MARMARA BÖLGESİ DEPREŞİM DALGALARI (TSUNAMİ) TEHLİKE RAPORU

1. GİRİŞ

Depreşim Dalgaları (Tsunamiler), büyük yüzey etkileri ya da büyük hacimlerde suların yerlerini değiştiren, deniz tabanının ani hareketleri tarafından üretilen büyük dalga olaylarıdır. Kaynaktan dışarıya doğru yayılan yer değiştirmiş su kütlesi depreşim dalgası yaratır. Genelde depremlerle ilgili olsa da, depreşim dalgalarına, deniz altı ya da karasal toprak kaymaları, deniz altı ve karasal volkanik patlamalar ve hatta göktaşı etkileri (örneğin asteroit, meteor ya da kuyruklu yıldız) dâhil olmak üzere pek çok başka fenomen de sebep olmaktadır. Genel olarak depreşim dalgalarını oluşturan etkenler aşağıdaki başlıklar altında toplanabilinir:

- Taban Deformasyonları
- Heyelanlar
- Volkanik Olaylar
- Çökmeler
- Patlamalar
- Çarpmalar

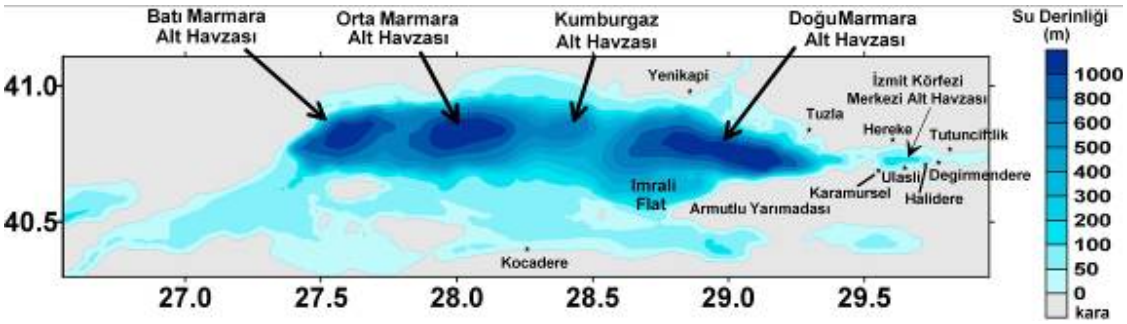
Depremler ve potansiyel olarak ilgili su altı heyelanları tipik olarak depreşim dalgalarını üretir. Su altında meydana gelen zemin kaymalarının ürettiği yüzey dalgalarının gelişmesi toprak kayması geometrisine ve kinematiğine bağlıdır. Yapı sanatı ve bilimi, tortulaşma, erozyon modelleri ve eğimin kendisi temel olarak eğim dikliğini kontrol etmektedir. Eğim dikliği ve kayma potansiyelini olası bir depreşim dalgası kaynağı olarak tespit etmek için, en son çok kollu batimetri ve sismik yansıma verileri yorumlanmış, farklı olası depreşim dalgası senaryoları üretilmiş ve dalgaların heyelana bağlı olarak oluşma ve hareketini elde etmek için İKİ TABAKA modeli uygulanmıştır.

Doğu Marmara alt havzasında, ortalama eğimler fiili olarak 17° kuzeye ve 7-10° güneye meyillidir, bu da karasal eğimler için fazla diktir. Bu eğimlerin yanında bir de bizlerin sentetik P fayları ve R-makaslamaları olarak yorumladığımız tektonik unsurlarla bir araya gelmiştir. Bunlar da zemin yüzeyi yakınında dikey baskının azaltılmasının bir sonucu olarak depremler boyunca aktif hale gelebilirler. Bu yüzeyler üzerindeki eğim hataları derin alt havzalarda muazzam miktarlarda sedimanın hareket etmesinde önemli bir mekanizma haline gelmektedir. Sonuç olarak, sedimantasyon oranı kıyı alanı ve yükseltilerdekine göre derin havzalarda çok daha yüksektir. Marmara Denizi' nin doğu bölgesinde kaydedilen yüzeysel ve geleneksel yansıtma verilerinde eğim hataları gözlemlenebilir. Bu toprak kaymalarının bazıları parçalayıcı iken (Yalova açıkları); Doğu Marmara alt havzasının kuzey ve güneybatı marjları boyunca yer alan diğerleri ise, tabanlarında çöken materyalle ilgili batimetrik delillerle birlikte bağlayıcıdır. Bunların en aşağı sınırı, alt havzalarının derin düz tabanlarını çevreleyen çok kollu veriler üzerinde kolaylıkla gözlemlenmektedir. Körfez'deki depreşim dalgaları Marmara Denizinde yukarıda bahsi geçen kaynaklardan birisi tarafından tetiklenebileceği için, depreşim dalgası tehlikesini değerlendirmek amacıyla, Marmara Denizi'ni bir bütün olarak incelemek gereklidir.

2. Bölgedeki Tarihi Depreşim Dalgaları (Tsunamiler)

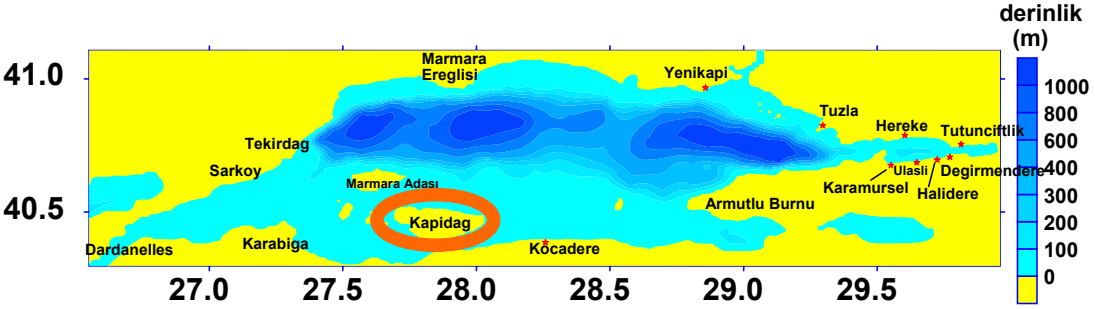
Akdeniz ve Karadeniz arasındaki su yolunda yer alan Marmara Denizi, 275 km uzunluğunda ve 80 km genişliğinde kıtalar arası bir denizdir. Güneye doğru geniş bir sığ saha ve kuzeye doğru da derin bir alt havzalar dizisi yer alır.

Arşivlerdeki belgeler, sismik olarak dünyanın en aktif denizlerinden biri olan Marmara Denizi'nde de 120 ve 1999 seneleri arasinda 30'dan fazla depreşim dalgası gerçekleştiğini göstermektedir. Bunlardan bazıları referanslarda listelenen araştırma dokümanlarına dayalı olarak aşağıda açıklanmıştır.



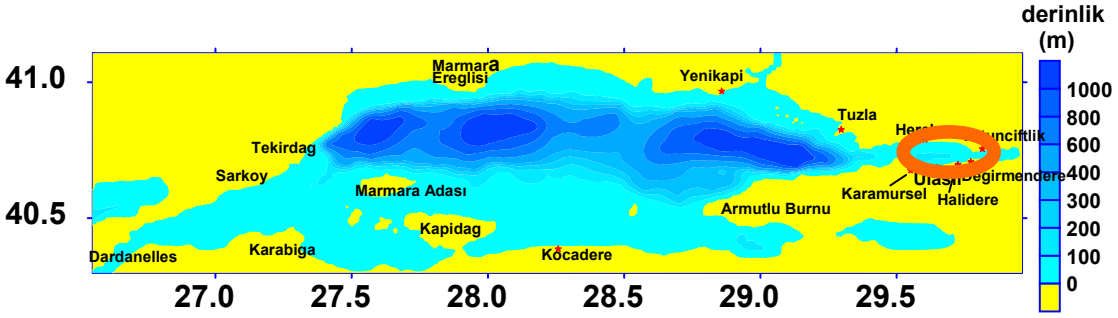
Şekil 1-1 - Marmara Denizi Derinlik Haritası

120/128 yillarinda Kapıdağ Yarımadası, İznik ve İzmit'i etkileyen deprem Kapıdağ Yarımadasında depreşim dalgası baskınıyla sonuçlanmıştır (Guidoboni ve diğerleri, 1994).



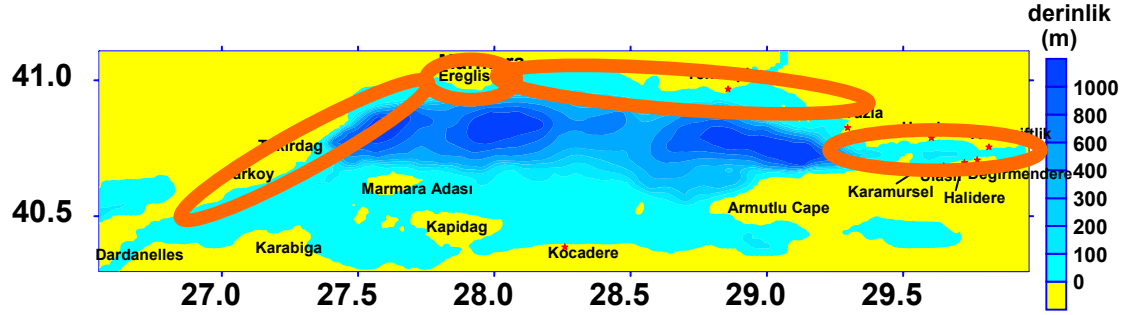
Şekil 2-2 - 120/128 depremi sonucu depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

24.08.358 tarihindeki Marmara'daki depremle birlikte, İzmit'te depreşim dalgası gözlemlenmiştir (Guidoboni ve diğerleri, 1994; Ambraseys ve Finkel, 1991).



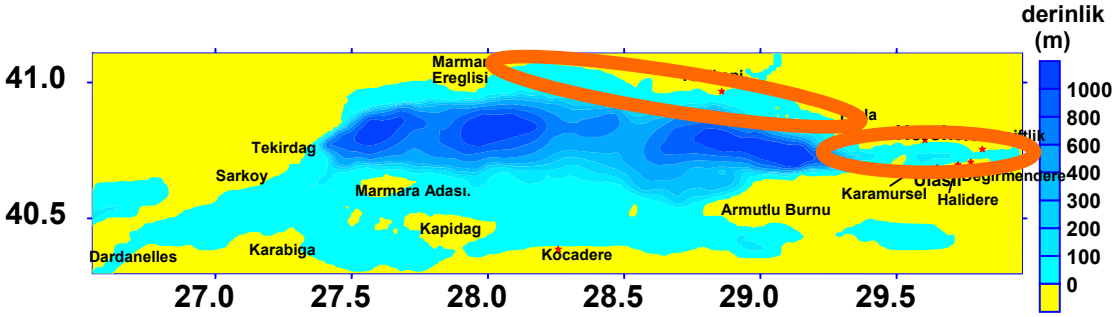
Şekil 2-3- 24.08.358 depremi'nde depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

24/25/26.09.477/480 tarihlerindeki, Çanakkale, İstanbul, İzmit, Gelibolu, ve Bozcaada'yı etkileyen Marmara depreminde, depreşim dalgası oluşmuş ve kıyı alanlarını tahrip etmiştir (Guidoboni ve diğerleri, 1994; Ambraseys ve Finkel, 1991).



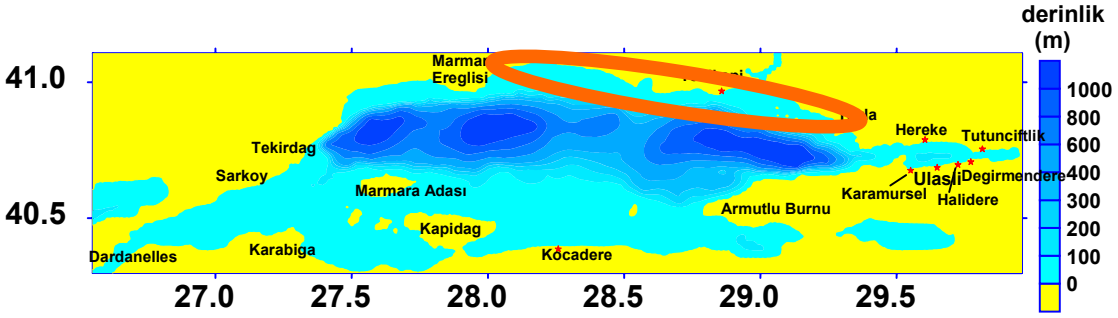
Şekil 2-4 - 24/25/26.09.477/480 Marmara Depremi'nde depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

15.08.553 tarihindeki deprem İstanbul and İzmit Körfezi'nde etkili olmuştur (Soysal ve diğerleri 1981; Soysal., 1985). Soysal'a göre (1985), deniz 2000 m. kadar içeriye ilerlemiştir.



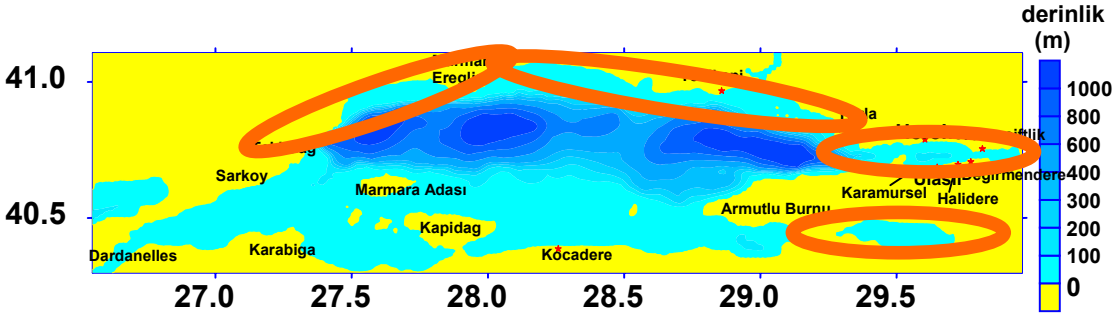
Şekil 2-5 - 15.08.553 Marmara Depremi sonucu depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

14.12.557 tarihindeki deprem, İstanbul and İzmit Körfezi'nde etkili olmuştur (Ambraseys, 1960; Soysal ve diğerleri 1981; Soysal, 1985). Soysal'a göre (1985), deniz 3000 m. kadar içeriye ilerlemiştir.



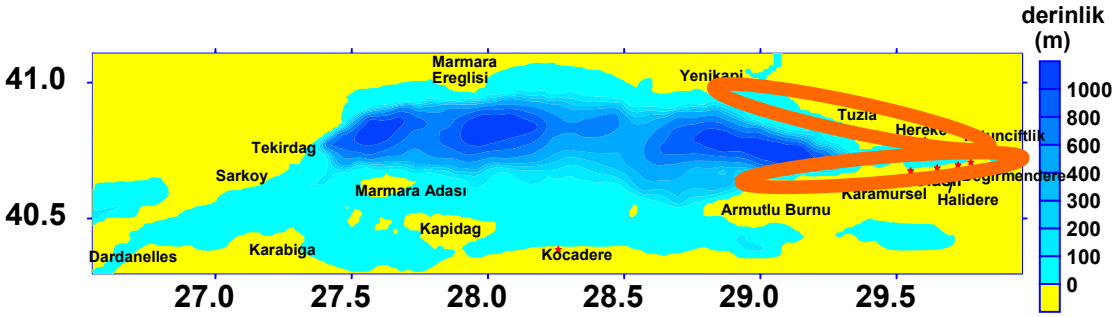
Şekil 2-6 - 14.12.557 Marmara Depremi sonucu depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

26.10.740' daki İstanbul, İzmit, İznik ve Trakyayı etkileyen deprem sonucu, bazı yerlerde denizin çöktüğü gözlenmiştir (Guidoboni ve diğerleri, 1994; Ambraseys ve Finkel, 1991).



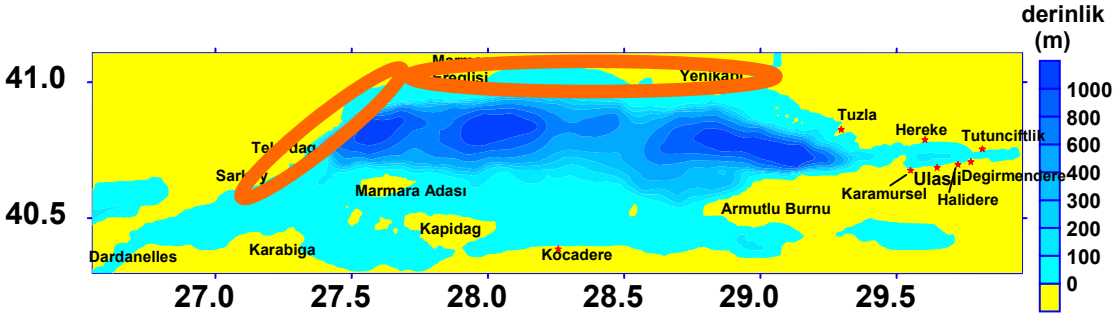
Şekil 2-7 - 26.10.740 Marmara Depremi sebebiyle depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

Marmara denizinin doğusunda 10.989' da gerçekleşen deprem esnasında depreşim dalgası oluşmuştur (Soysal, 1985; Ambraseys ve Finkel, 1991).



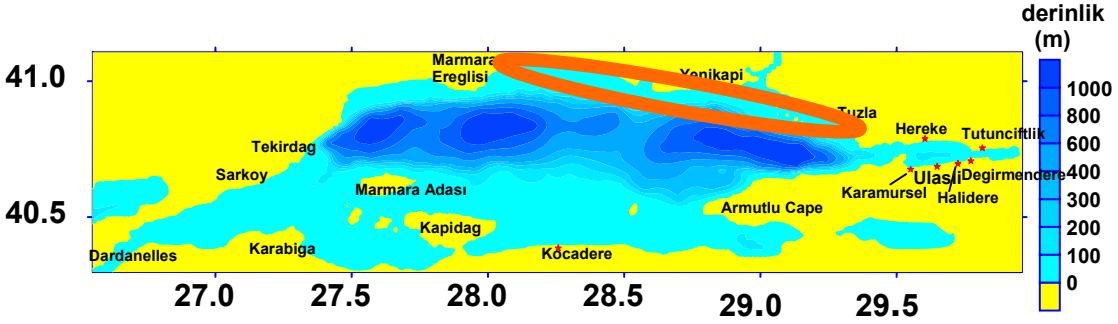
Şekil 2-8 – 10.989 tarihindeki depremde depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

Marmara Denizi'nde meydana gelen 14.10.1344 tarihli deprem, İstanbul, Trakya sahilleri ve Gelibolu'da depreşim dalgalarının oluşmasına sebep olmuştur (Heck, 1947; Ambraseys, 1960; Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Soysal ve diğerleri, 1981; Papadopoulos ve Chalkis, 1984; Soysal, 1985; Papazachos ve diğerleri., 1986). Deniz karadan 2000m içeriye ilerlemiştir (Ambraseys, 1962; Papadopoulos ve Chalkis, 1984).



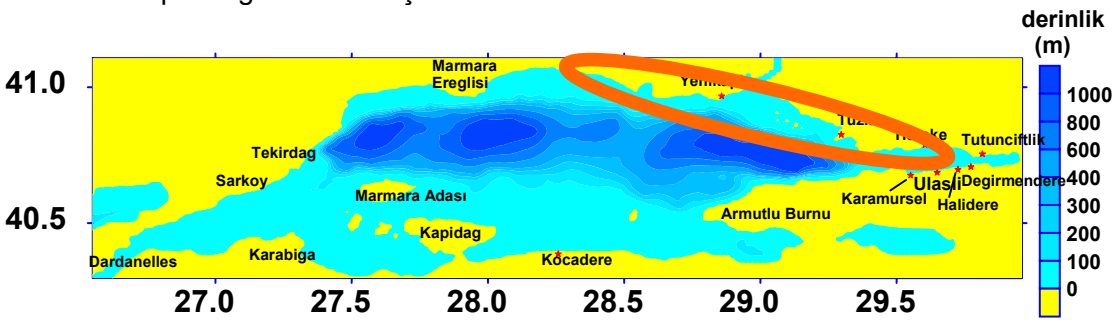
Şekil 2-9 - 14.10.1344 Depremi'nde depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

10.09.1509'daki İstanbul'daki deprem İstanbul ve Marmara kıyılarında depreşim dalgasına neden olmuştur (Heck, 1947; Ambraseys, 1960; Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Soysal ve diğerleri, 1981; Papadopoulos ve Chalkis, 1984; Soysal, 1985; Papazachos ve diğerleri, 1986; Ambraseys ve Finkel, 1995). Dalga yüksekliği büyük olasılıkla 6 metreden fazla ve depremin şiddeti 8.0 civarında olmuştur (Öztin ve Bayülke, 1991). Deniz İstanbul'un merkezi bölgelerine kadar ilerlemiş, caddeleri tahrip etmiştir (Orgun, 1941).



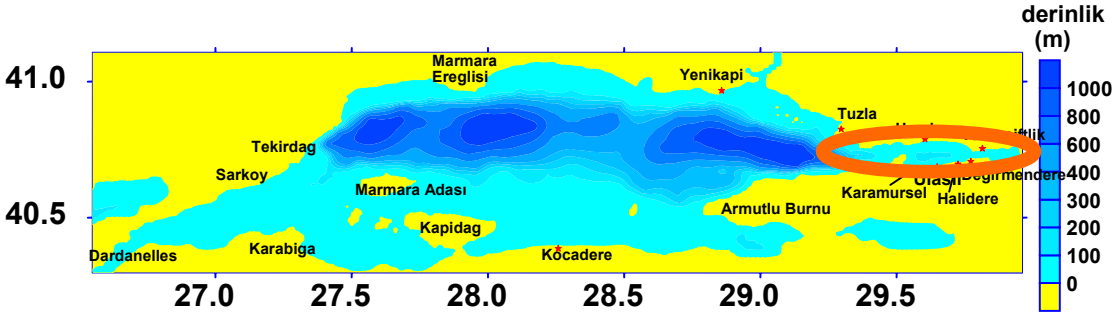
Şekil 2-10 10.09.1509'daki İstanbul Depremi'ndedepreşim dalgası oluşumu görülen yerler

İstanbul'daki depremle birlikte 05.04.1646 tarihinde, depreşim dalgası gözlenmiştir (Heck, 1947; Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Soysal ve diğerleri, 1981; Papadopoulos ve Chalkis, 1984; Papazachos ve diğerleri, 1986). Soysal (1985) bu depremin 05.04.1641 tarihinde meydana geldiğini ve 136 geminin depreşim dalgaları sonucu tahrip olduğunu belirtmiştir.



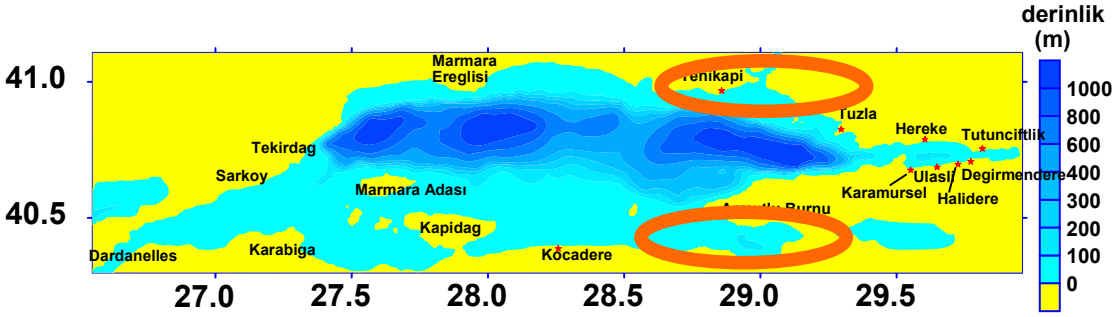
Şekil 2-11 - 05.04.1646 (veya 05.04.1641) tarihli Marmara Depremi depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

Eylül 1754 tarihinde İzmit Körfezi'nde büyük bir deprem sonucu oluşan depreşim dalgası herhangi bir tahribata yol açmamıştır (Ambraseys ve Finkel, 1991).



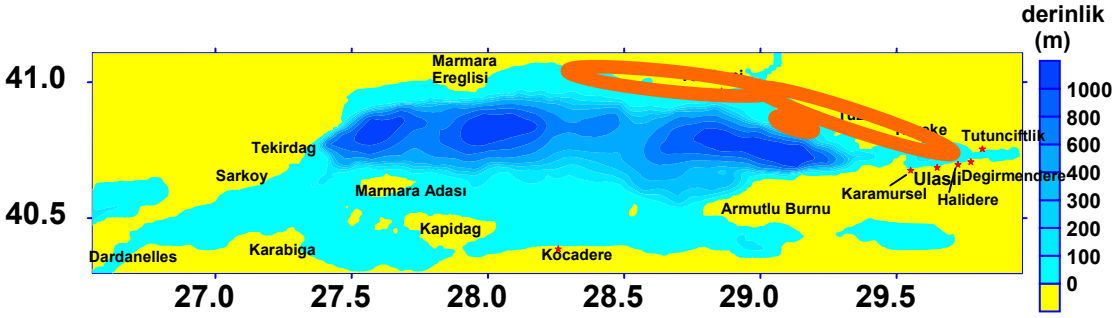
Şekil 2-12 - Eylül 1754'deki Marmara Depremi Sonucu depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

Marmara denizindeki 22.05.1766'daki deprem sonucu depreşim dalgası oluşmuştur (Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Papadopoulos ve Chalkis, 1984; Shebalin ve diğerleri, 1974; Soysal ve diğerleri, 1981; Soysal, 1985). Depreşim dalgası, Mudanya Körfezi ve Boğaziçi'nde büyük tahribata yol açmıştır (Ambraseys ve Finkel, 1995).



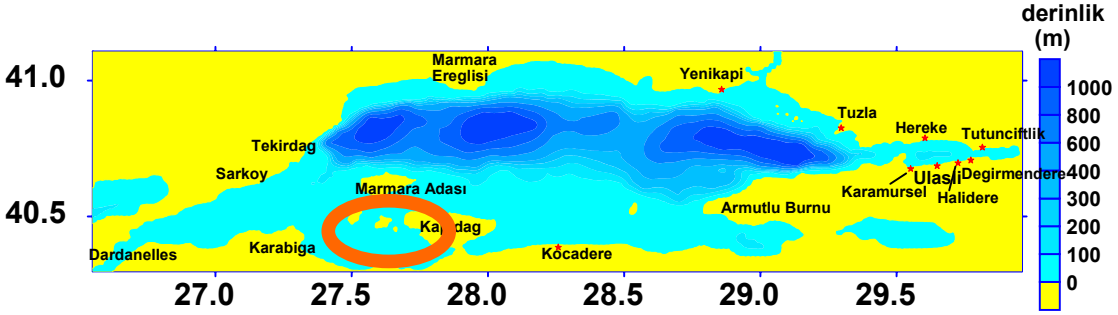
Şekil 2-13 - 22.05.1766 Marmara Depremi depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

10.07.1894'de görülen deprem sonucu oluşan depreşim dalgası İstanbul' da etkili olmuştur (Ambraseys, 1962; Karnik, 1971; Antonopoulos, 1978; Soysal ve diğerleri, 1981; Papadopoulos ve Chalkis, 1984; Papazachos ve diğerleri, 1986; Kuran ve Yalçıner, 1993; Öztin, 1994; Akkargan ve Alpar, 2000). Deniz 50 m çekilmiş ve geri dönmüştür (Eginitis, 1894). Depreşim dalgası, Prens Adası etrafında ve Büyükçekmece'nin kuzey sahillerinden, Kartal sahillerine kadar gözlemlenmiştir. Sahil şeridinde kalıcı bir değişim meydana gelmemiştir. Denizin yükseldiği ve 200 m kadar ilerlediği belirlenmiştir (Mihailovic, 1927). Deprem büyüklüğünün 7.0 den az ve oluşan depreşim dalga yüksekliğinin de 6 m den az olduğu gözlemlenmiştir (Öztin and Bayülke, 1991). Haliç'te bulunan (Şekil 2-14) Karaköy ve Azapkapı Köprüleri sular altında kalmıştır (Batur, 1994). Depremden yaklaşık olarak 10 dakika önce, deniz Yeşilköy'e kadar çekilmiş ve çok geçmeden dev dalgalar sahile ulaşmıştır. Oluşan bu dev dalgalar ard arda yer alan ilk 3 yapıya zarar vermiş hatta ilk sırada yer alan binaları harab etmiştir (Batur, 1999).



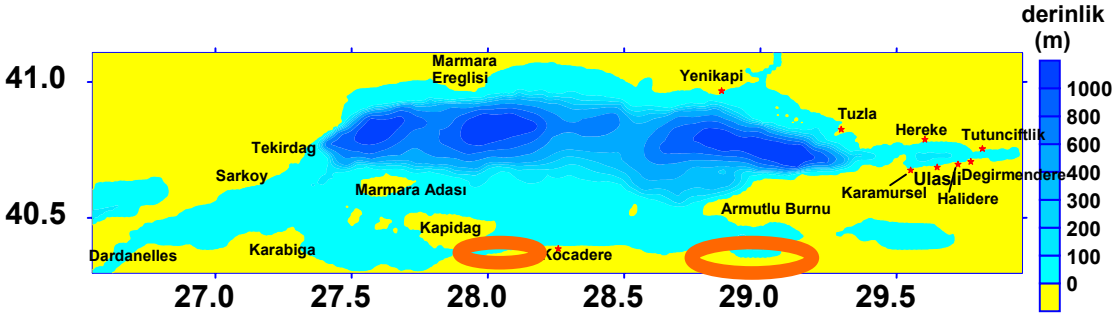
Şekil 2-14 - 10.07.1894 depremi nedeniyle depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

04.01.1935 tarihinde, Marmara Adasının batısında yer alan Hayırsız Adası'nda meydana gelen deprem sonucunda sis düdüğü binası zarar görmüş ve kıyıda yer alan kayalar denize düşerek denizin yükselmesine sebep olmuştur (Milliyet Gazetesi, 1935).



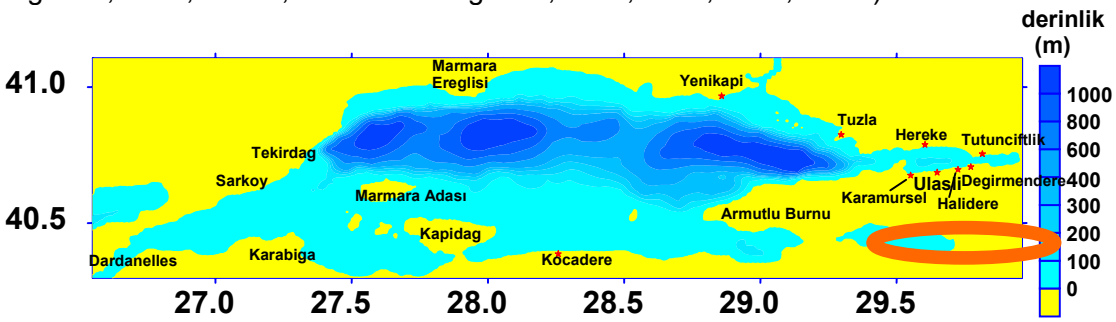
Şekil 2-15 - 04.01.1935 depremi nedeniyle depreşim dalgası oluşumu görülen yerler

Yalova ve Çınarcık bölgelerinde etkili olan 18.09.1963'deki deprem (M_S 6.3) denizde meydana gelmiştir (Şekil 2-16) ve bu deprem denizde bir kaynamaya sebep olmuştur. Depremin ardından, Mudanya kıyı şeridinin doğu-batı yönü boyunca soyulmuş deniz kabuğu ve yumuşakçalar gözlemlenmiştir (Özçiçek, 1996). Bu deprem, Marmara denizinin doğu kısmında meydana gelmiş en son depremdir. Deprem sonucu oluşan dalgalar çok büyük değildir (Akşam Gazetesi, 1963), fakat Bandırmada kıyı koruma yapıları boyunca 1 m yüksekliğe ulaşmışlardır (Kuran and Yalçıner, 1993).

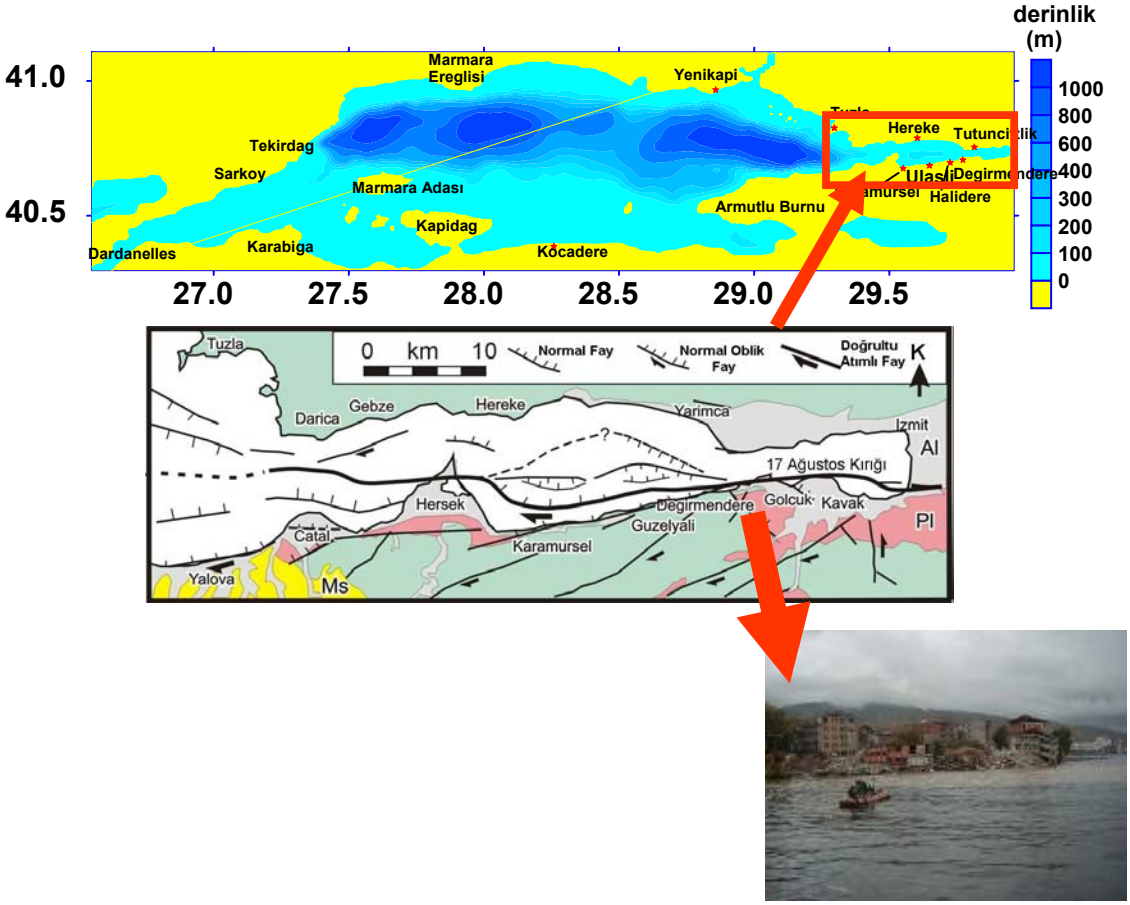


Şekil 2-16 - 18.09.1963 depremi sonucu oluşan depreşim dalgası bölgeleri

17.08.1999 tarihindeki deprem daha çok Marmara Denizi'nin doğu bölgelerinde etkili olmuştur (Odak derinliği 17 km). İzmit Körfezi'nde yaklaşık olarak 50 km yüzey kırılması gözlemlenmiştir (Alpar, 1999; Alpar ve Yaltırak, 2000b). Sağ-yanal kayma 5 m, düşey kayma da 3m genişliğinde belirlenmiştir. Özellikle Hersek Deltasının doğusunda yer alan orta baseninde deniz önce çekilmiştir (İzmit Körfez Depreşim Dalgası). (Altınok ve diğerleri, 1999, 2001b, Yalciner ve diğerleri, 1999, 2000, 2001, 2002).



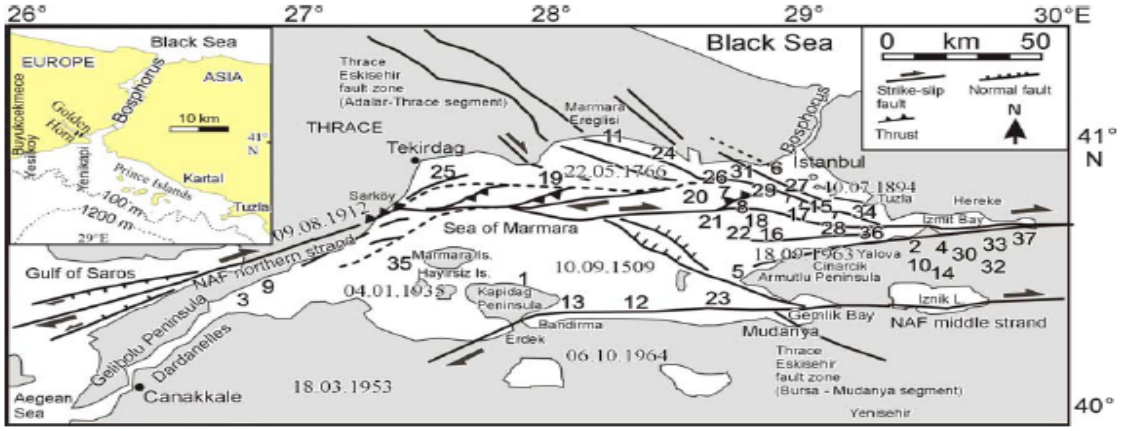
Şekil 2-17- 17.08.1999 depremi



Şekil 2-18 – 17 Ağustos Depremi'nin etkilediği bölgelerin fay haritaları ve deprem sonrasi Prof. Synolakis tarafından çekilmiş bir fotoğraf

Yukarıda bahsi geçen depreşim dalgaları ile birlikte bugüne değin Marmara'da görülmüş olan geçmiş depreşim dalgalarının tamamı aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Altınok ve Ersoy'dan alınıp değiştirilen veriler, 2000; Altınok et al., 2000b. Sayılar kronolojik sırayı

göstermektedir. Marmara denizinin sismotektonik haritası Yaltırak et al. (2000)'dan alınıp değiştirilmiştir.



Şekil 2-19 - 120 ile 1999 seneleri arasında Tarihi olarak Rapor Edilmiş Depreşim Dalgalarının Etkilediği Kıyı Alanları

Tablo 2-1. Marmara Denizindeki Tarihi Depreşim Dalgaları

Depreşim dalgası Tarihi	Tanım	Referans
120/128	Kapıdağ Yarımadasını, İznik ve İzmit'i etkileyen deprem Kapıdağ Yarımadasına doğru bir depreşim dalgası dalgasına sebep olmuştur	*Guidoboni et al., 1994*
24.08.358	Marmara'daki depremle birlikte, İzmit'te depreşim dalgası gözlemlenmiştir	*Guidoboni et al., 1994; Ambraseys ve Finkel, 1991; Ambraseys, 2002*
06.11.447	Marmara Denizinde büyük bir deprem olmuştur. Izmit deprem tarafından yerle bir edilmiş ve deniz tarafından yutulmuştur.	*Ambraseys, 2002*
24/25/26.09.477/480	Çanakkale, İstanbul, İzmit, Gelibolu, ve Bozcaada'yı etkileyen deprem sonucu, İstanbul'da meydana gelen depreşim dalgası kıyı bölgelerine hasar vermiştir.	*Guidoboni et al., 1994; Ambraseys ve Finkel, 1991*
15.08.553	İstanbul ve İzmit Koyunda bir deprem olmuştur ve karada 2000 metreye kadar su baskını ı meydana gelmiştir.	*Soysal et al., 1981; Soysal., 1985*
14.12.557	İstanbul ve İzmit Körfezinde bir deprem olmuş ve deniz karaya doğru 3000 metre ilerlemiştir.	*Ambraseys, 1960; Soysal et al., 1981; Soysal, 1985*

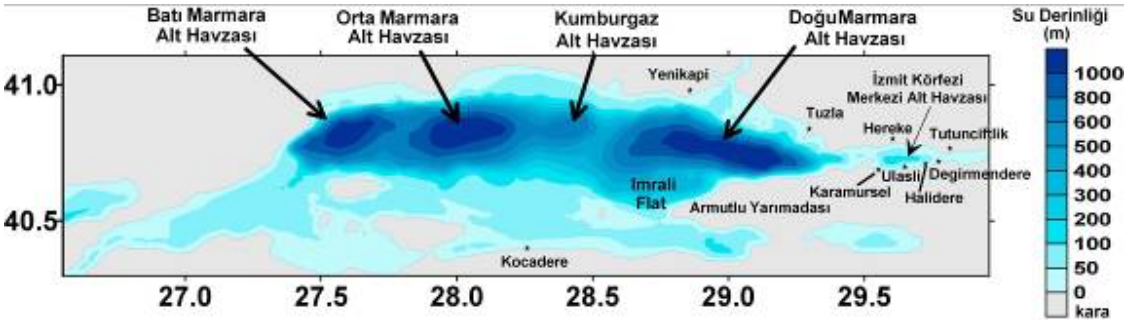
26.10.740	İstanbul, İzmit, İznik ve Trakya'yı etkileyen depremin sonucu olarak bazı yerlerde deniz çekilmesi gözlemlenmiştir.	*Guidoboni et al., 1994; Ambraseys ve Finkel, 1991; Ambraseys, 2002*
25.10.989	Marmara denizinin doğu bölümünde meydana gelen deprem esnasında bir depreşim dalgası olmuştur.	*Soysal, 1985; Ambraseys ve Finkel, 1991; Ambraseys, 2002*
18.10.1343	Deprem Marmara Denizinin kuzey kıyısı boyunca aşırı zarara sebep olmuştur. Şiddetli deniz dalgaları Bizans'ı ve yakında şehirleri harap etmiştir.	*Ambraseys 2002*
14.10.1344	Marmara denizi, İstanbul ve Trakya kıyılarını ve Gelibolu'yu etkileyen depremle, depreşim dalgası meydana gelmiştir. Deniz karayı 2000 metre kadar basmıştır. Ancak düzmece bir olay olarak düşünülmektedir..	*Heck, 1947; Ambraseys, 1960; Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Soysal et al., 1981; Ambraseys, 2002,Papadopoulos ve Chalkis, 1984; Soysal, 1985; Papazachos et al., 1986*
18.12.1419	İstanbul'da ve sayısız başka yerlerdeki deprem meydana gelmiş; deniz çok hoyratlaşmış ve alışılmadık bir şekilde karayı basmıştır.	*Ambraseys, 2002*
10.09.1509	İstanbul'da olan deprem İstanbul ve Marmara kıyılarında depreşim dalgası yarattı. Dalga yüksekliği muhtemelen 6 metreden fazlaydı ve depremin büyüklüğü 8.0'e yakındı. Deniz İstanbul'un şehir duvarlarının arkasına kadar basmıştır ve caddeleri kaplamıştır.	*Heck, 1947; Ambraseys, 1960; Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Soysal et al., 1981; Papadopoulos ve Chalkis, 1984; Soysal, 1985; Papazachos et al., 1986; Ambraseys ve Finkel, 1995, Öztin and Bayülke, 1991, Orgun, 1941*
05.04.1646	İstanbul'da meydana gelen depremle depreşim dalgası gözlemlenmiştir. Soysal (1985) bu depremin 05.04.1641 tarihinde olduğunu ve 136 tane gemiye depreşim dalgaları tarafından zarar verildiğini söylemiştir	*Heck, 1947; Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Soysal et al., 1981; Papadopoulos and Chalkis, 1984; Papazachos et al., 1986*
02.09 1754	İzmit Koyunda meydana gelen deprem depreşim dalgasına sebep oldu ancak hasara sebebiyet vermedi.	*Ambraseys and Finkel, 1991, Ambraseys, 2002*
22.05.1766	Marmara Denizinde meydana gelen depremle bir depreşim dalgası oluştu. Boğaz boyunca ve Mudanya Körfezinde depreşim dalgası ciddi hasara sebep oldu.	*Ambraseys, 1962; Antonopoulos, 1978; Papadopoulos and Chalkis, 1984; Shebalin et al., 1974; Soysal et al., 1981; Soysal, 1985, Ambraseys ve Finkel, 1995, Ambraseys, 2002*
21.08.1859	Merkez üssü Saros Körfezi olan deprem esnasında Boğazdaki deniz kıyılara doğru çalkalandı.	*Ambraseys, 2002*

19.04.1878	Izmit Körfezinde, deprem küçük bir deniz oluşturdu – dalgalar Körfezin batısına doğru yayıldı.	*Ambraseys, 2002*
10.07.1894	Depremin sebebiyet verdiği depreşim dalgası İstanbul'da etkili oldu. Deniz 50 metre geriye çekilip tekrar eski haline döndü. Prens Adaları etrafında ve Büyükçekmece'den Kartal'a kadar kuzey kıyısı üzerinde depreşim dalgası görüldü. Kıyı şeridinde daimi bir değişiklik olmadı. Deniz yükseldi ve 200 metreye kadar karayı bastı. depreşim dalgası nın yüksekliği 6 metreden azdı ve deprem büyüklüğü de 7.0'dan azdı. Haliçten geçen Karaköy ve Azapkapı Köprüleri deniz altında kaldı. Depremden yaklaşık 10 dakika önce, Yeşilköy'de deniz çekildi ve 10 dakika sonra büyük dalgalar kıyıya çarptı ve 3. sıra evler kadar karayı bastı ve hatta ilk sırayı süpürüp götürdü.	*Ambraseys, 1962; Karnik, 1971; Antonopoulos, 1978; Soysal et al., 1981; Papadopoulos and Chalkis, 1984; Papazachos et al., 1986; Kuran and Yalçıner, 1993; Öztin, 1994; Akkargan and Alpar, 2000, Eginitis, 1894, Mihailovic, 1927, Öztin and Bayülke, 1991, Batur, 1994, Batur, 1999*
09.08.1912	Depremden sonra Tekirdağ kıyısı boyunca deniz çekilmesi oldu. Yeşilköy'de, deniz tekneleri 2.7 metre kadar kaldırdı ve deniz dalgaları ayrıca İstanbul boğazında da görüldü.	*Ambraseys, 2002, Altinok et al., 2003*
04.01.1935	Depremin bir sonucu olarak, Hayırsız Adasında, Marmara Adasının batısında, sis düdüğü binası yıkıldı ve kıyıdaki kayalar denize düştü ve deniz yükseldi. Bu deprem Erdek-Marmara Adaları Depremi (Ms 6.4) olarak bilinmektedir.	*Milliyet Gazetesi, 1935*
18.09.1963	Deprem (M_S 6.3) Yalova ve Çınarcık'ta etkili oldu ve merkez üssü denizin içindeydi. Denizde kaynamaya sebep oldu. Depremden sonra Mudanya kıyısında doğudan batıya doğru bir deniz kabuğu ve kabuklular dizisi gözlemlendi. Bu da Marmara Denizinin doğru kısmında gözlemlenen en son depreşim dalgasıdır. Sonuç olarak ortaya çıkan dalgalar çok büyük değildi, ama Bandırma'nın kıyı koruma yapısı boyunca 1 metrelik yüksekliğe kadar eriştiler.	*Özçiçek, 1996, Akşam Gazetesi, 1963, Kuran and Yalçıner, 1993*

17.08.1999	Bu yıkıcı deprem, litosferin (17 km) esnek kırılgan tabakasında Marmara denizinin en doğusunda meydana geldi. Yüzey kırığının yaklaşık olarak 50 km'si İzmit Körfezinde açık denizdeydi. Ayrıntılı saha çalışmaları sağ yanal çıkıntıların 5 metre kadar geniş olduğunu ortaya çıkardı. Buna ek olarak 3 metreye kadar dikey çıkıntılar da gözlemlendi. Ana fay Güney kıyılarına daha yakın olarak koydaki çöküntülerin merkezini takip etmektedir. Buna ek olarak, sağdaki makaslama mekanizması İzmit Koyu boyunca uzanan asıl fayda düşük açıyla ikincil normal fay eğrilerine sebep oldu. Bu makaslamalar, zemin yüzeyine yakın dikey baskının azalmasının bir sonucu olarak doğrultu atım faylarının hareketi esnasında sadece olumsuz çiçeklenmenin ürünleridirler. Depreşim dalgaları tektip olarak gözlemlenmiştir ve deniz önce kuzey ve güney kıyı sahilleri boyunca, özellikle de İzmit Koyunun merkezi alt havzasından Hersek Deltasının doğusuna kadar çekilmiştir. Bu gözlemin tektipliği kıyı hattının yakınında ya da kıyı hattında büyük bir çöküntü olduğu fikrini vermektedir. Muhtemelen, merkezi alt havzanın güney ucu boyunca doğrultu atım bir faydan bir basamak söz konusudur. Merkezi alt havzada yaklaşık bir dakikalık dalga periyotlarının yeterince tutarlı raporları sel basmasının kaynağı olarak salınımları göstermemektedir ve çöküntü alanlarının oldukça lokalize olduğuna işaret etmektedir. Tektonik yer değiştirmelere ek olarak, koy içindeki sediman çökmesi muhtemelen depreşim dalgalarına sebep olmuştur. Uluslararas Depreşim Dalgası Araştırma Ekibi karada suyun yükseldiğini gösteren çizgileri araştırmış ve tanıklarla mülakatlar yapmıştır. Kuzey kıyısı boyunca Tütünçiftlik ve Hereke'ye 2.66 metre ve güney kıyısı boyunca Değirmendere'den Karamürsele 2.9 metre olarak gözlemlenmiştir. İzmit Koyunun merkezi alt havzasının kuzey ve güney sahil şeritleri boyunca meydana gelen yükselmelerde gözlemlenen en yüksek noktalar, Değirmendere, Halidere ve Ulaşlı'da deniz yakınındaki çöküntülerden kaynaklanan dalgalarla ilişkiliydi.	*Alpar, 1999; Alpar and Yaltırak, 2000b, Şengör et al., 1999; Altınok et al., 1999; 2001b, Yalçıner et. al., 1999; 2000, Yalçıner et al., 2001a*

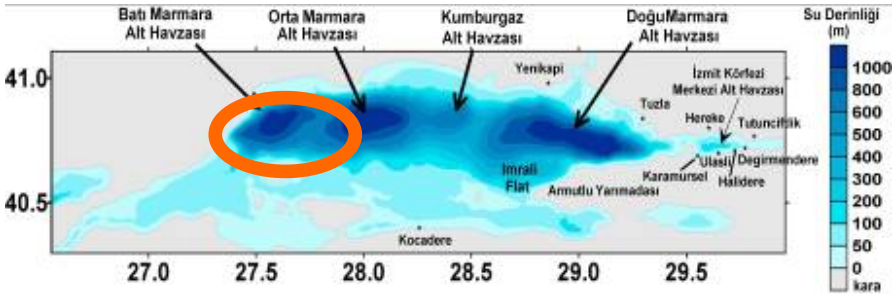
3. Bölgenin Deniz Dibi Durumu

Marmara Denizi' nin morfolojisi ve tektoniği incelendiğinde, KAF boyunca uzanan ve derinlikleri 1100 metreden daha fazla olan üç büyük denizaltı depresyonu gözlenir. Şelf bölgelerinden aşağı dik kıta yamaçlar ile inilen bu çukurlar birbirlerinden çevrelerine göre birkaç yüz metre daha yüksek olan eşikler ile ayrılmaktadır. Marmara Denizi çevresindeki depremlerden birinci derecede sorumlu olan KAF'ın ilk kestiği depresyon alanı İstanbul'un güneyinde yer alan ve 17 Ağustos Kocaeli Depremi ile ilgi odağı haline gelen Çınarcık Çukuru' dur.



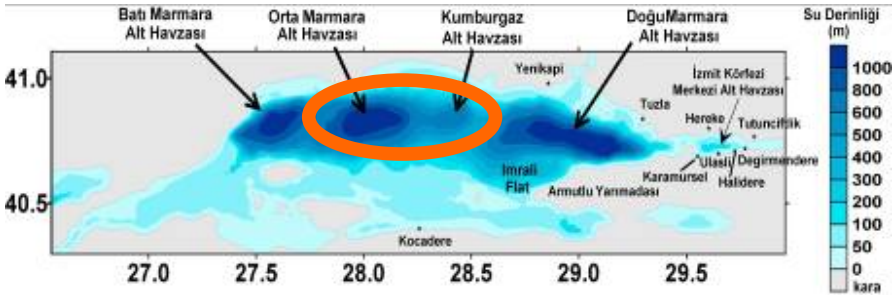
Şekil 3-1 - Marmara Denizi Derinlik Haritası

Çekmece güneyinden Tuzla Burnuna kadar BKB-DGD doğrultusu ile uzanan kama görünümlü Çınarcık Çukuru, KAF'nın yaklaşık K45B yönlü Trakya-Eskişehir fayını (TEF) kesmesi sonucu oluşan ötelenmenin etkisiyle açılmıştır (Yaltırak ve diğ., 2000a; Alpar ve Yaltırak, 2000). Çınarcık Çukuru oldukça düz görünümlüdür, derinlikler 1150 ile 1270 metre arasında değişmektedir, en fazla derinlik ise 1289 metre ile basenin doğusundadır. Orta derin sismik kesitlere göre ise, havza içindeki derinlik trendi 0.2° ortalama eğim ile (3.5 m/km) batıya doğru yükselmektedir (Okay ve diğ., 2000). Sismik kesitlere göre, İzmit Körfezini gevşeyen büklümler yaparak aşan KAF kuzey kolu, Çınarcık Çukurunun güney kenarını takip etmekte ve kuzeye doğru hafif bir büklüm yaparak orta Marmara sırtının üzerinden batıya uzanmaktadır. Çınarcık çukurunun kuzey sınırını oluşturan fay ise kıta yamacı ile bütünleşik olarak güneye eğimli ve düşey atımlıdır. Çınarcık Çukuru'nun kıta yamaçları oldukça diktir; kuzeyde ortalama 17°, güneyde ise 7-10°. Yamaçların etek taraflarında eğimler en yüksek (35-45°) olmaktadır. Kuzey kıta yamacının tabanında daha belirgin ve gelişmiş olmak kaydıyla, yamaç eteklerinde denizaltı heyelanları ile taşınan malzeme kümeleri yer almaktadır. Fiziksel özellikleri verilen bu yamaçlarla bütünleşik olan ve üzerlerinde artçı depremlerin oluştuğu kuzey ve güney sınır fayları (Okay ve diğ., 2000) aslında Anadolu levhasının batıya kaçışı ile deforme olan dekolmanlardır (Alpar ve Yaltırak, 2000). Bunlar, ortalarındaki ana fay ile derinde orta-derin sismik erişim limitleri dışında birleşmektedir. KAF kuzey kolu çalıştığında, ana faya bağlı bu dekolmanlar aktive olmakta, kıta yamaçları üzerinde göçmeler (slump) oluşmaktadır.



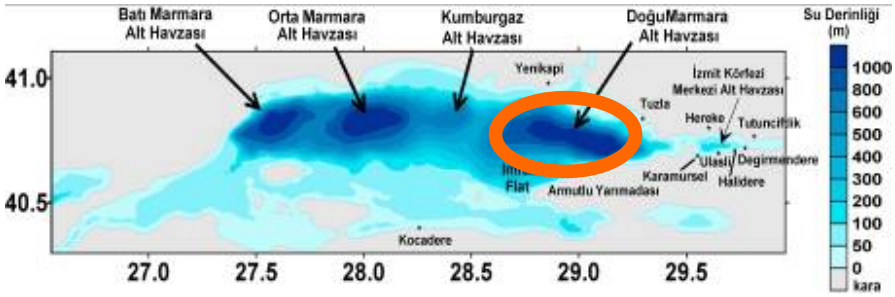
Şekil 3-2 - Batı Marmara Alt-Baseni, Maksimum derinlik 1221 m. 1200 m derinliğin altında 110 km^2 1000 m derinliğin altında 325 km^2 Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda

Sığ ve orta-derin sismik kesitlerde açıkça gözlenen bu göçmelerin yanal değişimleri Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi tarafından 2000 yılı içinde alınan multi-beam derinlik haritasında (Demirbağ, 2000; Ecevitoğlu, 2000) gözlenebilmektedir. Özellikle kıta yamaçları dibinde yer alan birikintilerin oldukça iyi görüntü vermelerine karşılık, derinliğin hızlı değiştiği yerlerde göçme yapıları yeterince belirgin değildir. Ancak, bu tür göçmelerin derinliğin hızlı değiştiği dengesiz sedimanlar bulunan yamaçlarda olması olasılığı göz ardı edilmemelidir.



Şekil 3-3 Orta Marmara and Kumburgaz Alt-Baseni (Deniz Merkezinin Kuzey Batısı) Maksimum derinlik 1273 m. 250 km^2 (1000 m derinliğin altı)

Gerek sismik kesitlerde ve gerekse multi-beam haritasında gözlenen bu olaylar potansiyel heyelan alanlarının göstergesidir. Sediment kor örneklerine göre Marmara Denizinde ortalama sedimantasyon hızı şelf bölgelerinde 40, yükselimlerde 10 ve çukurluklarda 100-200 cm/ka verilmektedir (Çağatay ve diğ., 2000). Bu farklılığın nedeni dik kıta yamaçlarında oluşan sualtı heyelanlarının çukurlardaki yumuşak çamurlu çökellerin depolanma hızını artırmasıdır. Özellikle depremler sırasında geometrik olarak KAF kuzey koluna bağlı ve kıta yamaçlarının morfolojileri ile bütünleşik olan dekolmanlar harekete geçmekte ve kıta yamaçları üzerinde göçmeler oluşturmaktadır. Bu tür sualtı heyelanlarının yarattığı dalga hareketlerinin hidromekanik karakteristiklerinin araştırılması, Marmara kıyılarının depreşim dalgası tehdidinin tanımlanması açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3-4 Doğu Marmara Alt-Baseni (Deniz Merkezinin Kuzey Doğusu) Maksimum derinlik 1252 m 650 km^2 (1000 m derinliğin altı) Kuzey kısımlar dik eğimli

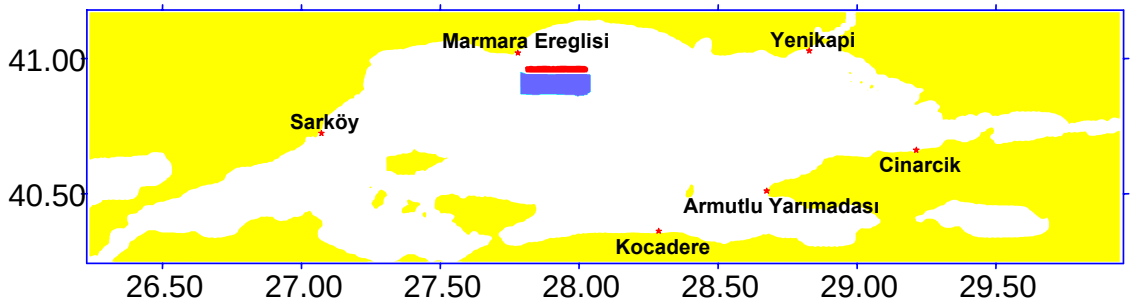
Bilimsel kaynaklarda Marmara Denizinin yapısal çatısı hakkında en az 15 değişik model yer almaktadır. Bu modellerdeki normal veya oblik fayların bir kısmı depreşim dalgası hareketleri için yeterli büyüklükte deprem oluşturabilecek kapasitededir. Buna ek olarak, Marmara denizindeki çukurlukların çevresindeki dik yamaçlardaki çeşitli heyelan olasılığı tahmin edilen bölgeler, depreşim dalgası için potansiyel kaynak alanlar olarak değerlendirilmelidir.

4. Olası Depreşim Dalgası Oluşma Senaryoları

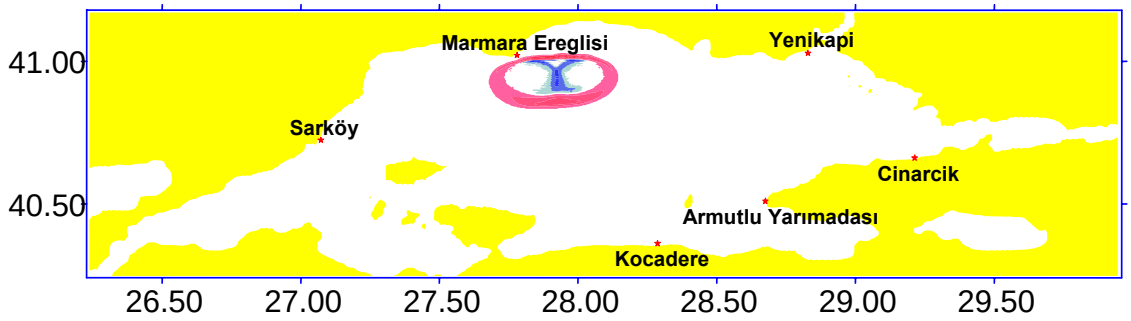
Yakın zamana kadar uzun dönemli dalgaların hareketlerini tanımlayan denklemlerin, deniz tabanı ve kıyı özellikleri gibi çeşitli sınır koşuıllarında sayısal yollarla çözülmeleri için başlangıç koşulları olarak depreşim dalgasına benzeyen su düzeyi seçilmekte idi (Yalçıner ve diğ, 1995). Ancak, deniz taban hareketinin, fay kırılmasının ya da heyelan, göçme gibi olayların oluşması sırasında deniz ortamına geçen enerjinin oluşturduğu akıntılar ve su düzeyi değişimleri, başlangıç dalgasının özelliklerine etki edebilmektedir. Bu durumda, deniz taban hareketinin de kuramsal ve sayısal yaklaşım içinde yer alması önem kazanmıştır. Bu amaç için Japonya Tohoku Üniversitesi Afet kontrol Araştırma Merkezinde geliştirilen kuramsal ve sayısal çalışma ile sonucunda yeni bir bilgisayar modeli hazırlanmıştır (Imamura ve Imteaz, 1995). TWO-LAYER isimli bu yeni model ODTU İnşaat Mühendisliği Bölümü Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi tarafından kullanılmaya başlanmıştır (Özbay, 2000). Bu model, öncelikle çeşitli deniz ve kıyı şartları, fay kırılmaları ve heyelan durumlarına göre çeşitli testlerden geçirilmiş, geliştirilmiş ve ilk olarak bu çalışmada Marmara Denizi için iki ayrı uygulama yapılmıştır. Yapılan uygulamalarda, 26.2277^{o}E ile 29.96^{o}E boylamları ve 40.2416^{o}N ile 41.18^{o}N enlemleri arasında kalan ve Marmara Denzini kapsayan bölge, yatay ve dikey doğrultularda 300 m. aralıklı olarak elde edilen noktalardaki su derinlikleri kullanılmıştır. Bu alan içinde iki ayrı sualtı heyelanı senaryosu uygulanmıştır.

Birinci uygulamada Silivri'nin güneyinde, 28.90^{o}E 40.94^{o}N koordinatlarına rastlayan 500 m. su derinliği olan bölgede Doğu Batı doğrultusunda 10 km uzunluğunda, Kuzey Güney doğrultusunda ise 2 km uzunluğundaki yamacın ortalama 6 m. kalınlığındaki kısmının sualtı heyelanı olarak hareket etmesi ve güneye doğru akarak (kuzey güney doğrultusunda) 4 km uzunluğundaki (yaklaşık 1000 m. derinlikteki) alana ortalama 3 m.lik katman olarak yayılması modellenmiştir (Şekil 4-1). Depreşim dalgasının muhtelif zaman dilimlerindeki ilerleyişi Şekil 4-2 ve Şekil 4-3 te ayrıntılı bir biçimde görülebilmektedir. Örnek olarak düşünülen bu birinci senaryo deniz taban malzemesinin özellikleri hakkında ayrıntılı bilgiler elde edildiğinde yeniden değerlendirilebilir.

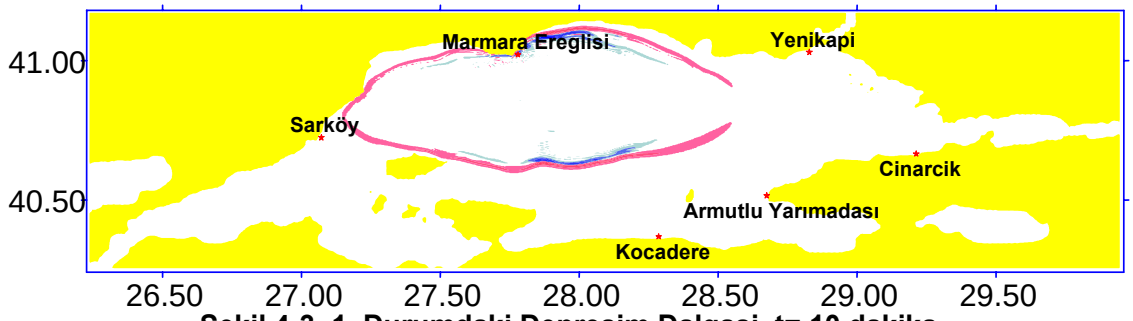
Bu senaryoda, dalganın kuzey kıyılara (Silivri ile Marmara Ereğlisi arası) erişme zamanı 5 dakika, Güney kıyılara (Kapıdağ Yarımadası) erişme zamanı ise 12 dakika olduğu saptanmıştır. Bu senaryoda, dalganın kıyılardaki tırmanma yükseklikleri, Kuzey kıyılarda 12 km. den uzun kıyı şeridinde 3 m.'yi, Güneyde ise Kapıdağ yarımadasının kuzey kıyılarında 2.5 m, yi geçmektedir (Şekil 4-4.).



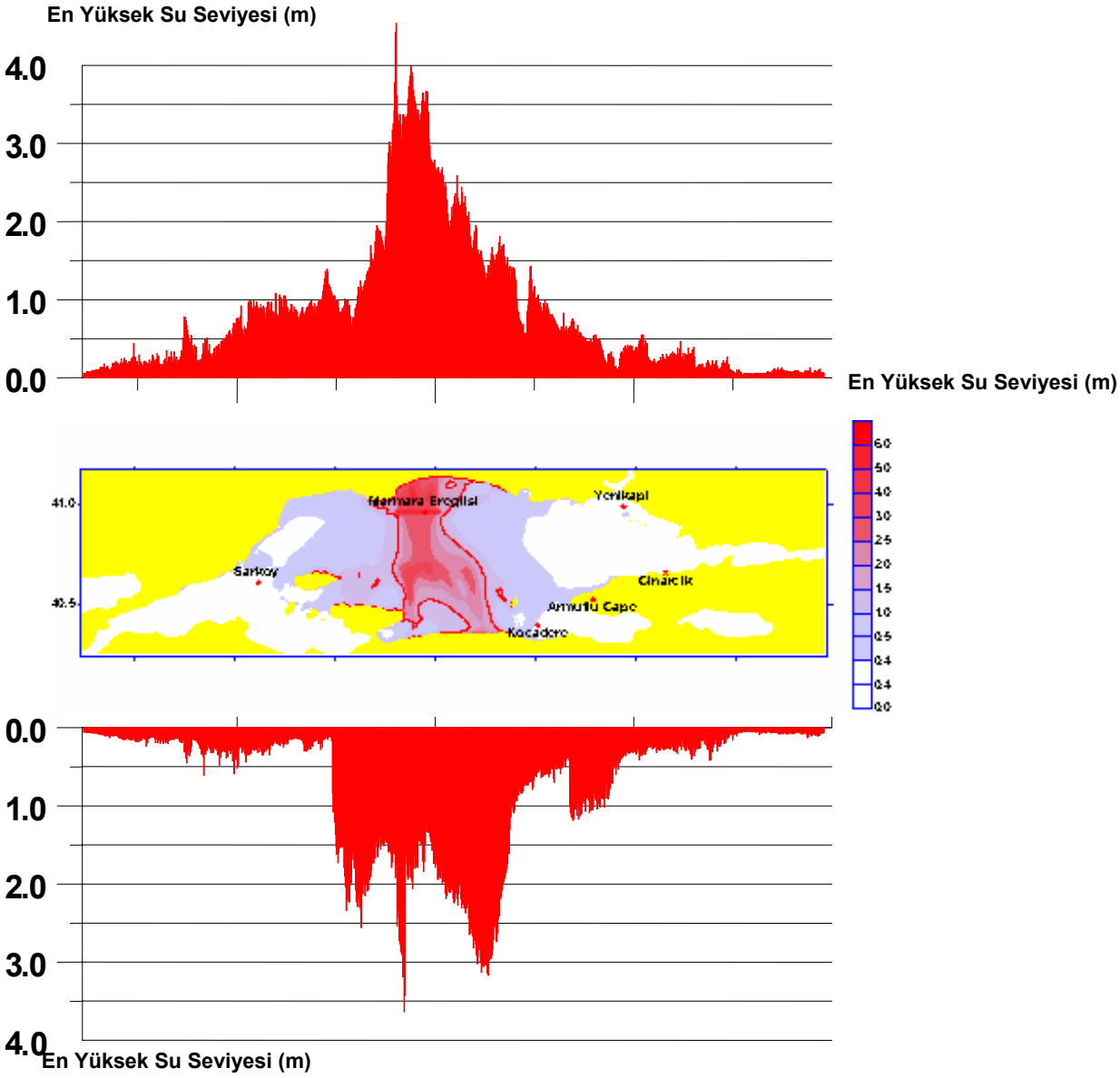
Şekil 4-1 1. Durumdaki Toprak Kayması ve Kıyı İstasyonları



Şekil 4-2 1. Durumdaki Depresim Dalgasi t= 2 dakika

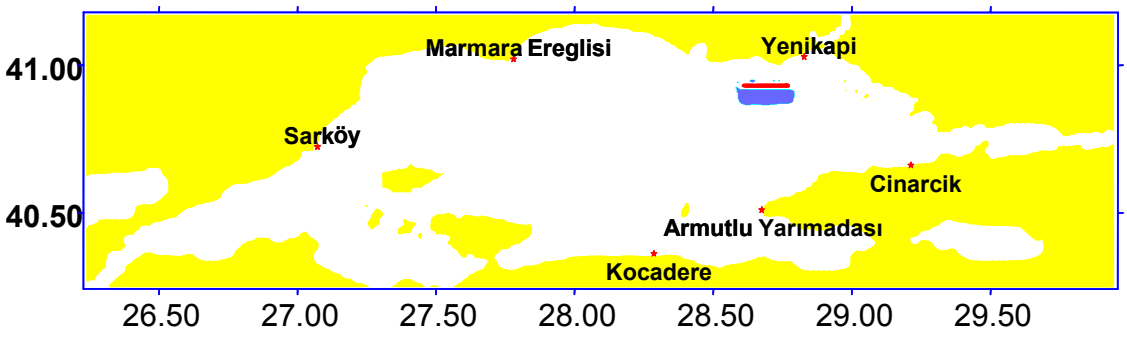


Şekil 4-3 1. Durumdaki Depresim Dalgasi t= 10 dakika

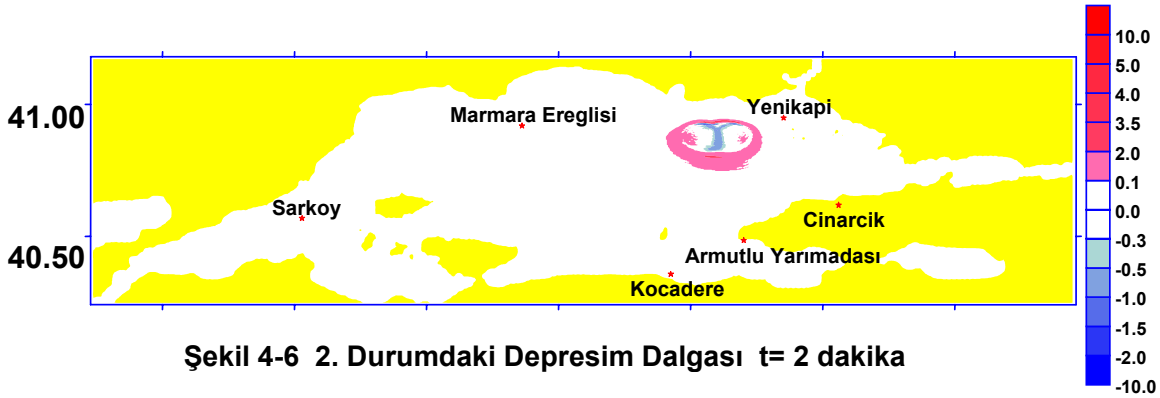


Şekil 4-4 1. Durumdaki En Yüksek su Seviyeleri

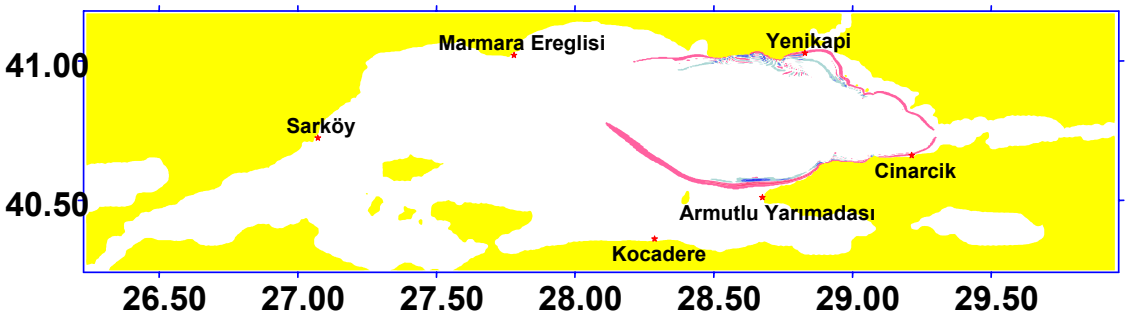
İkinci uygulamada ise, İstanbul Yenikapı'nın güneyinde, 28.70°E 40.92°N koordinatlarına rastlayan 400 m. su derinliği olan bölgede Doğu-Batı doğrultusunda 10 km uzunluğunda, Kuzey-Güney doğrultusunda ise 1.8 km uzunluğundaki yamacın ortalama 6 m. kalınlığındaki kısmının su altı heyelanı olarak hareket etmesi ve güneye doğru akarak (kuzey güney doğrultusunda) 3.6 km uzunluğundaki (yaklaşık 900 m. derinlikteki) alana ortalama 3 m.lik katman olarak yayılması modellenmiştir (Şekil 4-5). Heyelan boyutları ve biçimi, kayan malzemenin fiziksel özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Örnek olarak düşünülen bu birinci senaryo deniz taban malzemesinin özellikleri hakkında ayrıntılı bilgiler elde edildiğinde yeniden değerlendirilebilir.



Şekil 4-5 2. Durumdaki Toprak Kayması ve Kıyı İstasyonları

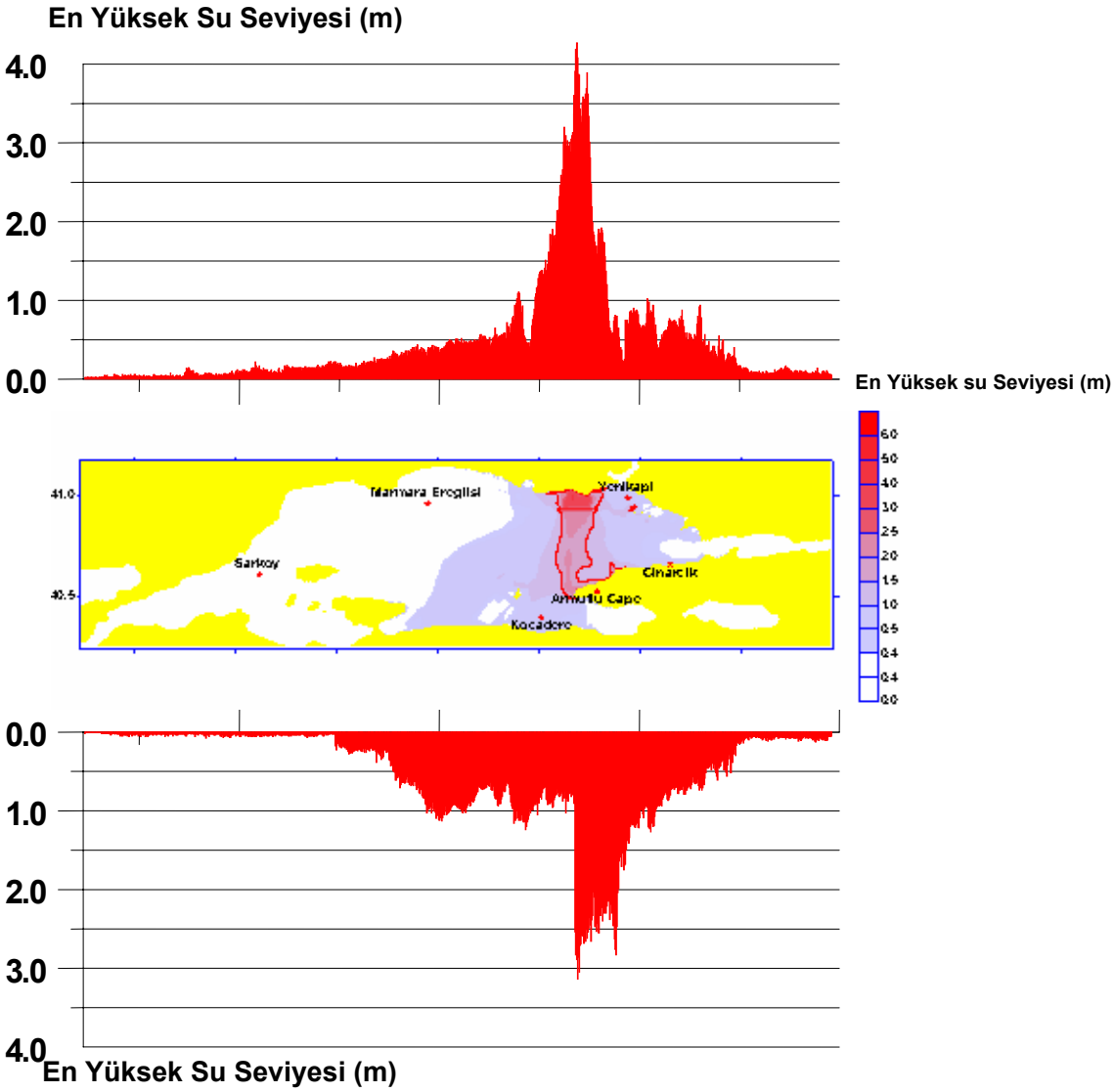


Şekil 4-6 2. Durumdaki Depresim Dalgası t= 2 dakika



Şekil 4-7 2. Durumdaki Depresim Dalgası t= 10 dakika

İkinci senaryoda, dalganın kuzey kıyılara (Yenikapı) erişme zamanı 5 dakika, güney kıyılara (Armutlu Yarımadası) erişme zamanı ise 10 dakika olduğu saptanmıştır. Bu senaryoda, dalganın kıyılardaki tırmanma yükseklikleri, Kuzey kıyılarda 8 km. den uzun kıyı şeridinde 3 m.'yi, Güneyde ise Armutlu yarımadasının kuzey kıyılarında 2.5 m, yi geçmektedir (Şekil 4-8.).

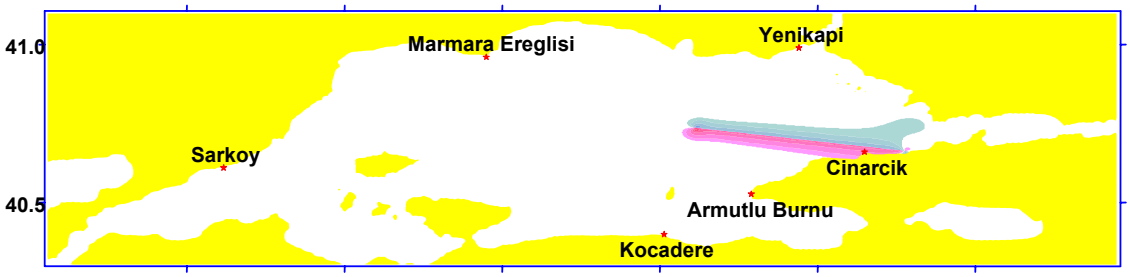


Şekil 4-8 2. Durumdaki En Yüksek Su Seviyeleri

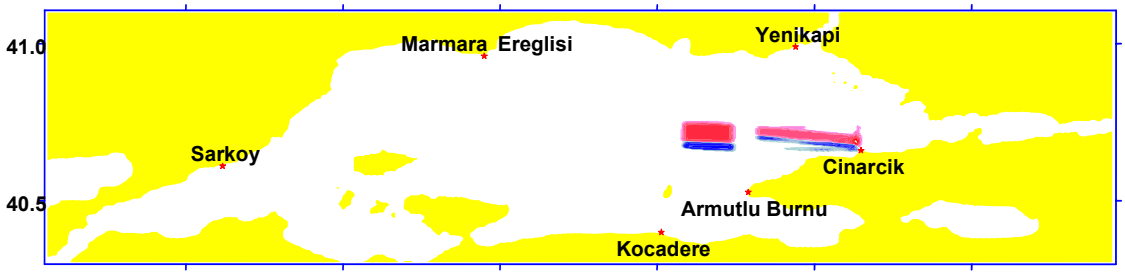
Her iki senaryo, yukarıda tanımlanan düzenler uyarınca yeni bilgisayar modeline (TWO-LAYER) girdi olarak verilmiş, depreşim dalgasının oluşumu, 90 dakika süre içindeki hareketi, kıyılara erişme zamanları, ve kıyılardaki tırmanma yükseklikleri bulunmuştur. Şekil 4 – 4 ve Şekil 4 – 8'de depreşim dalgasının her iki senaryo için Marmara denizinin kuzey ve güney kıyılarındaki tırmanma yükseklikleri dağılımı ve deniz içinde erişilen en yüksek su düzeyleri dağılımları ayrı ayrı verilmektedir.

Şekil 4-4 ve 4-8'in ortasında yer alan Marmara Denizi haritası üzerinde, koyu renkle gösterilen alanlar, depreşim dalgası hareketi sırasında su düzeyindeki yükselmelerinin 2 m. yi aştığı yerlerdir. Bu bölgelerin özellikle 20 m. su derinliğinden daha sığ olan kısımlarında depreşim dalgasının etkili olması beklenebilir.

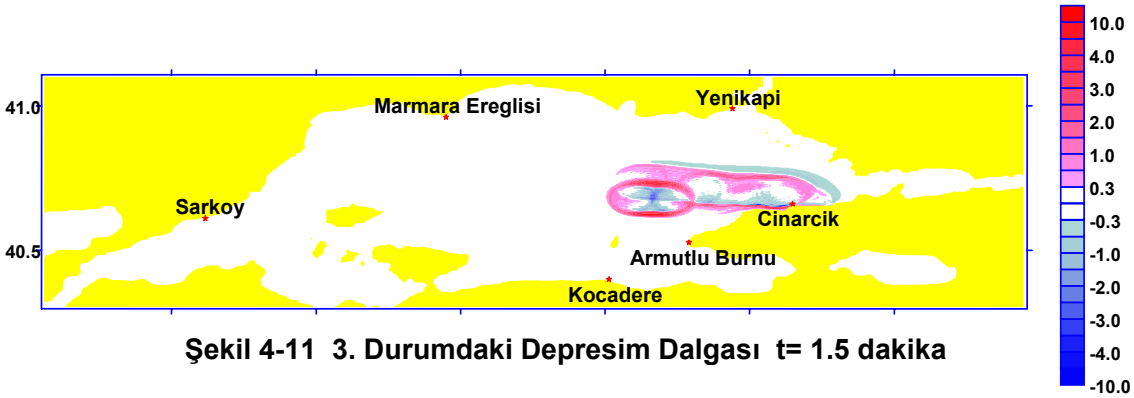
Yukarıda belirtilen senaryolar dışında Armutlu Fayı içinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda ilk dalgalar Şekil 4-9 ve 4-10 da gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



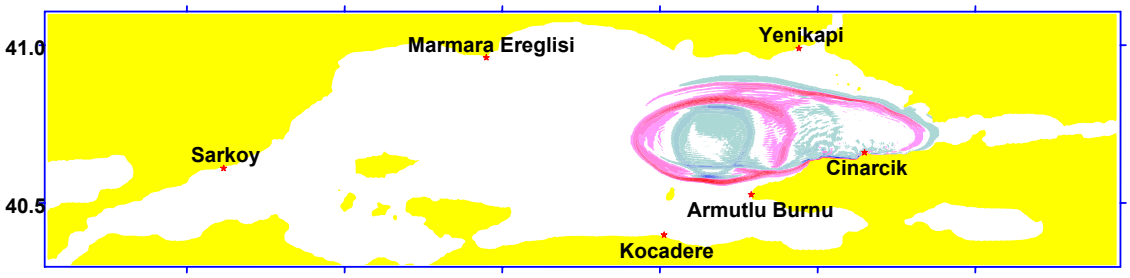
Şekil 4-9 3. Durumdaki İlk Dalga Oluşumları



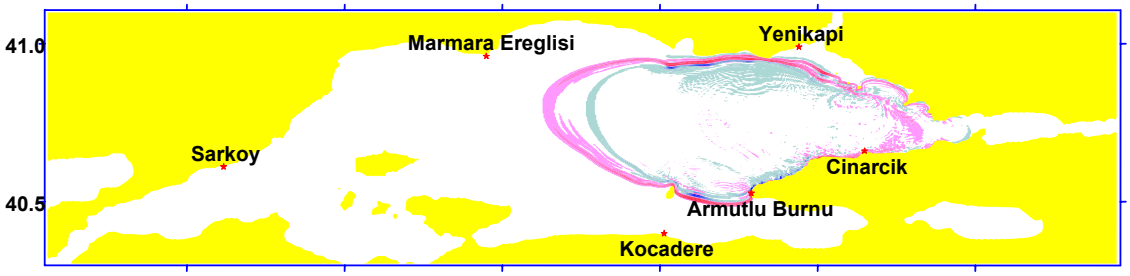
Şekil 4-10 3. Durumdaki İlk Dalga Oluşumları



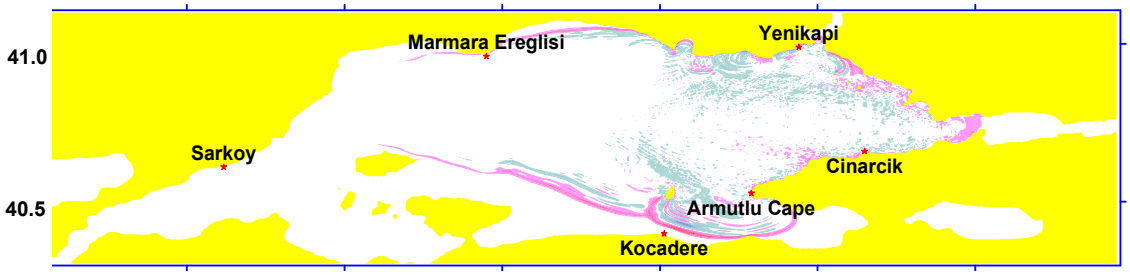
Şekil 4-11 3. Durumdaki Depresim Dalgası t= 1.5 dakika



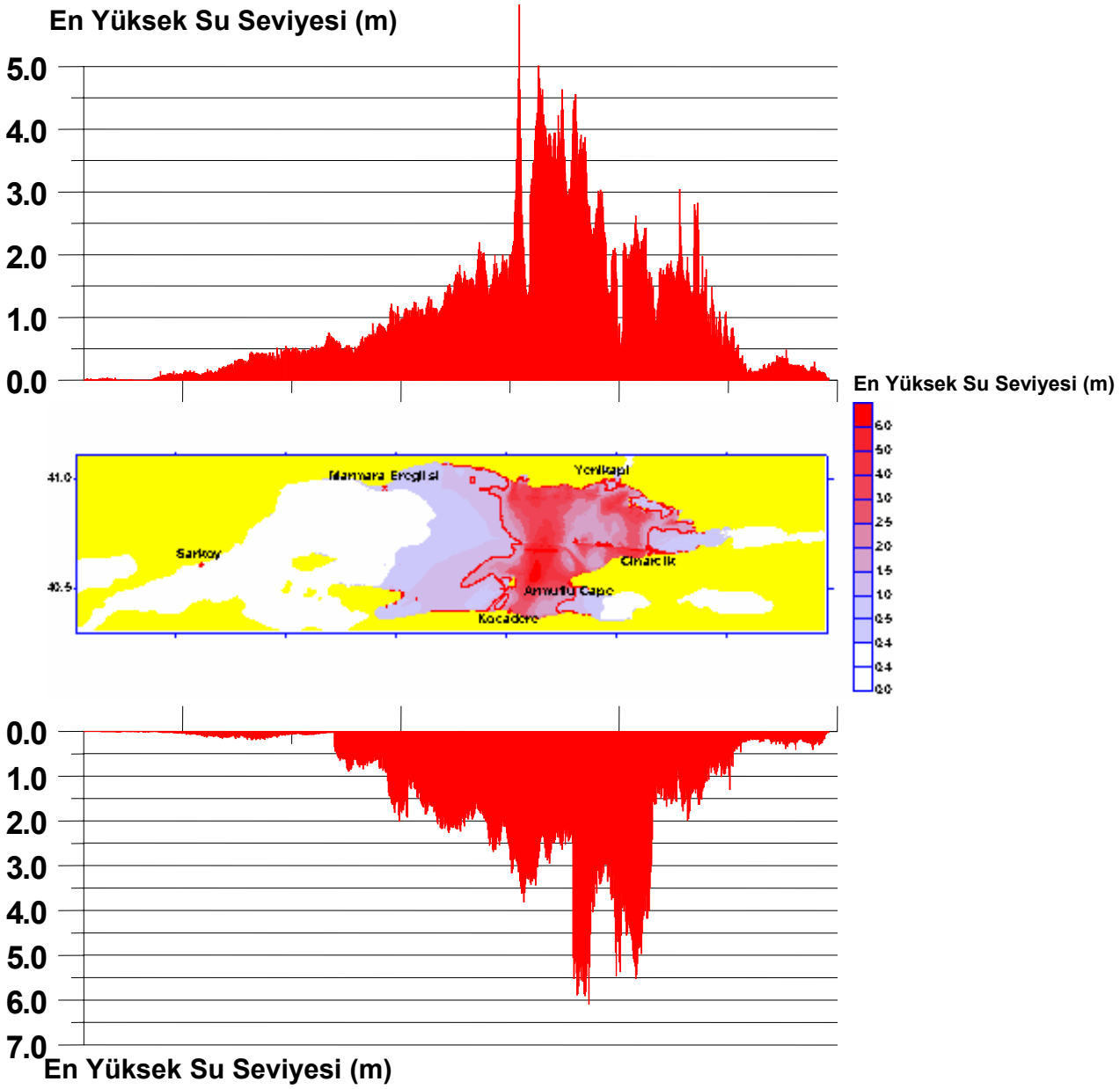
Şekil 4-12 3. Durumdaki Depresim Dalgası t= 4 dakika



Şekil 4-13 3. Durumdaki Depresim Dalgası t= 10 dakika



Şekil 4-14 23. Durumdaki Depresim Dalgası t= 20 dakika



Şekil 4-15 3. Durumdaki En Yüksek Su Seviyeleri

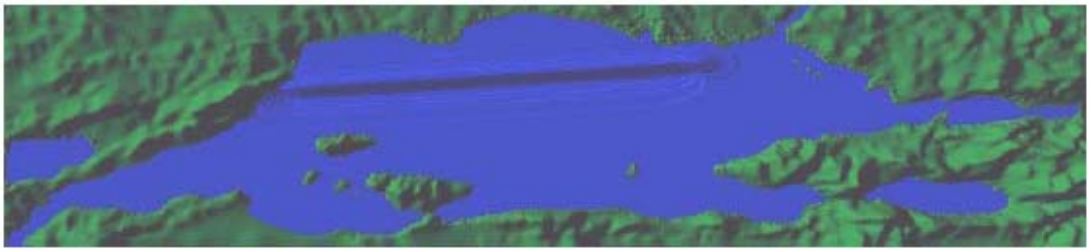
Aslında, Marmara Denizindeki olası depreşim dalgası kaynaklarını tespit etmeyi amaçlayan hiçbir ayrıntılı araştırma ve çalışma yer almamaktadır. Ancak fay mekanizmalarını ve depreşim dalgası oluşturmaya müsait deniz tabanı deformasyonlarını tespit etmeyi amaçlayan birtakım çalışmalar mevcuttur.

Marmara Denizindeki iki adet aktif fay modeli Marmara Denizinde normal fay bileşenlerinin olduğunu göstermektedir. Armijo et. al. (2002, 2005) ve Carton

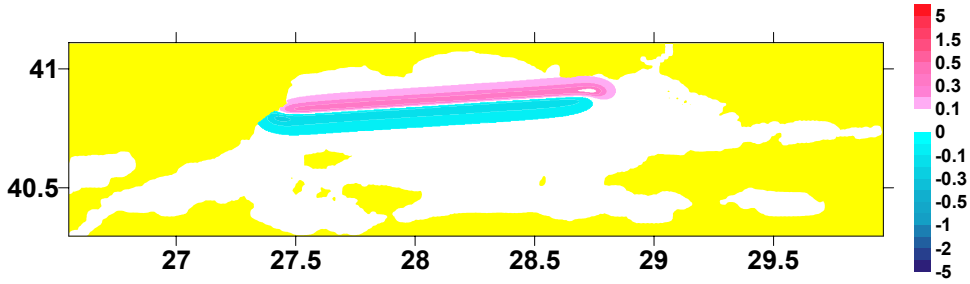
(2003) Marmara Denizindeki merkezi ve Çınarcık havzasının halen, özellikle Çınarcık havzasındaki kuzey ve güney eğimlerini etkileyen çekip alma mekanizmalarıyla çevirildiğini göstermektedir. (Okay et al., 1999; 2000; Yaltırak, 2002; Gökaşan 2003) Marmara adasının doğu sırtı ters faylanmanın etkisi altında yükselmektedir. Bu çalışmalar ayrıca deniz altında meydana gelen toprak kaymaları ile birlikte depreşim dalgası oluşmasına yol açacak normal fayların Marmara Denizi'nde de olduğunu göstermektedir.

İlgili çalışmaların sonuçlarını kullanarak, fay faaliyeti ile ilişki içinde Marmara Denizi için 13 adet depreşim dalgaları kaynağı (S1-S13) önerilebilir. Bu kaynaklar kesin değildir ancak depreşim dalgaları için potansiyel bir kaynak alanı olarak düşünülmelidir. Ayrıca birtakım deniz altı toprak kayması kaynakları da mevcuttur; bunlar Marmara Denizindeki depremler esnasında ya da sallantıdan sonra da tetiklenebilir.

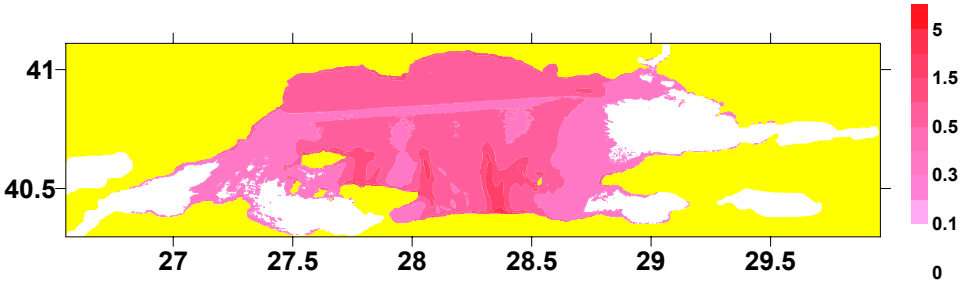
Bu kaynaklardan ilki (S1) Yenikapı'dan Tekirdağ'a boyunca uzanır (Şekil 4-16)



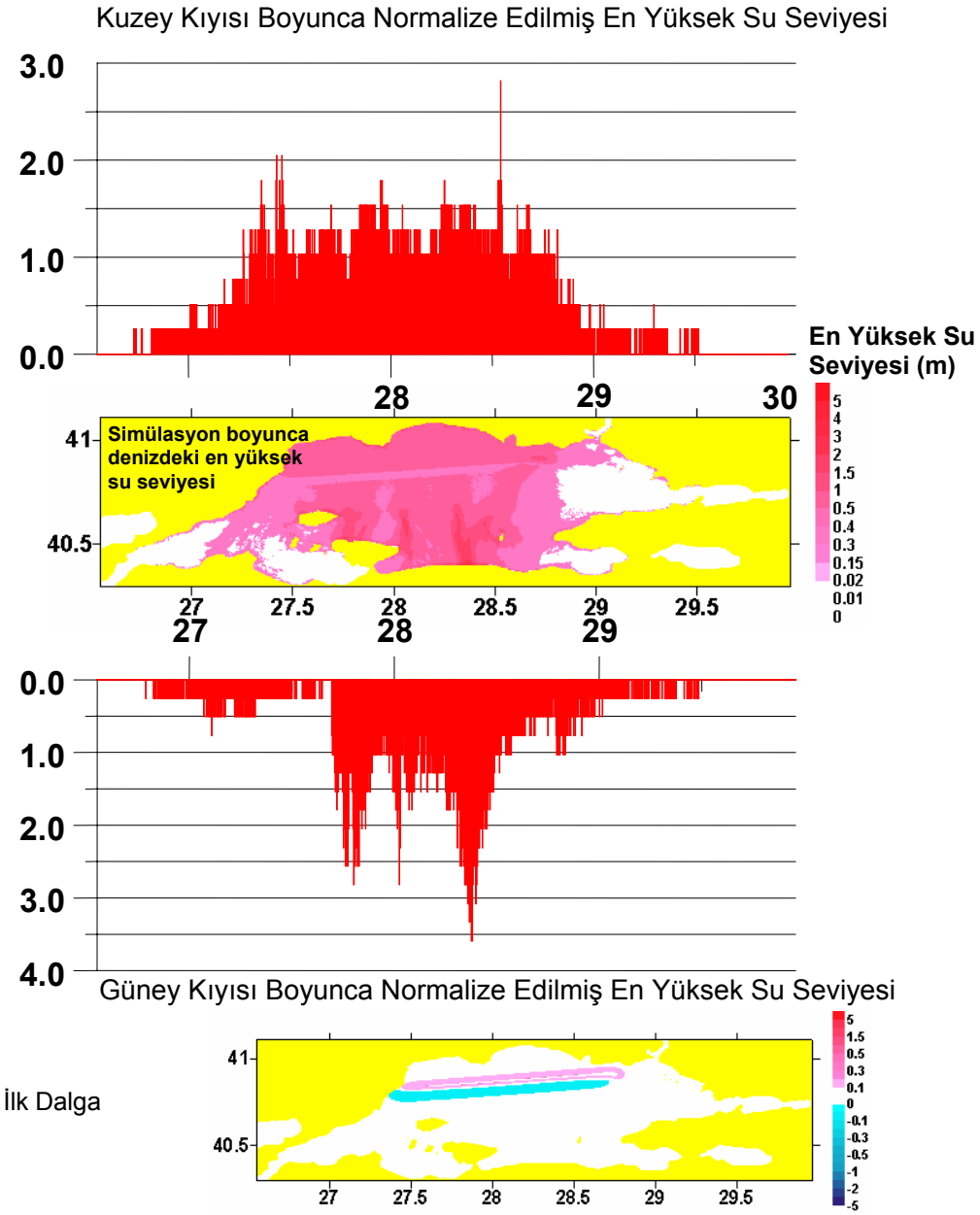
Şekil 4-16. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S1)



4-17. S1 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



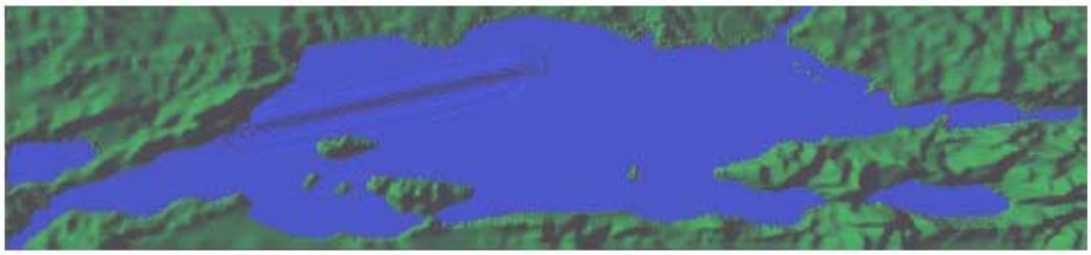
4-18. S1 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



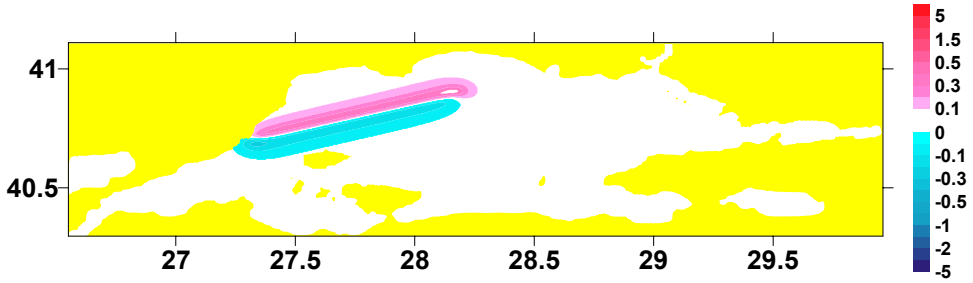
4-19. S1 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında su seviyeleri Marmara Ereğlisi civarında 1.5 m civarında iken, Tekirday çevresinde 2 m ye yaklaşmaktadır. Güney kıyılarında ise su seviyeleri 2.5 m yi geçebilmektedir.

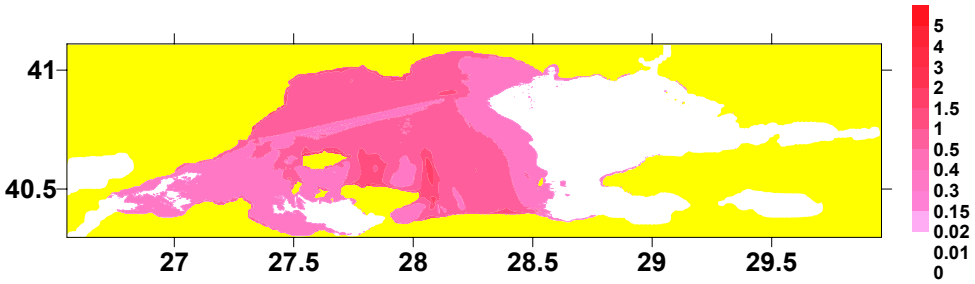
İkinci kaynak (S2) ise Büyükçekmece'den Tekirdağ'a doğru uzanır (Şekil 4-20).



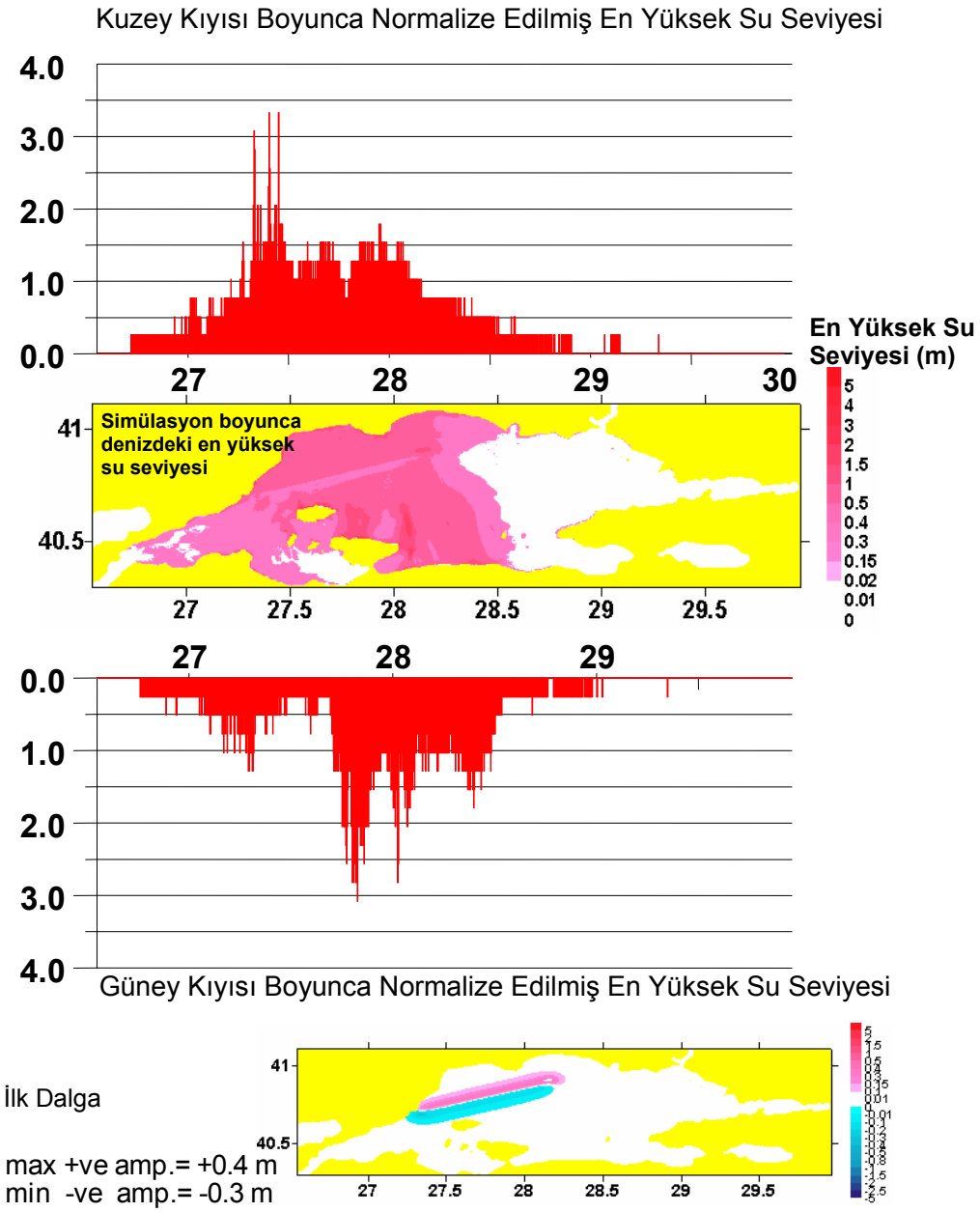
Şekil 4-20. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S2)



4-21. S2 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



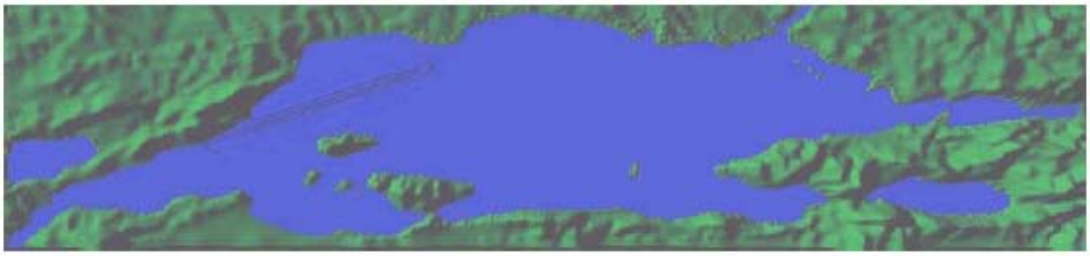
4-22. S2 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



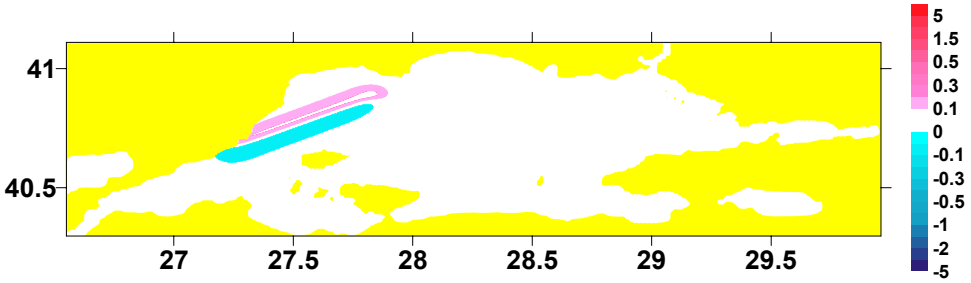
4-23. S2 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında su seviyeleri 2 m civarında iken, güney kıyılarında Kapıdağ Yarımadası'nın kuzeyinde su seviyeleri 3 m ye ulaşabilmektedir.

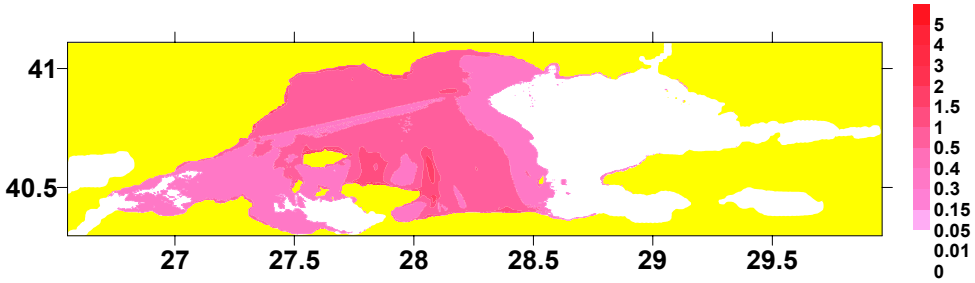
Üçüncü kaynak Marmara Ereğlisi'nden Tekirdağ boyunca uzanır (Şekil 4-24).



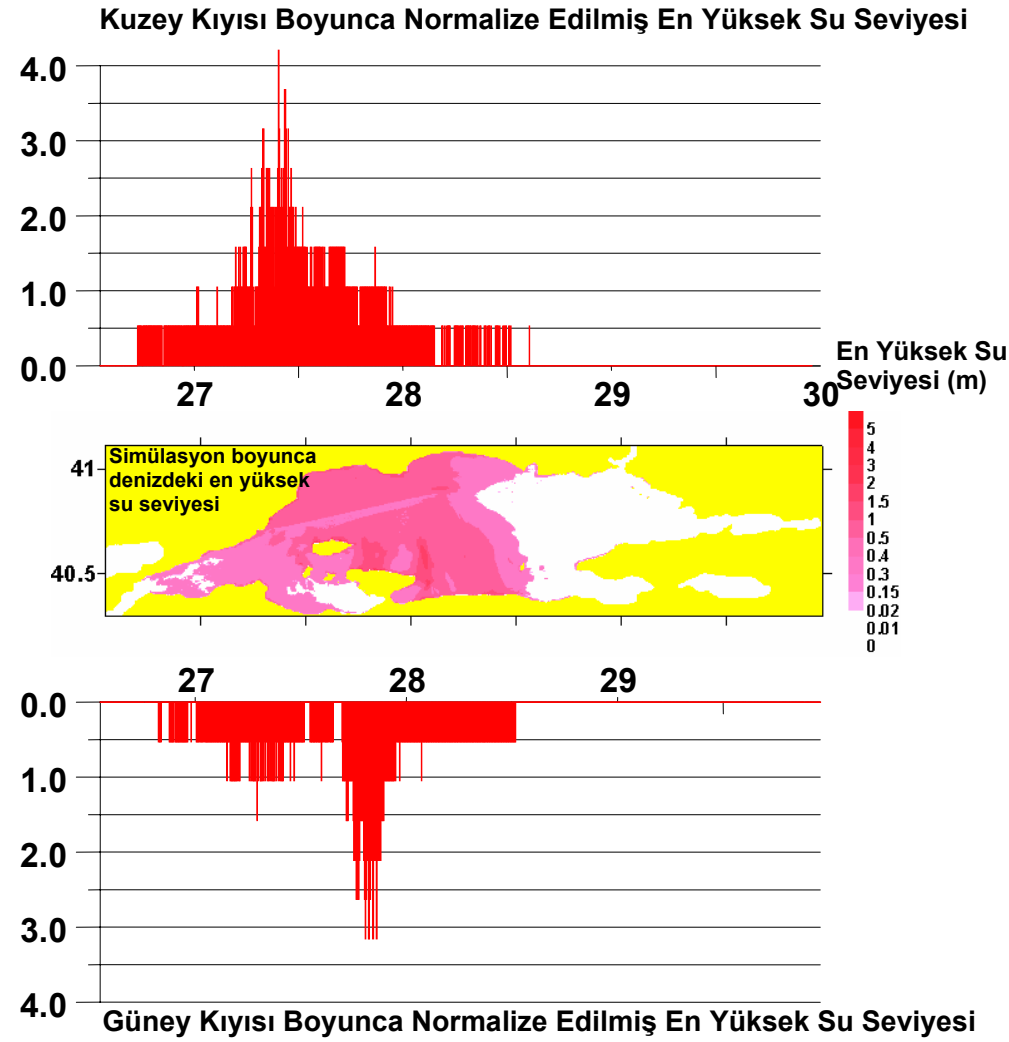
Şekil 4-24. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S3)



4-25. S3 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



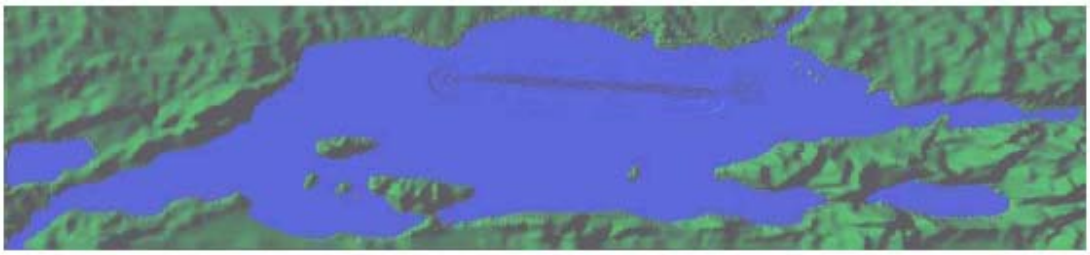
4-26. S3 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



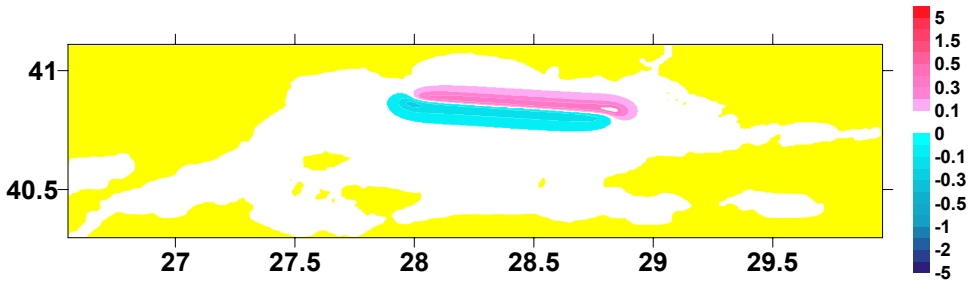
4-27. S3 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında en yüksek su seviyeleri 2.5 ile 3 m kadar yükselebilmektedir. Güney kıyılarında ise en yüksek su seviyeleri 3 m civarındadır.

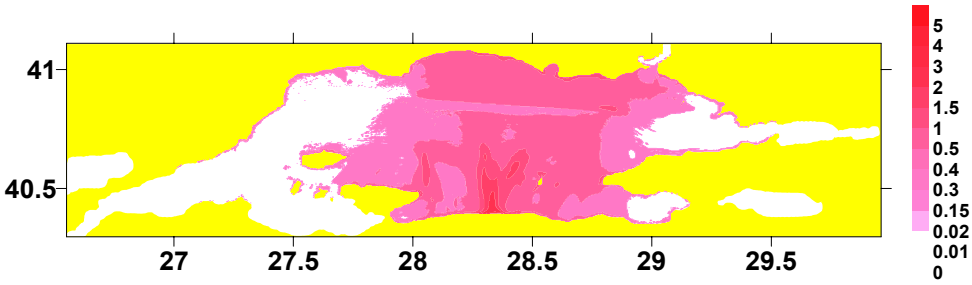
Dördüncü kaynak (S4) ise Yenikapı'dan Marmara Ereğlisi'ne doğru uzanmaktadır (Şekil 4-28).



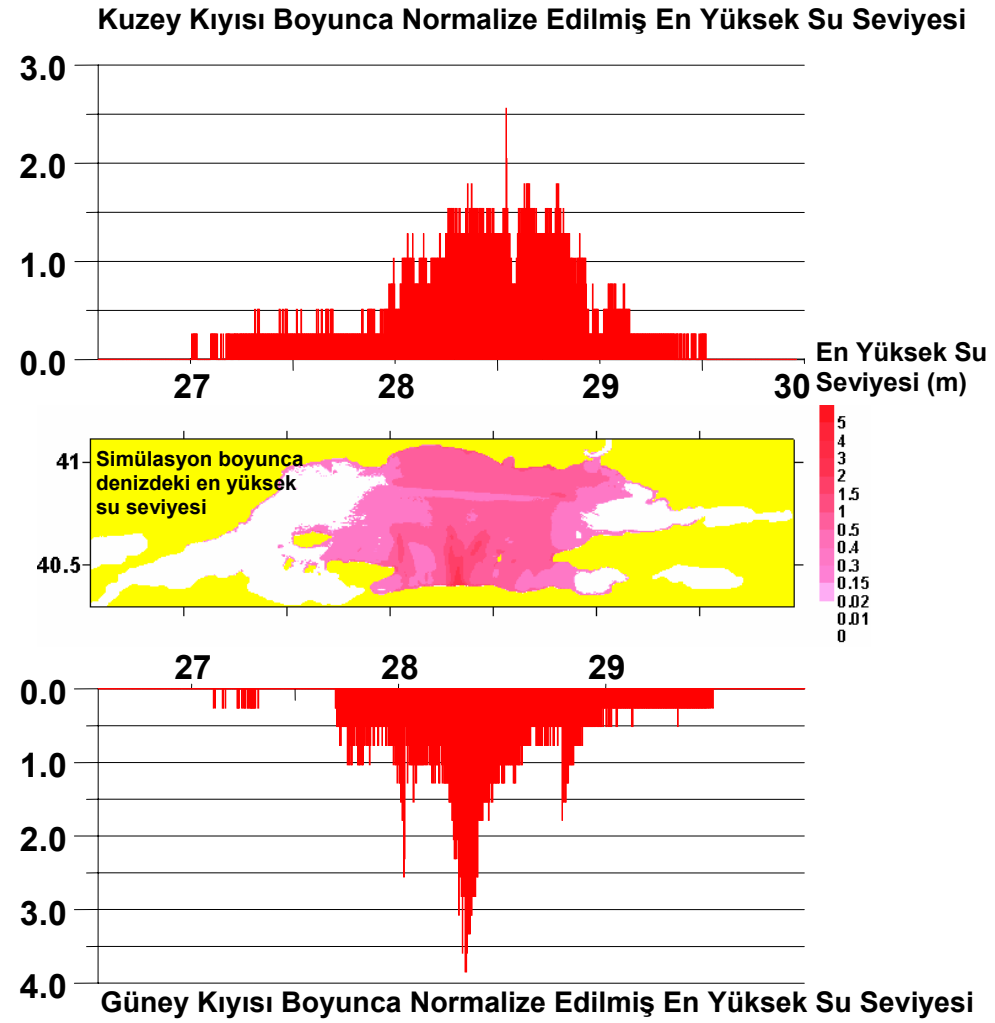
Şekil 4-28- Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S4)

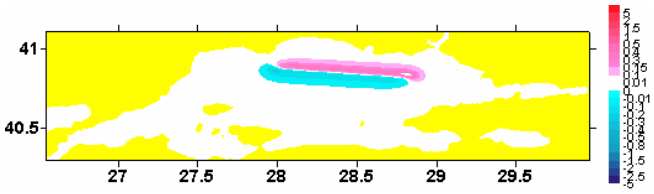


4-29. S4 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



4-30. S4 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı





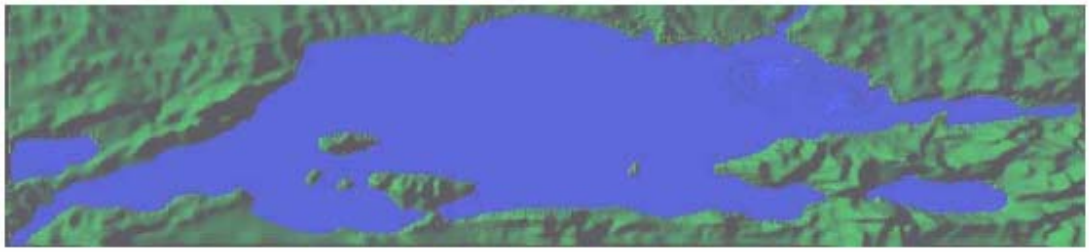
İlk Dalga

max +ve amp.= +0.4 m
min -ve amp.= -0.3 m

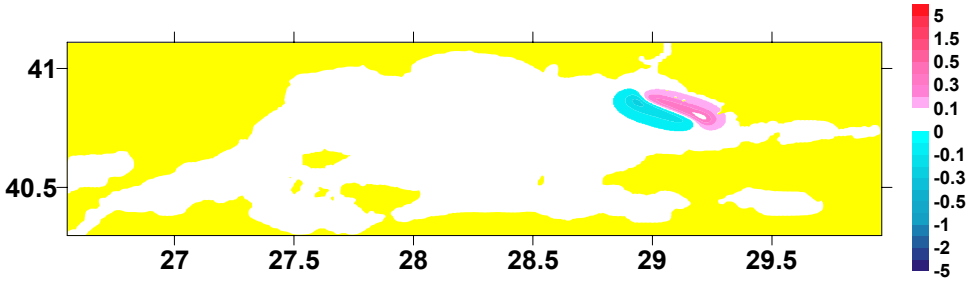
4-31. S4 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında su seviyeleri 1.5 m civarında iken, güney kıyılarında en yüksek su seviyesi 3.5 m yi geçebilmektedir.

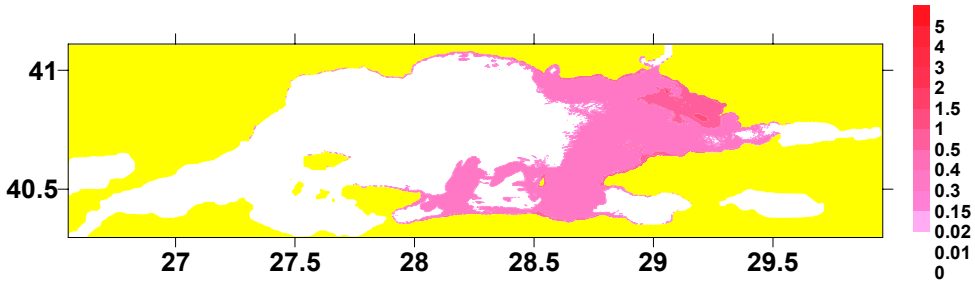
Beşinci kaynak Tuzla'dan Prens Adaları'na doğru uzanır (Şekil 4-32).



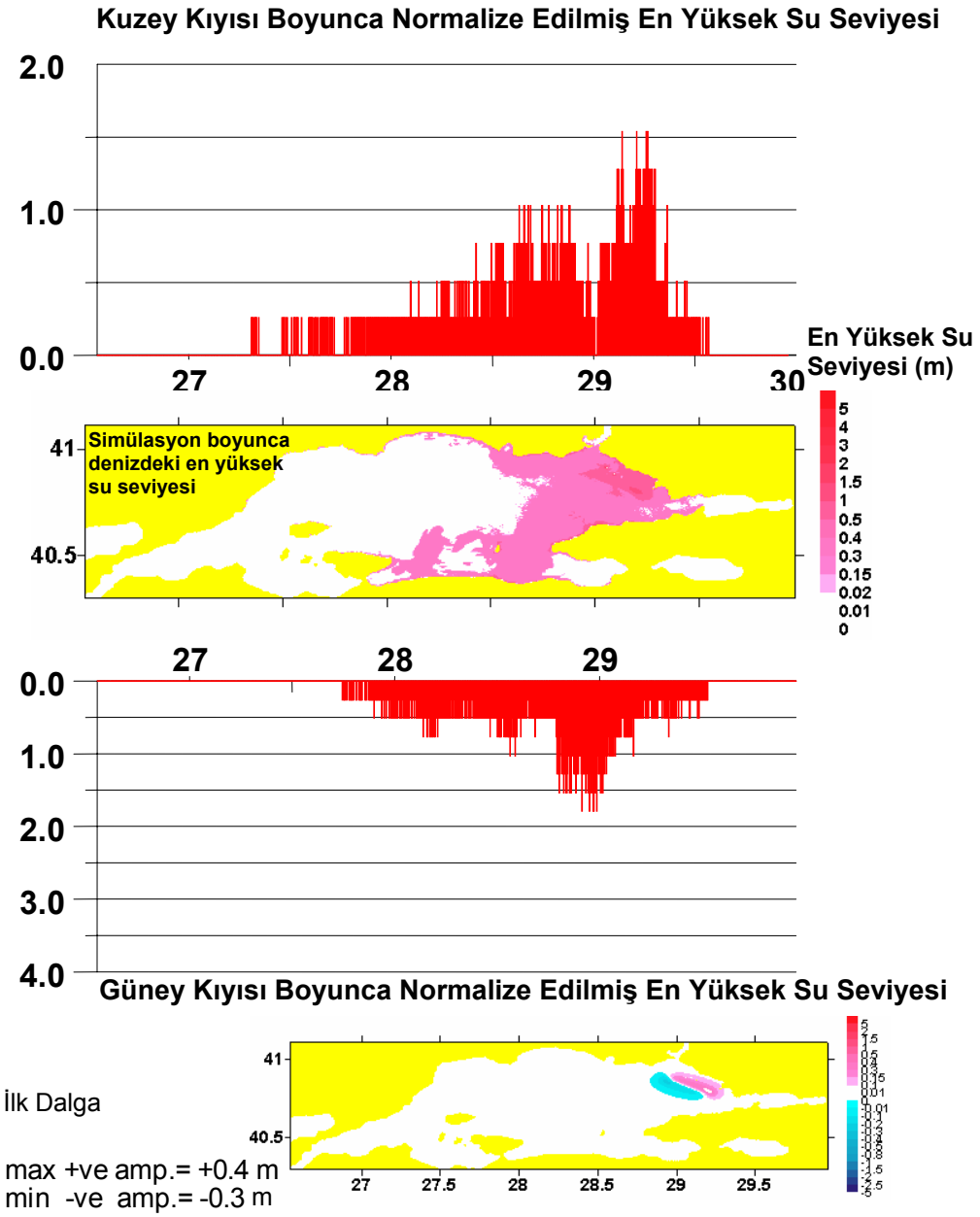
Şekil 4-32. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S5)



4-33. S5 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



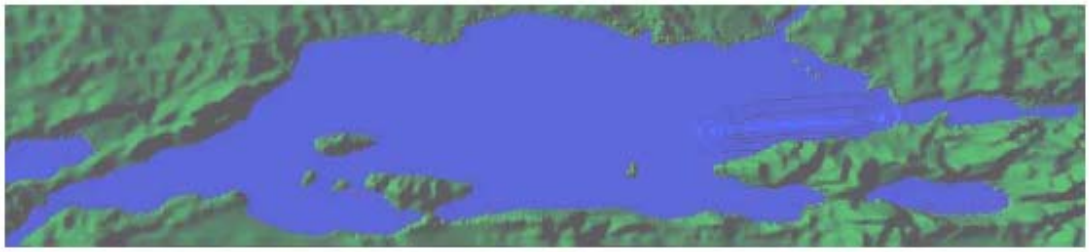
4-34. S5 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



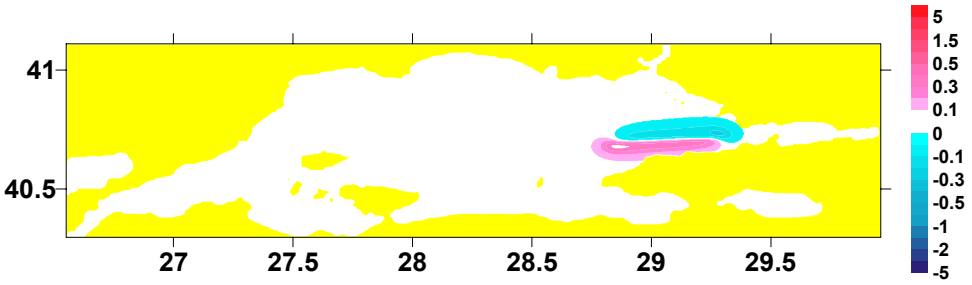
4-35. S5 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında en yüksek su seviyeleri 1 m'yi geçmektedir. Güney kıyılarında ise en yüksek su seviyeleri 1.5 m ye ulaşabilmektedir.

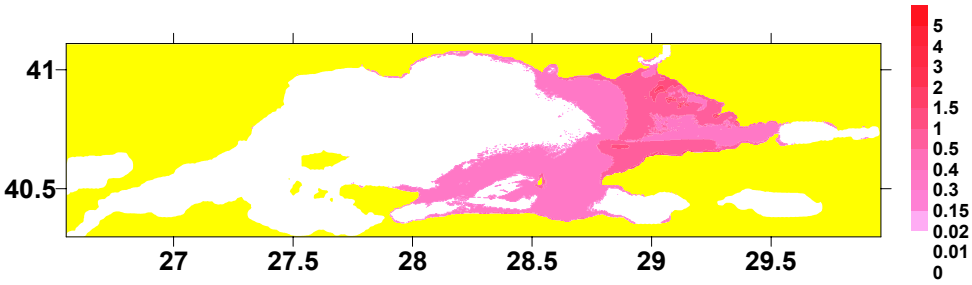
Altıncı kaynak (S6) Armutlu Fayı'nın güney kolu boyunca yer alır (Şekil 4-36).



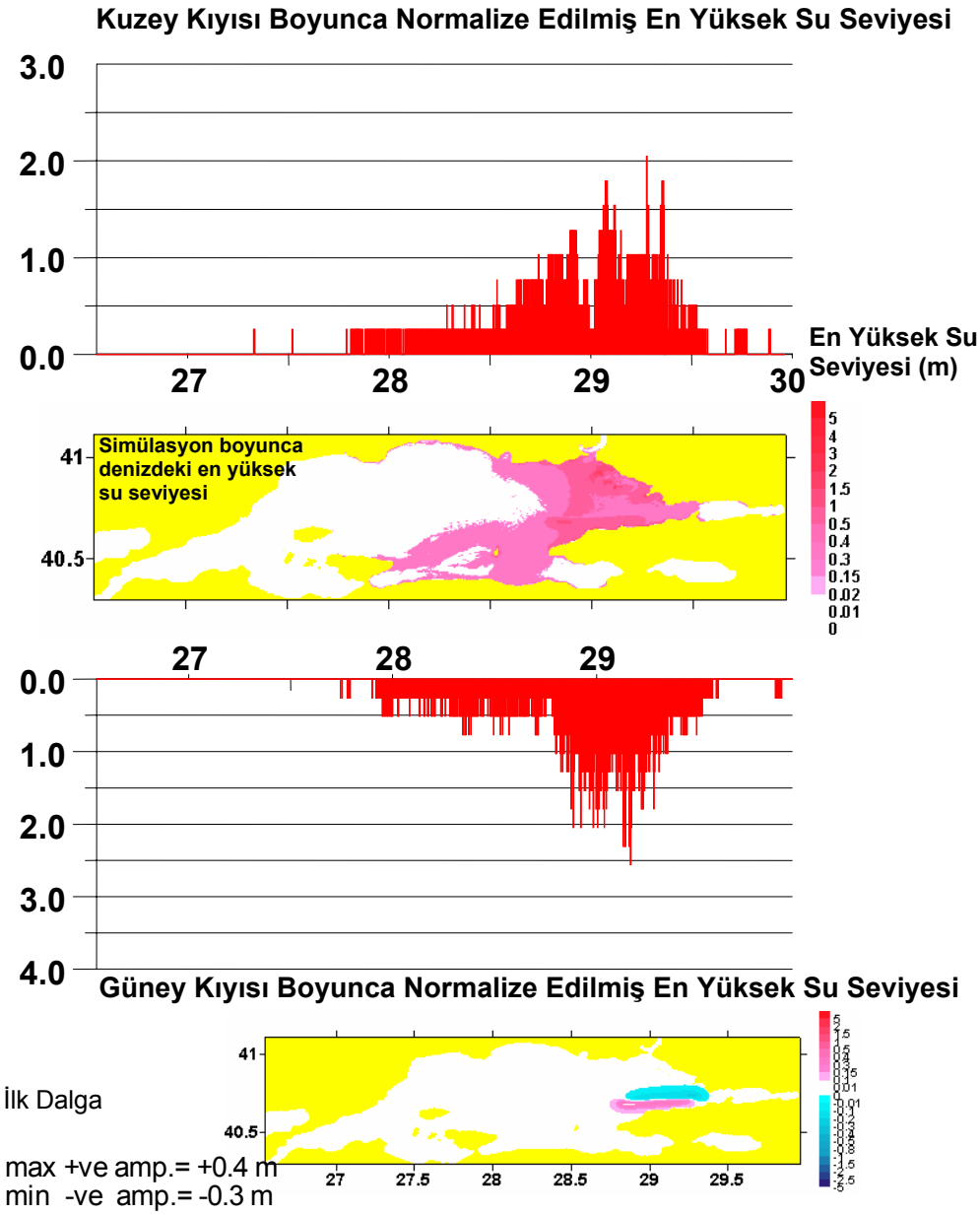
Şekil 4-36. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S6)



4-37. S6 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



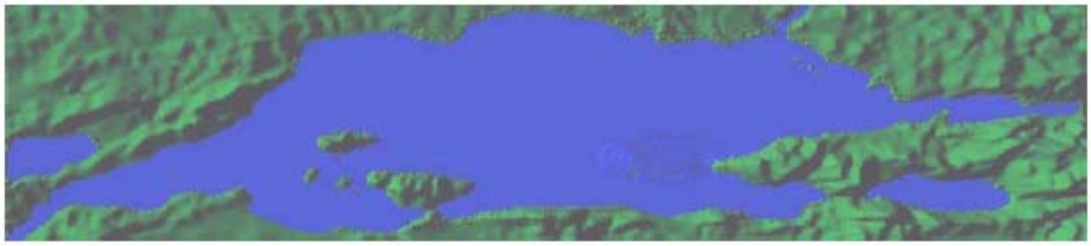
4-38. S6 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



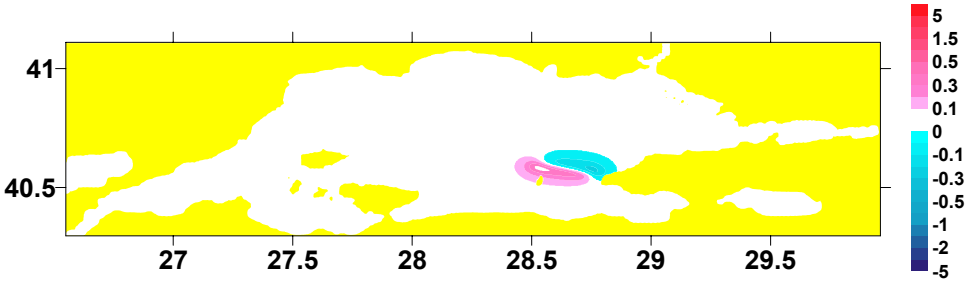
4-39. S6 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında su seviyeleri 1.0 m civarında iken, güney kıyılarında 1.5 m düzeyinde su seviyeleri oluşabilir.

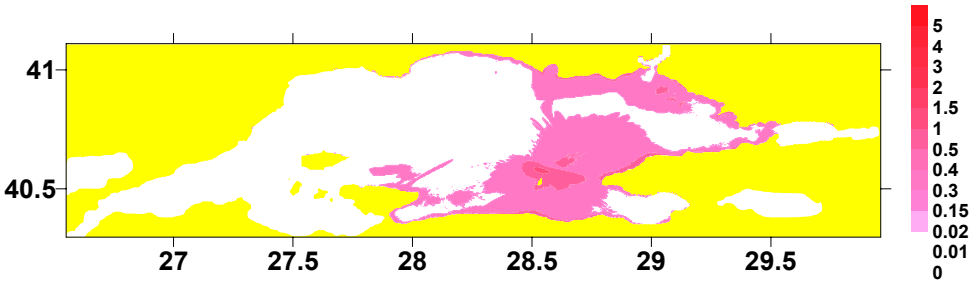
Yedinci kaynak (S7) İmralı Adasına yakın güney kolu boyunca uzanır (Şekil 4-40).



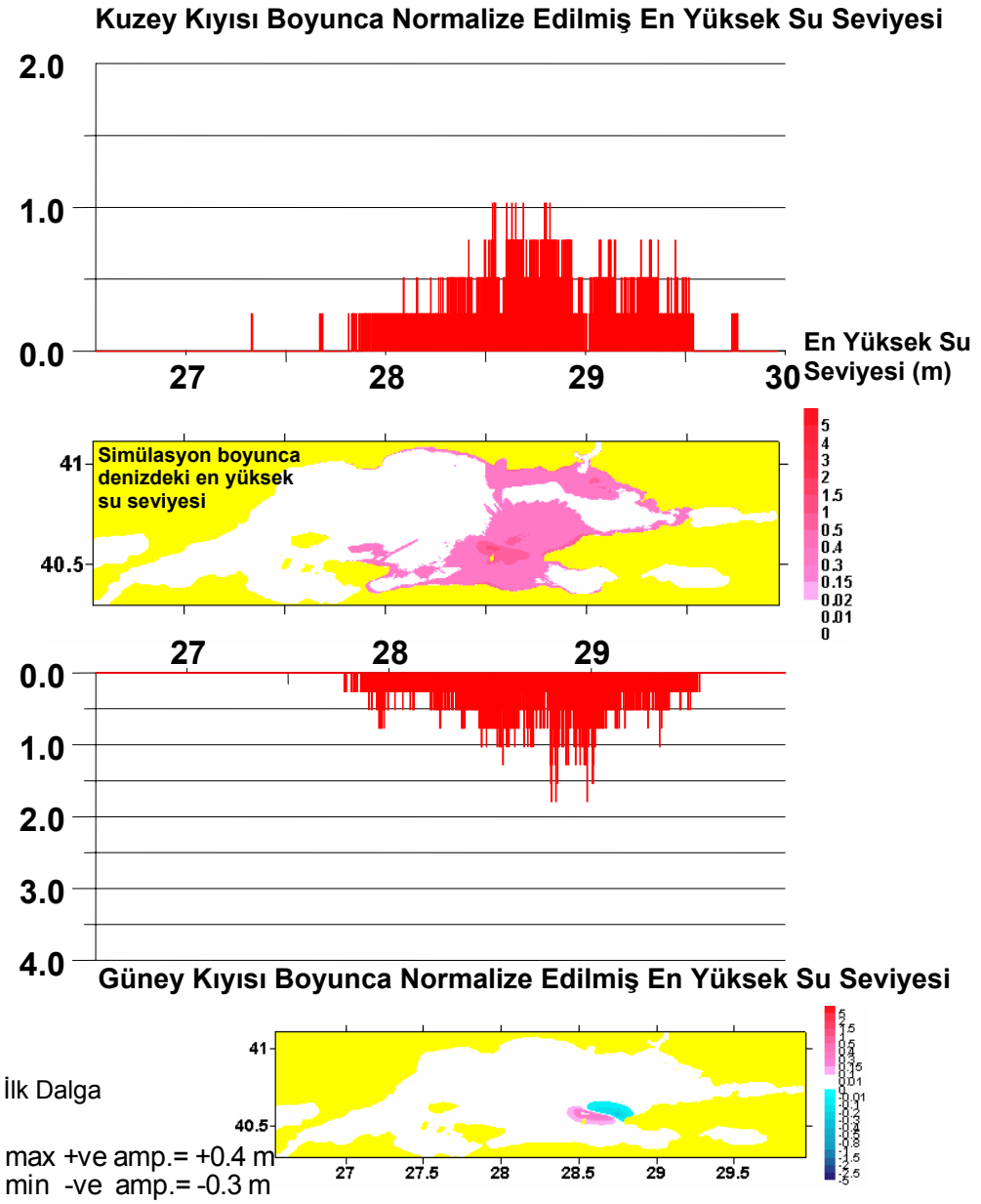
Şekil 4-40 . Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S7)



4-41. S7 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



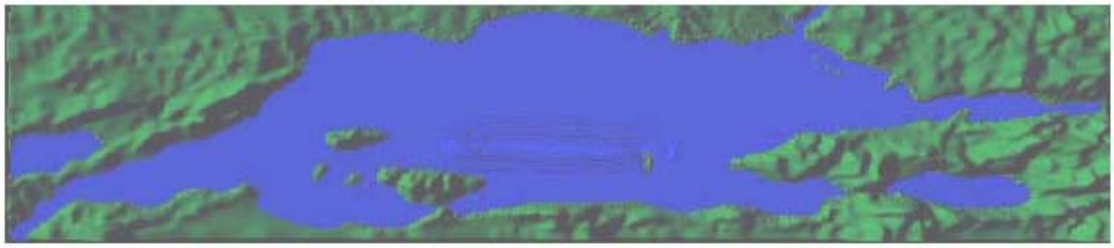
4-42. S7 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



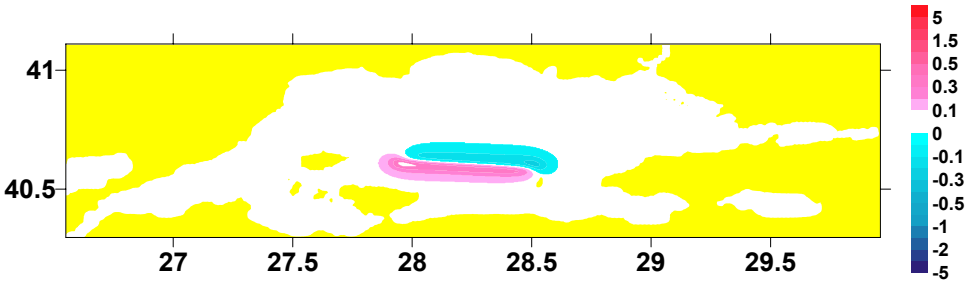
4-43. S7 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında en yüksek su seviyeleri 1.0 m civarında iken, güney kıyılarında ise bu değer 1.5 m ye ulaşabilmektedir.

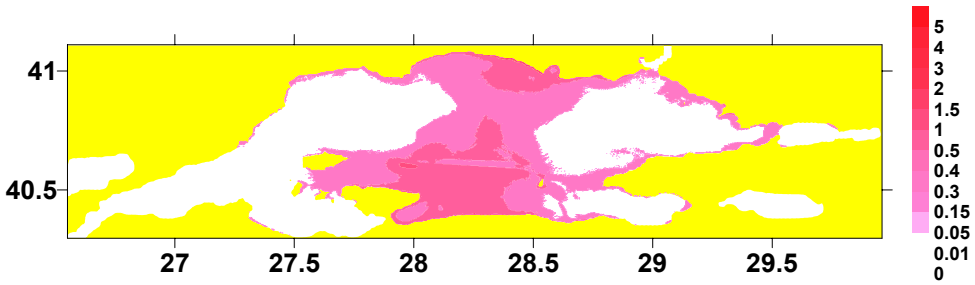
Sekinci kaynak (S8) İmralı'dan Kapıdağ Yarımadasına Güney Kolu boyunca yer alır (Şekil 4-24).



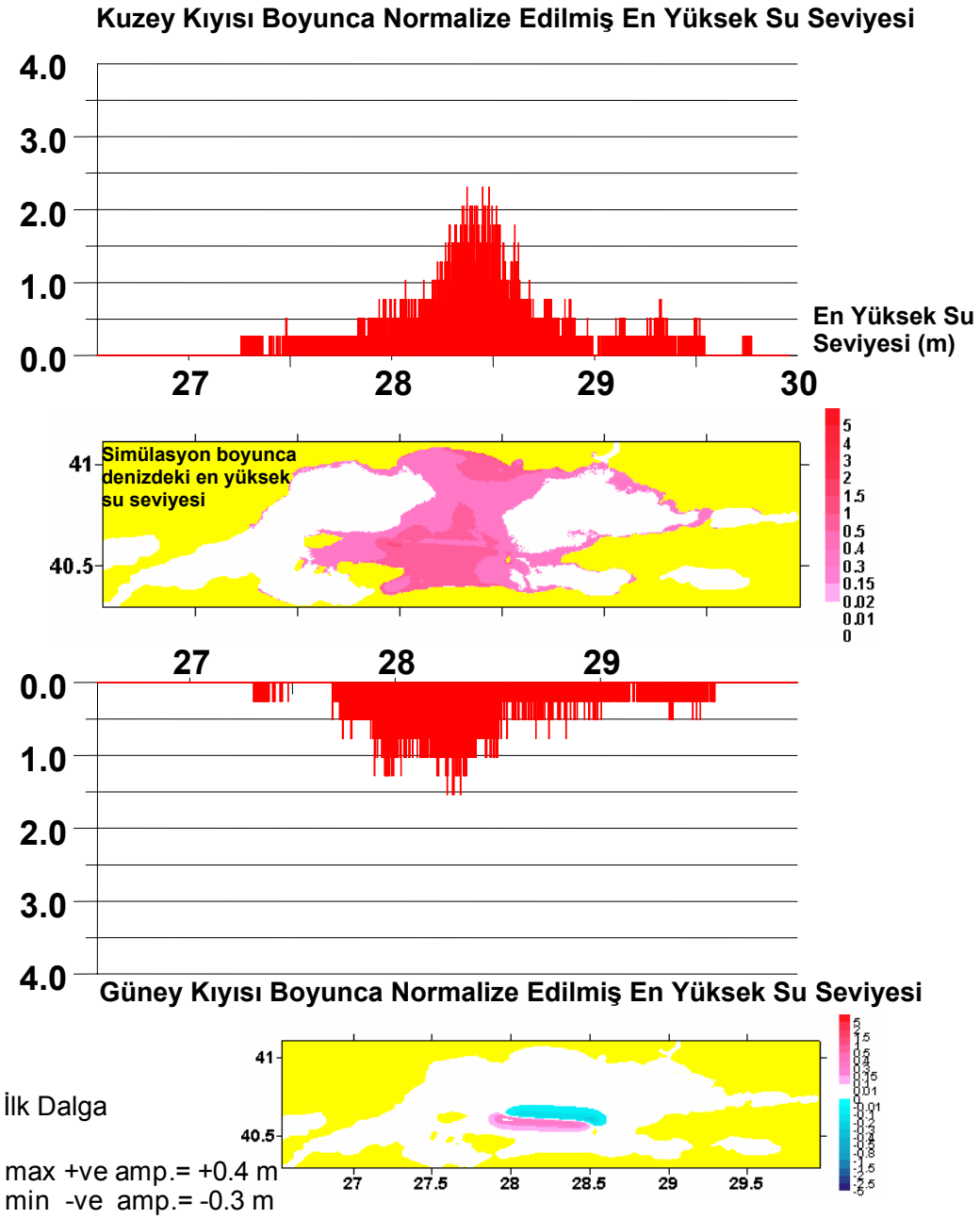
Şekil 4-44. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S8)



4-45. S8 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



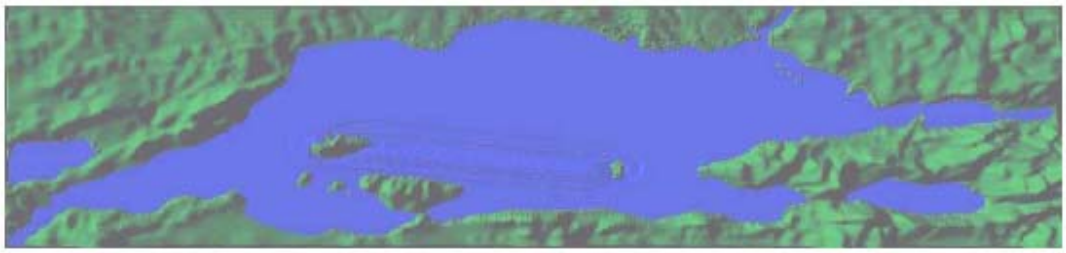
4-46. S8 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



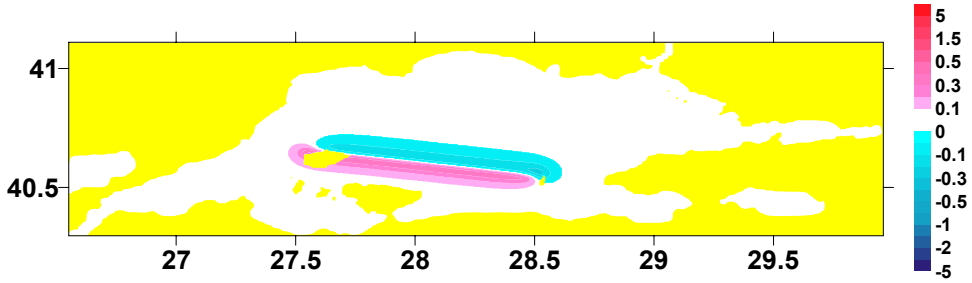
4-47. S8 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında en yüksek su seviyeleri 2 m' yi geçebilmektedir. Güney kıyılarında ise bu değer ancak 1.5 m ye ulaşabilmektedir.

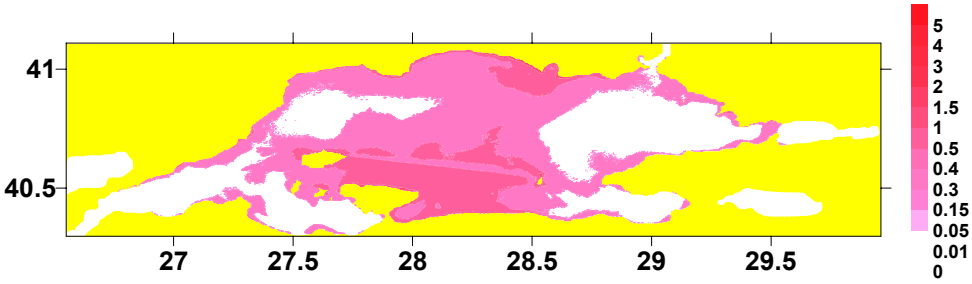
Dokuzuncu kaynak (S9) İmralı'dan Marmara Adasına kadar NAF'ın Güney Kolu boyunca uzanır (Şekil 4-48).



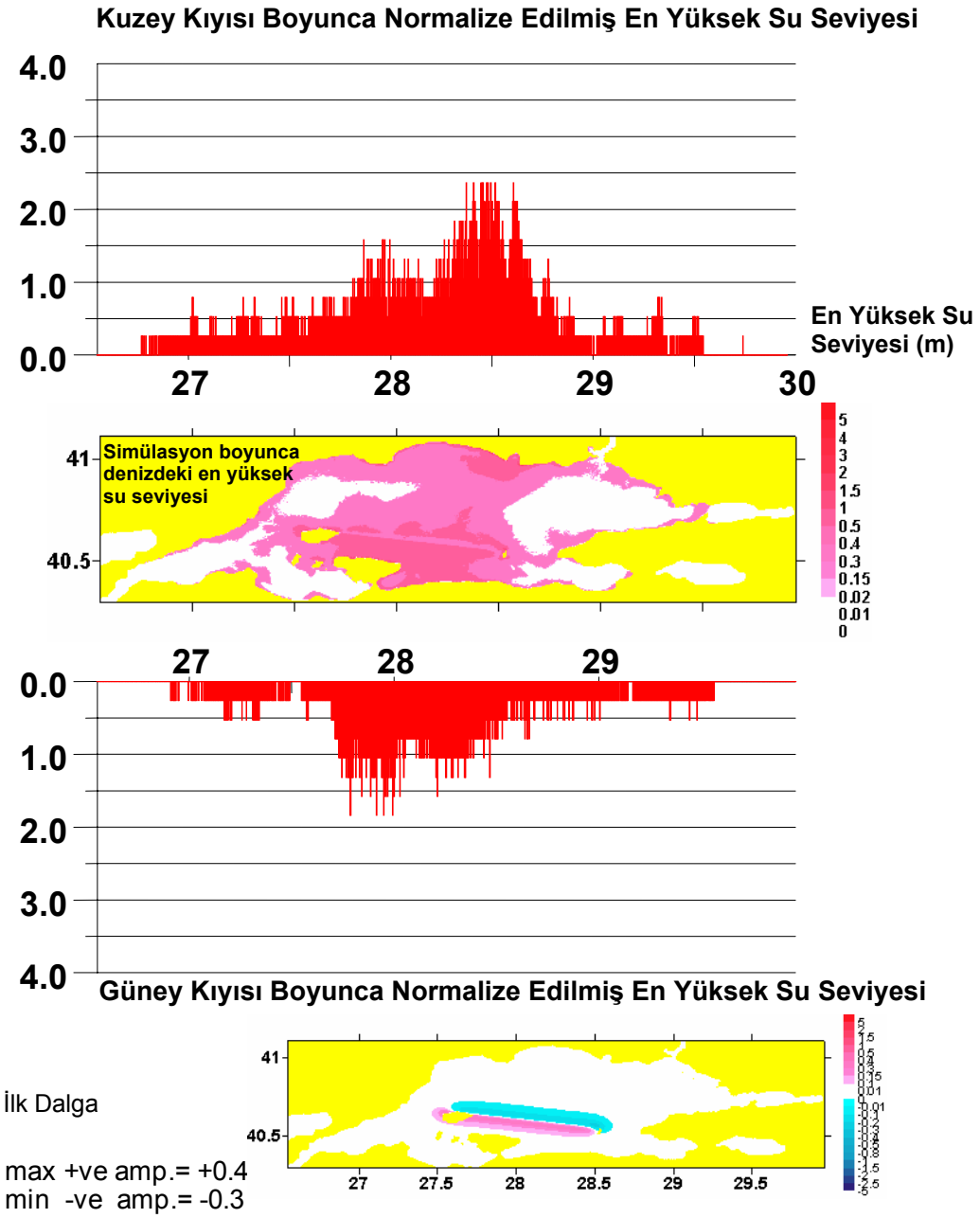
Şekil 4-48. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S9)



4-49. S9 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



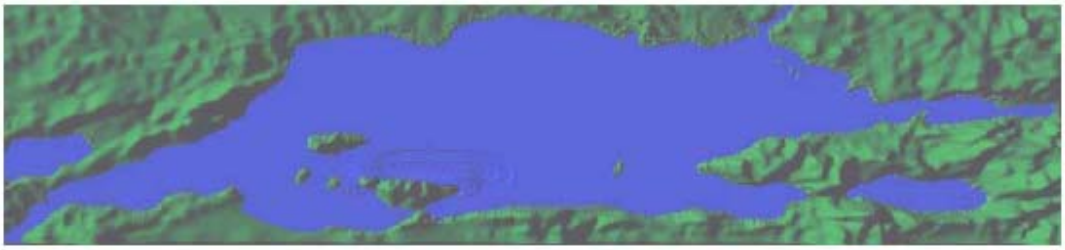
4-50. S9 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



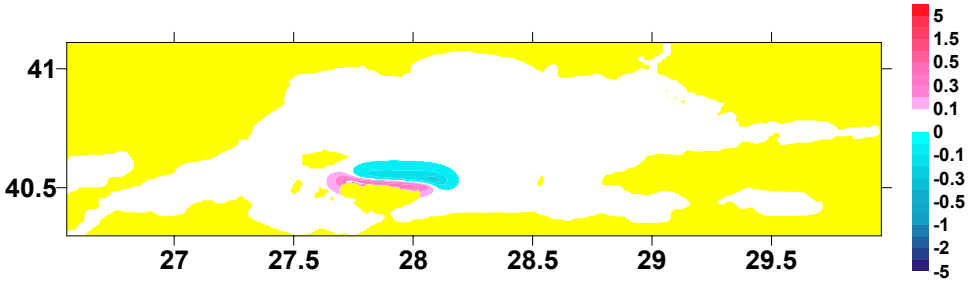
4-51. S9 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında en yüksek su seviyeleri 2.5 m' yi geçebilirken, güney kıyılarında ise bu değer ancak 1.5 m ile 2 m arasında değişmektedir.

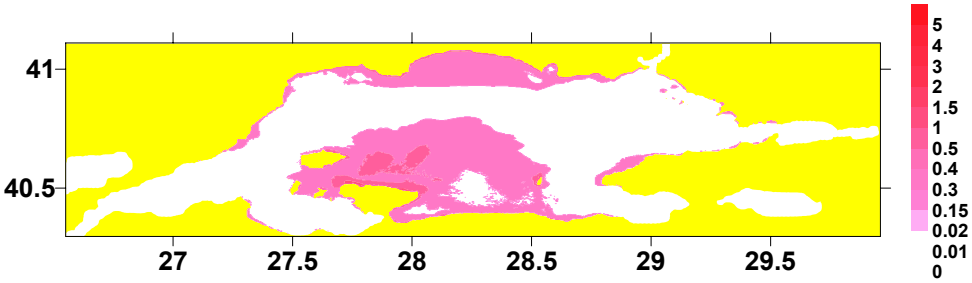
Onuncu kaynak (S10) Kapıdağ'ın kuzeyinden güney kolu boyunca uzanır (Şekil 4-52).



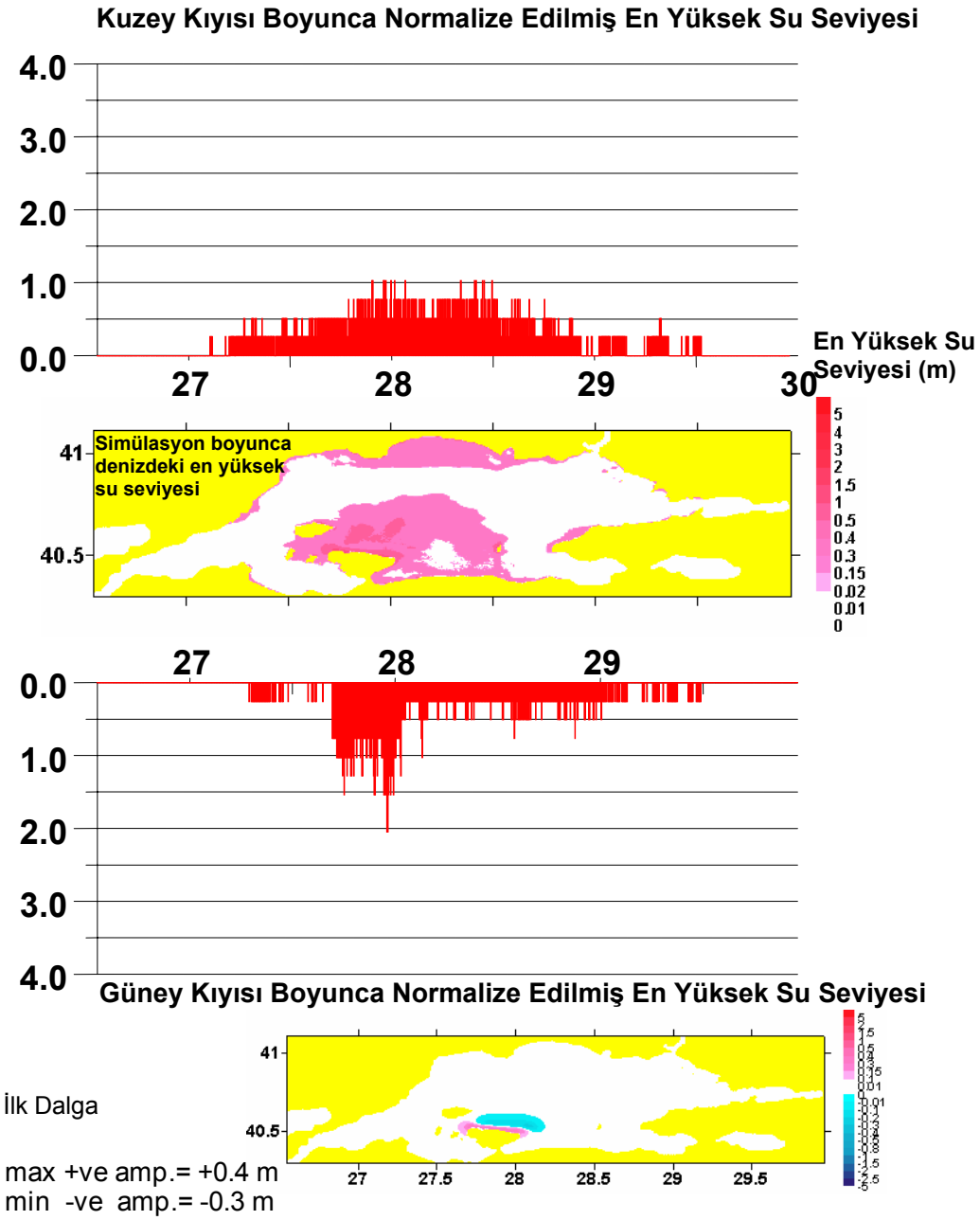
Şekil 4-52. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S10)



4-53. S10 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga

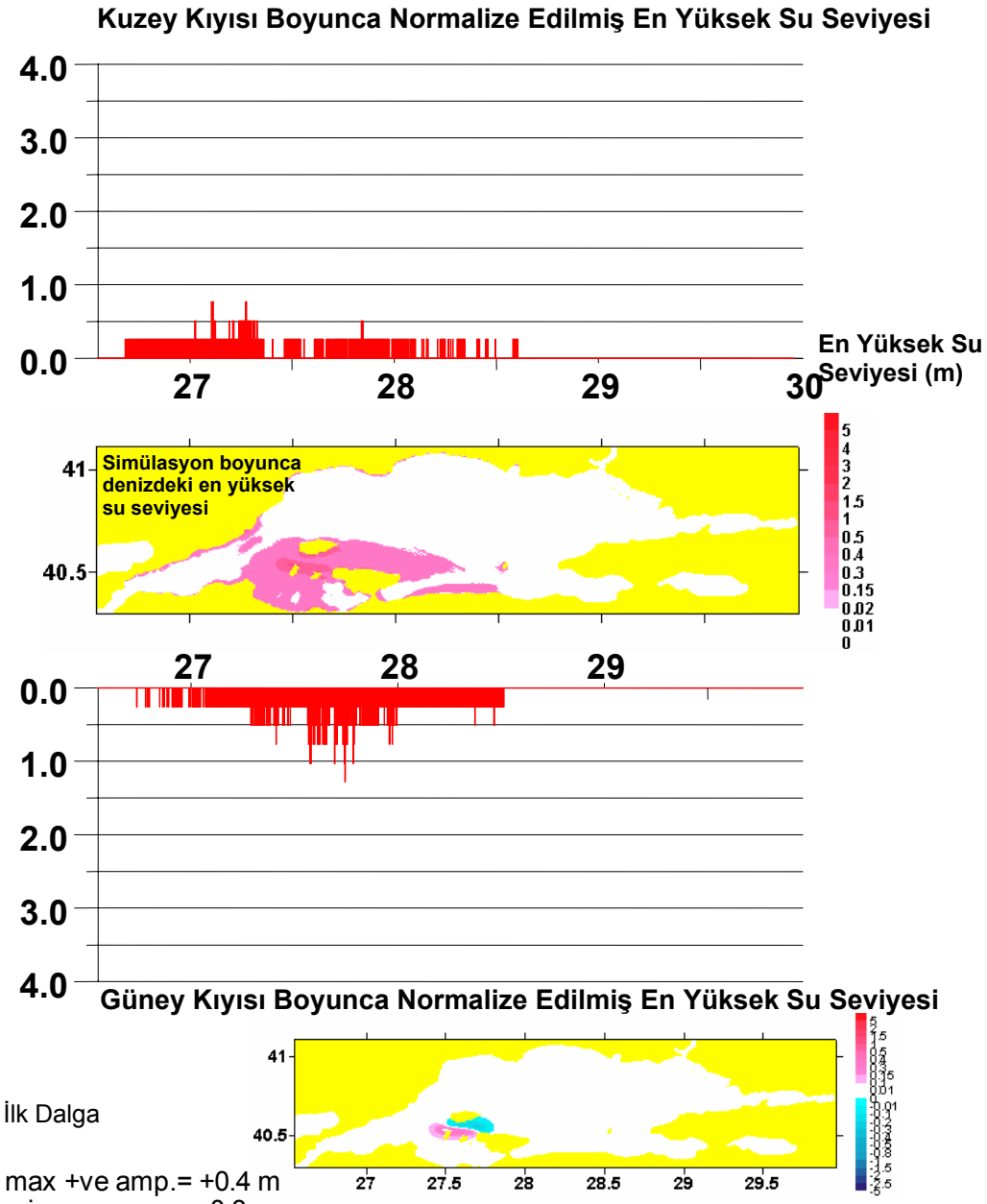


4-54. S10 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı



4-55. S10 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

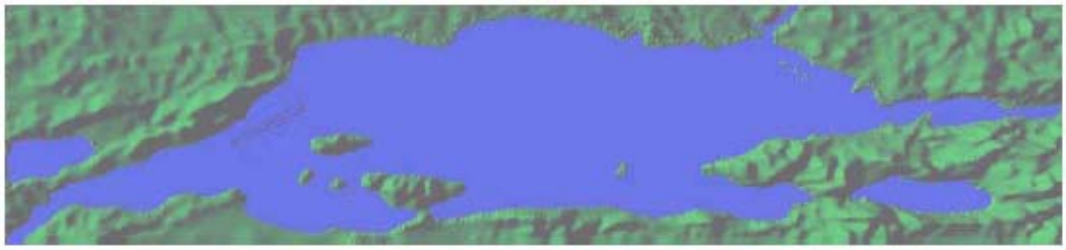
Kuzey Kıyılarında su seviyeleri yaklaşık 0.5 m ile 1 m arasında oluşmaktadır. Güney kıyılarında ise en yüksek su seviyesi 2 m ye ulaşabilmektedir.



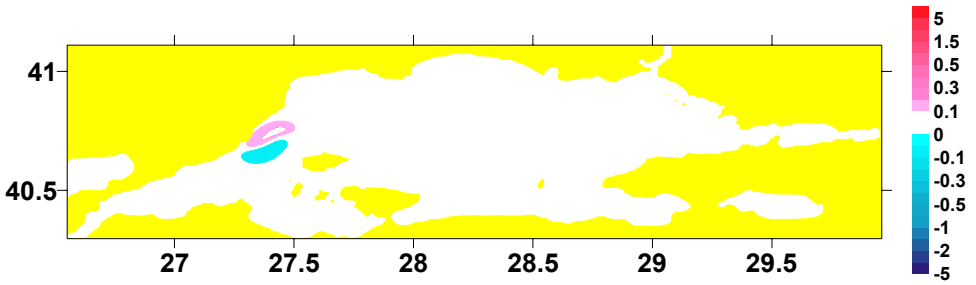
4-59. S11 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında en yüksek su seviyeleri 0.5 m ile 1 m arasında degişmektedir. Güney kıyılarında ise bu değer ancak 1.5 m ye ulaşabilmektedir.

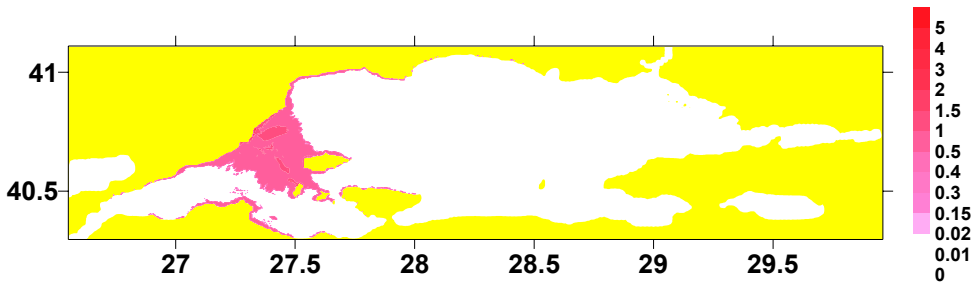
Onikinci kaynak (S12) ise Şarköy yakınında yer alır (Şekil 4-60).



Şekil 4-60. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S12)



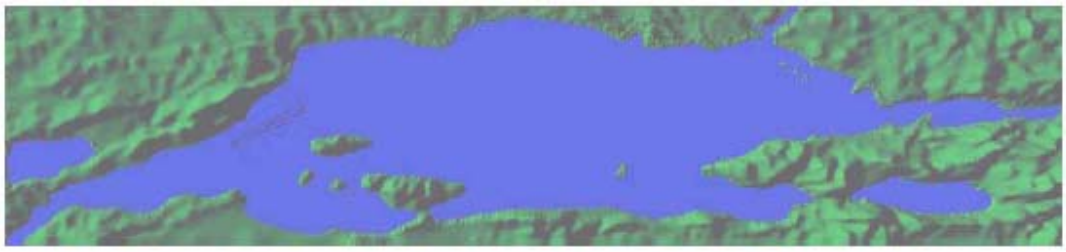
4-61. S12 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



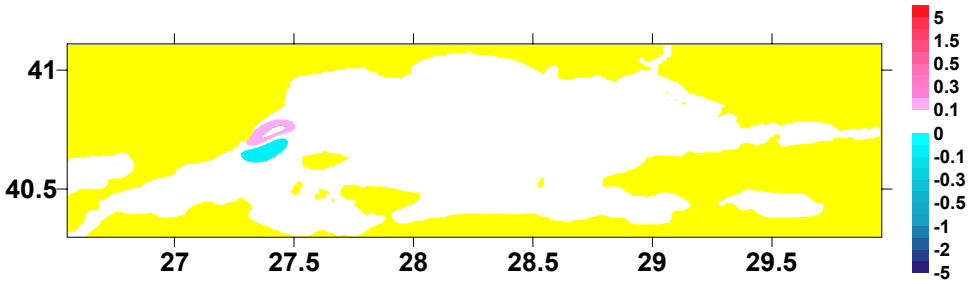
4-62. S12 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı

Güney kıyılarında su seviyeleri 0.5 ile 1 m arasında değişirken, kuzey kıyılarında ise bu değer 3 m'yi geçebilmektedir.

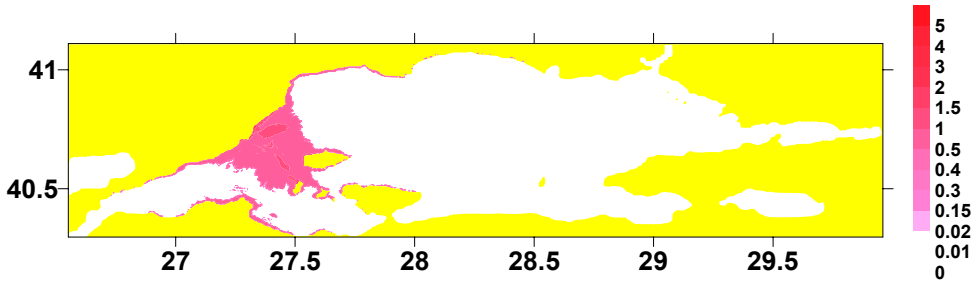
Onikinci kaynak (S12) ise Şarköy yakınında yer alır (Şekil 4-60).



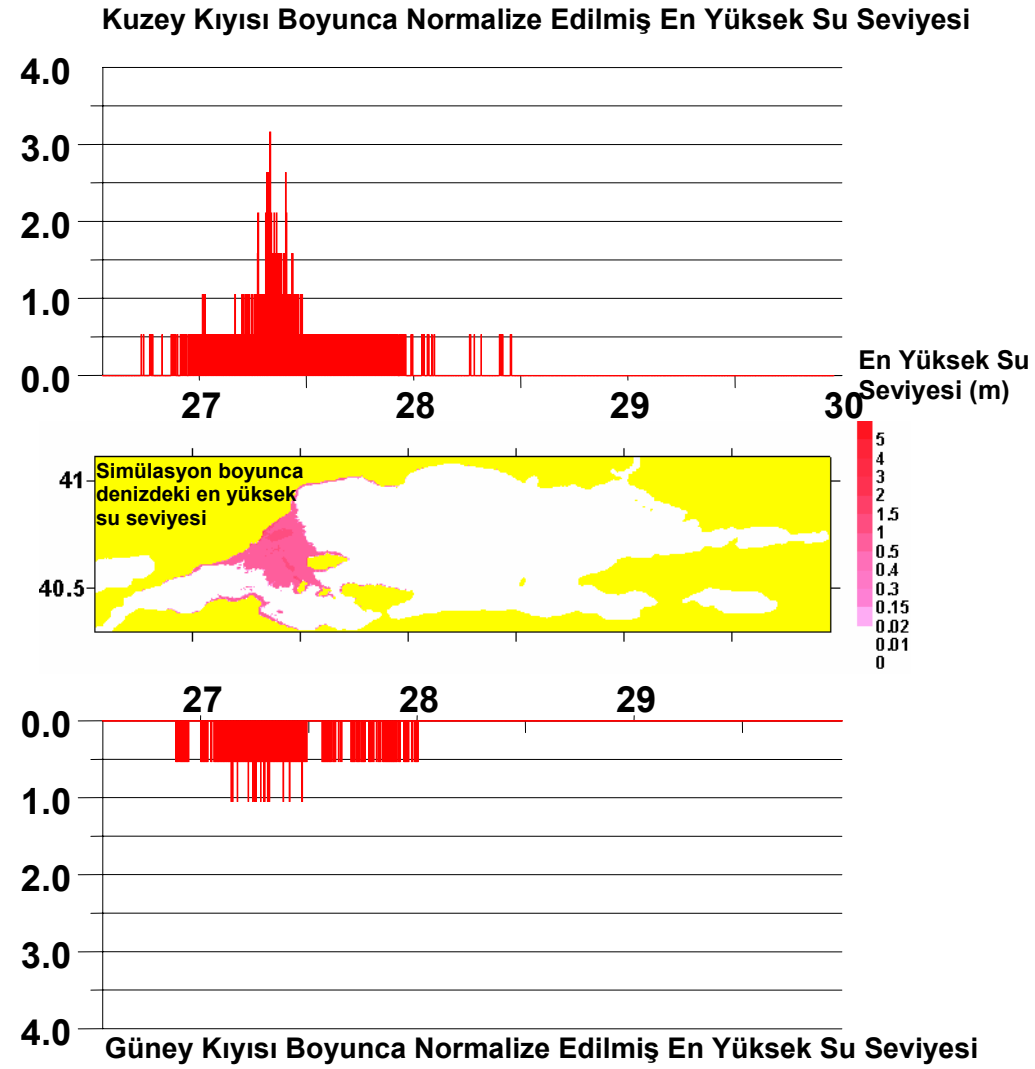
Şekil 4-60. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S12)

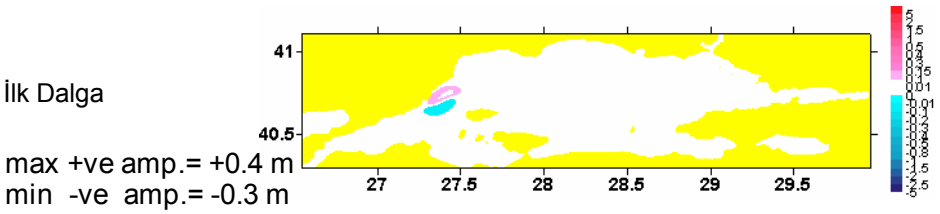


4-61. S12 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga



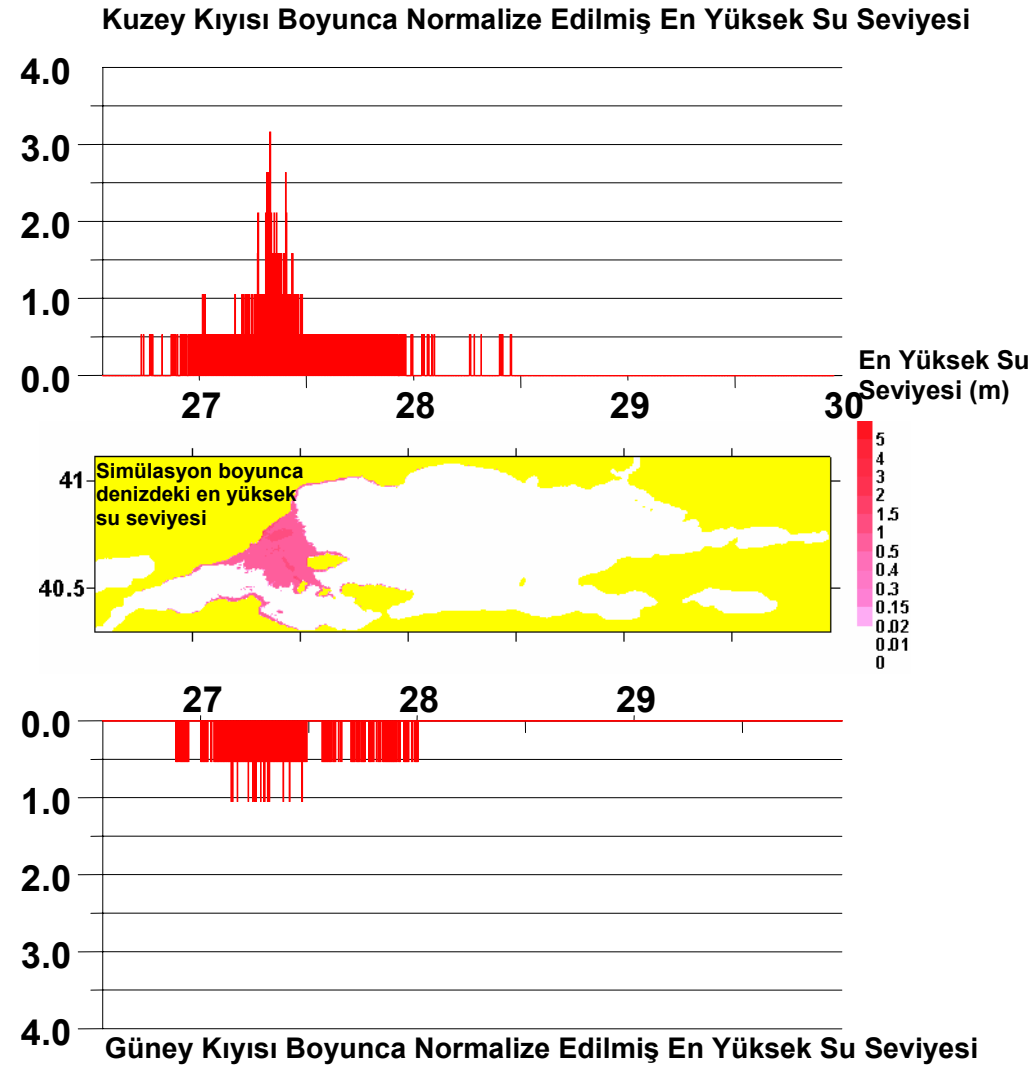
4-62. S12 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı

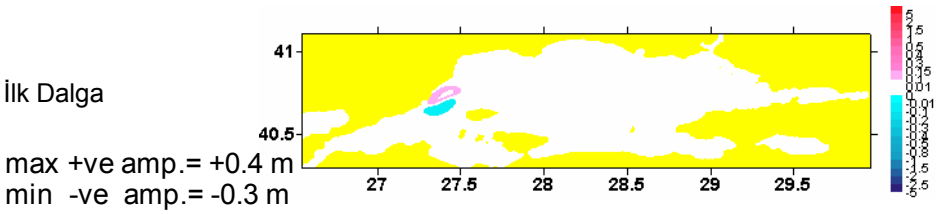




4-63. S12 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Güney kıyılarında su seviyeleri 0.5 ile 1 m arasında değişirken, kuzey kıyılarında ise bu değer 3 m'yi geçebilmektedir.

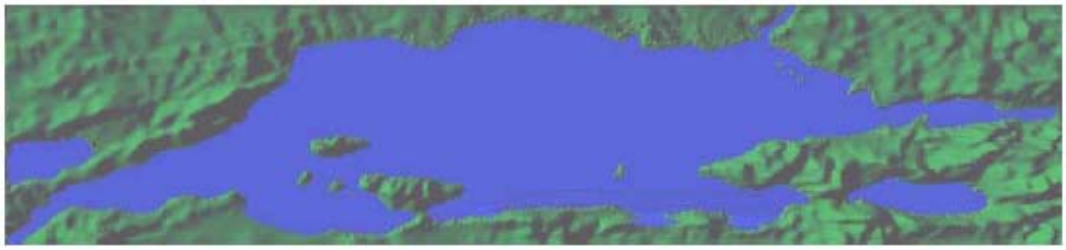




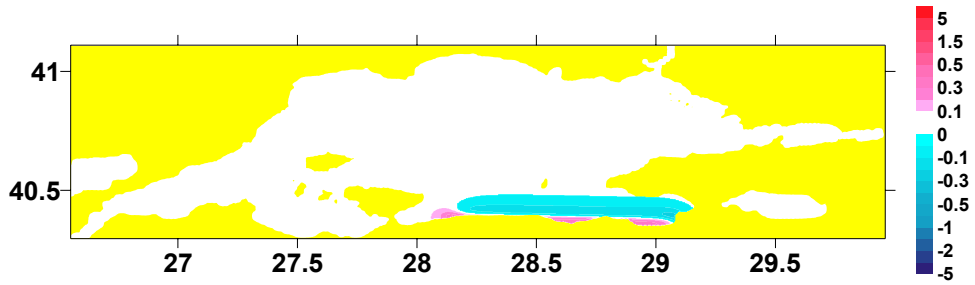
4-63. S12 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Güney kıyılarında su seviyeleri 0.5 ile 1 m arasında değişirken, kuzey kıyılarında ise bu değer 3 m'yi geçebilmektedir.

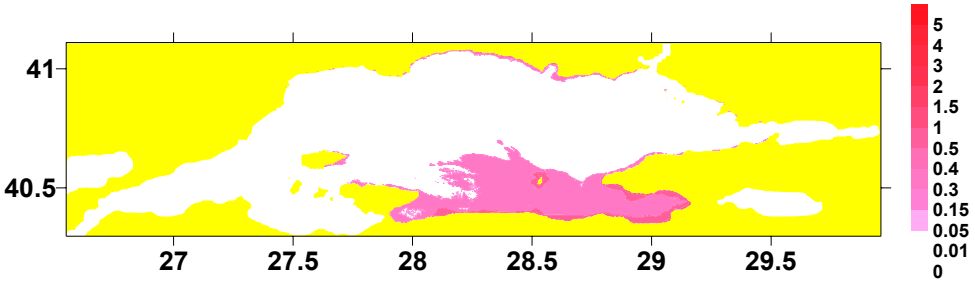
Onüçüncü kaynak (S13) Bandırma ve Gemlik arasında Güneydoğu Kıyısı boyunca uzanır (Şekil 4-64).



Şekil 4-64. Marmara Denizindeki Muhtemel Depreşim Dalgası Kaynağı (S13)



4-65. S13 Tarafından Oluşturulan İlk Dalga

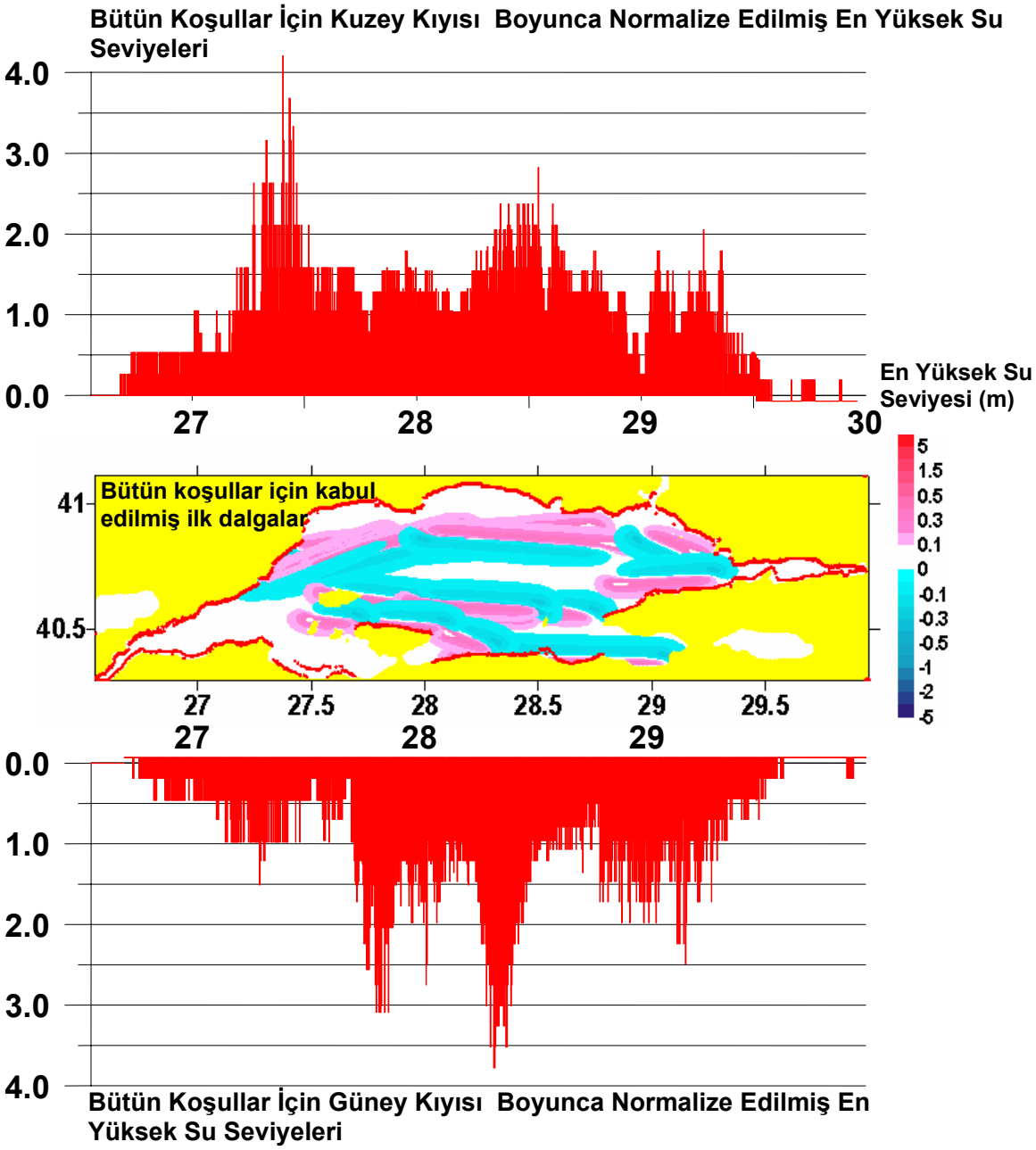


4-66. S13 Tarafından Oluşturulan Depreşim Dalgasının Yayılımı

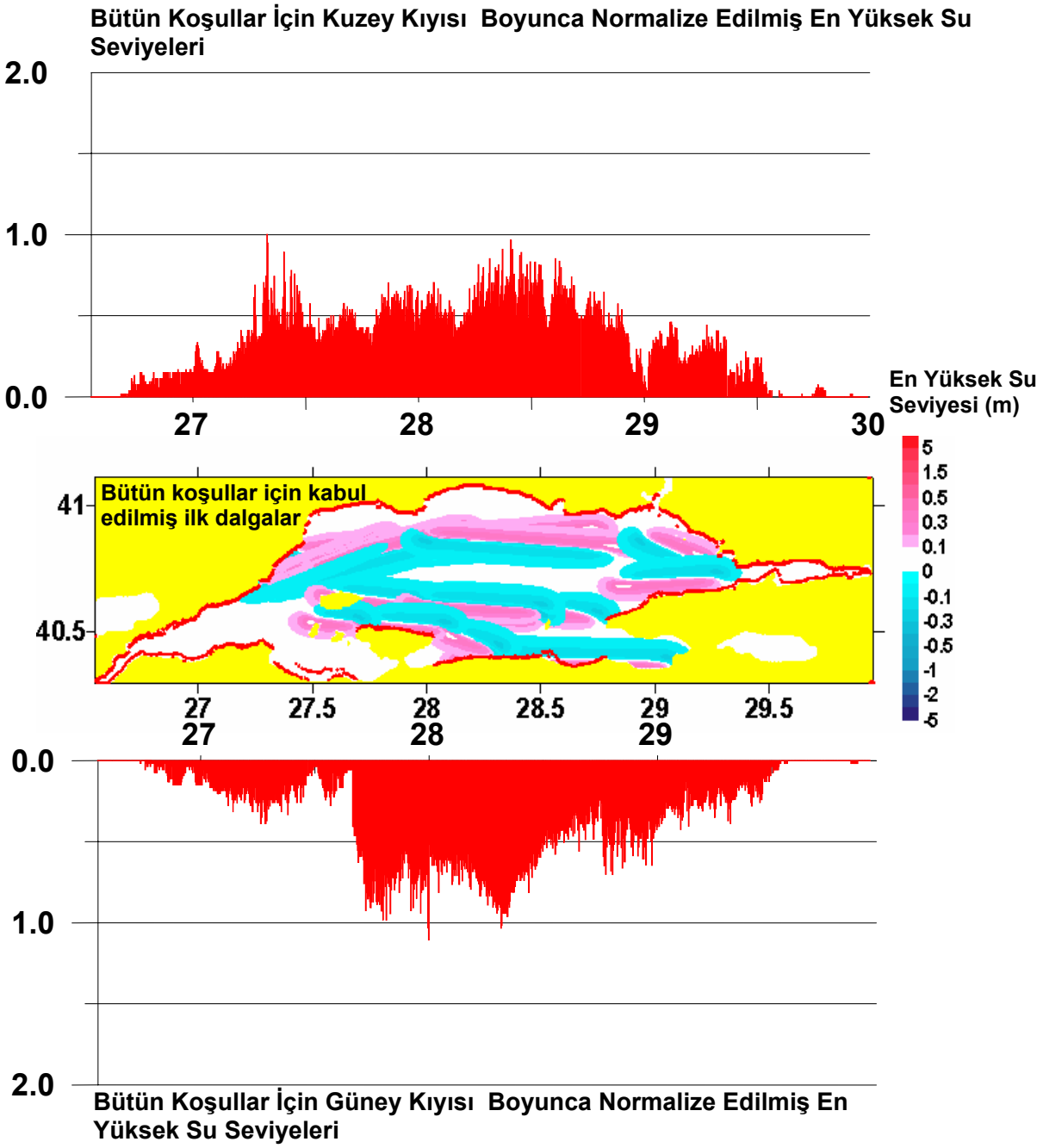
4-67. S13 Tarafından Oluşturulan En Yüksek Su Seviyeleri

Kuzey Kıyılarında en yüksek su seviyeleri 0.5 m ile 1 m arasında oluşmaktadır. Güney kıyılarında ise bu değer ancak 1.5 m ye ulaşabilmektedir.

Bütün bu çalışmalar bir araya toplandığında aşağıdaki gösterim elde edilmiştir:



4-68. Normalize Edilmiş En Yüksek Runup Dağılımı



4-68. Normalize Edilmiş Ortalama RunUp Dağılımı

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Marmara Denizi içinde gerçekleştirilen çeşitli deniz araştırmalarının sonuçları denizaltı heyelanları ya da göçme izleri değerlendirilerek incelenmiş, elde edilen sonuçlar, olası heyelan alanları da düşünülerek değerlendirilmiştir. Marmara Denizi içinde her hangi bir bölgede meydana gelebilecek heyelan durumuna göre depreşim dalgası oluşumu ve hareketi için iki ayrı senaryo, bilgisayar modeli (TWO LAYER) kullanılarak olarak irdelenmiştir. Bu çalışmalar ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi İzmit körfezinde depreşim dalgası yaratmıştır. Bu dalga özellikle orta basende belirgin olarak hareket etmiş, Kuzey kıyılarda Tütünçiftlik ile Hereke arasında, Güney kıyılarda ise Değirmendere ile Karamürsel arasında etkili olmuştur.

2. Marmara Denizinin Doğu bölümündeki, sığ ve orta-derin sismik kesitlerde açıkça gözlendiği üzere çeşitli sualtı göçmelerinin izleri vardır. Özellikle kıta yamaçları dibinde yer alan birikintiler belirgin görüntü vermektedir. Derinliğin hızlı değiştiği yerlerde göçme yapıları multibeam verilerinde yeterince belirgin olmamasına karşın, sismik verilerde belirgin durumdadır. Bu tür sualtı göçmelerinin gelecekte de gerçekleşme olasılığı göz ardı edilmemelidir.

3. Marmara Denizi tabanında bulunan üç ayrı derin baseni (Çınarcık, Marmara Ereğlisi ve Tekirdağ basenleri) çevreleyen yamaçlarda heyelan olması ve buna bağlı depreşim dalgası oluşması durumu göz ardı edilmemelidir.

4. Deniz altında ortaya çıkan heyelan ile oluşan depreşim dalgasının kıyılardaki etkileri, dalgayı oluşturan mekanizmanın büyüklüğü ve niteliği, kıyılardaki deniz taban topoğrafyası ve kıyı alanıdaki kara topoğrafyasının biçimi, kıyılarda bulunan yapıların önemi ve özellikleri ile doğru orantılıdır. Marmara denizinde depreşim dalgası oluşması durumunda, bu dalga 5 dakika içinde kuzey kıyılara ulaşabilecektir. Dalganın etki biçimi, sığ sularda şiddetli akıntılar, özellikle küçük tekne barınaklarında akıntılar ve su düzeyi değişimleri olarak görülecektir. Bu etkiler, yoğun olarak yapılaşmış ve yüksek düzeyde nüfus tarafından kulanılan Marmara kıyıları için önem verilmesi gereken tehlikeler arasında düşünülmelidir.

5. Bu çalışma, depreşim dalgasının Marmara denizinde sadece heyelan kaynaklı depreşim nedeniyle oluşması durumunu (iki ayrı senaryo düşünülerek) incelemektedir. Bu iki senaryo uyarınca, depreşim dalgası kuzey kıyılara 5 dakikada, Güney kıyılara ise 10 dakikada ulaşabilecektir.

6. Ayrıntılı deniz araştırmaları kullanılarak, başka senaryoların da saptanması ve denenmesi, faylanma ile dalga oluşumu da düşünülerek senaryolar değerlendirilmesi daha ayrıntılı sonuçlara ulaşmamıza yardımcı olacaktır