

**Dokuz Eylül Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi Dergisi
Cilt: 5 Sayı: 2 Yıl: 2013**

LİMANLARIN YÜZER DALGAKIRANLA MODELLENMESİ

Bergüzar ÖZBAHÇECİ¹

ÖZET

Türkiye’de şimdiye kadar genelde yat limanlarında, sakin deniz iklimleri olan bölgelerde kullanılan yüzer dalgakıranlar, derin, dik eğimli topoğrafya ve zayıf zemine sahip alanlarda yapılacak limanlar için de alternatif olabilir. Bu çalışmada Çandarlı Limanı’nın yüzer dalgakıranla modellenmesi senaryosu çalışılmıştır. 40 m derinlikli ve zayıf zeminli Çandarlı Limanı yüzer dalgakıran kullanımına iyi bir örnek olabilir. Yapımına halen devam edilen Çandarlı Limanı dalgakıranı, 800m boyunda taş dolgu dalgakıran ile 1000m boyunda, 1.778m çapında 90m uzunluğunda 20 cm aralıkla çakılan çift sıra kazıklardan oluşturulmaktadır. Her ne kadar söz konusu projede dalgakıran tipi belirlenmiş ve inşaatı devam etmekte ise de yüzer dalgakıran senaryosu çalışılarak yüzer dalgakıranların performansı ve ılımlı dalga iklimli limanlarda kullanım imkânı araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yüzer dalgakıran kullanarak limanın oluşturulması durumunda, istenen çalkantı oranları elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Yüzer dalgakıran, dalga geçirimi katsayısı, hidrolik model.*

HARBOR MODELLING WITH A FLOATING BREAKWATER

ABSTRACT

Floating breakwaters which have usually been constructed for marinas in the milder wave climate regions of Turkey can be an efficient alternative for the harbors with high water depth, steep bottom slope and poor soil conditions. This study presents a model for Çandarlı Container Terminal with a floating breakwater where the water depth is reaching to 40 m and the soil is too weak. However, breakwater of Çandarlı Container Terminal was designed as a combination of rubble mound breakwater with 800m length and piled breakwater with 1000 m length. According to the design, two rows of 90m length piles with a diameter of 1.778m will be driven with 0.2m distance between two piles. Although the construction of the breakwater has already been started in Çandarlı, in this study, floating breakwater scenario is studied to investigate the performance of the floating breakwater and the possibility of its usage for the

¹Yrd.Doç.Dr., İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, berguzarozbahceci@iyte.edu.tr

harbors with moderate wave climate. The results of the model study show that the required wave agitation could be gained when a port is constructed through floating breakwater scenario.

Keywords: *Floating breakwater, wave transmission, hydraulic modeling, oblique wave.*

1.GİRİŞ

Eski zamanlarda, doğal korunağa sahip deniz alanları (koylar vs) liman olarak kullanılırken, inşaat teknolojisindeki gelişmelere koşut olarak dalgakıranlar inşa edilmiş, böylece dalgaya karşı korunaklı, gemilerin rahatça yanaşıp, elleçleme yapılabildiği modern limanlar oluşturulmuştur.

Taş dolgu dalgakıranlar ülkemizde en çok tercih edilen dalgakıran tipidir. Genelde taş ocaklarından 10-12t'a kadar taş çıkarılabilmesi ve inşaatının basit makinalarla yapılabilmesinden dolayı taş dolgu dalgakıranlar popüler olmuşlardır. Dalga kuvvetine karşı dalgakıran stabilitesi için 10-12t taştan daha büyük taşlara ihtiyaç olduğu durumlarda, koruma tabakasında beton bloklar kullanıldığı dalgakıranlar da inşa edilmiştir (örneğin Hopa Limanı). Büyük beton kutulardan oluşan keson tipi dalgakıran da limanlarımızda kullanılan dalgakıran tiplerindedir.

Son 30 yılda uluslararası ticaretteki artış deniz ulaştırmasına talebi arttırmış, özellikle konteynerize yük ticaretinin önemli ölçüde büyümesini sağlamıştır (Ulaştırma Kıyı Yapıları Master Plan Çalışması Sonuç Raporu, 2010: 371-375). Bu büyümeyle birlikte gemi boyutları ve kapasiteleri de hızla büyümekte, yeni limanların buna göre planlanması gerekmektedir. Gemi kapasiteleri büyüdükçe, su çekimi (draft) yükselmekte, rıhtım önünde istenen su derinliği artmaktadır. Böylelikle limanların daha derin bölgelerde tasarlanması önem kazanmaktadır. Su derinliği arttıkça dolgu (taş veya beton bloklu) veya keson dalgakıranının maliyeti artmakta, ekonomik olmaktan uzaklaşmaktadır. Yeni nesil dalgakıranlardan yüzer dalgakıranlar özellikle derin denizlerde bir alternatif olabilir. Türkiye'de şimdiye kadar genelde yat limanları için, sakin deniz iklimleri olan bölgelerde kullanılan yüzer dalgakıranların önemli bir avantajı da zeminin kötü olduğu bölgelerde de kullanılabilmesidir. Yüzer dalgakıranların liman içinde kirlenmeye ve sediment birikimine neden olmamaları, modülerlikleri ve taşınabilirlikleri de tercih sebebi olmaktadır (Hales,1981).

Yüzer dalgakıranların tasarımı ve performansı üzerine pek çok fiziksel ve sayısal model çalışması yapılmıştır. Yüzer dalgakıranları yansıtıcı ve sönmüleyici olmak üzere iki sınıfa ayıran PIANC (1994) de dalga periyodunun 4-5 sn'yi aştığı durumlarda daha büyük yapılara veya farklı yaratıcı tasarımlara ihtiyaç olduğu söylenmektedir. Özellikle son 10 yılda yüzer dalgakıranlara olan ihtiyacın artmasıyla yüzer dalgakıranların performansını geliştirmeye yönelik birtakım araştırmalar da yapılmıştır. Faucert (2006) sayısal model yardımıyla T şeklinde dikdörtgen yüzer dalgakıranın periyodu 9 sn'e kadar olan dalganın %95'ini tutabildiğini göstermiştir. Martinelli vd. (2008) üç boyutlu hidrolik model çalışmalarında dalganın yüzer yapıya açılı gelmesi durumunda performansının arttığını göstermişlerdir. Kürüm (2008) ters U şeklindeki yüzer dalgakıranına ilişkin yaptığı hidrolik model çalışmasında, yapı genişliği ve ayakların yüksekliğinin artmasıyla yüzer dalgakıranın dalgayı daha çok tutabildiği sonucuna varmıştır. Yüzer dalgakıranla düşey yüzölçümü dalgakıranın kombinasyonundan oluşan Datça Yat Limanı dalgakıranının performansını 3 boyutlu hidrolik model deneyi çalışmasıyla araştıran Günbak vd. (2013), liman içindeki dalga yüksekliğinin 0.3myi aşma olasılığını %1.08 bulmuşlardır.

Bu çalışmada Çandarlı Limanı'nın yüzer dalgakıranla modellenmesi senaryosu çalışılmıştır. Çandarlı Limanı 4 milyon TEU kapasitesinde (Ulaştırma Kıyı Yapıları Master Plan Çalışması Sonuç Raporu, 2010: 186) bir konteyner limanı olarak tasarlanmıştır. Yapımına halen devam edilen dalgakıran, 800 m boyunda taş dolgu dalgakıran ile 1000 m boyunda, 1.778 m çapında 90 m uzunluğunda 20 cm aralıkla çakılan çift sıra kazıklardan oluşturulmaktadır (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2013). Su derinliğinin 40 m'ye ulaştığı, deniz tabanından itibaren yaklaşık 40mlik bir gevşek zemin olduğu yapılan etütlerle ortaya çıkarılmıştır. Dolayısıyla bu projede yüzer dalgakıranın bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar söz konusu projede dalgakıran tipi belirlenmiş ve inşaatı devam etmekte ise de yüzer dalgakıran senaryosu çalışılarak yüzer dalgakıranların performansı ve limanlarda kullanımının imkânı araştırılmıştır.

Çalışmada önce Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Liman Hidroliği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen yüzer dalgakıran hidrolik model deneyleri sonuçları verilmiştir. Çandarlı Limanı için yapılan dalga iklimi ve dalga transformasyonu çalışması (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2008) ile yapı önüne gelen dalga bulunmuştur. Daha sonra deney sonuçları göz önüne alınarak, Çandarlı

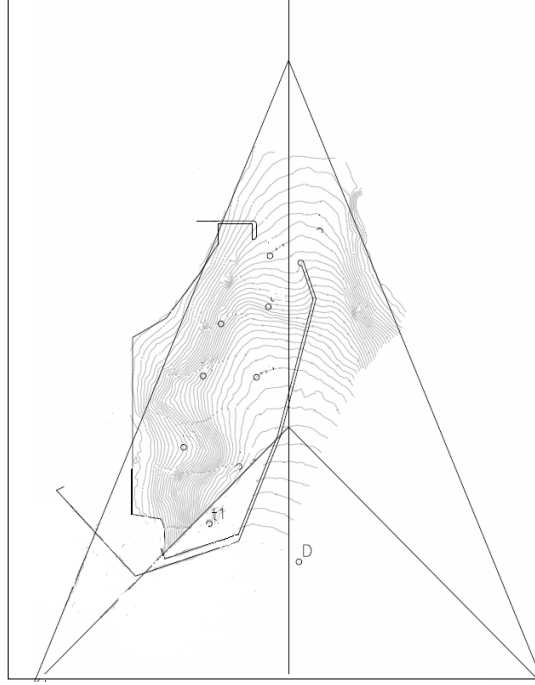
Limanı'nda yüzer dalgakıran kullanılması durumunda liman içindeki çalkantı durumu incelenmiştir.

2.HİDROLİK MODEL DENEYLERİ

Çandarlı Limanı'nın yüzer dalgakıranla oluşturulması hidrolik model deneyleriyle incelenememiştir. Ancak daha sonra başka bir proje için yüzer dalgakıranın performansını araştırmak için Araştırma Dairesi Başkanlığı, Liman Hidroliği Laboratuvarı'nda 3 boyutlu bir hidrolik model çalışması yapılmıştır. Her projenin kendine has özellikleri olduğu için (su derinliği, topoğrafya vs.) hidrolik model çalışması sonuçlarının tam olarak Çandarlı için geçerli olacağı söylenemez. Ancak, projenin yapılacağı bölgede de Çandarlı gibi su derinliği 40 mler civarındadır ve topoğrafya benzer özellikler göstermektedir. Bu nedenle yüzer dalgakıranların performansına ilişkin bir yaklaşım oluşturmak için bu deney sonuçları kullanılacaktır.

Şekil 1'de vaziyet planının dalga havuzuna yerleştirilmesi gösterilmektedir. Model havuza yerleştirilmeden önce havuzda deniz taban topoğrafyası oluşturulmuştur. Taban topoğrafyası oluşturulurken 1x1 m grid aralıkları ile su derinliği değerleri model ölçeği göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Dalgakıranın önündeki su derinliği vaziyet planına göre 3 m ile 41 m arasında değişmektedir. 41 m su derinliği modelde ölçek 1/30'a göre $41/30= 1.37$ m'ye denk gelmektedir. Oysa dalga havuzunda derinlik 1.2 m'dir. Dalga yüksekliği ve derin deniz durumu da dikkate alınarak su derinliği olarak en fazla 25 m'nin modellenmesinin uygun olduğu öngörülmüştür. Su derinliğinin sığlaştığı bölgelerde taban yükseltilecek topoğrafya oluşturulmuştur. Topoğrafyanın oluşturulmasında kum (3-7 mm) ve kumun üzerine karo kullanılmıştır. Karo, istenen taban sürtünmesini temsil etmesi, üzerinde yürümeye izin verecek kadar sert bir malzeme olması ve çalışma bitiminde basenden kaldırılması kolay ve çabuk olması nedenleriyle seçilmiştir.

Topoğrafyanın yerleştirilmesinin ardından yüzer dalgakıranın modellenmesine geçilmiştir. Yüzer dalgakıran 20 m boyunda ünitelerden oluşmaktadır. Her bir ünite dört zincirle tonozlara ve üstündeki dört bağlantı noktasıyla yanındaki ünitelere bağlanmaktadır. Prototipte betondan yapılacak olan yüzer ünitelerin deneyde kullanılacak modelleri alüminyumdan yapılmıştır. Alüminyum, birim ağırlığının betona yakın olması ($\gamma=2.7t/m^3$) ve model yapımı için daha uygun olması nedeniyle seçilmiştir.



Şekil 1. Vaziyet Planının Dalga Havuzuna Yerleştirilmesi

Model ölçeğine göre küçültülen yüzer ünitenin bağlantı elemanı olarak modelde ağırlığı ~23 gr/m olan her biri 1.5m uzunlukta zincir ile ~3.75 kg'lık demir tonoz kullanılmıştır. Uç noktadaki tonozlar hariç her bir tonozla iki zincir bağlanmıştır. Ünitelerin birbirine bağlanmasında cıvata ve somun kullanılmıştır. İki ünite arasına iki yay konulmuştur. Yüzer dalgakıranın performansını gösteren en önemli nokta, yapı önündeki dalganın ne kadarının liman içine girdiğidir. Bu Dalga Geçirim Katsayısı, K_t ile ölçülmektedir. K_t 'nin tanımı aşağıdaki gibidir:

$$K_t = H_t / H_i$$

(1)

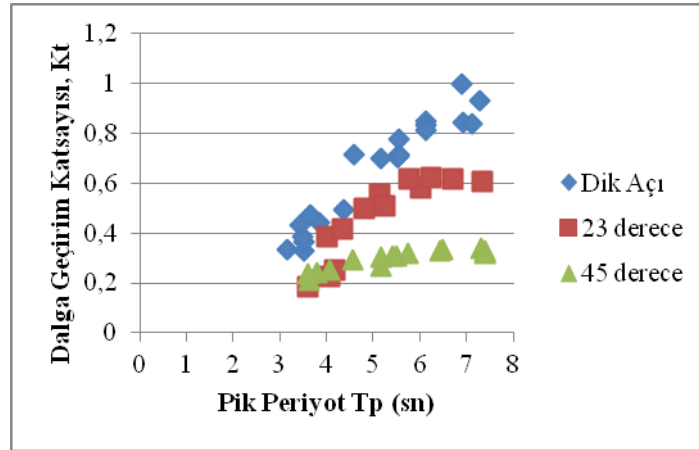
Burada; H_i = Yapı önüne gelen dalga, H_t = Yapı arkasına geçen dalgadır.

Şekil 1'de gösterildiği gibi, gelen dalga D noktasına konulan; dalga yüksekliği ve periyodunun yanında üretilen dalganın yönünü de saptayabilen dalgaölçer grubu ile belirlenmiş, yapı arkasına geçen dalga

t1 noktasına konulan dalgaölçerle saptanmıştır. Daha sonra Denklem 1 ile dalga geçirim katsayısı K_t hesaplanmıştır.

Tüm deneyler doğadaki gibi düzensiz dalgalarla yapılmış olup, spektrum olarak BM kullanılmıştır. Çalkantı ve basınç deneylerinde $T_s/15$ veri aralığıyla 2048 veri alınmıştır. Bu süre yaklaşık 120-150 düzensiz dalgaya karşılık gelmektedir. Veriler alındıktan sonra istatistiki ve spektral analizler yapılarak dalga karakteristikleri hesaplanmıştır. Üç set deney yapılmıştır. Birincisinde dalga yapıya dik gelecek şekilde üretilmiştir. İkincisinde yapı dikiyle 23 derece, üçüncüsünde yapı dikiyle 45 derece yapacak şekilde dalga oluşturulmuştur. Dalga açısı D noktasına yerleştirilen yönsel dalgaölçer grubuyla teyit edilmiştir.

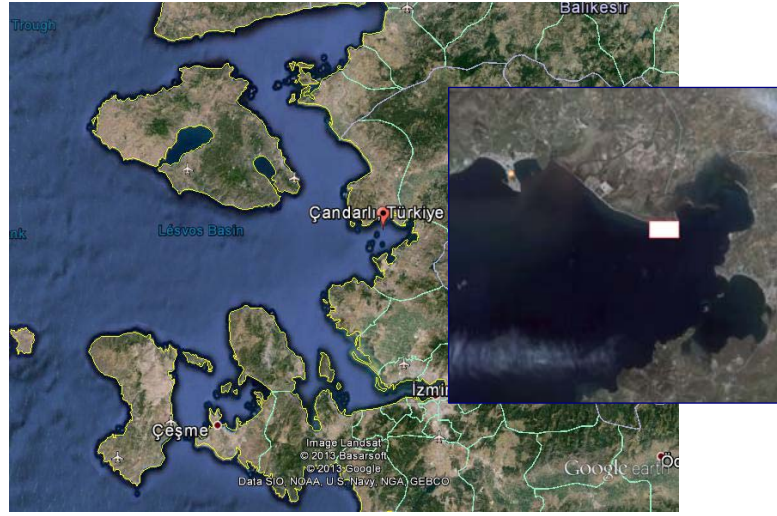
Deney sonuçları Şekil 2'deki grafikte verilmiştir. Grafikte x eksenini dalga spektrumundan elde edilen Pik Periyot T_p , y eksenini ise dalga geçirim Katsayısı K_t 'dir. Şekil 2'ye göre en fazla dalga geçirimi dalga yapıya dik geldiği zaman oluşmaktadır. Dalga açılı geldiğinde K_t azalmakta açı arttıkça K_t düşmektedir. Görülen diğer bir sonuç, beklendiği gibi periyot arttıkça K_t 'nin de artmasıdır. Grafikte $T_p=6$ sn'den sonra görülen dik gelen dalga ile açılı dalgalar arasındaki artışın açıdan değil transformasyon ve dalga kırılması sonucu gelen dalganın D 'deki ölçülenden küçülmesi olabilir.



Şekil 2. Yüzer Dalgakıran Deney Sonuçları

3.ÇANDARLI LİMANI

Çandarlı Limanı Şekil 3'te gösterildiği gibi, Bergama'ya bağlı Zeytindağ Kasabası sınırları içerisinde yer almaktadır. Kara ve deniz yollarının birleştiği bir yer olup, İzmir'e 80 km, İzmir-Bergama yol ayrımına 7 km ve Dikili'ye 20 km uzaklıktadır. Liman olarak seçilen bölge çoğu yönlerden gelen dalgalara kapalı bir alandır.

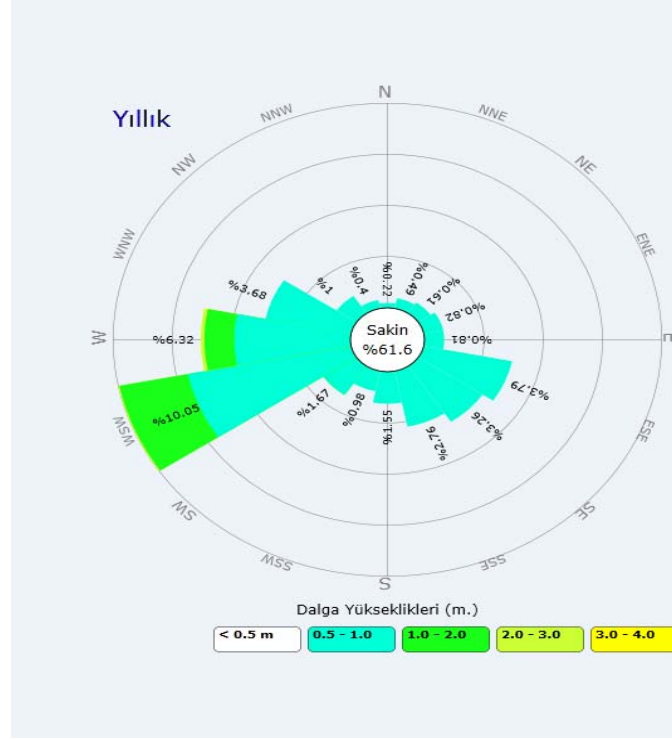


Şekil 3. Çandarlı Limanı'nın Konumu

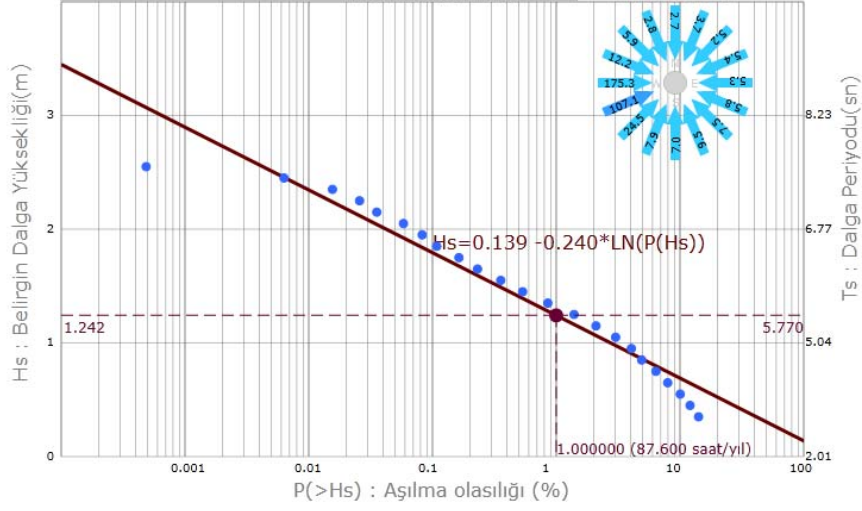
Kaynak: Google Earth, 2013.

Çandarlı Liman alanı dalga iklimi çalışması Prof.Dr. Lale Balas tarafından geliştirilen ve DLTM AR-GE firması tarafından akademik kullanımına izin verilen HYDROTAM-3D isimli program kullanılarak yapılmıştır. Programda kullanıcının harita üzerinde çalışma yapılacak alanını seçmesi yeterli olmakta; program otomatik olarak feçleri belirlemekte, en yakın meteoroloji istasyonundan rüzgar verilerini alarak uzun dönem ve ekstrem dalga istatistiğini vermektedir. Program, istasyon ve istasyonda varolan veri aralığını seçme opsiyonu da tanımaktadır. Rüzgâr verisinin dalgaya dönüştürülmesinde CEM (2006) yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışma için Dikili Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan 1970-2011 yılları arasındaki saatlik rüzgâr verisi kullanılmış ve Şekil 4'te verilen dalga gülü elde edilmiştir. Buna göre Batı güneybatı en etkili yöndür. BGB için derin deniz uzun dönem istatistiği Şekil 5'te gösterilmiştir. Buna göre yılda %1 aşılma olasılığına sahip derin deniz

dalgasının yüksekliği ve periyodu sırasıyla $H_s=1.24$ m, $T_s=5.8$ sn'dir. Bu dalga yapı önündeki dalgayı bulmak için kullanılacaktır.

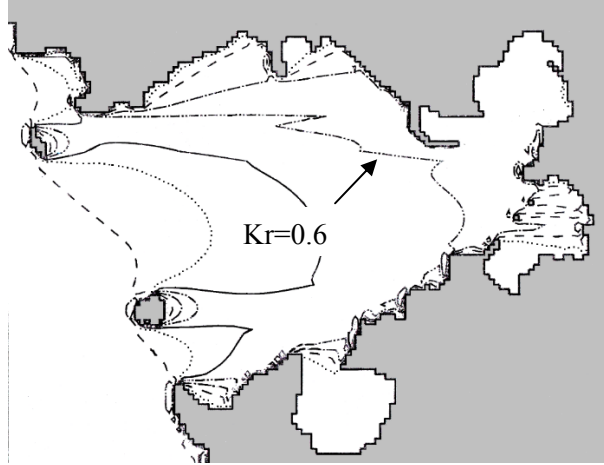


Şekil 4. Çandarlı Derin Deniz Dalga Gülü



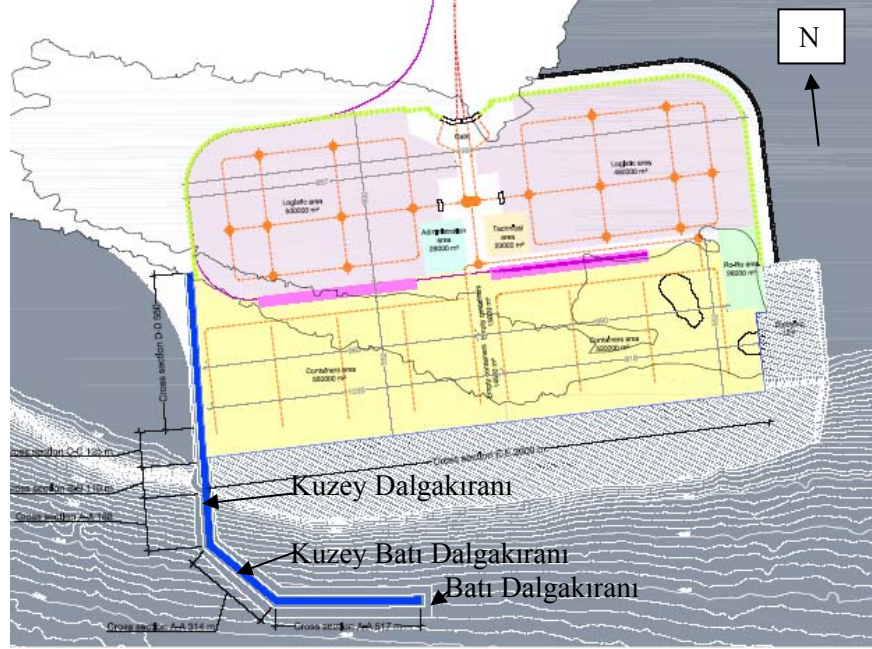
Şekil 5. BGB için Derin Deniz Uzun Dönem İstatistiği

Araştırma Dairesi, Hidrolik Laboratuvarı Raporu (2008)'nda çandarlı Limanı için dalga transformasyonu çalışması yapılarak dalga yapı önüne taşınmıştır. Şekil 6'da dalga transformasyon çalışması sonucunda dalga yüksekliğinde oluşan değişim, birimsiz katsayı K_r ile gösterilmektedir. Şekil 6'ya göre dalga yapı önünde % 40 ile 50 arasında küçülmektedir. Bu durumda derin denizden gelen yılda %1 aşılma olasılığına sahip $H_s=1.2$ m, $T_s=6$ sn dalgası, yapı önünde $H_{si}=0.74$ m ile 0.6 m arasında değişmektedir.



Şekil 6. BGB için Dalga Transformasyon Eğrileri

Çandarlı Limanı vaziyet planı Şekil 7’de verilmiştir. BGB dalgası Kuzey dalgakıranına 22.5 derece, Kuzeybatı dalgakıranına 22.5 derece, Batı dalgakıranına ise 67.5 derece açıyla gelmektedir. Bu durumda Şekil 2’deki deneylerden bulunan yüzer dalgakıran geçirim katsayılarını kullanarak, dalgakıranların yüzer olması durumunda liman içine giren dalga tahmin edilebilir. Bu tahmine göre kuzey dalgakıranından $0.74m \times 0.6 = 0.44m$, KB dalgakıranından aynı şekilde $0.44m$, Batı dalgakıranından ise $0.74m \times 0.4 = 0.3 m$ dalga liman içine girecektir. Rıhtımlarda yansıma katsayısının 0.3 olduğu kabul edilirse liman içindeki dalga yüksekliği 0.3 m ile 0.6 m arasında değişecektir. Bu da konteyner limanı için izin verilen dalga yüksekliği sınırları içindedir.



Şekil 7. Çandarlı Limanı Vaziyet Planı (Stage I Report, 2009)

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Liman Hidroliği Laboratuvarı’nda gerçekleştirilen yüzer dalgakıran performansına dair hidrolik model deneyleri sonuçları kullanılarak

Çandarlı Limanı'nda yüzer dalgakıran kullanılması senaryosu incelenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre dalgakıranın yüzer olması durumunda, liman içindeki dalga yüksekliği 0.3m ile 0.6m arasında değişecektir. Yılın %1'inde bu dalga yüksekliği aşılabilecektir. Bu da konteyner limanı için izin verilen dalga yüksekliği ve aşma sınırları içindedir.

Her projenin özellikleri birbirinden farklı olacağı için (su derinliği, topoğrafya vs), projeye özel hidrolik model yapılması ve deney sonuçlarına göre karar verilmesi en doğru yöntemdir. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan yöntemin sadece bir yaklaşım elde etmek ve yüzer dalgakıranların limanlar için bir alternatif olabileceğini göz önüne sermek amacıyla uygulandığı unutulmamalıdır.

TEŞEKKÜR

Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı ile çalışmada kullanılan HYDROTAM programını geliştiren Prof. Dr. Lale BALAS ve akademik kullanıma izin veren DLTM AR-GE firmasına teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

CEM, *Coastal Engineering Manual* (2006) Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Washington DC, USA.

FOUSERT, M. W. (2006) *Floating Breakwater: A Theoretical Study of a Dynamic Wave Attenuating System*, MSc Thesis, TU Delft.

GÜNBAK, A.R., ÖZBAHÇECİ, B., KÜÇÜKOSMANOĞLU, A., AKBAŞ H.L. (2013) *Performance of Vertical Wall and Floating Breakwaters Combination for Datca Marina*, Proceedings of the Conference on Coasts, Marine Structures and Breakwaters 2013, ICE, Edinburgh, UK.

HALES, Z. L. (1981) *Floating Breakwaters—State of the Art Literature Review*. Technical Report no.81-1. Coastal Engineering Research Centre, Fort Belvoir.

KÜRÜM, O. (2008) *An Experimental Study on The Performance of Box Type Floating Breakwaters With Screens*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

MARTINELLI, L., RUOL, P., ZANUTTIGH, B., (2008) Wave Basin Experiments on Floating Breakwaters with Different Layouts, *Applied Ocean Research*, Vol.30, pp. 199–207.

STAGE I REPORT (2009) *Technical Assistance for Construction of a New Port in Candarli İzmir*, Europe Aid 126395.

ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK ve HABERLEŞME BAKANLIĞI (2008) *Çandarlı Limanı Dalga Transformasyonu Sayısal Benzeşim Çalışması*, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı Raporu, No: 6246.

ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK ve HABERLEŞME BAKANLIĞI (2013)
http://www.dailymotion.com/video/xj5r1x_candarli-limani-proje_film_news#.UeP4SCZrOUk

ULAŞTIRMA KIYI YAPILARI MASTER PLAN ÇALIŞMASI SONUÇ RAPORU (2010) Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. ve Belde Proje ve Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. Ankara.