

ALTINOVA BÖLGESİ ÖRNEĞİNDE KIYI EROZYON ETÜDÜ

Gündüz Gürhan
(Arş Gör., İnşaat Y. Müh.)

Dokuz Eylül Üniversitesi
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü
İzmir, Türkiye

Sezgi (Öğüt) Adalıoğlu
(Arş Gör., Çevre Y. Müh.)

Dokuz Eylül Üniversitesi
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü
İzmir, Türkiye

ÖZET

Altınova kıyılarında görülen kıyı erozyonunun incelenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada; zaman serileri kullanılarak kıyı çizgisi modelleme programı SMS yardımı ile kıyı aşınması olayının benzetimi ve yapısal önlemlerin muhtemel etkilerinin kestirimi yapılmıştır. SMS dalga etkisinden dolayı değişen kıyı çizgisini, tek çizgi teorisine göre zaman serileri kullanarak aylık veya yıllık periyotlarda benzetimini yapan bilgisayar modelidir. Model ilk olarak 1996-1999 yılları arasında hiçbir önlem alınmadığı takdirde oluşacak kıyı çizgisi değişimini incelemek için denenmiştir. Yapısal önlemler göz önüne alınarak model yeniden çalıştırılmış ve göreceli olarak etkin çözüm senaryosu belirlenmiştir. Buna göre erozyonu kontrol için güneyde 350m ve kuzeyde 550m devam eden kıyı duvarı ve mahmuz türü bütünüleyici önlemler alınması önerilmiştir.

1. GİRİŞ

Altınova, Ayvalık'a 20 km kadar uzaklıkta oldukça uzun bir kıyı şeridinde sahip bir yerleşim birimidir. Beldenin nitelikli bir kumsal yapısına sahip olan kıyı bölgesi, yaz döneminde artan nüfusu ile popüler bir tatil yöreni karakterini kazanmıştır. Kumsal kıyı şeridinin ana katı madde kaynağını, Altınova ile Dikili arasında yer alan Madra çayı oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda:

- ◆ Madra çayı üzerinde yapımı süren baraj,
- ◆ Kozak yaylasında yürütülen erozyon kontrol çalışması,
- ◆ Çay yatağından kontrolsüz bir biçimde kum alımı

gibi antropojenik - *insana bağlı, doğal olmayan* - nedenlerle kıyıya gelen katı madde miktarında büyük oranda azalma meydana gelmiş ve bu durum, Altınova kıyıları boyunca şiddeti giderek artan bir erozyonun ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Madra Çayına gelen sediment girdisinin kesintiye uğraması, denizin kıyıya ve Madra Çayına olan olumsuz etkilerini arttırmış ve kaybedilen kumun yeri doldurulamaz hale gelmesine yol açmıştır. Su girdisindeki kayıp ise, hem çay tarafından taşınan sediment miktarını azaltmış; hem de karşı güç oluşturulmadığı için, denizin Madra Çayının içlerine doğru ilerlemesinin engellenememesi sonucunu doğurmuştur. Kısacası, dalga etkilerine

bağlı olarak kıyı boyunca güneyden kuzeye doğru taşınan kum, kuzeydeki İskele Yarımadası mevkiinde yığılmış ve böylelikle Kadirga Burnunun zaman içinde uzamasına neden olmuştur.

Bu çalışma kapsamında, erozyona karşı alınması gereken önlemler irdelenirken çözümden gerekli veriler toplamış sayısal bir model olan SMS aracılığı ile yapılan uygulamalar sunulmuştur. SMS adlı program yardımıyla, yalnızca Madra çayı ağzındaki kıyı koruma önlemlerinin belirlenmesi ile yetinilmeyerek, 10 km'ye varan uzunlukta bir kıyı bölgesi ele alınmış; bu suretle, kıyı koruma önlemlerinin komşu alanlarda meydana getirebileceği olumsuzlukların tespitine ve azaltılmasına çalışılmıştır.

2. AMAÇ

Altınova kıyılarında görülen kıyı erozyonunun incelenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi için;

- ◆ Kıyı çizgisinin zaman içindeki değişiminin tespiti,
- ◆ Zaman serileri kullanılarak kıyı çizgisi modelleme programı yardımı ile kıyı aşınması olayının benzetiminin yapılması,
- ◆ Yapısal önlemlerin muhtemel etkilerinin aynı bilgisayar programı yardımı ile kestirimi,
- ◆ Uygun çözüm seçeneklerinin belirlenmesi,

bu çalışmanın kapsamında incelenmiştir.

3. KIYI AŞINMA OLAYININ BENZETİMİ

3.1. KIYI ÇİZGİSİ MODELLEME PROGRAMI: SMS

Mevcut dalga verileri ve Madra Çayı Mevkii Kıyı Çizgisi kullanılarak kıyı boyu sediment taşınımı ve kıyı çizgisi değişimi saptanmaya çalışılmıştır. Bu tür problemleri çözmek için pek çok analitik ve nümerik modeller geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında nümerik modellerden biri olan SMS (Shoreline Modeling System) kullanılmıştır. Bu program U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS için hazırlanmış ve projede 1991 tarihli üçüncü versiyonu kullanılmıştır.

Nümerik bir kıyı çizgisi modeli olan SMS iki alt programdan oluşmuştur. Bunlardan ilki kıyı boyu taşınım miktarını ve kıyı çizgisi değişimini hesaplar. Bu hesaplamalara yapısal senaryolar da eklenebilir. Diğer alt program ise bir dalga modelidir. Dalga modelinde referans alınan açık deniz dalga verilerinden dalga kırılma yüksekliği ve dalgaların kıyı ile yaptığı açıları hesaplanır.

SMS modelinde kum taşınımı ve sürekliliği tek çizgi model prensipleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bağlantı 1' de verilen süreklilik denkleminde (y) kıyı çizgisi konumunu,

(t) zamanı, (D_B) ortalama kumsal yüksekliğini (D_C) kırılma derinliğini, (Q) kıyı boyu taşınım oranını, (x) ise kıyı boyu uzunluğunu gösterir, Hanson ve Kraous, 1989 (1).

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D_B + D_C} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

Kıyı boyu taşınım miktarını hesaplamada kullanılan ampirik ifade ise dalga kırılma enerjisine bağlı olarak hesaplanmakta ve bağıntı 2’de gösterilmektedir, Hanson ve Kraous, 1989 (1).

$$Q = (H^2 C_g)_b (a_1 \cdot \sin 2\theta_{bs} - a_2 \cdot \cos \theta_{bs} \frac{\partial H_b}{\partial x}) \quad (2)$$

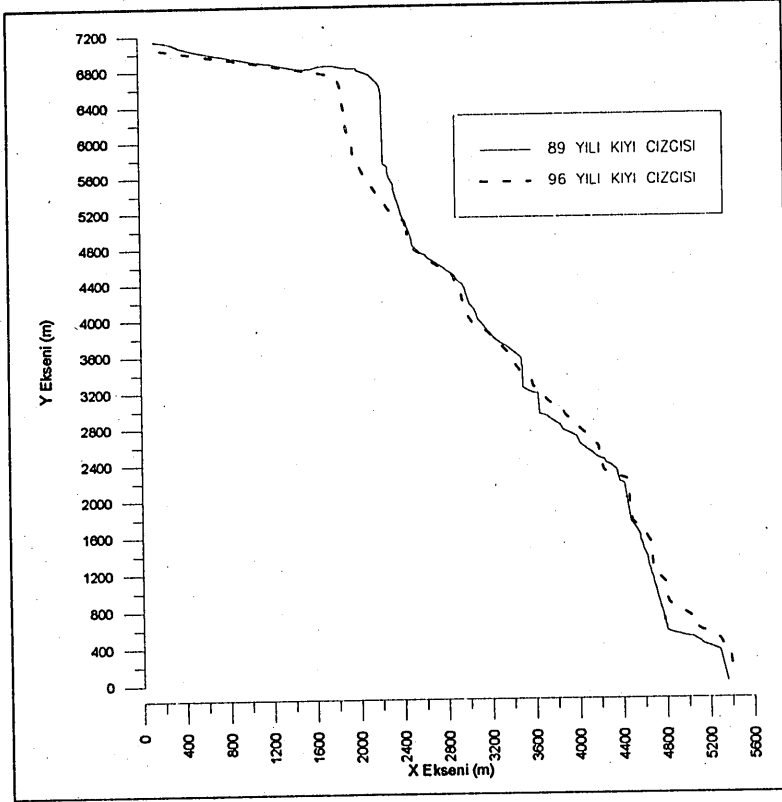
Bağıntıda H dalga yüksekliğini, C_g dalga grubu hızını, b kırılma koşulunu, θ_{bs} dalga ile kıyı çizgisi arasındaki açıyı verir. a_1 ve a_2 sediment özelliklerine bağlı boyutsuz katsayılarıdır.

Dalga verileri programa girdi olarak verilirken iki seçenek sunulmuştur. "Internal Wave Model" olarak adlandırılan ilk seçenekte açık deniz dalga koşulları zaman serisi olarak verilir. Dalga modeli için bu zaman serisi ile uyumlu referans derinlik tanımlanır. Bu modelde dalga yükseklikleri ve açılarının üniform olduğu kabul edilir. İkinci seçenek ise "External Wave Model" olarak adlandırılır ve açık deniz dalga koşulları zaman serisinin yanı sıra, kıyı bölgesi referans su derinliği de modele dışarıdan tarif edilir. Model oluşturulurken grid sistemi ara kesit noktalarında dalga yükseklikleri ve açılarının zamanla ve konumla değişimini belirler.

Model oluşturulurken en önemli teknik adımlardan biri de kıyı çizgisinin koordinat sistemini oluşturmaktır. Bu amaçla ilk olarak modelde çalıştırılacak kıyı çizgisinin bölgesel trendi ortaya çıkarılır. Trend eşderinlik eğrilerinin dalga sapması modeli için oriyantasyonunu sağlar. Kısaca bu olay x eksenı boyunca kıyı çizgisi trendine paralel bir çizgi çizilmesi ile olur. x eksenı kıyı çizgisini boyuna doğru, y eksenı ise kıyı çizgisinden açık denize doğru uzaklığı temsil eder. Kıyı çizgisi boyunu temsil eden x eksenı boyunca hücre aralıkları belirlenir. Hücre aralıkları 25, 50, 100 m gibi değerler olabilir. Modelde ki sınırlama ise 200 hücre sayısının limit değeri olmasıdır.

3.2 ORJİNAL KIYI ÇİZGİSİNDEKİ DEĞİŞİMLER

Hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve haritalar yardımıyla, değişik yıllardaki kıyı çizgileri sayısallaştırılmıştır. Bu sayede bölgede geçmiş yıllardaki kıyı çizgisi değişimi gözlenmiş ve bilgisayar modelinde kullanılacak kıyı çizgileri elde edilmiştir. Bu yöntemle çizilen 1989-1996 yılları arasındaki kıyı çizgisi değişimi Şekil 1’de gösterilmiştir. Yedi yıllık bu dönemde söz konusu bölgede yaklaşık 50.000 m² arazi kaybı olduğu saptanmıştır.



Şekil 1: Madra Çayı Mevkii 89-96 Kıyı Çizgileri

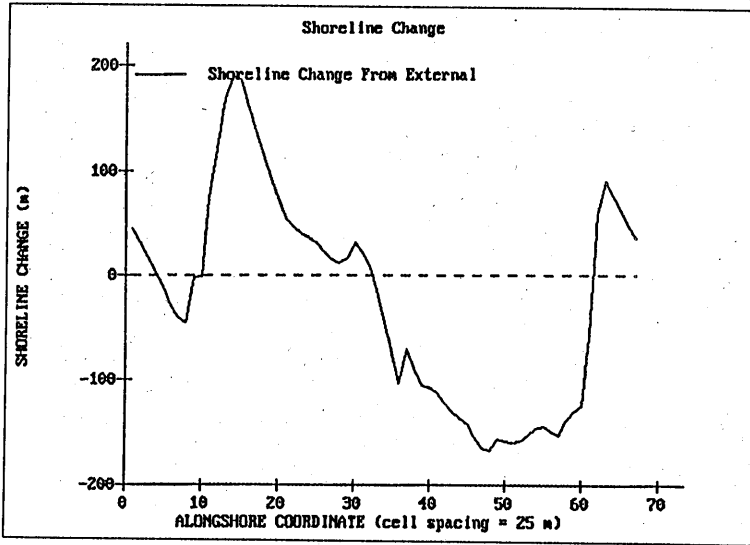
Bu aşamada model sayısallaştırılmış 1989 ve 1996 yılları kıyı çizgileri kullanılarak çalıştırılmıştır. Simulasyonlar sırasında Internal Wave Model" kullanıldığından açık deniz dalga koşulları zaman serisi için referans derinlik 60 m olarak seçilmiştir. Bu dalga yüksekliğinin 2.04 m ve periyodunun 6.06 sn olduğu koşuldur. Arazi çalışması ışında ise model için gerekli dane büyüklüğü (d50) 0.7 mm olarak alınmış ve hücre aralığı 25 m olarak seçilmiştir.

SMS programında kullanılan dalga verileri zaman serisi formunda tanımlanmıştır. Dalga ikliminin belirlenmesinde, SPM, 1984 (2) isimli kaynakta verilen bağıntılar kullanılmış ve detayları Akyarlı ve diğerleri, 1997 (3) tarafından hazırlanan raporda açıklanan bir bilgisayar programından yararlanılarak ve dalgaların "kabarma boyu sınırlı" olduğu varsayılarak, saatlik rüzgar verilerine karşı gelen saatlik belirgin dalga özellikleri hesaplanmıştır. Programın dalga oluşumunun söz konusu olduğu S - SSW - SW - WSW - W -WNW -NW yönlerinde seçilmiş olan çeşitli rüzgar hızları için verdiği dalga karakteristikleridir . Tablo 1'de saatlik dalga verileri kıyı ile yaptığı açılara göre model girdisi olarak sunulmuştur.

Tablo 1: Dalga Verileri

FILE: DALGA.WAV			
NUMBER OF EVENTS PER RECORD: 1 TIME STEP: 1			
SYSTEM OF UNITS: METER			
T	H	α	date
3.190	0.410	36.000	91010807
3.010	0.360	36.000	91010808
3.190	0.410	36.000	91010809
2.970	0.380	-76.500	91010810
2.920	0.360	-76.500	91010811
1.120	0.050	-76.500	91010812
1.120	0.050	-76.500	91010813

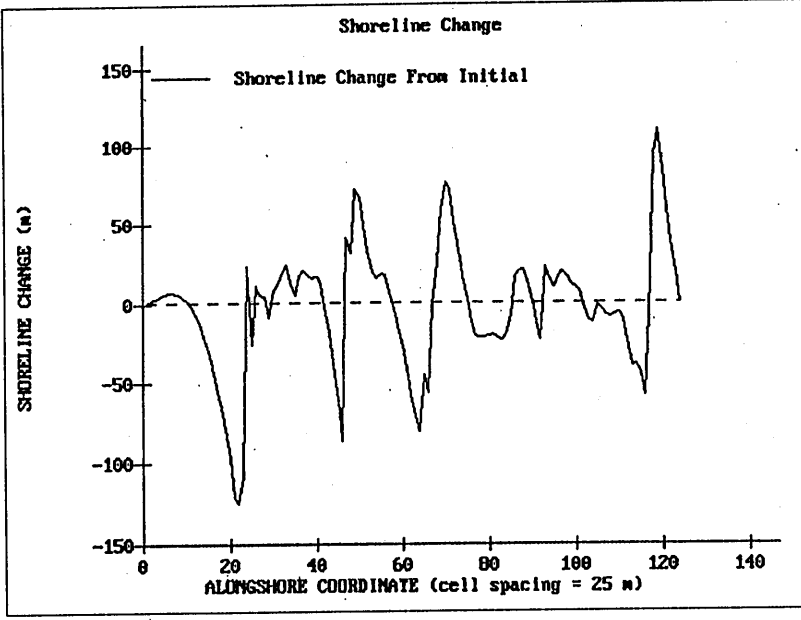
İlk olarak model 1989-1996 yılları arasında çalıştırılmıştır. 1989 yılı için seçilen kıyı çizgisi Şekil 1: verilen kıyı çizgisinin 2400 ve 4400 metreleri arasındaki bölümüdür ve X eksenini boyunca 1.73 km'lik bir uzunluğu içerir. Şekil 2' de ise hesaplanan 96 kıyı çizgisi ile mevcut 96 yılı kıyı çizgisi karşılaştırılması verilmiştir.



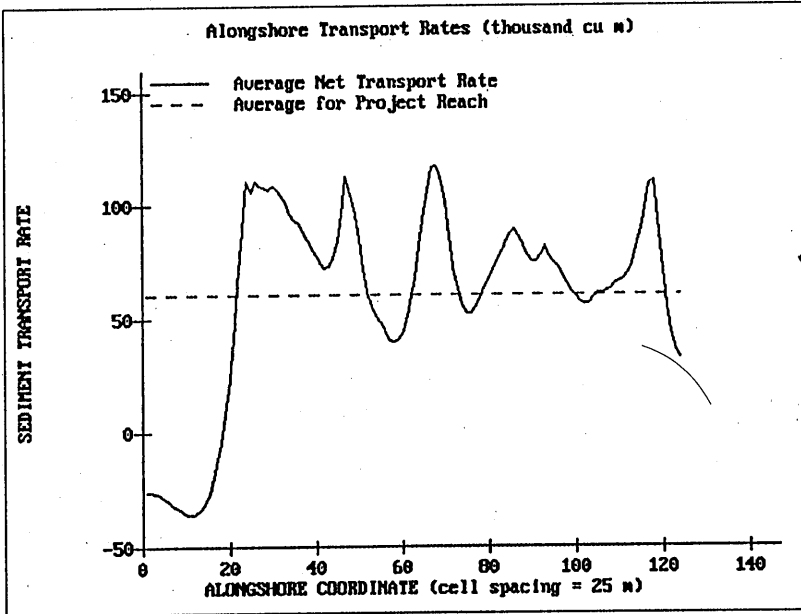
Şekil 2: Hesaplanan 96 Yılı Kıyı Çizgisinin Mevcut 96 Yılı Kıyı Çizgisi ile Karşılaştırılması

Madra Çayı mevkiinde hiç bir önlem alınmadığı takdirde 05.05.1996- 30.11.1999 tarihleri arasında ileriye dönük yapılan ikinci benzetim ise yine 25 m hücre aralığında bu kez x eksenini boyunca 3.1 km.'yi kapsar ve bölgede yaklaşık 10 km kıyı çizgisini boyunca çalışma olanağını sağlar. Şekil 3' de ilk kıyı çizgisi düz olarak düşünülmüş birikme erozyon miktarlarının şekilden okunması sağlanmıştır. Örneğin 20 30 no'lu hücreler arasında 100m yi geçen çok şiddetli erozyonun ve 125-130 no'lu hücreler arasında ise birikmelerin en fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4' te ise ortalama sediment taşınım yönü gösterilmiştir. Modelde hesaplanan hacimsel değişime göre ise $-2.37 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ lük toplam bir erozyon olduğu saptanmış ve kuzeye doğru (şekilde sağa doğru) net taşınımın daha

fazla olduğu görülmektedir. 1996- 1999 arası yapılan bu benzetim Bölüm 4'te yapısal önlemlerle beraber yapılacak olan benzetimle, erozyon miktarının karşılaştırılmasında referans olarak kullanılacaktır.



Şekil 3: 96 Hesaplanan Kıyı Çizgisinin Mevcut 96 Yılı Kıyı Çizgisi İle Karşılaştırılması



Şekil 4: 89-96 Yılları Arası Ortalama Sediment Taşınım Miktarı

4. YAPISAL ÖNLEMLER

4.1. MADRA ÇAYI AĞZI

Bu bölümde, önerilen muhtelif yapısal önlemlerin etkilerinin SMS programından yararlanarak kestirimi açıklanmaktadır. Çeşitli yapısal önlemlerin etkilerinin SMS programı ile kıyaslanması sonucunda, Madra Çayı ağzında meydana gelen kıyı aşınmasını engelleyebilmenin tek olası yolunun, koruyucu bir kıyı duvarının inşa edilmesi olduğu anlaşılmıştır. Yapılan benzetimler, bu bölgeyi kapsayan 1-30 no'lu hücreler arasında kalan kıyı çizgisi boyunca bu tür bir yapının inşa edilmesinin uygun olacağını göstermektedir. Sonuç olarak burada Madra Çayı ağzı güney kıyısında ağızdan yaklaşık 350 metre uzaklıktan başlayıp, kuzey kıyısında 550 metre devam eden koruyucu bir kıyı duvarının inşa edilmesi gerekli görülmüştür.

4.2 BÜTÜNLEYİCİ ÖNLEMLER

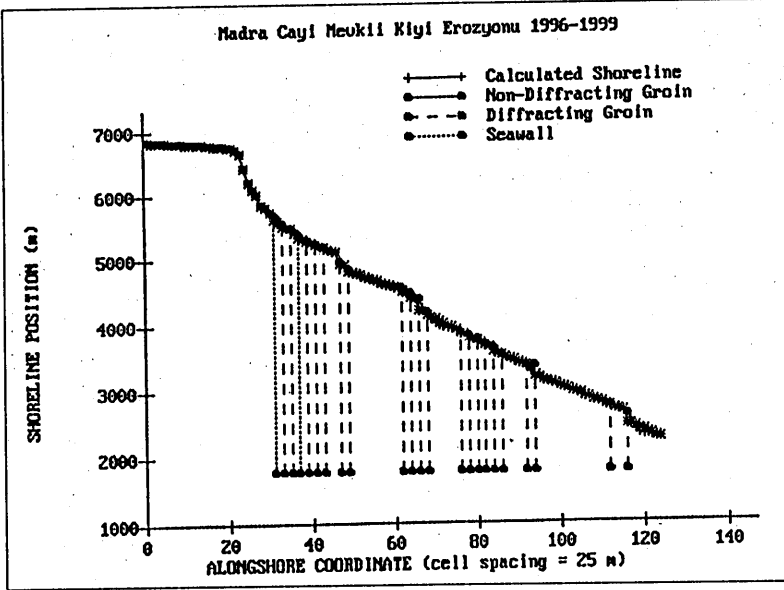
Madra Çayı ağzında yapılacak bir kıyı duvarı bu bölgedeki erozyonu durduracak; buna karşılık bu kesimin kuzeyinde yer alan kıyı bölgesini, duvarın bitim noktasından itibaren aşındırmaya başlayacaktır. Esasen SMS programı ile yapılan benzetimler de, böylesi bir aşınmanın kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Olası bu tür bir olumsuzluğun giderilmesi için, erozyona uğrama riski olan bu komşu bölgede, orijinal kıyı çizgisindeki değişmeler açısından kritik olarak nitelendirilen kesimlerde çeşitli bütünleyici yapısal önlem senaryoları oluşturulmuş ve SMS programı ile yapılan benzetimlerden elde edilen sonuçlar kıyaslanarak, göreceli olarak en uygun bulunan çözümler belirlenmiştir.

4.3 EN UYGUN ÇÖZÜM ŞECENEĞİNİN BELİRLENMESİ

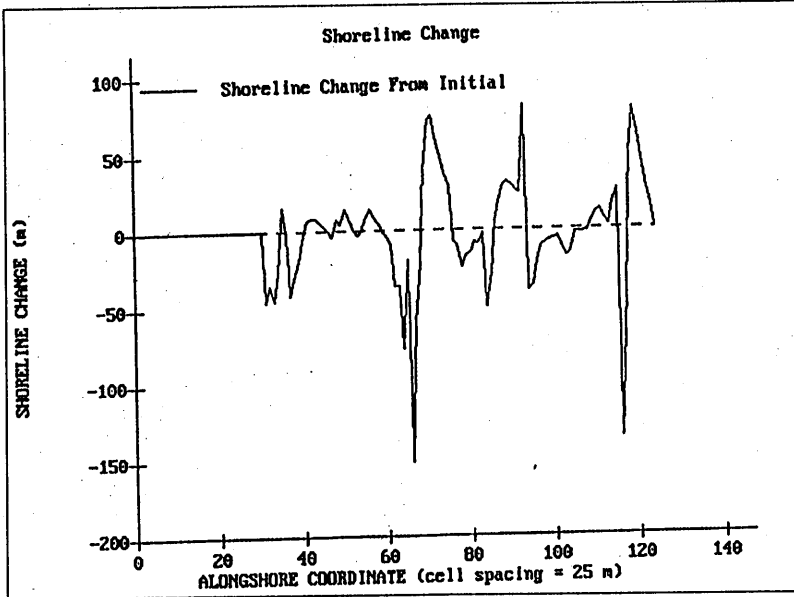
Son olarak en uygun çözüm seçeneğinin performansını test etmek üzere, orijinal kıyı çizgisinde herhangi bir yapısal önlem alınmaması durumunda meydana gelecek değişmeler ile önlem alınması halinde ortaya çıkacak değişmeler, benzer benzetim koşulları altında kıyaslanmıştır. Bu şekillerin karşılaştırılması, önerilen yapısal önlemlerin erozyon miktarını 2.37×10^5 m³/yıl değerinden 1.10×10^5 m³/yıl değerine azaltacağını; dolayısı ile kıyıdaki aşınmaların kontrolüne katkıda bulunacaklarını göstermektedir. Şekil 5' de yapısal önlemlerin etkisiyle benzetimi yapılmış kıyı çizgisinin konumunu, Şekil 6' da ise kıyı çizgisi değişimini ve Şekil 7' de ise ortalama sediment taşınım miktarı gösterilmiştir. Şekil 6'da 1-30 no'lu hücrelere bakıldığında önerilen kıyı duvarının erozyonu önlediği, düz olarak verilen 1996 yılı kıyı çizgisi ile 1999 yılı için benzetimi yapılan kıyı çizgisinin çakışmasından görülmektedir. Ortalama sediment taşınım miktarının kıyı duvarı nedeni ile bu aralıkta sıfır oluğu görülmektedir (Şekil 7). Bu dalga kırılma etkisi ile olacak aşınmanın engellendiğini gösterir. Ancak burada varılan sonuç, yapının tasarımı yapılırken altından oyulmaya karşı gelebilecek bir tehlike için yapıya verilecek eğimin, dalga kırılma olayının iyice araştırılmasından sonra belirlenmesidir. Bu yaklaşımlar sonucunda, Madra Çayının güney kıyısından başlamak üzere İskele Yarımadasına kadar devam eden kıyı kesimi için oluşturulan en uygun yapısal düzenleme, Şekil 8'de kroki halinde gösterilmektedir. Şekil 8'in üst bölümünde yapıların yer aldığı hücre numaraları, alt bölümde ise boyutları verilmiştir. Bu düzenleme içinde yer alan yapıların konumlarını aşağıdaki 3. bağıntıdan yararlanılarak UTM koordinatlarına göre hesaplanabilir.

$$X(\text{UTM}) = 480511.469 - X*25 \quad Y(\text{UTM}) = 43351913.5 - Y \quad (3)$$

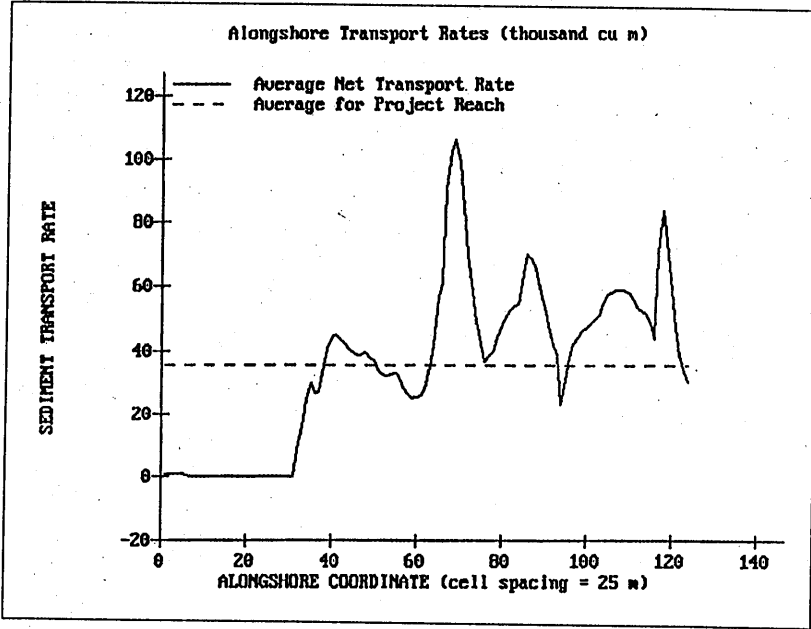
x : Şekillerde verilen hücre nosu
 y : şekillerde verilen kıyı çizgisi pozisyonu
 X(UTM), Y(UTM) : UTM koordinatları (easting, northing)



Şekil 5: Yapısal Düzenleme

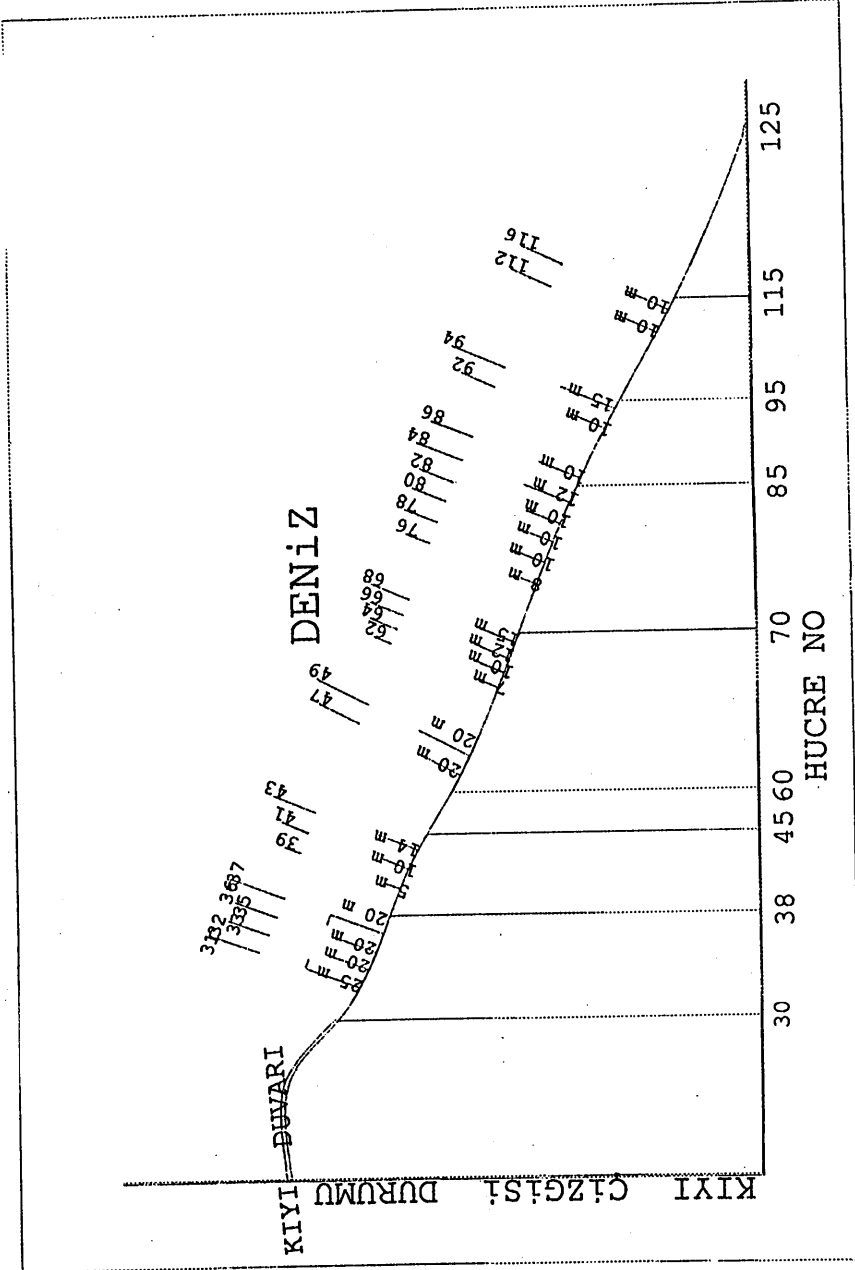


Şekil 6: Önerilen Kıyı Çizgisi Değişimi



Şekil 7: Yapı Etkisiyle Kıyıda Ortalama Taşınım Miktarı

Bu seçeneğin en uygun olduğuna karar verebilmek için çok sayıda yapısal önlem senaryosu üretilmiş ve elde edilen sonuçların birinci örnekteki benzer bir yaklaşımla kıyaslanması sonucunda, en kararlı kıyı formunu sağlayan yapısal düzenleme belirlenmiştir. Kıyı duvarından sonra mahmuz türü yapılarla çözüm arandığı görülmektedir. Örnek olarak verilen bu senaryonun yanı sıra, SMS programı ile benzetimi yapılabilen - açık deniz dalgakıranı, kum besleme, kum aktarma gibi - diğer yapısal önlemlere dayalı senaryolar da sınanmış; ancak en iyi kontrolün, mahmuz türü yapılarla sağlanabileceği anlaşılmıştır.



Şekil 8 Yapısal Düzenleme Krokisi

6. SONUÇ

Yapılan bu benzetimler neticesinde, olası yapısal önlemlerin erozyonu azaltan etkileri kıyaslanarak en uygun yapısal düzenleme seçenekleri elde edilmiş ve bu seçeneklerin birleşimi olarak, tüm kıyı bölgesi açısından göreceli olarak en etkili kontrolü sağlayan çözüm senaryosu belirlenmiştir.

Kısaca özetlenen bu çalışmaların ortaya koyduğu en çarpıcı gerçek, Madra Çayı ağzının hızla aşındığı ve bu mevkiye yer alan tekil konutların tehdit altında bulunduğuudur. Bu nedenle, bu bölge için önerilen kıyı duvarı vakit geçirilmeden yapılmalıdır. Yapımını takiben bu duvarın çayın kuzey kesimlerinde yaratacağı olumsuz etkiler gözlenmeli ve kıyı çizgisi konumunda görülen değişimlerin hızına bağlı olarak, "Bütünleyici önlemler" başlığı altında ortaya konan önlemlerin uygulanmasına, geçilmelidir. Ortaya çıkabilecek durumlara göre mahmuzların yapımını takiben bazı kritik kesimler için kum besleme ve kum aktarma gibi ek önlemlerin uygulanması gerekebilir. Bu tür kararların verilebilmesi için bölgenin gerek projenin uygulanması sırasında, gerekse tamamlanmasını takiben sürekli ve sistematik olarak izlenmesi zorunludur.

Önerilen çözümler ilk bakışta oldukça büyük bir yatırım olarak nitelendirilebilir. Ancak bu önlemlerin alınmaması halinde ortaya çıkabilecek kayıplar çok daha fazladır. Yapılan değerlendirmelere göre kıyı erozyonu, özellikle son yedi yılda 50.000 metrekareye varan bir kıyı alanının deniz altında kalmasına neden olmuştur ve bu süreç hızlanarak devam etme karakterindedir.

Ortaya çıkan bu kritik durumun en önemli nedeni, bölgedeki sediment taşınım düzenini etkileyen Madra Çayı ile ilgili olumsuz uygulamalardır. Bu açıdan bakıldığında: kum-çakıl ocaklarını denetlemede gösterilen yetersizlikler ve Madra Barajının yapımı nedeni ile var olan sonuca gelinmesi sürecinde yöneticilerin etkin bir rol oynadıkları görülür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma da bize yön veren Prof. Dr. Adnan Akyarlı' ya teşekkür ederiz

KAYNAKLAR

1. Hanson, H. & Kraus, N.C. GENESIS: Generalized Model For Simulating Shoreline Change -Report 1: Technical Referance. CERC- 89-19 Coastal Engineering Research. Center., U.S.Army Engineering Waterway Experiment Station, Vicksburg, Miss, 1989.
2. Shore Protection Manual ,SPM (Vol I-Vol II), US Army Coastal Eng. Research Center, USA, 1987.

3. Akyarlı, A., Gökkuş, Ü., Eren, A, Wind And Wave Climate At Fethiye Bay, DEU. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir, Mart 1997, 180 Sayfa.
4. Coastal Groins and Nearshore Breakwaters , ASCE Press 10017-2398, New York, 1993.
5. Gravens, B.M., User's Guide To The Shoreline Modeling System (SMS) CERC 92-1 Coastal. Engineering Research. Center, U.S.Army Eng. Waterway Experiment Station, Vicksburg, Miss, 1992.
6. Hanson, H. " GENESIS A Generalized Shoreline Change Numerical Model" Journal of. Coastal Research, Vol 5, Winter 1989, pp 1-27.
7. Madra Çayı Mevkii Kıyı Erozyonu Etüdü, DEU. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir, Aralık 1997, 140 Sayfa.
8. Mark, B., Gravens, "Wave Resolution Effects On Predicted Shoreline Positions" Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, February 1997, pp 23-33.

ABSTRACT

During the past years Altnova beaches have been eroded by a combination of sediment losses because of sand mining at the region and the dam constructed at Madra River. The erosion calculated between 1989 and 1996 is approximately 50.000 m². In this study the reasons which caused the shoreline changes have been discussed. Using a numerical model SMS the shoreline change is predicted due to the wave effects. A seawall is recommended which starts at 350 m along the south region of Madra and ends at 550 m along the north region. Besides the seawall, groin systems are also recommended at the north region.

