

YAPAY BESLEME İLE KIYI DENGELENMESİ, ÖRNEK UYGULAMA: BİR KIYI AŞINIMI SORUNU, SIDE, TÜRKİYE

Mustafa Esen
İnşaat Yük. Mühendisi
Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.
esen330@yahoo.com

Cüneyt Baykal
İnşaat Yük. Mühendisi
ODTÜ
cbaykal@gmail.com

Işıkhan Güler
Dr. İnşaat Mühendisi
Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.
iguler@yukselproje.com.tr

Ayşen Ergin
Prof.Dr.
ODTÜ
ergin@metu.edu.tr

Ahmet Cevdet Yalçiner
Doç.Dr.
ODTÜ
yalciner@metu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada kıyı mühendisliğinin, çözümü en karmaşık ve bir o kadar da zor olan konularından biri, kıyı aşınımı konusu bir örnek çalışmada ele alınmıştır. Antalya ilinin Side ilçesinde bulunan bir otelin kumsalında görülen kıyı aşınımı sorunu örnek çalışma olarak incelenmiş ve ilgili soruna çözüm üretmek ve en uygun çözüm alternatifini bulmak amacıyla Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü bünyesinde geliştirilen CSI (Kıyı-Yapı Etkileşimi) sayısal modeli kullanılarak düşünülen çözüm seçenekleri incelenmiş ve bu seçenekler sonucunda ortaya çıkan kıyı ve kıyı çizgisi değişimleri benzetimleri yapılmıştır. Bu bildiriye kullanılan sayısal modelin ana prensipleri anlatılmış, sayısal modelin girdileri ele alınmış ve her çözüm alternatifi için model benzetim sonuçları incelenip aralarından uygulanması önerilen ve en uygun görünen seçenek anlatılmıştır.

GİRİŞ

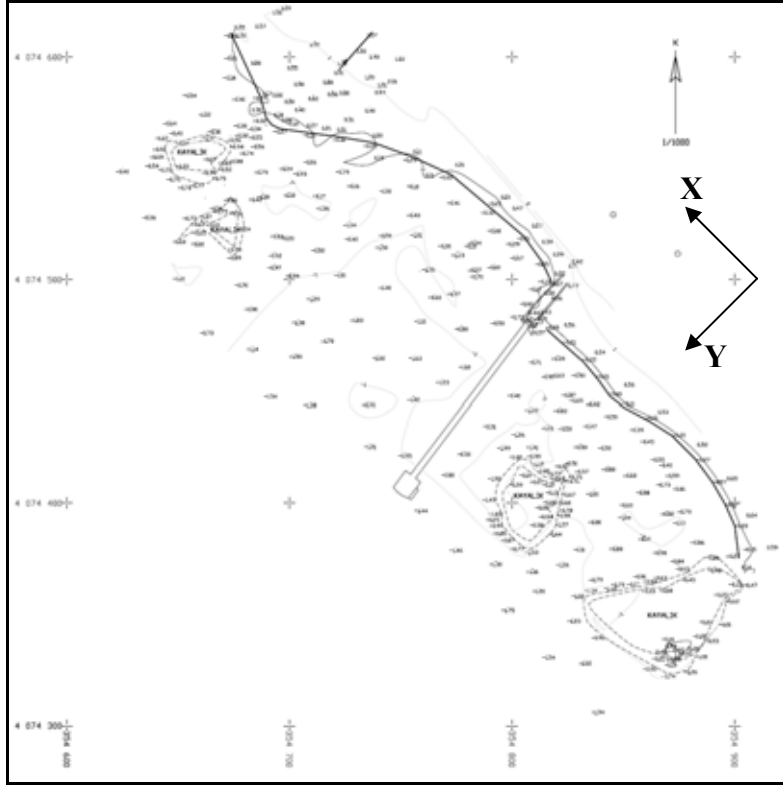
Kıyı aşınımı, kıyı mühendislerinin kıyısal alanlarda karşılaştıkları en önemli sorunlardan biridir. Kıyı yapılarının etkileri toprak ve mal kaybı gibi ileride ekonomik ve doğal kayıplara yol açacak boyutlarda ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Bu doğrultuda kıyı çizgisi değişimlerini anlamak ve tahmin etmek amacıyla CSI (Kıyı-Yapı Etkileşimi) adı verilen bir sayısal model Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından geliştirilmiştir (Artagan, 2006; Baykal, 2006; Şafak, 2006). Modelin uygulanması Side sahilinde bulunan bir otelin önündeki kumsalda görülen kıyı aşınımı sorununda gerçekleştirilmiştir.

Side Perissia Otel Antalya'nın Side İlçesinde bulunmaktadır. 1999 yılından önce otel önündeki kumsalın genişliği 50 metre civarındaydı. Kumsal, yaklaşık 1.5 metre su derinliğinde ve kıyından 100 metre açıkta bulunan ve batık dalgakıran gibi davranan kayasal oluşumlar sayesinde dalgaların etkilerine karşı korunaklı durumdaydı. 1999 yılında, sahilin batı tarafındaki kayasal oluşumların kaldırılmasına karar verilmiş ve bu işlemten sonra sahilin doğu tarafı dengesini korurken batı tarafı ciddi boyutta kıyı aşınımına uğramıştır. Kıyıda ki katı madde taşınım düzenini önemli ölçüde etkileyen deniz tabanı özelliklerinin değiştirilmesi sahilin batı tarafında büyük boyutlarda aşınım ile sonuçlanmış ve bugüne kadar sorunun yapay kum beslemesi ile giderilmesi

abaları da başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Soruna bilimsel bir yaklaşım olarak, alternatif çözümler ve çareler geliştirmek amacıyla sayısal model (CSI) bölgeye uygulanmıştır. Modelin uygulanması sırasında, yörenin dalga iklimi ve taban topoğrafyası ana girdileri oluşturmuştur. özüm için geliştirilen alternatifler arasından en etkili ve en ekonomik çözümü sağlayacağı düşünülen alternatifin uygulanması uygun bulunmuştur.

1. Bir Kıyı Aşınımı Sorunu

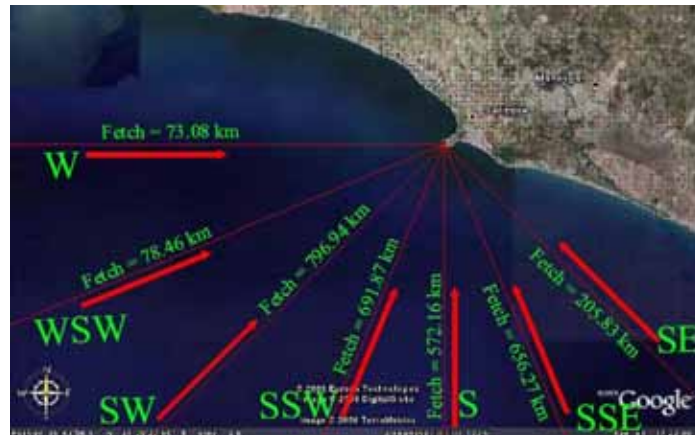
Side Perissia Otel Antalya'nın Side İlçesinde bulunmaktadır. Side Perissia Otel'e ait kumsal yaklaşık olarak 300 metre uzunluğundadır (şekil 1). Kumsalın her iki ucunda da otelin doğu ve batı sınırlarını oluşturacak şekilde kıyı çizgisi denize doğru hafif şekilde çıkıntı yaparak burun oluşturmuştur. Bu çıkıntıların uçlarından denize doğru yaklaşık olarak 25 metre devam eden kayasal uzantılar bulunmaktadır. Otele ait kumsalın orta noktasında yaklaşık 120 metre uzunluğunda bir iskele bulunmaktadır. İskelenin altında kalan bölge hemen hemen iskele boyunca kayalardan oluşmaktadır. İskelenin doğusunda kalan kıyının ortasına yakın bölgede kıyından yaklaşık olarak 60 metre açıkta batık halde kayalar mevcuttur. Buraya gelen pek çok dalga bu bölgede kırılmaktadır. İskelenin batısında ve doğusunda yaklaşık 1.5 metre su derinliğinde kıyından 100 metre açıkta bulunan ve batık dalgakıran gibi davranan kayasal oluşumların iskelenin batısında kalanlarının kaldırılmasından ve iskelenin doğusundakilerin de bir kısmının tahrip edilmesinden sonra kumsal dalgaların etkilerine karşı korunaklılığını yitirmiştir. Bu nedenlerden dolayı iskelenin her iki tarafındaki kumsalda da aşınma görülmüştür. Fakat iskelenin batısında kalan kısımda kıyı çizgisi gerilemesi ve kıyı erozyonu boyutları çok daha ciddi ve büyük boyutlarda olmuştur. Bugüne kadar sorunun yapay kum beslemesi ile giderilmesi çabaları da başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Yapay kum beslemesine ek olarak, kıyı çizgisi gerilemesini durdurmak amacıyla iskelenin kıyı tarafına yaklaşık 25 metre uzunluğunda ve 2 metre genişliğinde bir adet mahmuz inşaa edilmiştir. Mahmuzun yapımından sonra doğusundaki kıyıda küçük miktarlarda da olsa birikme gözlemlenmiştir, fakat aksine mahmuzun batı tarafındaki kıyı gerilemeye devam etmiştir. Bu nedenle, otel önünde bulunan kumsalda son yıllarda dalgalar altında oluşan büyük oyulmalar, kumsalın kullanabilirliğini büyük ölçüde ortadan kaldırmıştır. Bu durumu ortadan kaldırmak ve kalıcı ve etkili bir çözüm sunmak amacıyla otel önündeki kumsalda 2005-2006 yıllarında yerinde saha incelemeleri ve gözlemleri yapılmış, otele ait kıyı ve kumsal alanında ve yakın çevresinde batimetrik çalışmalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, otelin önündeki kıyı çizgisi değişimlerini öngörmek ve düşünülen çözüm alternatiflerinin etkinliğini ve yararlılığını anlamak amacıyla CSI sayısal modelinin yöreye uygulanması uygun bulunmuştur. Modelin uygulanması sırasında, yörenin dalga iklimi ve taban topoğrafyası ana girdileri oluşturmuştur. Bu amaçla Side yöresine ait uzun dönem dalga istatistikleri ve temsili derin deniz belirgin dalga yükseklikleri her yön için elde edilmiştir.



Şekil 1 Side Perissia Otel kumsalının, kullanılan matematiksel modele girilen batimetrisi

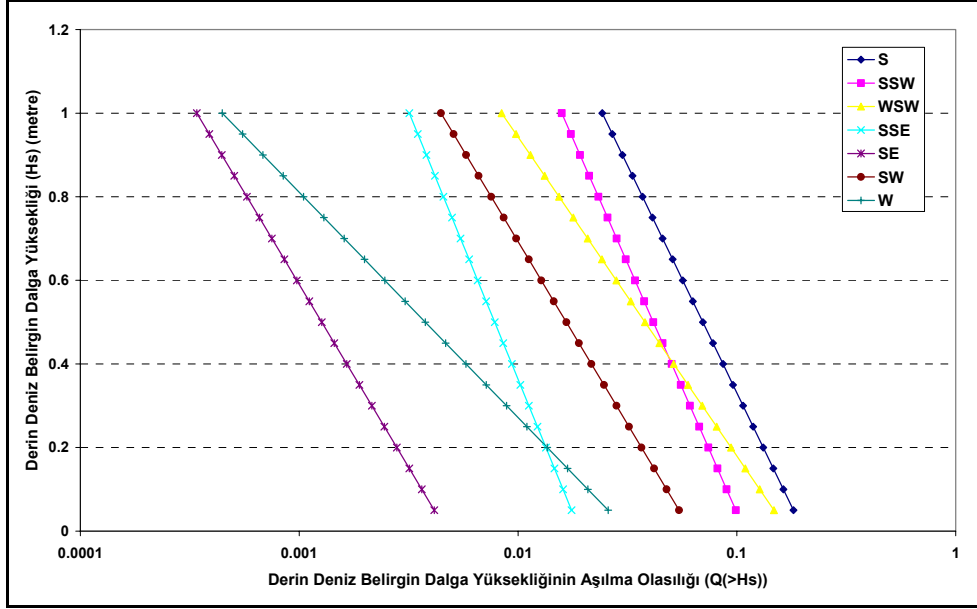
2. Dalga İklimi

Bu çalışmada kullanılan sayısal modelin ana girdilerinden biri ilgili yöreye ait dalga verisidir. Bu nedenle Side yöresine ait dalga ölçümlerinden yararlanılmalıdır. Ancak Side yöresinde düzenli dalga ölçümleri yapılmamaktadır. Bu nedenle, yöreyi etkileyen dalga verilerini oluşturmak için, geçmişteki fırtınalarda yaratılmış olan dalga özelliklerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Side çevresinde, Alanya Meteoroloji İstasyonundan alınan 1993-2004 yılları arasındaki verilere dayanılarak, saatlik ortalama rüzgar hızı ve yönü ölçümleri kullanılmış, fırtınalar ayıklanmış ve bu fırtınalar kullanılarak Side yöresinde etkin dalga yönlerinden oluştuğu tahmin edilen dalga özellikleri dalga tahmin yöntemi kullanılarak bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır. Side yöresi etkin dalga kabarma alanı uzunlukları yörenin haritası üzerinde gösterilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2 Side yöresi için dalga kabarma alanı uzunlukları

Side yöresi için, Alanya Meteoroloji İstasyonu rüzgar ölçümlerinde saatlik ortalama rüzgar hız ve yönü değerleri kullanılarak elde edilen uzun dönem derin deniz belirgin dalga yüksekliği istatistiği çalışmasının sonuçları her dalga yönü için ayrı olarak elde edilmiştir (Şekil 3). Bu çalışmalar sonucunda Side yöresi için derin denizdeki en yüksek belirgin dalga yükseklikleri, önem sırasına göre SSE, S ve SSW yönlerinden geldiği saptanmıştır.



Şekil 3 Side Bölgesi, Her Yön İçin Uzun Dönem Derin Deniz Belirgin Dalga Yüksekliği Olasılık Dağılımı

3. Kıyı Boyu Kum Taşınım Hesabı

Kıyı boyu kum taşınımının ölçüsü olarak, kıyı boyu kum debisi kullanılır. Bu ölçü kıyı çizgisine dik bir düzlemde birim zamanda ağırlık veya hacim olarak geçen kum miktarıdır (Q). Kamphuis (1991) aşağıdaki formülü elde etmiştir;

$$Q = 7.3 H_{sb}^2 T^{1.5} m_b^{0.75} D_{50}^{-0.25} \sin^{0.6}(2\alpha_{bs}) \quad (\text{m}^3/\text{hr}) \quad (1)$$

Denklemden H_{sb} belirgin dalga kırılma yüksekliğini (m.), T belirgin dalga periyodunu (sn.), m_b kırılma noktasında kıyı eğimini, D_{50} ortalama dane çapını (m.) ve α_{bs} etkin dalga kırılma açısını ifade etmektedir.

Kıyı boyu katı madde taşınım oranı, Q , kullanılan sayısal modelde, Kamphuis'un formülü kullanılarak hesaplanmaktadır. Gerçek kıyı boyu katı madde taşınım oranı, kıyısal sistemdeki girdiler ve kayıplar hesaba katılınca değişebilir. Bu gibi durumlarda bulunan oranın bir kalibrasyon katsayısıyla, ($C_Q, 0 \leq C_Q \leq 1$) çarpılarak ayarlanması gerekli olabilmektedir.

4. Kum Taşınımına Neden Olan Dalgalar

Bir yörede oluşan tüm dalgalar, o yörede kum taşınım rejiminde etken olabilmektedir. Kıyı değişimi benzeşiminde her yönden gelebilecek en büyük dalga yüksekliğinden çok, o bölgede

oluşabilecek ortalama dalga yükseklikleri değerlerinin kullanımı uygun olacaktır. Uzun dönem dalga yükseklikleri olasılık dağılımı (Denklem 2) kullanılarak her yönden oluşacak ortalama dalga yüksekliği hesaplanmıştır (Baykal, C., Şafak, I., 2006).

$$(H_{so})_R = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot H_i)}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (2)$$

H_i dalga yüksekliği

P_i H_i dalga yüksekliğine sahip dalganın oluşma olasılığı

Ortalama derin deniz dalga yüksekliği ve dönemleri ile bir yılda oluşma süreleri Tablo 1 de verilmiştir (Güler ve diğ. 2003).

Tablo 1 Side yöresi için ortalama dalga yükseklikleri ve 1 yılda oluşma süreleri (Güler ve diğ. 2003)

Derin Deniz Dalga Yönü	Derin Deniz Ort. Dalga Yük. H(m)	Dalga Periyodu T(s)	Yılda Ort. Geliş Süreleri t (saat)
W	0.767	3.423	11
WSW	0.842	3.588	119
SW	0.882	3.673	53
SSW	1.008	3.926	137
S	0.966	3.842	229
SSE	1.043	3.993	26
SE	0.882	3.673	4

Sayısal modelde, her yön için ortalama derin deniz dalga yükseklikleri ve dönemleri kullanılarak dalga kırılma yüksekliği, dalga kırılma derinliği, dalga kırılma açısı, bir yılda oluşma süresi, dalgaların kırılma anındaki enerji akışı ve kıyı boyu kum debisi alt programlarla hesaplanmaktadır.

5. Tek Çizgi Kuramı

Sayısal modelin ana mantığını oluşturan tek çizgi kuramının dönüm noktasını Pelnard-Consideré'nin (1956) çalışması oluşturmaktadır. Bu çalışmada ana varsayım, kıyı profilinin dengede olmasını, değişmeden kalmasını ama sadece kendine paralel şekilde deniz veya kara yönünde kapama derinliğine (D_C) kadar hareket etmesini içermektedir. Tek çizgi teorisi bütün eş yükseklik eğrilerinin sadece bir tane yükseklik eğrisi varmışçasına kapama derinliğine kadar benzer şekle sahip olduklarını kabul etmektedir (Kamphius, 2000). Deniz tabanı profilindeki değişimler genelde aylık veya yıllık periyodlarla ve uzun dönem kıyı çizgisi değişimi hesaplanmasında ana etken olduğu kabul edilen dalgalarca ve dalgalar sonucu oluşan akıntılar tarafınca meydana gelen kıyı boyu katı madde taşınımı değişim oranlarıyla ilişkilendirilir (Hanson, 1987). Tek çizgi teoreminin ve tek çizgi teoremine dayanan modellerin alt yapılarını oluşturan bir diğer denklem ise kum devamlılık denklemidir. Kum devamlılık denklemi denilen kıyasal hareketleri ifade eden diferansiyel denklemler (x,y) koordinat sistemi kullanılarak aşağıdaki gibi çıkarılmıştır:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{D_c + B} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} + q_y \right) \quad (3)$$

Denklemden y kıyı çizgisine dik yöndeki açıkdeniz mesafesini, t zamanı, D_c kapama derinliğini, B deniz suyu seviyesi üzerindeki kıyı banket yüksekliğini, Q kıyı boyu madde taşınım oranını, x kıyı boyuna paralel mesafeyi, q_y kıyı boyundaki kaynakları ve kayıpları ifade etmektedir.

Yukarıda belirtildiği üzere, kapama derinliği (D_c), ötesinde, katı madde taşınımının önemsiz varsayıldığı kısıtlayıcı bir derinliktir. Bu nedenle sayısal modelde kapama derinliği yerine kıyı boyu madde taşınımı kısıtlayıcı derinliği (D_{LT}) kullanılmıştır. Sayısal modelde Hanson'ın (1987) formülü kullanılmıştır. Hanson (1987) kıyı boyu madde taşınımı kısıtlayıcı derinliğini (D_{LT}), dalga kırılma yüksekliğinin (H_b) bir fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi hesaplanmasını önermiştir:

$$D_{LT} = 2.28H_b - \frac{68.5(H_b)^2}{gT^2} \quad (4)$$

6. Sayısal Model, CSI

Kıyı boyu kum taşınımının modellenmesi için ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi'nde tek çizgi kuramına dayanan CSI (Kıyı-Yapı Etkileşimi) isimli kumlanma sayısal modeli (Şafak 2006, Artağan 2006, Baykal 2006) geliştirilmiştir. Kullanılan sayısal model özellikle başta mahmuzlar, T-mahmuzlar, açık deniz dalgakıranları ve kıyı duvarları olmak üzere pek çok kıyı koruma yapısına bağlı olabilecek kıyı boyu kum taşınımı problemleri için uygulanabilmektedir.

7. Sayısal Modelinin Side Yöresi için Uygulanması

Otele ait kumsaldaki kıyı aşınımı sorununun giderilmesi amacıyla CSI sayısal modeli yöreye uygulanmıştır. Bu kısımda sayısal modelin girdileri ve sayısal model benzetim sonuçları arasından çözüm için önerilene ele alınmıştır.

7.1. Sayısal Model Girdileri

Dalga verisi kümeleri kıyı çizgisi değişim modellerinin temel girdileri içerisinde yer alır. Bir bölgenin belirli bir süredeki dalga iklimini temsil eden dalga verisi kümeleri, kolaylıkla kontrol edilebilmesi nedeniyle gerçek dalga zaman dizisi verisine tercih edilir. Modelde, Tablo 1'de verilen derin deniz dalga verisi kullanılmıştır. Benzetimler, 7 farklı yön dalga verisinin bir arada kullanılması ile yapılmıştır.

Yörenin taban batimetrisi CSI sayısal modelinin ana girdilerinden birini oluşturmaktadır. Elde bulunan topoğrafik harita çizimlerinden yararlanılarak kıyı çizgisinin koordinatları (x,y) elde edilmiş ve sayısal modele girilmiştir. Yapılan batimetrik çalışmalar ve elde edilen batimetri incelenerek pek çok yönüyle mevcut durumu en ayrıntılı yansıtan uygun batimetrik çalışma seçilmiş ve ilgili taban batimetrisi çizimi model girdisi olarak alınmıştır (Şekil 1).

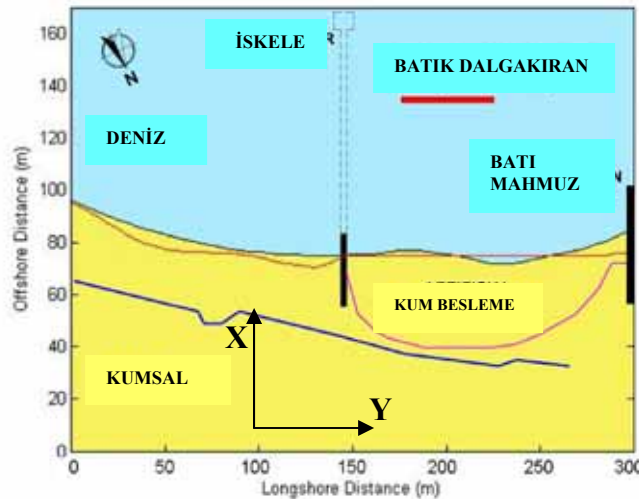
7.2. Sayısal Model Benzetim Sonuçları

İskelenin batısı ile doğusunda zaman içinde görülen derinlik değişimlerine bakıldığında otele ait 300 metrelik kumsalın ortasında bulunan iskelenin tabanında bulunan kayaların batık mahmuz gibi çalıştığı anlaşılmaktadır. Bu batık kayalara, iskele ile kıyı arasında bulunan mevcut mahmuz da eklenince iskelenin doğusundan batısına geçmesi beklenen katı madde miktarı azalmaktadır. Bu unsurlar, kıyı çizgisinin ve kumsalın mevcut durumunda gözlemlenen iskeleden otelin batı sınırına kadar görülen kıyı çizgisi gerilemesini açıklamaktadır. Özellikle otel önünde deniz içerisinde kalan kaya türü yapılar ve bu kayaların uzantıları iskelenin batı ve doğu taraflarını belirli ölçüde birbirlerinden ayırmaktadır. İskelenin batısındaki alanda hem gözlemsel hem de sayısal model sonucunda kıyının karaya doğru geri çekildiği görülmektedir. Bu soruna çözüm üretmek amacıyla sayısal modelle çeşitli benzetimler gerçekleştirilmiş ve en uygun ve en ekonomik çözüm alternatifi sunulmuştur.

Model benzetim sonuçlarına göre;

- İskele ucundaki 25 metrelik mahmuzun korunması,
- Otelin batı sınırına 25 metrelik mahmuzun yapılması,
- İskelenin batısında kalan kıyının beslenmesi
- İskelenin 30 metre batısına, beslenen kıyının 60 metre açığına 50 metre genişliğinde batık dalgakıran inşası

durumunda 1 yıl sonunda elde edilecek kıyı çizgisi değişimi sayısal modelde araştırılmış ve Şekil 4'te gösterilen sistem uygun bir çözüm olarak önerilmiştir. Bu çözüme göre mevcut mahmuzun batısında meydana gelen kıyı oyulması sorununun batık dalgakıran sayesinde giderileceği görülmüştür. Ayrıca yine beklenildiği üzere batı mahmuzunun doğusunda birikme meydana gelmiştir. İskelenin batısında kumla beslenmiş kumsalın orta kısımlarında aşınma meydana gelmiştir ama bu aşınma miktarı minimum düzeyde kalmıştır. Otel müşterilerinin iskelenin batısındaki kumsalı daha çok kullandıkları da düşünülünce bu benzetim sonucunun en uygun çözümü içerdiği sonucuna varılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4 Önerilen çözümün uygulanması durumunda 1 yıl sonunda elde edilecek kıyı çizgisi değişimi

Ayrıca, kum beslemeyi korumak amaçlı kum beslemenin önüne gabionlardan oluşacak bir topuğun yapılması gerekli görülmüştür. Otel müşterilerinin sağlıkları ve güvenlikleri hakkındaki endişeler göz önüne alınarak gabionların tel aralıklarının çeşitli sorunlar doğurma ihtimali doğrultusunda, gabion topuk sistemin, iskelenin batısındaki kıyıda oyulmanın en etkili olması

beklenen yere, yani mevcut mahmuzun batı tarafına yaklaşık 20 metre olarak yapılması uygun görülmüştür. Böylelikle gabion topuğun yerleştirildiği bölgede oyulma riski azaltılacaktır. Gabion topuğun yanı sıra, fırtına dalgalarının kumla beslenmiş kıyıya etkilerini azaltmak amacıyla yine kıyıdan ve iskeleden belli mesafe uzaklıkta yine gabion sistemlerden oluşan bir batık dalgakıranının yapılmasının da gerekli olduğu belirtilmiştir. Seçimi otel yetkililerine bırakılmak suretiyle batı mahmuzu için de taş dolgu ve gabion sistemlerden oluşacak şekilde iki seçenek sunulmuştur. Şekil 4'te gösterilen sistem yerleştirildikten sonra kıyı çizgisi değişimi ölçümlerle izlenecek, eğer oyulmanın kıyı boyunca devam ettiği gözlemlenirse uygun görüldüğü takdirde ileride bir zaman diliminde aynı topuk gabion sistemi iskelenin batı kıyısı boyunca batı mahmuzuna kadar uzatılabilecektir.

8. Sonuç

Sonuç olarak, yapımı uygun görülen sistemin yapım aşamaları,

1. İskelenin kıyı tarafındaki mahmuzun mevcut halinin korunması
2. Kıyının batı tarafına kıyı çizgisinden yaklaşık 20–25 metresi denize doğru olan toplam 40 metrelik taş dolgu mahmuz inşa edilmesi
3. İki mahmuz arasında kalan kıyının kumla beslenmesi ve
4. Kum beslemesi yapılırken besleme ile koordineli gerçekleştirilecek şekilde beslemenin önüne iskelenin batısına doğru 20 metrelik kısımda değişik boyutlarda iki tip gabion sistemiyle topuk yapılması
5. İskelenin 30 metre kadar açığına ve beslenen kıyının 60 metre açığına gabion sistemlerden oluşan 40 metrelik açık deniz batık dalgakıranı yapımı
6. Önerilen çözümün uygulanmasından sonra kıyı çizgisi değişiminin belirli aralıklarla ölçülerek izlenmesi

olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yapılan saha ölçümleri için destek olan yönetim kuruluna ve otel yetkililerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Artagan, S.S., (2006), “A One-Line Numerical Model for Shoreline Evolution under the Interaction of Wind Waves and Offshore Breakwaters”, M.S. Thesis, METU, Ankara, Turkey

Baykal, C., (2006), “Numerical Modeling of Wave Diffraction in One-Dimensional Shoreline Change Model”, M.S. Thesis, METU, Ankara, Turkey

Güler, I., Ergin A., Yalçiner A. C., “Sediment Transport Processes at Manavgat River Mouth, Antalya Turkey”, Proceedings of VI Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries COPEDEC, Sri Lanka, 2003

Hanson, H., (1987), “GENESIS: A Generalized Shoreline Change Numerical Model for Engineering Use”, Ph.D. Thesis, University of Lund, Lund, Sweden

Kamphuis, J.W., (1991), “Alongshore Sediment Transport Rate”, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Volume 117, pp. 624-640.

Kamphuis, J.W., (2000), "Introduction to Coastal Engineering and Management", World Scientific, Singapore-New Jersey-London-Canada

Pelnaud-Considerere, R., (1956), "Essai de Theorie de l'Evolution des Forms de Rivage en Plage de Sable et de Galets", 4th Journees de l'Hydraulique, Les Energies de la Mer, Question III, Rapport No. 1, pp. 289-298.

Shore Protection Manual (SPM), (1984), U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Şafak, I., (2006), "Numerical Modeling of Longshore Sediment Transport", M.S. Thesis, METU, Ankara, Turkey