

KURUPELİT YAT LİMANINDA MEYDANA GELEN KIYI ŞERİDİ DEĞİŞİMİNİN SAYISAL MODELLENMESİ

Yağız Arda Çiçek

İnşaat Mühendisi, Doktora Öğrencisi
KU Leuven – yagizardacicek@gmail.com
Leuven, Belçika

Hasan Gökhan Güler

Dr., Yarı Zamanlı Öğretim Üyesi
ODTÜ – goguler@metu.edu.tr
Ankara, Türkiye

Gülizar Özyurt Tarakcıoğlu

Dr. Öğretim Üyesi
ODTÜ – gulizar@metu.edu.tr
Ankara, Türkiye

İşıkhan Güler

Dr., Yarı Zamanlı Öğretim Üyesi
ODTÜ – isikhan@metu.edu.tr
Ankara, Türkiye

Barış Ufuk Şentürk

İnşaat Mühendisi, Doktora Öğrencisi
ODTÜ – ufuk@metu.edu.tr
Ankara, Türkiye

Cüneyt Baykal

Dr. Öğretim Üyesi
ODTÜ – cbaykal@metu.edu.tr
Ankara, Türkiye

Ahmet Cevdet Yalçın

Prof. Dr.
ODTÜ – yalciner@metu.edu.tr
Ankara, Türkiye

Ayşen Ergin

Prof. Dr.
ODTÜ – ergin@metu.edu.tr
Ankara, Türkiye

ÖZET

Ülkemizde Atakum/Samsun yöresinde bulunan Kurupelit Yat Limanı'nın dalgakıran yapısı inşaatı sonrasında kıyı boyunca belirgin ölçüde kıyı erozyonu gözlemlenmiştir. Ayrıca, dalgakıran yapısının çevresinde ise birikmeler gözlemlenmiştir. Kıyı şeridinde meydana gelen değişikliklerin ilerleyen dönemlerde de benzer şekilde devam edeceği öngörülerek liman içinin tamamen dolgu malzemesi ile doldurulması ve dalgakıran yapısının 500 metre uzatılması yerel otoriteler tarafından çözüm önerisi olarak sunulmuştur. Bu çalışmada, bahsi geçen çözüm önerisinin uygulanması durumunda meydana gelecek olası sonuçlar iki farklı kum taşınım sayısal modeli yardımı ile araştırılmıştır. Çalışmada iki farklı kum taşınım modeli kullanılmıştır. Sayısal modelleme çalışmaları sonucunda her iki model de bahsi geçen çözüm önerisinin mevcut sorunları çözemeyeceğini ve kıyı şeridinde meydana gelen değişimlerin devam edeceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: kıyı şeridi değişimi, kum taşınımı, sayısal modelleme, Kurupelit Yat Limanı

ABSTRACT
NUMERICAL MODELING OF SHORELINE CHANGE IN
KURUPELIT MARINA

In Kurupelit Marina, located in Atakum/Samsun region in Turkey, severe erosion is observed in the longshore direction due to the construction of the breakwater. Therefore, a heavy shoreline change is observed. In addition, serious deposition is observed around the breakwater. It is understood by the local authorities that the condition would get even worse. Then, filling the marina with fill material and extending the breakwater by 500 meters are considered solution proposals. In this study, the possible results that will occur in the case of the implementation of the aforementioned solution proposals are investigated using numerical models. Two different sediment transport models are used. As a result, both models show that the proposed solutions will not solve the existing problems; on the contrary, the present situation will be even worse in the case of the implementation of the proposed solutions.

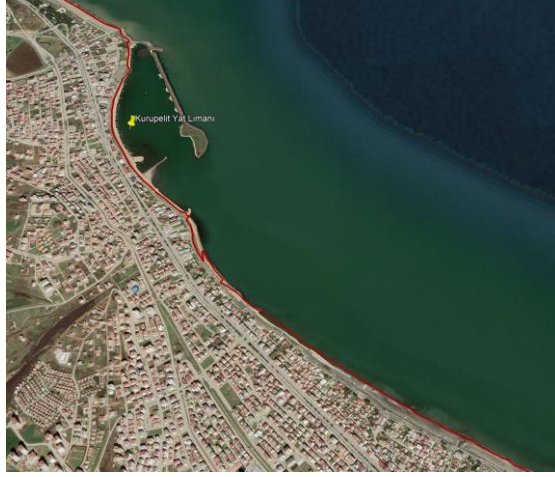
Keywords: shoreline change, sediment transport, numerical modeling, Kurupelit Marina

GİRİŞ

Kıyı şeridinde meydana gelen yüksek erozyon ve birikme, kum taşınımından kaynaklanan ve kıyı mühendisleri tarafından sıklıkla karşılaşılan bir sorundur (Kökpınar vd., 2000; Ergin vd., 2006). Kıyı şeridinde meydana gelen bu olaylar, doğal kökenli sebeplerle ilişkilendirilebileceği gibi, deniz alanlarından yer kazanmak, ulaşımı kolaylaştırmak ya da ekonomik amaçlarla inşa edilen kıyı yapıları da kıyı şeridindeki değişimde büyük rol oynayan insan kaynaklı etkenlerdendir (Uzun, 2015). Bu bağlamda, ülkemize ve dünyada, kıyı yapılarının tasarımı sırasında bu yapıların kıyı şeridine olası etkileri fiziksel ve sayısal modellerle yardımcı ile incelenmektedir (Ari, 2004 ve Sesli, 2006).

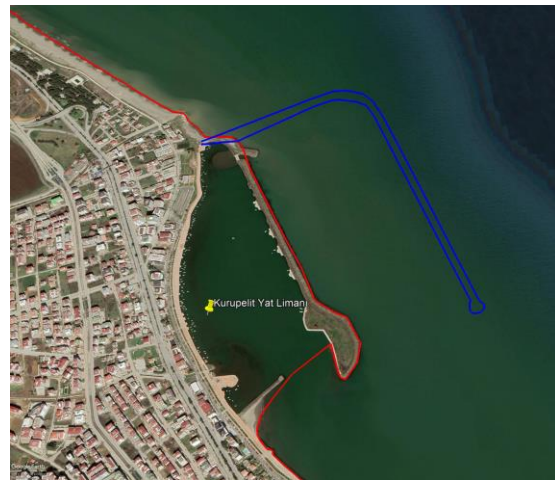
AMAÇ

Ülkemizde Atakum/Samsun yöresinde bulunan Kurupelit Yat Limanı'nın dalgakıranı (Şekil 1), yukarıda bahsi geçen beşeri etken kaynaklı kıyı şeridi değişimine bir örnek oluşturmuştur.



Şekil 1: Kurupelit Yat Limanı (kırmızı çizgi 2009 yılına ait kıyı şeridini temsil etmektedir.)

Çeşitli navigasyon araçları kullanımı sonucu, yapılan bu dalgakıranın, 2009-2022 yılları arasında kıyı boyunca 50 metreyi aşan erozyona yol açtığı, dalgakıranın kuzey-batı bölgesindeki birikme değerlerinde ise ciddi bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun daha da kötüye giderek devam edeceği, kıyı mühendisleri tarafından öngörülmüş ve sorunun çözümü için sunulan önerilerin sayısal benzetim çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmada, bahsi geçen yat limanının içinin tamamen dolgu ile kaplandığı ve dalgakıran yapısının 500 metre uzatıldığı durumda (Şekil 2) olası kum taşınımının ve kıyı şeridi değişiminin nasıl etkileneceği sayısal modeller aracılığı ile araştırılmıştır.



Şekil 2: Kurupelit Yat Limanı doldurma alanı ve yeni dalgakıran yapısı (kırmızı çizgi doldurma alanını, mavi çizgi yeni dalgakıran yapısının tahmini konumunu göstermektedir.)

Sayısal benzetim çalışmalarında Artagan (2006), Baykal (2006), şafak (2006) ve Esen (2007) tarafından geliştirilen CSIM Tek izgi kum taşınımı modeli ve Elghandour (2018) tarafından geliştirilen ShorelineS isimli kum taşınımı modeli kullanılmıştır. Çalışma genel anlamda şu araştırma sorularına cevap aramaktadır: (i) Kum taşınımı sayısal modellerinde kullanılan kalibrasyon parametrelerinin değeri bahsi geçen bölge için nedir? (ii) Liman içini doldurmak ve dalgakıran uzunluğunu 500 metre arttırmak, kıyı şeridinde nasıl bir değişime yol açacak, mevcut sorunları çözebilecek midir? (iii) Kullanılan modeller arasında kıyı şeridi değişiminin tahmini açısından nasıl bir farklılık vardır?

Bu bildiri şu şekilde tasarlanmıştır: **YÖNTEM** kısmında kullanılan sayısal modeller tanıtılmış, kalibrasyon parametrelerinin belirlenmesi için izlenen yol açıklanmıştır. Sonrasında **SAYISAL MODELLEME ALIşMALARI** kısmında kalibrasyon parametresinin değeri, olası yapısal değişikliğin kıyı şeridine olan etkisi ve iki model arasındaki farklılıklar anlatılmıştır. Son olarak **SONUÇ** kısmında model ıktıları ve mevcut çözüm önerisinin yeterliliği tartışılmış ve sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

YÖNTEM

Bu alışmada, Artagan (2006), Baykal (2006), şafak (2006) ve Esen (2007) tarafından geliştirilen kum taşınımı modeli ile Elghandour (2018) tarafından geliştirilen ShorelineS isimli kum taşınımı modeli kullanılmıştır. Bu kısımda öncelikle kullanılan sayısal modellerin çözdüğü kum taşınımı denklemleri verilmiştir. Ardından kalibrasyon parametresini belirlemekte kullanılan yöntem açıklanmıştır.

CSIM Tek-izgi Kum Taşınım Modeli

CSIM Tek-izgi Kum Taşınım Modeli, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Kıyı ve Liman Mühendisliği Laboratuvarında geliştirilmiş olup, Pelnard-Considere (1956) tarafından sunulan “tek-çizgi” teorisine dayalı bir boyutlu kıyı şeridi değişim tahmininde kullanılan bir modeldir. Teorideki ana varsayım, kumsal denge profili üzerine kurulmuştur. Kumsal denge profiline göre su derinliği ve kıyı şeridinden olan uzaklık Denklem (1) ile ifade edilmektedir (Bruun, 1954).

$$d = A_p \cdot y^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

Burada, d su derinliğini, y ise kıyıdan olan uzaklığı vermektedir. A_p ise Dean (1983) tarafından Denklem (2) ile ifade edilmiştir.

$$A_p = [1.04 + 0.086 \cdot \ln(D_{50})]^2 \quad (2)$$

Denklem (2), $0.0001 \leq D_{50} \leq 0.001$ metre koşulunda geçerli olup D_{50} parçacık boyutunu ifade etmektedir.

“tek-çizgi” teorisinin bir sonucu olarak kıyı şeridi değişimi, kütlenin korunumu (Denklem 3) ve kum taşınımı denklemi (Denklem 5) ile ifade edilebilir.

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

Burada, y kıyı şeridinin konumunu, t zamanı, x kıyı boyu konumu, Q uzun dönem kum taşınımını, q kum kaynağı ya da kum kaybını, B basamak genişliğini ve D_c kapama derinliğini temsil etmektedir. Kapama derinliği, Hallermeier (1978) tarafından Denklem (4)’te verildiği şekilde hesaplanabilmektedir.

$$D_c = 2.28 \cdot H_{s,12} - 68.5 \cdot \left(\frac{H_{s,12}^2}{gT^2} \right) \quad (4)$$

Burada, $H_{s,12}$ yılda 12 saat aşılın belirgin dalga yüksekliğini ve T ise buna karşılık gelen dalga periyodunu temsil etmektedir. Q değerini hesaplamak için ise birçok matematiksel ifade bulunmaktadır. Bu çalışmada, Denklem (5)’te verilen CERC formülü (SPM, 1984) kullanılmıştır.

$$Q = \frac{K}{16 \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot (1 - p)} \cdot \sqrt{\frac{g}{\gamma_b}} \cdot H_b^{\frac{5}{2}} \cdot \sin(2\alpha_b) \quad (5)$$

Burada, K değişkeni ileride kalibre edilecek olan boyutsuz parametredir. ρ_s ve ρ ise sırasıyla kumun ve suyun yoğunluklarıdır ve sırasıyla 2650 kg/m^3 ve 1025 kg/m^3 olarak alınmıştır. g yerçekimi ivmesini, p ise gözenekliliği temsil etmektedir ve $p = 0.4$ olarak alınmıştır. Ayrıca, γ_b dalga kırılma indeksidir ve düz zeminlerde 0.78 olarak kabul edilmiştir. Son olarak H_b ve α_b sırasıyla belirgi dalga kırılma yüksekliği ve kırılma açısıdır.

ShorelineS Modeli

Bu sayısal model, Elghandour (2018) tarafından geliştirilmiş olup kıyı şeridinin değişiminin tahmininde kullanılmaktadır. Model, “tek-çizgi” teorisini temel almaktadır ve kütlenin korunumu (Denklem 6) ve kum taşınımı (Denklem 7) denklemlerini çözmektedir.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{D} \cdot \left(\frac{\partial Q}{\partial x} + q \right) \quad (6)$$

Burada, y kıyı şeridinin konumunu, t zamanı, x kıyı boyu konumu, Q uzun dönem kum taşınımını, q kum kaynağı ya da kum kaybını ve D aktif profil yüksekliğini temsil etmektedir. Uzun dönem kum taşınımının (Q) hesabında SPM (1984) tarafından verilen CERC1 formülü (Denklem 7) çözülmektedir.

$$Q = bH_{s0}^{\frac{5}{2}} \sin 2(\phi_{loc}) \quad (7)$$

Burada, b değişkeni ileride kalibre edilecek olan parametredir. Ayrıca, H_{s0} belirgin dalga yüksekliği, ϕ_{loc} ise derin deniz geliş açısı ile kıyı şeridi oryantasyonunun arasında kalan açı olarak verilmiştir.

Kalibrasyon Parametresinin Belirlenmesi

Denklem 5 ve Denklem 7’den görülebileceği üzere, uzun dönem kum taşınımı hesabında K ve b olarak belirtilen kalibrasyon parametreleri kullanılmıştır. Bu parametrelerin belirlenebilmesi için öncelikle 2021 yılına ait kıyı şeridi Google Earth aracılığı ile saptanmıştır. Sonrasında ise sayısal modeller yardımı ile ilgili yıllara ait dalga parametreleri kullanılarak 2009-2021 yılları arasındaki kıyı şeridi değişimi bulunmuştur. Modellerin

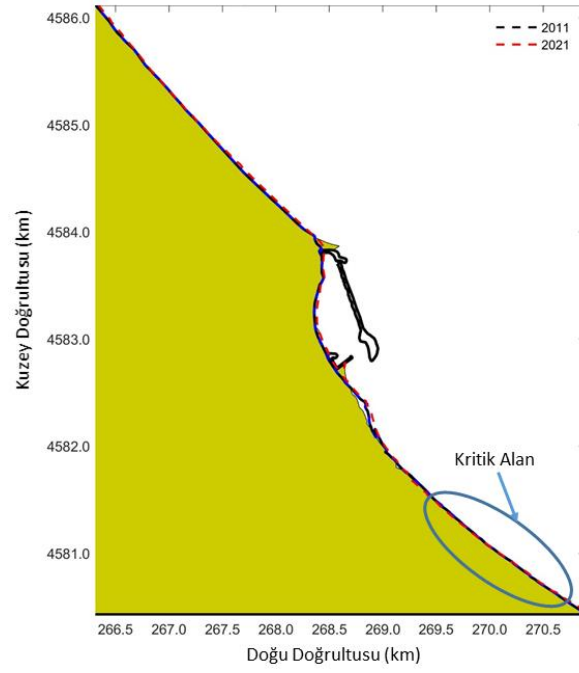
kullanımı sırasında kalibrasyon parametreleri ilk olarak varsayılan değerler olarak alınmıştır. Ardından, model sonuçları 2021 yılındaki kıyı şeridi ile kıyaslanmış, ve kalibrasyon parametrelerinde gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu kıyaslamalar, ilgili bölgedeki en kritik (en yüksek erozyona uğrayan) alanlar göz önüne alınarak yapılmıştır. Son olarak model sonuçları ile 2021 yılındaki kıyı şeridi arasındaki kritik bölgelerdeki uygunluk yeterli bulunana kadar kalibrasyon parametreleri değiştirilmiştir.

SAYISAL MODELLEME ÇALIŞMALARI

Bu kısımda sayısal modelleme çalışmalarının sonuçları iki alt başlık altında verilmiştir. Öncelikle kalibrasyon parametrelerini belirlemek amacı ile 2009-2021 yılları arasında sayısal modelleme sonuçları ve bu sonuçlar ışığında elde edilen kalibrasyon parametreleri açıklanmıştır. Sonrasında ise Kurupelit Yat Limanı'nın içi doldurulmuş ve dalgakıran yapısının 500 metre uzatılmış hali sayısal modeller aracılığı ile 2021-2040 yılları arasında çalışılmış, olası kıyı şeridi değişimleri tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kıyı şeridi değişiminin bölgeye olası etkileri açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca kullanılan modeller, elde ettikleri sonuçlar bazında kıyaslanmış ve kıyı şeridini tahmin etme performansları tartışılmıştır.

Kalibrasyon Parametresi Sonuçları

Mevcut çalışmanın ilk adımı olarak Denklem 5 ve Denklem 7'de verilen K ve b parametreleri, **YÖNTEM** kısmında anlatıldığı üzere bölgenin 2009-2021 yılları arasındaki kıyı şeridi değişimi baz alınarak kalibre edilmiş ve en uygun değerler belirlenmiştir. Kalibrasyon işlemleri sırasında Şekil 3'te belirtilen kritik bölge baz alınmış, bu bölgedeki erozyonun doğru tahmini öncelikli kıstas olarak belirlenmiştir.

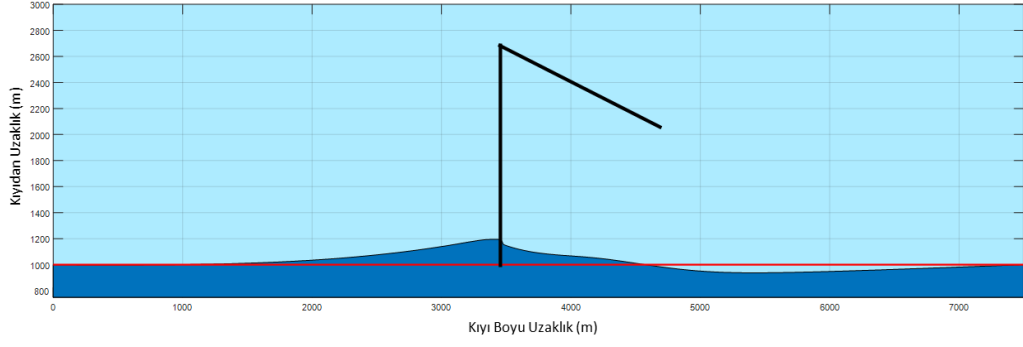


Şekil 3: 2011 ve 2021 yıllarına ait kıyı şeritleri ve modelleme sonuçları

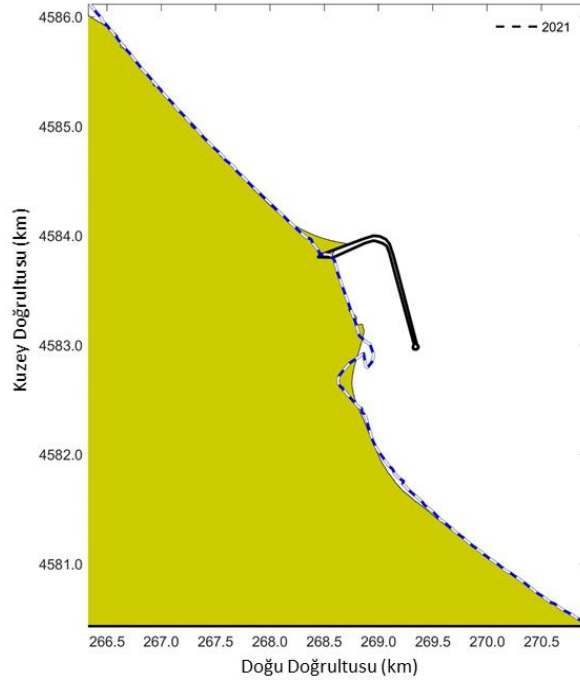
Yukarıdaki şekilden de görüleceği üzere kritik alandaki erozyon değerleri sayısal modelleme sonuçları ile oldukça uyumludur. Bu uygunluğu sağlayan kalibrasyon parametreleri ise şu şekilde bulunmuştur: CSIM kum taşınım modelinde bahsi geçen ve Denklem 5’te kullanılan K parametresi $K = 1.0$ olarak belirlenmiştir. ShorelineS modelinde bahsi geçen ve Denklem 7’de kullanılan b parametresi ise $b = 8.5 \cdot 10^4$ olarak belirlenmiştir.

Kıyı Şeridi Değişimi Sonuçları

Kalibrasyon parametrelerinin iki sayısal model için de belirlenmesinin ardından 2021-2040 yılları arasında Kurupelit Yat Limanı’nın iç kısmı tamamen dolgu ile doldurulmuş ve 500 metre uzunluğuna sahip yeni bir dalgakıran inşa edildiği varsayılmıştır. Yeni şartlar altında kıyı şeridinde meydana gelecek olası değişimlerin tahmini için benzetim çalışmaları yapılmıştır. İlk olarak CSIM kum taşınım modeli kullanılmış ve sonuçlar Şekil 4’te verilmiştir. Sonrasında ise ShorelineS modeli kullanılarak yapılan benzetim çalışmaları sonuçları Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 4: CSIM kum taşınım modelinin kıyı şeridi değişimi sonuçları



Şekil 5: ShorelineS modelinin kıyı şeridi değişimi sonuçları

Şekil 4 ve Şekil 5'ten de anlaşılacağı üzere her iki benzetim çalışmasının sonucunda da 2040 yılının sonunda erozyona uğrayan kritik bölgedeki erozyon miktarlarının daha da artacağı gözlemlenmiştir. Ayrıca, yeni yapılan 500 metre uzatılmış dalgakıran yapısının ardında oluşan birikme miktarlarında da ciddi artışlar olabileceği anlaşılmıştır. Ek olarak, CSIM kum taşınım modeli kritik bölgedeki en yüksek erozyon miktarını 62 metre bulurken, ShorelineS modeli aynı bölgede bu değeri 63 metre bulmuştur. Bu da iki modelin de birbiriyle uyumlu sonuçlar verdiğini ve benzer performanslarda çalıştıklarını göstermiştir.

Şekil 4 ve Şekil 5'te sunulan grafiklerden de anlaşılacağı üzere bahsi geçen yat limanının içinin tamamen dolgu ile kaplamak ve dalgakıran yapısını 500 metre uzatmak, Atakum/Samsun yöresinde bulunan Kurupelit Yat Limanı'ndaki kum taşınımı sonrası meydana gelen kıyı şeridi değişimi sorunlarını çözmeyecektir. Aksine, durum daha da vahim bir vaziyet olarak

erozyonun yüksek olduğu kritik bölgelerde bulunan yapılara zarar verecektir. Ek olarak, dalgakıran yapısının arkasında oluşan birikme kaynaklı su seviyesinde düşüş, kıyı boyunda oluşan erozyon kaynaklı su seviyesinde artış meydana gelecektir. Bu da doğal habitata zarar verecek, bu bölgelerde yaşayan deniz canlılarının hayatlarını riske girecektir. Sonuç olarak, büyük masraflarla yapılması düşünülen bu çalışmanın mevcut durumu daha da bozarak büyük felaketlere yol açması olası bir senaryodur.

SONUÇ

Bu çalışmada, Atakum/Samsun yöresinde bulunan Kurupelit Yat Limanı'ndaki mevcut dalgakıran yapısından kaynaklanan kıyı şeridi değişimini engellemek için düşünülen liman içini dolgu malzemesi ile kaplama ve dalgakıran yapısını 500 metre uzatma önerisinin kıyı şeridine olası etkileri incelenmiştir. Çalışmada CSIM kum taşınım modeli ve ShorelineS kum taşınımı modeli kullanılmıştır. Öncelikle sayısal modellerin çözdüğü denklemlerde bulunan kalibrasyon parametrelerini (K, b) saptamak amacıyla 2009-2021 yılları arasında oluşan kıyı şeridi değişimi belirlenmiş, sonrasında ise sayısal modeller bu kıyı şeridi değişimine benzer sonuçlar verene kadar kalibrasyon parametreleri değiştirilmiştir. Sonuç olarak bu parametrelerin değerleri $K = 1.0$ ve $b = 8.5 \cdot 10^4$ olarak bulunmuştur. Sonrasında ise liman içindeki alanın dolgu malzemesi ile kaplandığı ve mevcut dalgakıranın 500 metre uzatıldığı varsayılarak 2021-2040 yılları arasında kıyı şeridi değişimi sayısal modellenmiştir. Yapılan benzetim çalışmaları sonucunda iki model de benzer sonuçlar vermiş, dalgakıranın arka kısmında büyük miktarlarda birikme, kıyı boyunda ise ciddi erozyonlar gözlemlenmiştir. Ayrıca iki sayısal model de kritik bölgedeki erozyon miktarlarını benzer bulmuştur. Bu da iki modelin de benzer performansta çalıştığını, ve uyumlu sonuç verdiğini göstermiştir.

Bu çalışmada Kurupelit Yat Limanı'ndaki kıyı şeridi değişimi sorunu için sunulan çözüm önerisinin, durumu düzeltmekten ziyade daha da kötü sonuçlara yol açacağı öngörülmüştür. Önerilen çözümün imalat maliyeti ve olası kötü senaryoların doğaya ve kıyı kenarındaki yapılara verdiği zarar düşünüldüğünde alternatif çözümlerin araştırılması, daha detaylı sayısal modelleme çalışmalarının yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

Ari, H. A. (2004), "A study on shoreline numerical modeling; Karaburun case study" MSc Thesis, Department of Civil Engineering, Yıldız Technical University. (In Turkish)

Artagan, S.S (2006), "A one-line numerical model for shoreline evolution under the interaction of wind waves and offshore breakwaters" MSc Thesis, supervisor: Prof. Dr. Ayşen Ergin, co-supervisor: Işıkhan Güler, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University.

Baykal, C. (2006), "Numerical Modeling of wave diffraction in one-dimensional shoreline change model" MSc Thesis, supervisor: Prof. Dr. Ayşen Ergin, co-supervisor: Prof. Dr. Ahmet Cevdet Yalciner, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University.

Bruun, P., (1954), "Measures Against Erosion at Groins and Jetties", Proc. 3rd Conf. on Coastal Engrg., ASCE, Cambridge, Massachusetts, pg.137-164

Dean, R.G., (1983), CRC handbook of coastal processes and erosion, P.D. Komar, ed., CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla.

Elghandour, A. M. (2018), "Efficient modelling of coastal evolution: Development, verification and validation of ShorelineS model" MSc Thesis, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft.

Ergin, A., Güler, I., Yalciner, A.C., Baykal, C., Artagan, S.S., Şafak, I. (2006), "A One-Line Numerical Model for Wind Wave Induced Shoreline Changes", Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey

Esen, M. (2007), "An implicit one-line numerical model on longshore sediment transport" MSc Thesis, supervisor: Prof. Dr. Ayşen Ergin, co-supervisor: Işıkhan Güler, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University.

Hallermeier, R.J., (1978), "Uses for a Calculated Limit Depth to Beach Erosion", Proc. 16th Int. Conf. on Coastal Engrg., ASCE, New York, 1493-1512

Şafak, I. (2006), "Numerical modeling of wind wave induced longshore sediment transport" MSc Thesis, supervisor: Prof. Dr. Ayşen Ergin, co-supervisor: Işıkhan Güler, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University.

Kökpınar, M.A., Güler, I., Darıma, Y., (2000), "Bafra Ovası Kızılırmak-Karadeniz Birleşimindeki Kıyı Erozyonunun İncelenmesi", III. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Çanakkale, 507-524

Pelnard-Considere, 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, 289-298

Sesli, A. F. (2006). “Sayısal Fotogrametri ile Kıyı Alanlarındaki Değişimin İncelenmesi” Jeodezi, Jeonformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı 95, S. 11-17

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

Uzun, M. (2014). “Hersek Deltasında (Yalova) kıyı çizgisi-Kıyı Alanı değişimleri ve etkileri” Doğu Coğrafya Dergisi, 19(32), 27.