ve hazırlık çalışmalarını hedefleyen "Tsunami Ready" programına ilgili tüm kurumlar tarafından aktif bir şekilde dahil olunması ülkemiz tsunami risk azaltımına somut katkı sağlayacaktır.
- Son olarak, ülkemizin tsunami tehlike analizi ve risk azaltımı konularında akademik ve teknik uzman yeterliliğinin artırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda Üniversitelerimizde ilgili akademik programların desteklenmesi bir zorunluluktur.

KAYNAKLAR

- Altinok Y., Ersoy Ş. (2000) Tsunamis Observed on and Near the Turkish Coast. In: Papadopoulos G.A., Murty T., Venkatesh S., Blong R. (eds) *Natural Hazards*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2386-2_5
- Altinok, Y., Alpar, B., Özer, N., ve Aykurt, H. (2011) Revision of the tsunami catalogue affecting Turkish coasts and surrounding regions, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 273–291, <https://doi.org/10.5194/nhess-11-273-2011>
- Amato, A., Avallone, A., Basili, R., Bernardi, F., Brizuela, B., Graziani, L., Herrero, A., Lorenzino, M.C., Lorito, S., Mele, F.M., Michelini, A., Piatanesi, A., Pintore, S., Romano, F., Selva, J., Stramondo, S., Tonini, R., Volpe, M. (2021) From Seismic Monitoring to Tsunami Warning in the Mediterranean Sea. *Seismol. Res. Lett.* 2021, 92, 1796–1816, <https://doi.org/10.1785/0220200437>
- Ambraseys, N. (Ed.) (2009) *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East*, ISBN 978-0-521-8792-8, Cambridge, Cambridge University Press
- Comerci, V., Blumetti, A.M., Brustia, E., Di Manna, P., Esposito, E., Fiorenza, D., Guerrieri, L., Porfido, S., Serva, L. ve Vittori, E. (2008). One century after the 1908 Southern Calabria – Messina earthquake (southern Italy): a review of the geological effects. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 10, EGU2008-A-09190
- CYCOFOS/TWERC, Tsunami Warning and Early Response system of Cyprus (TWERC) Georgios Georgiou, Andrew M. Clark, Georgios Zodiatis, Tom Eleftheriou, Dimitris Glekas, Workshop on Reducing Earthquake Losses in the Extended Mediterranean Region, 28 February – 3 March, 2011, Nicosia, GKRY
- Dogan, G.G., Yalciner, A.C., Yuksel, Y., Ulutaş, E., Polat, O., Güler, I., Şahin, C., Tarih, A. ve Kanoğlu, U. (2021) The 30 October 2020 Aegean Sea Tsunami: Post-Event Field Survey Along Turkish Coast. *Pure Appl. Geophys.* 178, 785–812, <https://doi.org/10.1007/s00024-021-02693-3>
- Hebert, H., Schindele, F., Altinok, Y., Alpar, B., Gazioglu, C., (2005). Tsunami hazard in the Marmara Sea (Turkey): a numerical approach to discuss active faulting and impact on the Istanbul coastal areas. *Mar Geol* 215:23–43, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.11.006>
- Howe B. M., Arbic B. K., Aucan J., Barnes C. R., Bayliff N., Becker N., Butler R., Doyle L., Elipot S., Johnson G. C., Landerer F., Lentz S., Luther D. S., Müller M., Mariano J., Panayotou K., Rowe C., Ota H., Song Y. T., Thomas M., Thomas P. N., Thompson P., Tilmann F., Weber T., Weinstein S. (2009) SMART Cables for Observing the

Global Ocean: Science and Implementation, Frontiers in Marine Science, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00424>

Latcharote, P., Suppasri, A., Imamura, F., Aytore, B., Yalciner, A.C. (2016). Possible worst-case tsunami scenarios around the Marmara Sea from combined earthquake and landslide sources. In: Geist, E.L., Fritz, H.M., Rabinovich, A.B., Tanioka, Y. (eds) *Global Tsunami Science: Past and Future, Volume I. Pageoph Topical Volumes*. Birkhäuser, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55480-8_9

Necmioğlu, Ö., *Tsunami Hazard in Turkey and Surroundings*, PhD. Thesis, Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Istanbul, Turkey, 2014

Necmioğlu, Ö. and Özel, N.M. (2015). Earthquake Scenario-Based Tsunami Wave Heights in the Eastern Mediterranean and Connected Seas, *Pure and Applied Geophysics*, Volume 172, Issue 12, Page 3617-3638, <https://doi.org/10.1007/s00024-015-1069-y>

Necmioğlu, Ö. (2016). Design and challenges for a tsunami early warning system in the Marmara Sea; *Earth, Planets and Space*, 68, 13, <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0388-2>

Necmioğlu Ö., Yalçiner A.C., Kalafat D., Süzen L., Tanırçan G., Annunziato A., Santini M., Güney Doğan G., Tüfekçi Enginar D., Güneş Y.,Yelkenci Necmioğlu S., Bali S., Özener H. (2019). Addressing Challenges and Requirements for Local Tsunami Awareness, Warning And Mitigation: A "Last Mile" Case Study For Bodrum-Turkey, at 5. International Conference on Earthquake Engineering and Seismology (5thICEES Full Paper, 8-11 October 2019, METU Ankara-Turkey)

Necmioğlu, Ö., Turhan, F., Sözdinler, C. Ö., Yilmazer, M., Güneş, Y., Cambaz, M.D., Poyraz, S.A., Ergün, T., Kalafat, D., Özener, H. (2021). KOERI's Tsunami Warning System in the Eastern Mediterranean and Its Connected Seas: A Decade of Achievements and Challenges, *Appl. Sci.* 11, 11247 <https://doi.org/10.3390/app112311247>

Özer-Sözdinler, C., Necmioğlu, Ö., Fırat, B., Turhan, F. (2017). *Tsunami Tahmin Noktaları Baskın Haritaları Bilgi Notu-AFAD İçin Hazırlanmış KRDAE Raporu*

Schindelé, F., Gailler, A., Hébert, H., Loevenbruck, A., Gutierrez, E., Monnier, A., Roudil, P., Reymond, D., Rivera, L. (2015). Implementation and Challenges of the Tsunami Warning System in the Western Mediterranean. *Pure Appl. Geophys.* 2015, 172, 821–833., <https://doi.org/10.1007/s00024-014-0950-4>

Soloviev, S. L., O. N. Solovieva, C. N. Go, K. S. Kim ve N. A. Shchetnikov (2000). *Tsunamis in the Mediterranean Sea – 2000 B.C.–2000 A.D.*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers

Srinivasa K. T., Manneela, S. (2021). A Review of the Progress, Challenges and Future Trends in Tsunami Early Warning Systems. *J Geol Soc India* 97, 1533–1544, <https://doi.org/10.1007/s12594-021-1910-0>

Şahoğlu, V., Sterba, J.H., Katz, T., Çayır, Ü., Gündoğan, Ü., Tyuleneva, N., Tuğcu, İ., Bichler, M., Erkanal, H., Goodman-Tchernov, B.N. (2022). Volcanic ash, victims, and tsunami debris from the Late Bronze Age Thera eruption discovered at Çeşme-Bağlararası (Turkey), *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119, <https://doi.org/10.1073/pnas.2114213118>

Tinti, S., Armigliato, A., Manucci, A., Pagnoni, G., Zaniboni, F., Yalciner, A.C., Altınok, Y., (2006). The generating mechanisms of the August 17, 1999 Izmit bay (Turkey) tsunami: regional (tectonic) and local (mass instabilities) causes. *Mar Geol* 225:311–330, <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.09.010>

Tsunami Bilgilendirme El Kitabı (2014). Boğaziçi Üniversitesi- Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Afete Hazırlık Eğitim Birimi (AHEB) Yayını.

URL 1, <https://www.jamstec.go.jp/donet/e/> (Son Erişim: 5.03.2022)

URL 2, <https://nctr.pmel.noaa.gov/Dart/index.html> (Son Erişim: 5.03.2022)

URL 3, <https://www.timesofisrael.com/in-largest-ever-drill-israeli-navy-prepares-for-massive-devastating-quake/> (Son Erişim: 5.03.2022)

Yalciner, A.C., Imamura, F., Kuran, U., Cakiroglu, Y., Ozbay, I., Erdinc, E., Durmusoglu, O., Altınok, Y., Alpar, B., (2001a). An integrated model on the generation and propagation of tsunamis in the surrounding seas

around Anatolia-Turkiye çevresi denizlerde tsunami dalgası hareketi için bilesik model oluşturulması. Final Report of Basic Research Project No: TUBITAK-YDABCAG-60

Yalciner, A.C., Kuran, U., Altınok, Y., Alpar, B., Ersoy, S., (2001b). Historical earthquakes and associated tsunamis in the Aegean Sea-Turkiye kıyılarında tarihsel depremler ve onlara ilişkin tsunamların izlerinin araştırılması. Final Report of Basic Research Project No: TUBITAK-INTAG-827

Yalciner, A.C., Synolakis, C.E., Alpar, B., Borrero, J., Altınok, Y., Imamura, F., Tinti, S., Ersoy, S., Kuran, U., Pamukcu, S., Kanoglu, U., (2001c). Field surveys and modeling of the 1999 Izmit tsunami. Proceedings of the International Tsunami Symposium, August 7–10, 2001, Seattle, Washington, USA