

II. OTURUM



ÇEVİRİM VE TAŞINIM MODELLERİ VE FETHİYE KÖRFEZİ UYGULAMASI

Erdem Sayın
Dr.
Dokuz Eylül Üniversitesi
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Ens.
İZMİR TÜRKİYE
e-mail:sayin@imst.deu.edu.tr

İdil (Erden) Paız
Çevre Müh.
Dokuz Eylül Üniversitesi
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Ens.
İZMİR TÜRKİYE
e-mail:idil@imst.deu.edu.tr

ÖZET

Liman yapımı sırasında basen taraması sonucu çıkan malzemenin bertarafına ilişkin çevresel etkinin belirlenmesi, Fethiye Yat Limanı inşası örneği üzerinde yapılan çalışmayla incelenmiştir. Öncelikle, körfezdeki su sirkülasyonu üç boyutlu **Killworth** matematiksel modeli kullanılarak bulunmuştur. Basen taraması sonucu çıkan malzemenin %98'inin çöktüğü kabul edilmiştir. Dört ana yönden esen rüzgar kuvvetleri etkisinde yapılan model çalışmalarında denize dökülen malzemenin doğrudan tabana çökelmeyen, su sütununda kalan kısmının (askıda katı madde) denizde nasıl dağılım göstereceği incelenmiştir (Senaryolar: **S1, S2, S3, S4**). Askıda katı madde dağılımı yönler göre değişim gösterse de yaklaşık 25-60 km² lik bir alanı etkilemektedir. Bu alanın en küçük değeri güney, en büyük değeri kuzey rüzgarları estiği zaman oluşmaktadır. Alan genellikle elipsoidtir ve büyük ekseninin uzunluğu kuzey rüzgarı esmesi durumunda yaklaşık 15 km'yi bulur. **S5** senaryosunda model, baskın rüzgar yön ve şiddeti, TOPEX/POSEIDON deniz seviyesi bilgileri, körfez sıcaklık ve tuzluluklar değerleriyle çalıştırılmış, dökü malzemesinin dağılım alanı 20-25 km² olarak bulunmuştur. Aynı senaryolar için körfezin Ege Denizine bağlandığı kesitte su değişim miktarı ve suyun Liman'da kalış süreleri incelenmiştir. Suyun liman içinde kalış süreleri, farklı rüzgarlar ve koşullar için; **S1** (doğu) ve **S2** (batı) 6 ay, **S3** (kuzey) 1.5 ay, **S4** (güney) için bir ay, **S5** senaryosunda ise 12-13 gün olarak hesaplanmıştır. Modelleme sonucunda, dökü sırasında etrafa yayılan kirliliğin çevreye etkisinin zaman ve alanda sınırlı olduğu görülmüştür.

AMAÇ

Bu çalışma, kıyı mühendisliği uygulama alanlarından biri olan liman yapımında, modellemenin yerini anlatmayı amaçlamaktadır. Liman yapımı sırasında basen taraması sonucu çıkan malzemenin bertarafına ilişkin çevresel etkinin belirlenmesi, Fethiye Yat Limanı inşaaı örneği üzerinde yapılan modelleme çalışmasıyla incelenmiştir.

GİRİŞ

Fethiye İç Körfezi'nde yapılacak Yat Limanı projesi kapsamında, basen taraması sonucunda çıkan malzemenin denize dökümü sırasında çevreye yayılacak kısmının dağılımı üç boyutlu matematiksel model yardımıyla incelenmiştir. Modelde, çeşitli kuvvetlerin etkisiyle oluşan ve izleyici dağılımlarını etkileyen akıntılar simule edilerek, dökü sonucu suda asılı kalan maddelerin, akıntılar etkisiyle liman içindeki davranışları dispersif olarak incelenmiştir.

Fethiye Limanı ve çevresinin modelde incelenen kesiminin yüzölçümü 2.4×10^{12} cm² ve hacmi 4.37×10^{16} cm³'tür. Fethiye Körfezi, Ege Denizi'ne doğru 400 m'yi aşan batimetrisi ve içinde bulundurduğu irili ufaklı adalarıyla kompleks bir yapı gösterir.

Çalışma dört ana bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümü problemi tanımlamaktadır, yöntem kısmında sirkülasyon modeli olarak kullanılan ABD'de Princeton Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olan **Killworth (GCM)** matematiksel modelinin açıklaması ve dökü malzemesinin dağılımını incelemek için belirlenen senaryolar yer almaktadır. Modelleme bölümünde, uyarlanan senaryoların anlatımları, liman içi akıntılarının yön ve şiddetleri, liman girişindeki su taşınım mertebeleri ve Ege Denizi ile olan sınırda model hızları bulunmaktadır. Sonuç bölümünde, model senaryolarının sonuçları ve bu sonuçlar ışığında dökü malzemesinin körfezdeki dağılımlarının tesbiti ve çevreye olan etkileri ele alınmıştır.

ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada model olarak, ABD'de Princeton Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olan **Killworth** matematiksel modeli kullanılmıştır. Modelin arka plandaki hidrolojik yapısını elde edebilmek için gerekli olan veriler şunlardır: rüzgar şiddeti ve yönü, özellikle Ege Denizi bağlantı noktasında deniz seviyesi bilgileri, CTD ölçümlerinden sıcaklık ve tuzluluk değerleridir. Bu değerler, x-yönünde 100 ve y-yönünde 75 noktadan model ağına SURFER ve DBTE programları yardımıyla aktarılmışlardır. Model gridleri 250m ye 250m olacak şekilde düzenlenerek, model çözünürlüğü 250m'ye düşürülmüştür. Model zaman dilimi ise (dt) 40 saniyedir.

Model, momentum dengesini Navier-Stokes denklemlerini kullanarak yapmaktadır. Navier-Stokes denklemleri, zaman değişim, adveksiyon, dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesini içeren “**corolis**”, basınç ve sürtünme terimlerinden oluşmaktadır.

Matematiksel modellemede kullanılan fiziksel veriler şunlardır:

Fethiye Körfezine ait **sıcaklık ve tuzluluk** değerleri.

Dört ana yönden esen **rüzgarların** modele girilmesi. Fethiye yöresi baskın rüzgar yön ve şiddetleri modele yüzey tabakasından verilir. Ölçülen en baskın yön doğudur.

TOPEX/POSEIDON uydusu **deniz yüzey bilgilerinin** modelde uygulanmaları. Her 10 günde bir Ege Denizi için çıkartılan deniz yüzeyi batimetrisi, deniz seviyesi farkından oluşan kuvvetleri içermektedir. Uzaktan algılama verilerinden elde edilen bu veriler KRIGING extrapolasyon yöntemi ile Fethiye Limanı model ağına uyarlanmıştır.

Modelde sınır şartı olarak, Ege Denizi bağlantı noktalarında açık sınır şartı kullanılmıştır. Bu sınır şartının özelliği; akıntılarla sürüklenen herhangi bir izleyici parametrenin (sıcaklık veya tuzluluk gibi) model değerlerini bozmadan model sınırları dışına çıkabilmesini ve akıntılar Limana doğru olduğu zaman da, bağlantı noktalarında, modelin ölçülmüş CTD ve deniz seviyesi değerlerini almasını, sağlamasıdır.

Dökü malzemesinin tamamı $500\ 000\text{m}^3$ 'tür ve bu yük 200 günde belirlenen noktadan denize dökülecektir. Bu durumda modelin her zaman diliminde (dt) karşılaştığı debi $Q=dt/36\ \text{m}^3$ 'tür. Bu ise $45.5 \times dt$ kg yük demektir. Bu yükün %98'inin doğrudan dibe çökeceği düşünülürse, her dt zaman biriminde $910 \times dt$ gram yük modele sürekli olarak verilmiştir. Döküm yapılmak üzere seçilen bölgede su derinliği 200m'dir.

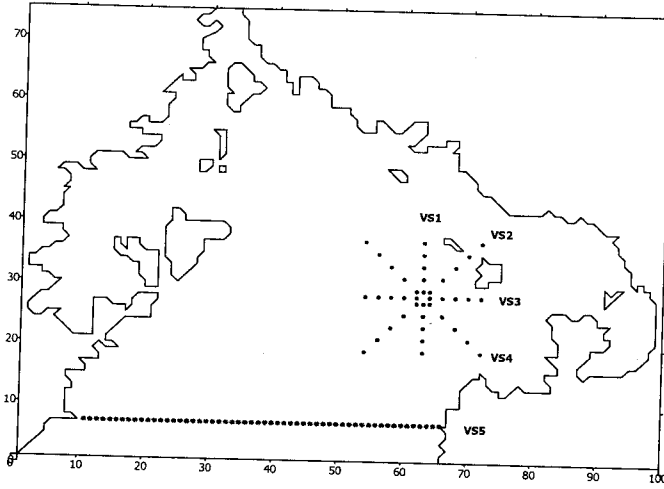
Model iki tür izleyici parametreye sahiptir. Bunlardan sıcaklık ve tuzluluk, aktif izleyicilerdir, model içerisinde enerji dengesiyle korunurlar. Pasif izleyici olarak ise dökü malzemesinin suda oluşturduğu konsantrasyon kabul edilebilir.

Akıntı sisteminin ve izleyicilerin incelenebilmesi için gerçekleştirilen senaryolar şunlardır:

Senaryo (1,2,3,4) Bu senaryolarda yalnızca dört yönden esen rüzgarların etkisi altında Fethiye limanında meydana gelen akıntıların şiddet ve yönleri hesaplanmış, izleyicilerin liman içindeki dağılımları incelenmiştir. Bu yönler senaryo numaralarına göre sırasıyla doğu, batı, kuzey ve güney yönleridir.

Senaryo (5) Bu senaryoda model bölümünde bahsedilen bütün kuvvetler modele girilmiştir. Rüzgar verisi modele verilirken, baskın rüzgar olarak doğu rüzgarı kullanılmıştır. Deniz seviyesi bilgileri, TOPEX/POSEIDON uzaktan algılama verileridir. Termohalin kuvvetlerin de girildiği bu model senaryosu sadece doğu rüzgarı etkisindeki model senaryosuyla kıyaslanmıştır.

Model sonuçlarını inceleyebilmek için Şekil 1'de gösterilen dikey kesitler seçilmiştir. VS1, VS2, VS3 ve VS4 dikey kesitleri, dökü yapılan noktanın merkezinde kalacak şekilde model baseni içine yerleştirilmişlerdir. VS5 dikey kesiti ise, Ege Denizi ile olan su alışverişinin izlenmesi ve dökü etki alanının Ege Denizi'ne kadar uzanıp uzanmadığını tesbit edebilmek için seçilmiştir.

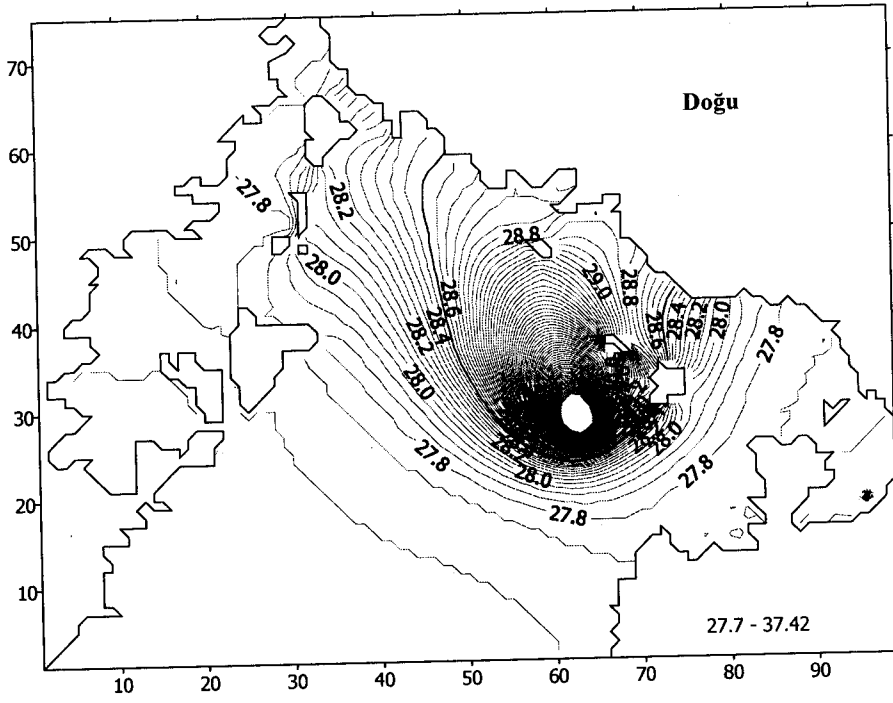


Şekil 1. Fethiye Körfezi dikey kesitleri

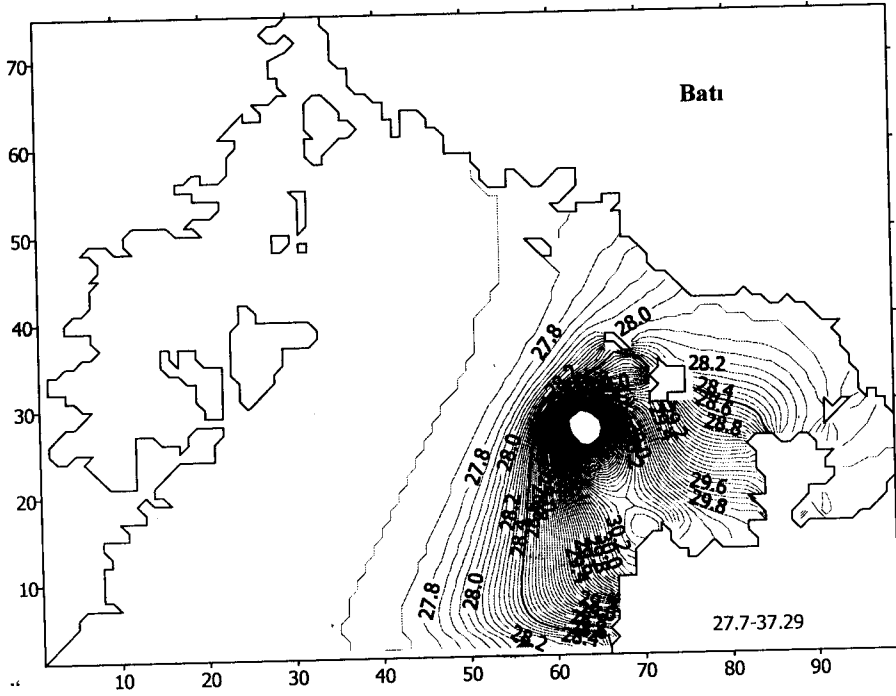
MODEL ÇALIŞMALARI

Senaryo 1 (S1) : Rüzgar doğu yönünden estiğinde, akıntının yönü doğu ve kuzeydoğuya doğrudur. En yüksek akıntı hızı 9.7cm/s 'dir. Bu senaryoda, Fethiye Körfezi'nin orta kesimlerinde siklonik bir döngü oluşur. Liman sakindir. Doğu rüzgarları sonucunda oluşan bu akıntı sisteminin etkisiyle dökü malzemesinin körfezdeki dağılımı uzun eksenini kuzeydoğuya doğru olacak şekilde bir elips görünümünü alır. Bu elipsin kısa eksenini 6km ve uzun eksenini 10km 'dir. (Şekil 2). Körfezin sadece kuzey kıyıları döküden etkilenir. Dökünün etkilendiği alan $40\text{-}50\text{ km}^2$ 'dir. Elipsin büyük eksenini boyunca uzanan VS4 dikey kesitine bakıldığında dökü malzemesinin derinlik boyunca $20\text{-}30\text{ m}$ 'ye kadar dağılmış olduğu görülür.

Senaryo 2 (S2) : Bu senaryoda Körfez batı rüzgarları etkisi altındadır. Akıntıların yönleri doğu rüzgarıyla oluşan akıntıların yönlerine terstir. Fethiye ve Göcek Limanları aynı S1'de olduğu gibi sakindirler. Maksimum akıntı hızı 12.4 cm/s 'dir. Her iki senaryoda da (S1 ve S2) dökü malzemesi rüzgar yönlerinin biraz sağına doğru bir yayılma gösterir. Dökü sahasının doğu kıyılarına yakın olması nedeniyle malzeme daha fazla yayılma imkanı bulamamış ve büyük eksenini kıyıya paralel olmak üzere yaklaşık 40km^2 lik bir alan içinde kalmıştır. Körfezin güney doğu civarı en çok Batı tarafı ise en az etkilenir (Şekil 3).

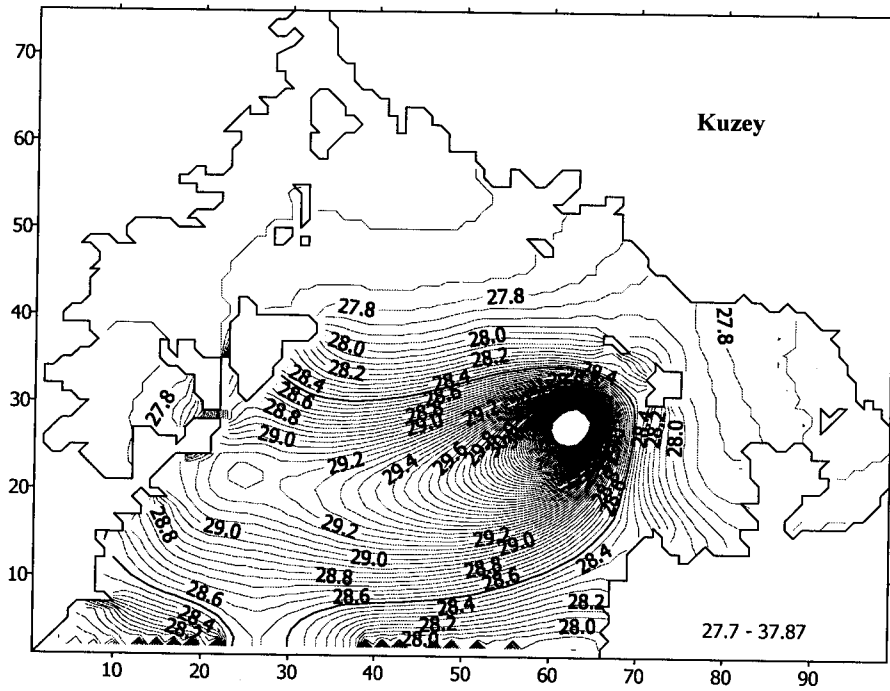


Şekil 2. Doğu rüzgarı etkisinde (S1) dökü malzemesinin körfezdeki dağılımı



Şekil 3. Batı rüzgarı etkisinde (S2) dökü malzemesinin körfezdeki dağılımı

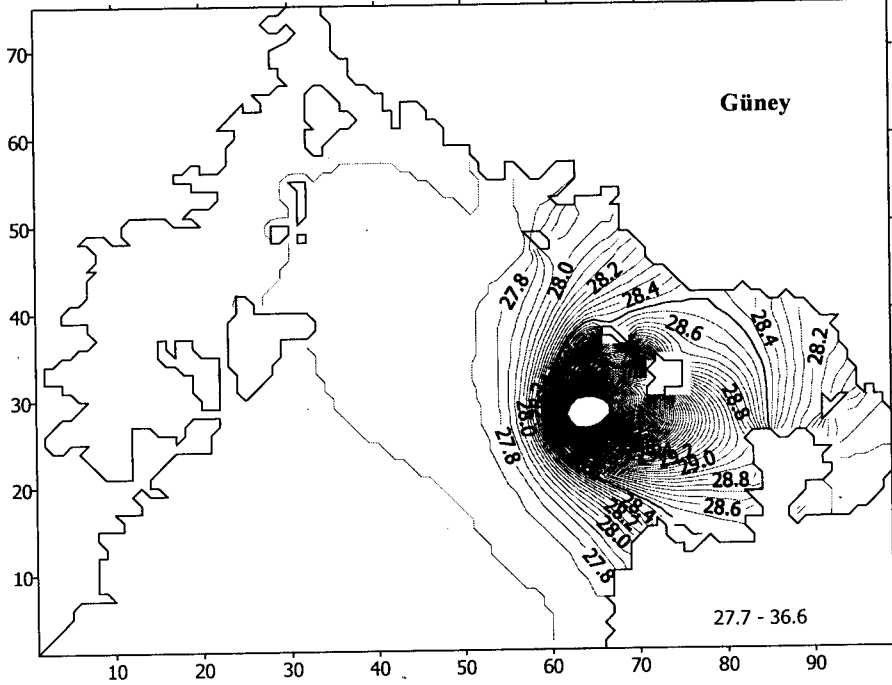
Senaryo 3 (S3) : Kuzey rüzgarı estiğinde büyük bir alan dökü etkisinde kalır (yaklaşık 60km², Şekil 4). Kapıdağı Yarımadası ve civarı döküden en fazla etkilenen kıyılardır. Akıntıların yönü yine rüzgar yönünün hafif sağına doğrudur. Orta Körfezde akıntının soluna düşen siklonik döngü dökü merkezine çok yakındır. Bu siklonik döngü dökü malzemesinin etrafa yayılmasında önemli bir rol oynar. Dökü sonucu ortaya çıkan maddeler siklonik döngüden kurtuldukları anda Orta Körfez kuvvetli akıntı sistemi içerisinde güneybatıya yönelirler ve kıyıdaki başka bir akıntının etkisi altına girerler. Derinlik boyunca değişim S1 ve S2 senaryolarında olduğu gibidir. Dökü 20-30 m derinliklerine kadar yüzeyde etkilidir.

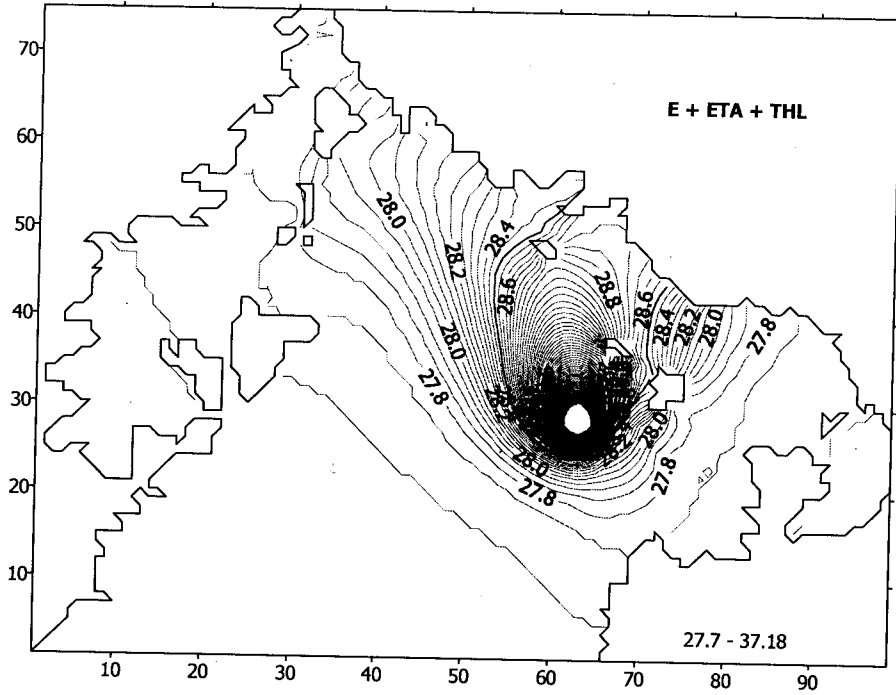


Şekil 4. Kuzey rüzgarı etkisinde (S3) dökü malzemesinin körfezdeki dağılımı

Senaryo 4 (S4) : Bu senaryoda güney yönünden esen rüzgarların etkisinde dökü malzemesinin Körfezdeki dağılımı ele alınmıştır. Güney rüzgarı estiğinde Körfez akıntı sistemi S3 akıntı sistemine benzer, ancak akıntılar ters yöndedir. Kuzey rüzgarlarında olduğu gibi, orta körfez akıntısı dökü malzemesinin yayılımında çok önemli bir rol oynar. Orta körfez akıntısının akıntı yönünün sağına kalan döngü saat yönünde hareket eder. Bu su hareketliliği içerisinde döngüden kurtulan dökü maddeleri Kızıl adasının batısında bulunan akıntıların etkisine girerler ve kıyıyı takip ederek kuzeybatıya yönelirler (Şekil5).

Kuzeyde kıyıyla karşılaşan malzeme yayılımını yatay olarak sürdüremeyeceğinden dikey yönünde yani derinlik boyunca yayılmasını sürdürür. Dökü malzemesinin güney rüzgarları etkisinde yayılımı daireseldir. Yaklaşık 35 km² lik bir alanı kaplar. Dikey yayılımı ise 50 m derinliğe kadar ulaşır.





Şekil 6. (S5) dökü malzemesinin bütün kuvvetler etkisinde körfezdeki dağılımı

Ege Denizi'nden Giren Suyun Miktarı ve Liman İçindeki Kalış Süreleri

Fethiye Körfezi'nin Ege Denizi ile tek bağlantısı VS5 kesitidir. Bu kesitte oluşan net transporta göre Fethiye Körfezi'ne giren suyun körfezde kalış süresi (**residence time**) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$t = \frac{V}{\sum tr(i)}$$

Burada t, kalış süresi V, Fethiye Körfezi toplam hacmi $4.37 \times 10^{16} \text{ cm}^3$ ve tr(i) de, bütün model ağında kesitten geçen net transportu ifade etmektedir. Buna göre çeşitli yönlerden esen rüzgarların etkisinde VS5 kesitindeki su değişim miktarı ve suyun Liman'da kalış süreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 VS5 dikey kesitinden giren su değişim miktarları.

Senaryo ve Rüzgar yönü	VS5 su değişim miktarı (m ³ /s)	Kalış Süresi (gün)
S1 Doğu	2832.5	178.7
S2 Batı	3005.7	168.4
S3 Kuzey	11447.8	44.2
S4 Güney	16171.7	31.3
S5 Doğu	39459.4	12.8

VS5 dikey kesitinden geçen su miktarları ve giren suyun körfezde kalma süreleri sadece rüzgar etkisi düşünöldüğünde, Körfez temizliği için en uygun rüzgar yönünün güney rüzgarları olduğu görölmektedir. Aynı sonucu dökü malzemesi dağılım desenlerinden de görmek mümkündür. Güney rüzgarıyla birlikte tarama malzemesinin dağılım alanı **S1**, **S2** ve **S3** dağılım alanlarına göre en küçük olandır. Ancak, suyun körfezde en az kaldığı senaryo bütün kuvvetler göz önünde bulundurulan (**S5**) senaryosudur. Bu senaryo bize rüzgar dışındaki diğer kuvvetlerin körfez içindeki su sirkülasyonu ve yenilenmesinde ne kadar büyük rol oynadıklarını göstermektedir. Özellikle deniz seviyesi farklılıklarının yol açtığı su girdisi ihmal edilemez boyuttur.

SONUÇ

Tarama malzemesi açık denizde önceden belirlenen noktaya günde 2500m³ olacak şekilde dökölmüştür. Taramadan çıkan malzemenin tamamına yakın bir kesimi (% 98) blok halinde deniz tabanına çökeler. Döküm yapılmak üzere seçilen bölgede su derinliği 200m'dir. Bu derinlikte deniz tabanında oluşacak etkinin zamanla sınırlı kalması beklenmektedir.

Dört ana yönden esen rüzgar kuvvetleri etkisinde ve bütün kuvvetler hesaba katılarak yapılan model çalışmalarında denize dökölen malzemenin doğrudan tabana çökemeyen, su sütununda kalan kısmının denizde nasıl dağılım göstereceği incelenmiştir.

Dört yönden esen rüzgarların etkisi altında, dökü malzemesinin körfezdeki dağılımı yönlere göre değişim gösterse de yaklaşık 25-60km² lik bir alanı etkilemektedir. Bu alanın

en küçük değeri güney ve en büyük değeri kuzey rüzgarları estiği zaman oluşmaktadır. Alan genellikle elipsoidtir ve büyük ekseninin uzunluğu kuzey rüzgarı esmesi durumunda yaklaşık 15 km'yi bulur. Dikey yayılma üst su tabakasında kalmaktadır.

Sözü edilen yayılım alanının büyüklüğünü etkileyen bir çok faktör vardır. Bunlardan bir tanesi sirkülasyon sisteminde oluşan döngülerdir. Doğu ve batı rüzgarları durumunda bu döngülerin bulunduğu yer dökü noktasından uzaktır. **S3** (kuzey rüzgarı) ve **S4** (güney rüzgarı) senaryolarında görüldüğü gibi dökü noktası bu su döngülerinin bulunduğu yerlerin üzerindedir. Özellikle **S3** durumunda siklonik su hareketliliği sonucu dökü malzemesinin etki alanı Ege Denizi çıkışına güneybatıya doğru uzanır. **S4** saat yönü döngüsü dökü noktası üzerinde olmasına rağmen dökü malzemesini Körfez dışına değil içine doğru yönlendirdiğinden malzemenin bertarafı için uygun değildir. **S4**'te dökü malzemesinin etki alanının küçük olmasının nedeni döngüye rağmen dökü malzemesinin kuzeydeki adalardan dolayı kuzeye doğru yatay olarak yayılamamasıdır.

Çeşitli yönlerden esen rüzgarların etkisinde, VS5 kesitindeki su değişim miktarı ve suyun Liman'da kalış süreleri incelenmiştir. Kalış süreleri, **S1** (doğu) ve **S2** (batı) için 6 ay, **S3** için (kuzey) 1.5 ay ve **S4** (güney) için ise bir aydır.

S5 senaryosunda körfez modeli baskın rüzgar yön ve şiddeti, TOPEX/POSEIDON deniz seviyesi bilgileri, körfez sıcaklık ve tuzluluklarıyla çalıştırılmıştır. **S1** ve **S5** model çıktıları kıyaslandığında iki senaryo doğu rüzgarlarıyla çalıştırıldığı halde, dökü malzemesinin etki alanı **S1** senaryosunda 40-50 km² iken, tüm kuvvetlerin modele girildiği **S5** senaryosunda bu alan 20-25 km² olarak bulunmuştur. **S5** senaryosunda deniz seviyesi farklılığı hesaba katıldığından, suyun körfezde kalış süresi 12-13 gün olarak belirlenmiştir.

Modelleme sonucunda, dökü sırasında etrafa yayılan kirliliğin çevreye etkisinin zaman ve alanda sınırlı olduğu görülmüştür. Özellikle Yat Limanı'nın yapılması düşünülen Fethiye Limanı iç kesimleri model senaryolarının sonuçlarına göre temiz kalan ve döküden etkilenmeyen yerlerden bir tanesidir.

KAYNAKLAR

1. BRYAN, K., "A numerical Method for the Study of the Circulation of the World Ocean," Journal of Comp. Phys., Vol.4, 1969, pp 347-376.
2. BRYAN, K., "The design of Numerical Models of the Ocean Circulation," In: Ocean Circulation Models: Combining Data and Dynamics. D.L.T. Anderson and J. Willebrand (eds), 1989, pp 465-500
3. SEMTNER, A.J., "An Oceanic General Circulation Model with Bottom Topography," UCLA Dept. Meteorology Tech. Rep. No. 9, 1974
4. COX, M.D., "A Primitive Equation, 3-Dimensional Model of the Ocean," GFDL Ocean Group Tech. Rep. No.1, 1984
5. KILLWORTH, P.D., STAINFORTH D., WEEB D. J. and PATERSON S. M., "A Free Surface Bryan-Cox-Semtner Model", Institute of Oceanographic Sciences, Deacon Laboratory Internal Rep. 270, 1989
6. DEÜ DBTE-103, "Fethiye Yat Limanı Yatırım Projesi", 1997
7. DEÜ DBTE 123, "Fethiye Yat Limanı Projesi Kapsamınca Basen Taraması Sonunda Çıkan Malzemenin Bertarafına İlişkin Çevresel Etki Değerlendirilmesinde Kullanılan 3 Boyutlu Matematiksel Model Çalışmaları Projesi", 1999

ABSTRACT

Environmental impact of eliminating materials from basin dredging was examined in the case of building Fethiye Yacht Harbor. First, the water circulations in the Bay were investigated using three-dimensional Killworth Model. It was assumed that the 98 % of the material dredged from the basin has settled down. Dispersion of particulate matter, which suspend in water column, was determined under the effect of four wind directions. Although the dispersion of suspended matter was different related to directions of wind, affected area changed between 25-60 km². This area was found out minimum for south wind and maximum for north wind case. Area is generally an ellipse. The major axis of ellipse is 15 km under the effect of north winds. Dominant wind direction and speed, sea level information, the measured CTD data (salinity and temperature) were prescribed into the numerical model as initial boundary conditions for the model case scenario 5. In this scenario, the dispersion area of dredging material was calculated 20-25 km². Water exchange through the section between the Aegean Sea and the Bay is calculated. The residence time, which is important for the renewal of the water in the Bay, was also calculated for scenarios **S1** (east) and **S2** (west) 6 months, **S3** (north) 1.5 month, **S4** (south) 1 month, **S5** (real) 12-13 days. As a result of modelling, it is found that the affected area due to the basin dredging is limited in space and time for all cases and the Bay is renewed itself in a short time.



KAZIK GRUPLARINDA PERVANE (SU) JETİNDEN KAYNAKLANAN EROZYON

Ayşe YÜKSEL	Yalçın YÜKSEL	Yeşim ÇELİKOĞLU	Esin ÇEVİK
Araş. Gör.	Prof. Dr.	Y. Doç. Dr.	Doç. Dr.
YTÜ, İnş. Müh. Böl. İstanbul, TÜRKİYE	YTÜ, İnş. Müh. Böl. İstanbul, TÜRKİYE	YTÜ, İnş. Müh. Böl. İstanbul, TÜRKİYE	YTÜ, İnş. Müh. Böl. İstanbul, TÜRKİYE

ÖZET

Hidrolik yapıların mansap bölgelerinde, örneğin menfez çıkışlarında, kapak altlarında veya dolu savaklarda meydana gelen yerel oyulmalara su jetleri neden olmaktadır. Oyulmanın bu çeşidi gemilerin pervanelerinden çıkan su jetinin etkisi altında, rıhtım duvarlarında ve kazıklar etrafında meydana gelen erozyon ile benzeşmektedir. Manevra yapan gemilerin pervane suyu, navigasyon kanallarında veya limanlarda ciddi erozyon problemlerine neden olmaktadır. Deniz yatağı ve navigasyon kanallarının şevleri, limanların eğimli kıyıları, rıhtım duvarları ve kazıklı yapılar bu problemin meydana gelebileceği bazı bölgelerdir. Eğer gemiler manevralarını bu yapılardan uzakta yapıyorsa deniz tabanında ve kanalların şevlerinde meydana gelen erozyon liman yapılarının temellerinde etkili olmamasına karşın erozyona uğrayan bu malzeme limanların belli bölgesinde yığılarak kanalın su kesiminin azalmasına neden olabilmekte ve böylece liman içi navigasyonunu etkilemektedirler. Liman yapısının yakınında, gemi yanaşma ve ayrılma faaliyetleri eğimli anroşman kıyılarda, rıhtım duvarlarında ve kazıkların etrafında ciddi bir erozyon meydana getirmektedir. Sığ su derinliklerinde pervaneden kaynaklanan su jeti erozyonunun miktarını çoğaltmaktadır. Projelendirme sırasında erozyon problemlerinin

yaratacağı elverişsiz şartların dikkate alınmadığı durumlarda liman yapılarının temellerinde oyulmalar oluşabilmektedir.

GİRİŞ

Son yıllarda limanların bakımı ve projelendirilmesinde pervanelerin meydana getirdiği oyulma problemleri önemli hale gelmiştir. Genellikle modern gemilerin seyir hızlarını artırmak için yüksek güçte makineler ve kolay manevra yapmak için de ek pervaneler ilave edilmektedir. İşletme ve ekonomik nedenler yüzünden şimdi birçok modern gemi kendi güçleri ile römorkörlerin yardımı olmaksızın kısa bir zamanda yanaşmayı başarabilmektedirler. Bu faktörler, gemi pervanelerinin meydana getirdiği zararların daha sık meydana gelmesine neden olmaktadır.

Rıhtım yapıları Ro-Ro gemilerinin yüklerini yanaşma yerinde kapak atma rampa sistemine yanaşarak boşaltmaları esnasında ve bazı gemilerin de manevra işlemi sırasında baş ve kış (ana) pervanelerini kullanmaları nedeniyle su jetinin etkisinde kalmaktadırlar. Gemilerin demirlemeleri ve demir almaları sırasında pervane suyu ile oluşan katı madde hareketi oyulmayla birlikte yığılmaya da neden olabilmektedir ve bu da yanaşma yerlerinin stabilitelerini etkilemektedir. Pervanelerin meydana getirdiği bu oyulma problemlerinin artması artık uluslararası bir sorun haline gelmiştir.

Birçok çalışmada rıhtım yapılarında pervane suyunun oluşturduğu zararların yarattığı problemler sınıflandırılmıştır. Bütün bu çalışmalarda problemlerin, rıhtım duvarına tesir eden ana pervanelerin veya baş pervanelerinin neden olduğu su jetinden kaynaklandığı anlaşılmıştır. Bu iki durum, geminin direk kış tarafından rıhtıma yanaşmasını ve rıhtıma paralel manevra yaparken baş pervanelerin kullanılmasını içermektedir.

Bergh ve Cederwall'in (1) İsveç limanlarında, pervanelerin meydana getirdiği zararlar üzerine yürüttüğü bir araştırmada, incelenen 53 rıhtımdan 18'inin zarar gördüğü ve bunlardan 16'sının 10 yıllık periyot boyunca (1969-1978) meydana geldiği belirlenmiştir.

Bu araştırmada, Stockholm Limanı'nda ahşap palplanş rıhtımın arkasında toprak kaymasının meydana geldiği de belirtilmiştir. Singapur'da 1970'den önce inşa edilen birçok rıhtım, pervane oyulmaları nedeniyle zarar görmüştür ve tamir edilmeleri birkaç milyon dolara mal olmuştur. Pervanelerin neden olduğu oyulma problemlerinden bazıları bu limanların fiziksel modelleri kullanılarak deneysel bir şekilde incelenmiştir.

Mc Killen (2) Kuzey İrlanda'daki Larne Limanı'nda yaptığı araştırmada su jetinin neden olduğu erozyon sonucu palplanşların stabilitelelerinin bozulduğunu ve bu nedenle ro-ro'nun yanaşması sırasında problemlerle karşılaştığını belirtmiştir.

Chait (3) Güney Afrika limanlarında yaptığı çalışmada, en büyük zararın Elizabeth Limanı'nda meydana geldiğini belirlemiştir. Elizabeth Limanı'ndaki oluşan bu zarar nedeniyle manevra sırasında baş pervanelerinin kullanılmasına sınırlama getirilmiştir. Lange (4)'nin yürütücülüğünde Fransa limanlarında yapılan çalışmalarda, erozyon problemlerinin manevra sırasında baş pervanelerinin veya ana pervanelerin çalışmasına bağlı olduğu belirlenmiş ve erozyon problemi olan 29 iskele teşhis edilmiştir.

Quarrain (5) pervanelerin İngiliz limanlarında neden olduğu hasarı araştırmıştır. Bu araştırmada, büyük limanların %42'sinde hasar olduğunu, bunlardan %29'unun onarım gerektiren ciddi hasarlar olduğunu belirlemiştir.

Yüksel (6) tek bir kazık etrafında, gemi pervane jetinin neden olduğu erozyon mekanizmasını detaylı olarak incelemiştir.

Son yıllarda taşımacılık hacminin artması daha güçlü daha büyük gemilerin inşasına neden olmuştur. Limanlarda yanaşma yerleri açık (kazıklı rıhtımlar gibi) ve kapalı (ağırlıklı blok rıhtımlar gibi) yapılar halinde inşa edilmektedir. Limanlarda son yıllarda işletme açısından gerçekleştirilen önemli gelişmeler, limanların bugüne kadar ciddi olarak karşılaşmadıkları problemlerle karşılaşmalarına neden olmuştur. Yapılan istatistiklerden, gemilerin gerek ana pervanelerinden gerekse yan pervanelerinden çıkan jet akımının taban erozyonuna neden olduğu belirlenmiştir. Gemilerin yanaşma ve ayrılmaları sırasında yanaşma yapılarının temellerinde yerel oyulma problemine neden olmaktadır ve bu

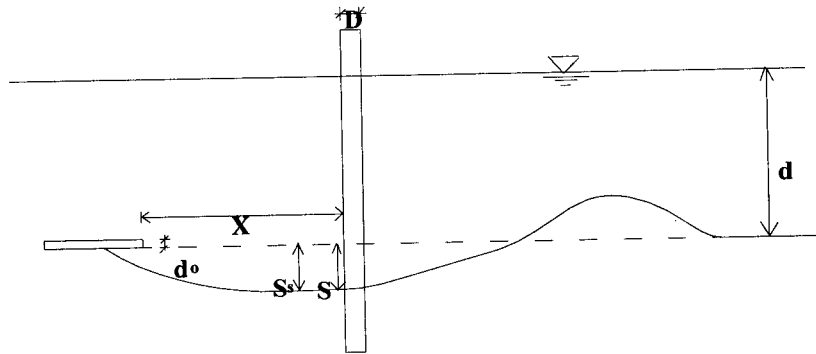
durumda yapıların stabiliteleri bozulabilmektedir. Bu amaçla bugüne kadar yapılan çalışmaların dışında PIANC (7)'in hazırlamış olduğu bir tasarım kitabı mevcuttur.

Chin ve diğ. (8) yaptıkları çalışmada su jeti nedeniyle kazıklı rıhtımlarda meydana gelen oyulmayı incelemişlerdir. Deneysel sonuçlarda olaya etkin büyüklükler arasında yapılan boyut analizi ile iki farklı oyulma derinliği tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi, kazığın memba kısmında meydana gelen maksimum oyulma derinliği (S_s), ikincisi ise kazığın hemen önündeki maksimum oyulma (S) derinliğidir.

Denge durumu aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$\frac{S_s}{d_0} \text{ veya } \frac{S}{d_0} = f \left(Fr_d, \frac{X}{d}, \frac{D}{d_0} \right) \quad (1)$$

Burada, D kazık çapı, d_0 su jetinin çapı, d su derinliği, Fr_d yoğunluk Froude sayısı ($= U_0 / \sqrt{gd_{50}(\rho_s - \rho/\rho)}$), U_0 su jetinin ortalama çıkış hızı, ρ_s taban malzemesinin özgül kütlesi, ρ akışkanın özgül kütlesi, g yerçekimi ivmesi, X etki mesafesi (Duvar jetinin çıkış noktası ile kazık arasındaki yatay mesafe) ile ifade edilmiştir (Şekil 1).



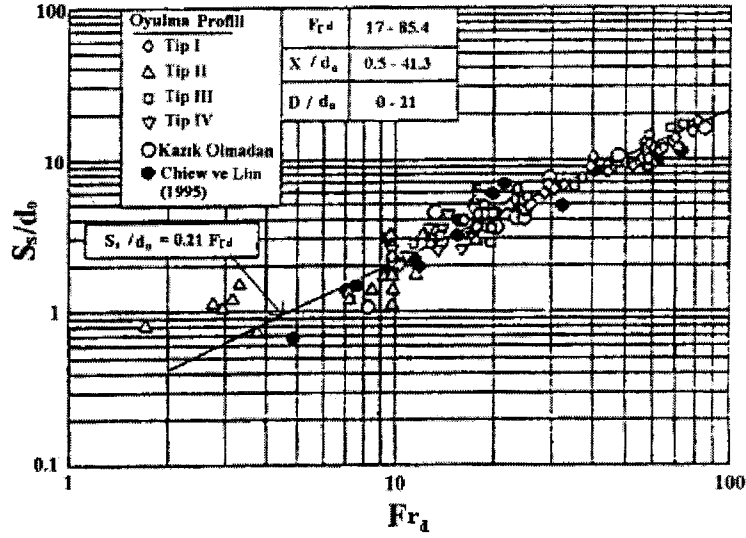
Şekil 1 Jet ekseninde kazık etrafında meydana gelen oyulma çukuru geometrisi

Rajaratnam ve Berry (9) ve Lim (10) yaptıkları çalışmada, (d_{50}/d_0) oranının maksimum oyulma derinliğinin denge hali üzerindeki etkisinin ihmal edilebileceğini bulmuşlardır. Tam türbülanslı akımlar için Reynolds sayısının etkisi ihmal edilmektedir. Bunların yanı

sıra, bu çalışmalarda sadece batık jet hali göz önüne alınmış ve sabit ρ_s ve σ_g 'ye sahip üniform taban malzemeleri kullanılmıştır.

Chin ve diğ., (8) $X/d_0=0.5-41.3$ ve $D/d_0= 0-21$ (Burada 0, kazık olmaması durumunu ifade etmektedir.) şartlarında maksimum oyulma derinliğinin yoğunluk Froude sayısıyla değişimini Şekil 2'deki gibi göstermişlerdir. Bu şekle göre kazığın menbasında meydana gelen maksimum oyulma derinliği (S_s) aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmiştir;

$$S_s/d_0 = 0.21 Fr_d \quad (2)$$



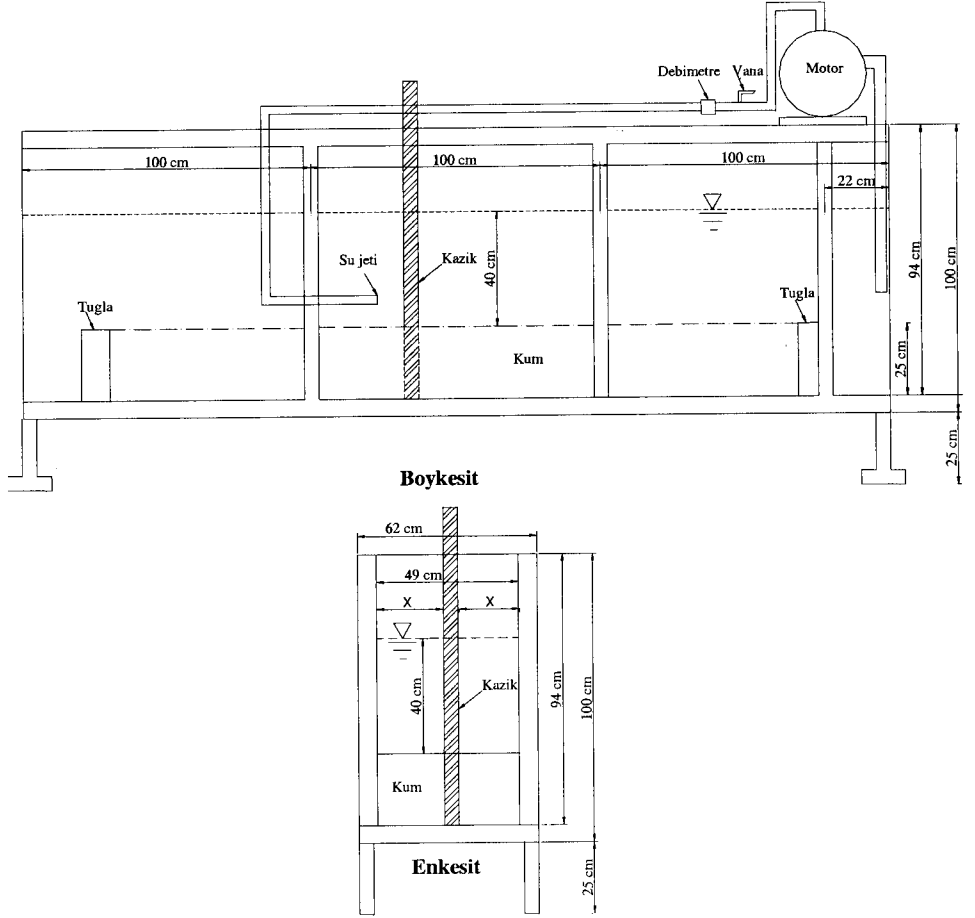
Şekil 2 S_s/d_0 'ın Fr_d ile değişimi (8)

Bu çalışmada birden fazla sıralı kazıklar etrafında oluşan erozyon mekanizması incelenmiştir.

Deneysel Çalışma

Şekil 3'de deney kanalı görülmektedir. Deneyler YTÜ Hidrolik ve Kıyı Liman Laboratuvar'ında mevcut olan $3 \times 1 \times 0.65 \text{ m}^3$ boyutundaki cam kanalda yapılmıştır. Kanalın

yerden yüksekliği 25 cm'dir. Kanalın içine 25 cm yüksekliğinde kum yerleştirilmiş ve bu kum taban her iki tarafına tuğla yerleştirilerek sınırlandırılmıştır. Kanalın üzerine yerleştirilmiş pompa yardımıyla yaratılan su jeti düzeneği düşeyde ve yatayda hareket etme kabiliyetine sahiptir. Böylece su jeti ile kazık arasındaki yatay ve düşey mesafe ayarlanabilmektedir. Su jetinin hızı, pompadan sonra yerleştirilen bir elektronik su sayacı (debimetre) ve vana ile kontrol edilmiştir. Ayrıca su jetinin hızı mikro muline yardımıyla ölçülmüştür.



Şekil 3 Deneysel sistemin görünüşü (6)

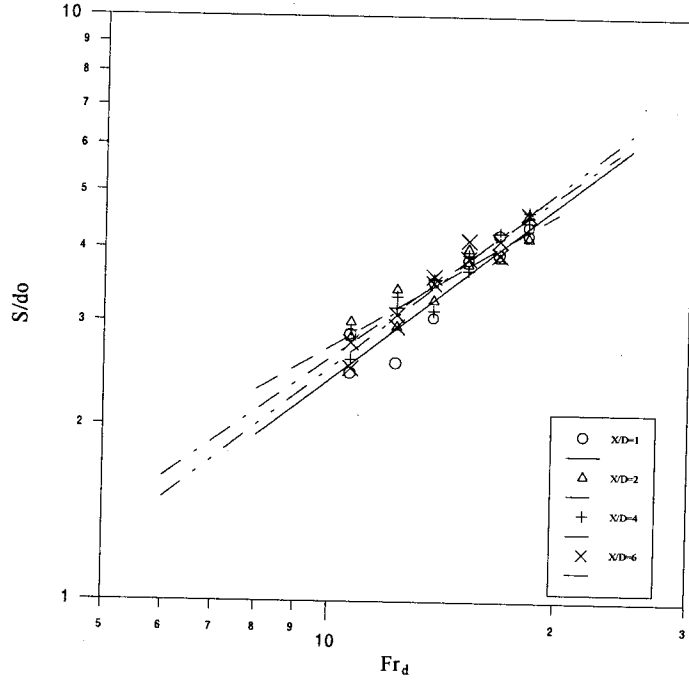
Kullanılan kazık çapları; $D=33$ mm ve $D=48$ mm ve kullanılan jet çapı $d_0=22$ mm'dir. Kullanılan kumun granülometrik özellikleri ise $d_{50}=1.28$ mm, $d_{90}=1.89$ mm, $d_m=d_{60}=1.43$ mm, σ (standart sapma)=1.57'dir.

Ölçüm sonuçları yardımıyla maksimum oyulma derinliği olaya etkili diğer boyutsuzlar cinsinden boyutsuz olarak ifade edilmiştir.

Şekil 4'te tek bir kazık için tüm X/D 'ler için rölatif maksimum oyulma derinliğinin Fr_d ile değişimi çizilmiştir. Burada jet tabana yerleştirilmiştir ($Y=0$). Tüm X/D 'ler bir arada düşünüldüğünde ise regresyon ifadesi (regresyon $r=0.97$);

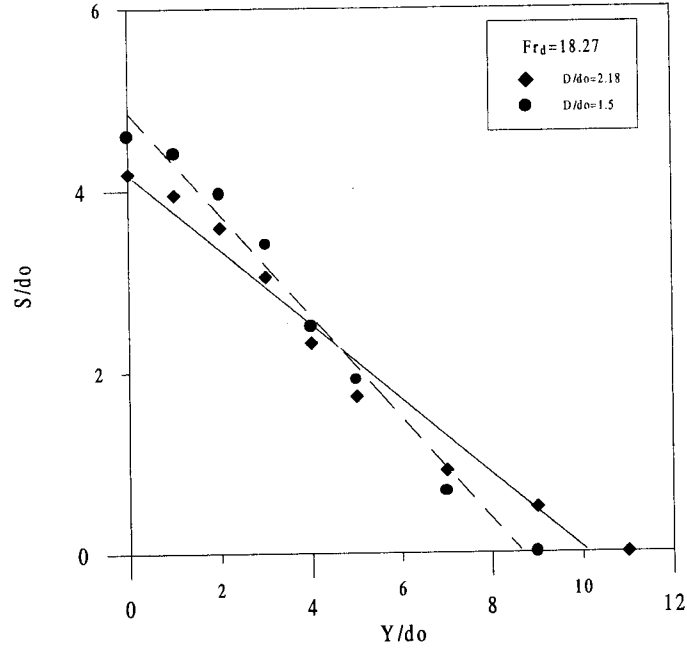
$$\frac{S}{d_0} = 0.31 Fr_d^{0.92} \quad (3)$$

olarak bulunmuştur. Şekil 4'ten görüldüğü gibi artan Fr_d ile rölatif oyulma derinliği artmaktadır.



Şekil 4 Tek kazık halinde rölatif maksimum oyulma derinliğinin Fr_d ile değişimi (6)

$D=33$ mm ve $D=48$ mm çaplı kazıklar için su jetinin tabandan itibaren yerel oyulma mekanizmasına olan etkisi $X/D=2$ için incelenmiştir. Şekil 5'de ifade edilen Y , jetin tabandan olan düşey mesafesini ifade etmektedir. Şekil 5'te yine tek bir kazık için S/d_0 'ın Y/d_0 ile değişimi gösterilmiştir, şekle göre $Y/d_0=10$ 'dan itibaren su jetinin kazık tabanına etkisi yoktur.



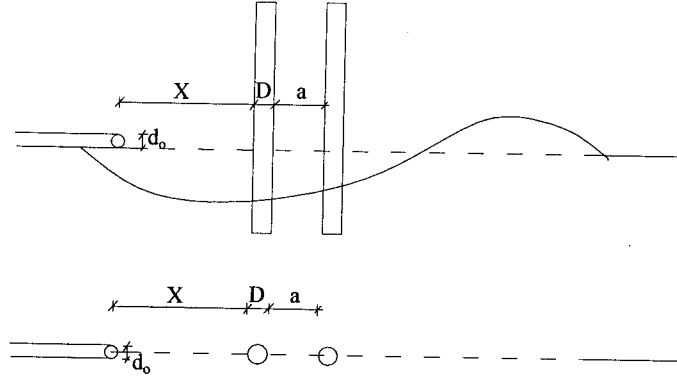
Şekil 5 Su jetinin açıklık oranının rölatif maksimum oyulma derinliğine etkisi ($Fr_d = 18.27$)

Bu çalışmada, birden fazla kazığın ardarda yerleştirilmesi durumunda oyulma derinliğinin dağılımı da belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 6). Birden fazla kazığın birarada bulunduğu kazık grupları dikkate alınarak yapılan deneylerde bunların birbirleri ile etkileşimleri sonucunda meydana gelen erozyon mekanizması kazık aralıkları değiştirilerek araştırıldığında tek kazık halinden farklı bir değişime sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak burada sadece ardarda iki kazık etrafındaki oyulma sunulacaktır.

Kazık etrafında meydana gelen oyulma üzerinde su jeti ve kazık etkili iki mekanizmadır. Bu nedenle farklı jet hızları ve kazık çapları kullanılmıştır. Deneylerde iki farklı kazık çapı ve iki farklı jet çapı seçilmiştir. Jet kazıktan 2D uzaklığa ve tabana yerleştirilmiştir. Deneylerde 16 mm jet çapında 50 lt/dk, 22 mm jet çapında 60 lt/dk'lık debi kullanılmaktadır. Kazıklar arasındaki mesafe (a) kazık çapının 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 katları olarak seçilmiştir.

Jet çıkar çıkmaz konik biçiminde yayılmakta ve kazığa çarptıktan sonra aşağı ve yukarı doğru olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aşağı yönelen akım kazığın hemen önünde oyulmaya neden olmakta ve oyulma çukurunda at nalı vortekslere neden olmaktadır.

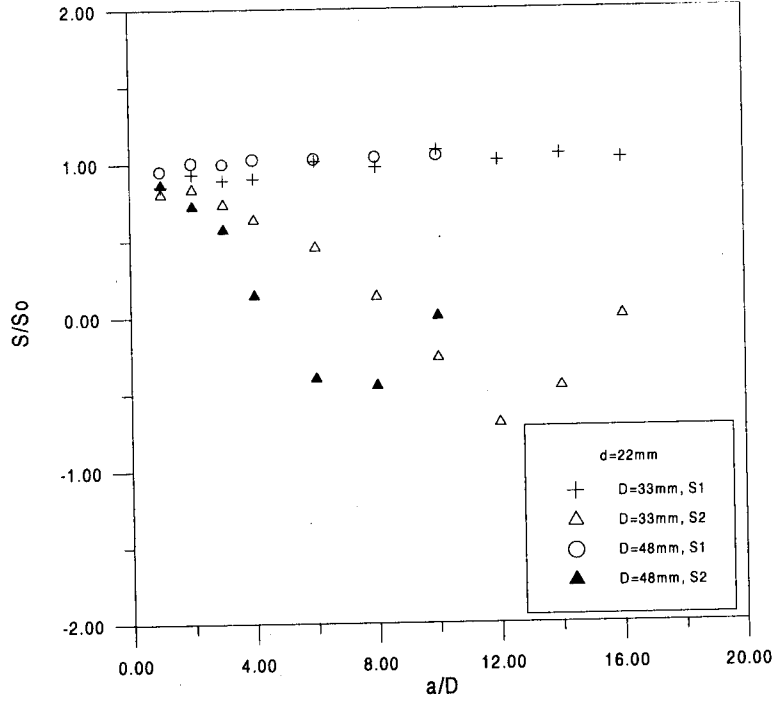
Birinci kazığın menbasında ayrılan jet kazığın arkasına geçmekte ve ikinci kazığın konumuna göre davranışı değişmektedir. Mevcut Fr_d sayılarında, ikinci kazık $a=D, 2D, 3D, 4D, 6D$ konumlarında iken jet ilk kazığın arkasında birleşme fırsatı bulamamaktadır. Burada a kazıklar arasındaki mesafeyi göstermektedir. İlk kazık jetin enerjisinin büyük bir kısmını absorbe ettiği için ikinci kazığın önünde birinci kazığa nazaran daha az oyulma derinliği gözlenmiştir. a değeri arttıkça ikinci kazık oyulma bölgesinden yığılma bölgesine geçmektedir. Yığılma bölgesi, kazığın mansabında kazıktan ileride bir konumda oyulmanın bittiği nokta ile yığılmanın bittiği nokta arasındaki bölgedir.



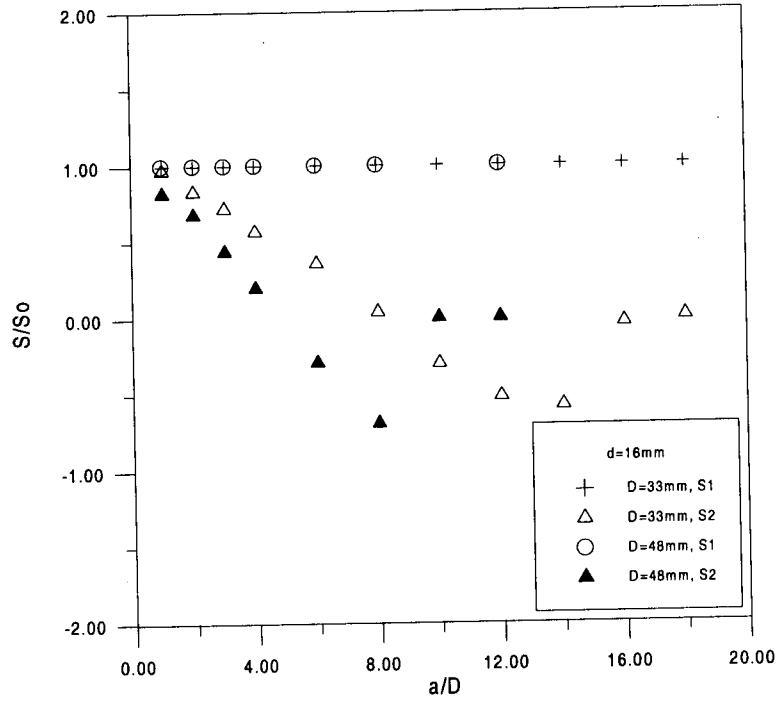
Şekil 6 Jet ekseninde iki kazık halinde meydana gelen oyulma çukuru geometrisi

Deney kanalının yeterlilik şartları dikkate alınarak iki farklı debi kullanılmıştır. 16 mm'lik çapta 50 lt/dk, 22 mm'lik çapta 60 lt/dk debi ile deneyler yapılmıştır, 16 mm'lik jet için $Fr_{50}=28.77$, 22 mm'lik jet için $Fr_{60}= 18.28$ 'dir. $a \ll$ iken erozyon üzerinde kazık mekanizması hakim olmaktadır. a değeri büyüdükçe jet difüzyonu erozyon üzerinde daha hakim olmaktadır. İkinci kazığın önünde meydana gelen oyulma ilk kazığın çapı arttıkça azalmaktadır. Bunun nedeni ilk kazığın çapı arttıkça jetin enerjisini daha fazla absorbe etmesidir. Kazık çapı küçüldükçe dengeye ulaşma süresi artmakta ve erozyon profili planda büyümektedir. $d_0=16$ mm ve $d_0=22$ mm bir arada değerlendirildiğinde oyulma değerlerinin birbirleri ile hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Tek bir kazık çapı için oyulma $Fr_{50}= 28.77$ 'de daha fazla olmaktadır. Sabit jet çapında ise kazık çaplarındaki farklılık oyulma derinliğini çok değiştirmemektedir.

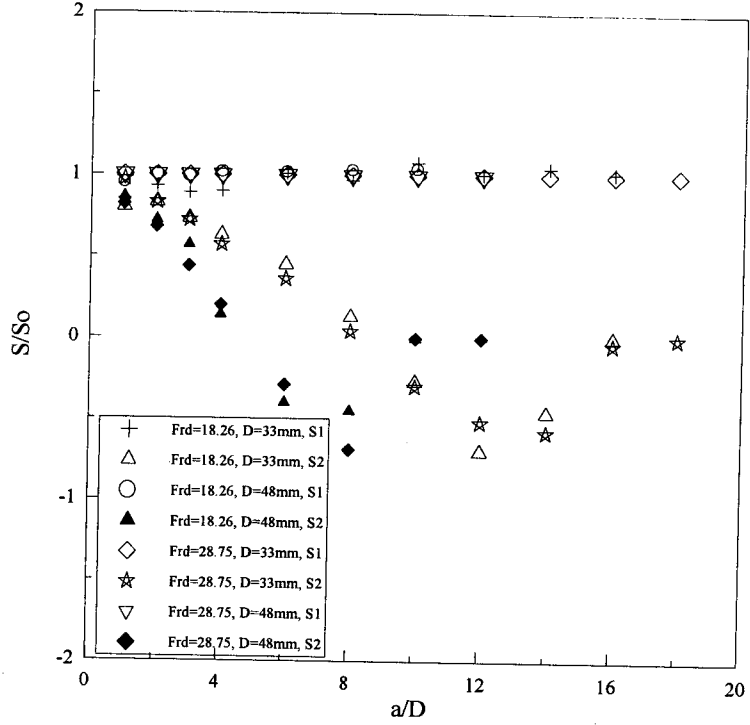
Her iki kazık grubu bir arada incelendiğinde kazık çapı arttıkça ikinci kazığın daha çabuk erozyon bölgesinden çıktığı görülmektedir; $D=33$ mm iken ikinci kazık $a>8D$ 'de yığılma bölgesine geçmekte ve $a>14$ 'de erozyon profilinin dışında kalmaktadır, $D=48$ mm



Şekil 7 Oyulma değerlerinin rölatif uzaklığa göre değişimi



Şekil 8 Oyulma değerlerinin rölatif uzaklığa göre değişimi



Şekil 9 Oyluma değerlerinin rölatif uzaklığa göre değişimi

durumunda ise $a > 4D$ 'de yığılma bölgesine geçmekte ve $a > 8D$ 'de erozyon profilinin dışında kalmaktadır. Bunun nedeni, kazık çapı arttıkça kazığın jetin normaline dik doğrultusundaki kesitinin artması ve böylece jetin daha fazla enerji kaybetmesidir. Kazık çapı küçüldükçe S_2 değeri artmaktadır, bunun nedeni yine kazık çapı küçüldükçe kazığın jetin normaline dik doğrultusundaki kesitinin azalması ve böylece jetin daha az enerji kaybetmesidir.

SONUÇLAR

1. Tek kazık halinde Fr_d sayısı arttıkça rölatif oyluma derinliği artmaktadır.
2. Birden fazla kazık halinde kazıklar arasındaki mesafe azaldıkça kazık mekanizmasının erozyon üzerinde daha etkin olduğu görülmüştür.
3. Kazık çapı büyüdükçe erozyon profilinin küçüldüğü ve daha kısa sürede dengeye ulaştığı belirlenmiştir.
4. Kazık çapı küçüldükçe ikinci kazığın önündeki oyluma derinliğinin arttığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya destek veren Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Bergh, H., and Cederwall, K. (1981). "Propeller erosion in harbours." Bull. No. TRITA - VBI - 107, Hydraulics Laboratory, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
2. McKillen, G. (1985). "A model and field study of ship propulsion induced bed movements at berths." M.Sc Thesis, Queens University of Belfast, Dept. of Civ. Engrg.
3. Chait, S. (1987). "Undermining of quay walls at South African ports due to the use of bow thrusters and other propeller units." PIANC, Bul. No. 58, 107 - 110.
4. Lange, J. P., Herbert, P., and Byl, R. (1987). "Prblemes d'erosion aux ouvrages de quai existants causes perle propulseurs d'etrave et le helices principales de navires lors de leurs accostages ou appareillage." PIANC, Bull. No. 58, 16 - 43 (in French).
5. Quarrin, R. (1994). "Influence of the sea bed geometry and berth geometry on the hydrodynamics of the wash from a ships propeller." PhD. Thesis, Queens University of Belfast.
6. Yüksel, A., "Gemi Pervanelerinin Kazıklı Yanaşma Yapılarına Neden Olduğu Erozyonun Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002
7. PIANC (Permanent International Association of Navigation Congress, 1997), Guidelines for the Design of Armoured Slopes Under Open Piled Quay Walls, Reports of Working Group 22, Supplement to Bulletin no. 96

8. Chin, C. O., Chiew, Y. M., Lim, S. Y., and Lim, F. H., (1996), "Jet scour around vertical pile", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. 122, No:2, pp. 59-67
9. Rajaratnam, N., and Berry, B. (1977). "Erosion by circular wall jets." *J. Hydr. Res.* , 15(3), 277-289.
10. Lim, S. Y. (1995b). "Scour below unsubmerged full-flowing culvert outlets." *Proc., Instn. Civ. Engrs. Water, Maritime and Energy, Institution of Civil Engineers, London, England*, 112, 136-149.

EROSION AROUND PILE GROUP DUE TO PROPELLER JETS

Local scour caused by jets often occurs downstream of hydraulic structures such as culvert outlets, sluices, or spillways. This type of scour is analogous to erosion at the piers and quay walls under the influence of a jet originated from a ship's propeller. The propeller wash of ships maneuvering in a confined waterway or harbor can cause serious erosion problems. Some areas where the problems can occur at the seabed and banks of navigation channels; the sloping banks of a harbor; quay walls; and piled structures. The erosion of seabed and banks of channels may not undermine the foundation of harbor structures if it occurs well away from them; however, the eroded material may cause a navigation hazard by reducing the draft of the channels. During a berthing or unberthing operation, a ship is in proximity to the harbor structures and serious erosion may occur to the sloping riprap banks, quay walls, or around piles. The degree of erosion is enhanced by shallow water depths where the propeller is located near the seabed. Inadequate provision for the erosion problem in design may lead to undermining of the foundation of the harbor structures.

Kıyı Mühendisliği Uygulamalarında Spektral Analiz Yöntemi

Gündüz Gürhan

Arş.Gör. Dr.

e-mail:gunduz@imst.deu.edu.tr

İdil (Erden) Pazi

Arş.Gör.

e-mail:idal@imst.deu.edu.tr

Erdem Sayın

Yard.Doç.Dr

email:sayin@imst.deu.edu.tr

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü İNCİRALTI / İZMİR

ÖZET

Spektral analiz kıyı mühendisliği problemlerinin çözümünde oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada spektral uygulamalara ait iki değişik örnek sunulmuştur. Bunlardan birincisi rüzgar akıntı arasındaki, diğeri ise düşey yüzölçümü bir duvara gelen dalga-basınç ilişkisine aittir. Sonuçlar iki aşamada sunulmuştur. Birinci aşamada spektral analiz ve çapraz spektral analiz, rüzgar ve yüzey akıntı verilerine salınım ve ortak salınım periyodlarının bulunması için uygulandığında en sık gözlenen periyotlar; K1, P1, K2, S2 ve atalet frekansı olarak bulunmuştur. İkinci aşamada ise dalga ile basıncın ortak salınım yaptığı frekanslar saptanmış, 0.00 ve 0.035Hz arasında dalga ile basıncın aynı fazda olduğu faz farkının bu noktadan sonra yüksek frekanslara doğru gidildikçe arttığı gözlenmiştir.

AMAÇ

Bu çalışmada yazarlar frekans ortamında dalga –basınç ve rüzgar –akıntı serileri arasındaki ilişkileri irdelemiş ve bu iki farklı konudaki çalışma sonuçlarını diğer araştırmacıların görüşlerine sunmuşlardır.

1. GİRİŞ

Mühendislik problemlerinin çözümünde zamana bağlı bir değişkeni fiziksel yasalar ve matematik fonksiyonlar kullanarak zaman serisinin herhangi bir anı için çözmek ve bu yaklaşımın tam çözümü içerdiğini varsaymak deterministik yaklaşımdır. Ancak, özellikle doğa ile ilgili bilim dallarında bir zaman serisinin belirli sınırlar arasındaki değerinin olasılık dağılımının tanımı yapıldığında bu kez probleme yaklaşım probablistik veya stokastik olur. Örneğin belirli bir sürede kaydedilmiş dalga veya akıntı verilerinin popülasyonu temsil ettiği kabulü ile istatistiksel ve spektral özelliklerini çözümlenmek stokastik yaklaşımdır. O halde, kıyı mühendisliği çalışmalarında kullanılan gerek deniz çalışmaları sonucunda, gerekse laboratuvarlarda üretilen zaman serileri bu yaklaşımla incelenebilir. Bu çalışma kapsamında spektral analiz, dalga-basınç ilişkisi için dalga ve basınç, akıntı sistemi tanımlanması için akıntı, rüzgar-akıntı ilişkisi için ise her iki veri setinde uygulanmıştır.

2. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Spektral analiz sürekli ve rasgele özellikler taşıyan ortamdan, belirli zaman aralığında sonlu sayıdaki veride, yaklaşık olarak durağan süreçler olarak kabul edilen periyodları ayırarak çözümler üreten bir yöntemdir. Bu çalışmada fourier serileri yardımıyla hesaplanan spektral analizler, rasgele süreçteki zaman serilerinin istatistiksel özelliklerini farklı bir matematiksel grafik kompozisyonda görmemizi sağlamıştır. Bu işlem aslında zamana bağlı verilerin frekans ortamına çevrilmesi sayesinde olur. Analizler aşağıda tarif edilen iki aşamada yapılmıştır.

- 1) Tek tek alınan *spektral yoğunluk fonksiyonları* aynı grafik ortamında birleştirilerek ortak salınım yaptığı frekanslar belirlenmiştir. Bu sayede akıntı-rüzgar, dalga -basınç (düşey yüzü duvarda) arasındaki harmonik hareketler araştırılmıştır.

$$\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt \quad (1)$$

2) *Çapraz yoğunluk fonksiyonları* (R_{xy} çapraz korelasyon fonksiyonu olmak üzere) denklem 1 .yardımıyla hesaplanmış ve iki farklı seri arasındaki ilişki araştırılmıştır.

$$G_{xy}(f) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(t) e^{-i2\pi ft} dt = C_{xy}(f) - iQ_{xy}(f) \quad (2)$$

Gerçel kısım

$$C_{xy}(f) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(t) \cos 2\pi f t dt \quad (3)$$

Sanal kısım

$$Q_{xy}(f) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(t) \sin 2\pi f t dt \quad (4)$$

Faz farkı

$$\theta_{xy}(f) = \tan^{-1} \left[\frac{Q_{xy}(f)}{C_{xy}(f)} \right] \quad (5)$$

ile gösterilir.

3. AKINTI ve RÜZGAR İLİŞKİSİ

Analizlerde 1994, 1996, 1997 ve 1998 yıllarının farklı aylarına ait saatlik ölçülmüş akıntı verileri ve aynı zaman periyodundaki meteoroloji verileri (rüzgar hız ve yönü) kullanılmıştır. Rüzgarlarla akıntılar arasında olması beklenen ilişki regression analizi yapılarak araştırılmıştır. Beklenenin aksine analiz sonucunda rüzgarlarla akıntılar arasında ilişki olmadığı gözlenmiş, en büyük regression katsayısı 0.44 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda yüksek akıntı hızlarının ölçüldüğü zamanlarda rüzgarın sakin olduğu görülmüştür. Buradan hareketle akıntıların sözü edilen zamanda farklı kuvvetlerden etkilendiği söylenebilir (Erden, 2000).

Akıntıların etkilendiği bu kuvvetleri tanımlayabilmek için saatlik akıntı verilerine spektral analiz uygulanmıştır. Farklı derinliklerde farklı akıntı ölçerler tarafından ölçülmüş akıntı verilerine uygulanan spektral analiz sonucunda sık gözlenen salınımlar 3 guruba ayrılmıştır. En çok gözlenen salınım 3, 4, 5 günlük atmosferik etkilerle oluştuğu düşünülen, büyük ölçekli Ege Denizi siklonik hareketlerinede bağlı olan salınımlardır.

İkinci gurup, güneş ve ayın etkisinden kaynaklanan tam ve yarım günlük periyotlara sahip gel-git akıntılarıdır (K1, P1, K2, S2) Gel-gitlerin periyotları Tablo 1’de, çalışma kapsamında gözlenen gel-gitler Şekil 1 ve 2’de gösterilmiştir. Üçüncü gurup atalet (inertia) salınımlarını içerir. Akıntıyı etkisi altında tutan rüzgar aniden durduğunda su kütlesi kazandığı momentumdan dolayı hemen duramaz, hareketine devam eder, buna atalet salınımları denir. Atalet dalgaları dünyanın dönmesinden kaynaklanan zahiri kuvvetin en çok etki ettiği kutuplarda büyük periyotlara sahipken ekvatora doğru periyodu sifira yaklaşır. Genellikle dar boğazlarda gözlenen bir salınımdır. İzmir Körfezi için atalet salınım periyodu 19.276 saat olarak tespit edilmiş ve genellikle bu salınımların Mordoğan Körfezinde ölçüldüğü gözlenmiştir. Dördüncü grup ise eylemsizlik frekansı ile Brunt-Väisälä frekansı arasındaki içsel dalga salınımlarıdır. Bu guruba ait salınımlar saatlik verilerden elde edilemediği için incelenememiştir.

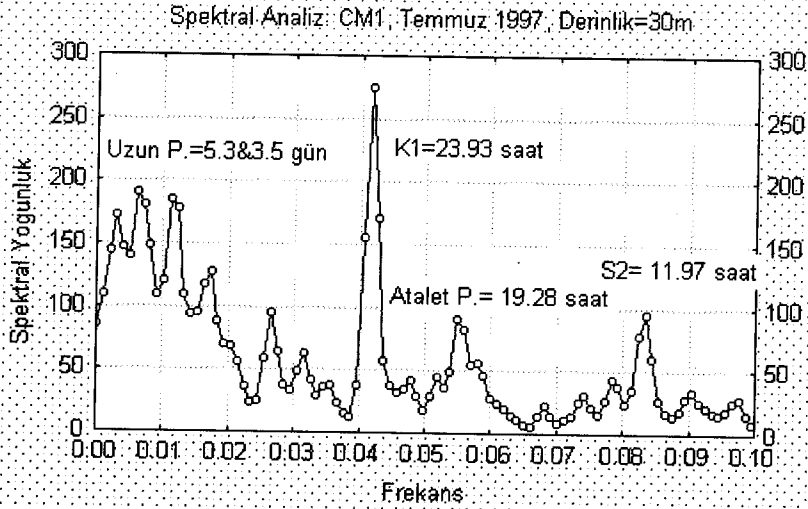
Tablo 1 Gel-git Tipleri

Gel-Git	Sembol	Periyod(saat)
Yarım Günlük Gel-Gitler		
Sadece Ay	M2	12.42
Sadece Güneş	S2	12.00
Sadece Ay (Büyük eliptik)	N2	12.66
Ay ve Güneş	K2	11.97
Tam Günlük Gel-Gitler		
Ay ve Güneş	K1	23.93
Sadece Ay	O1	25.82
Sadece güneş	P1	24.07

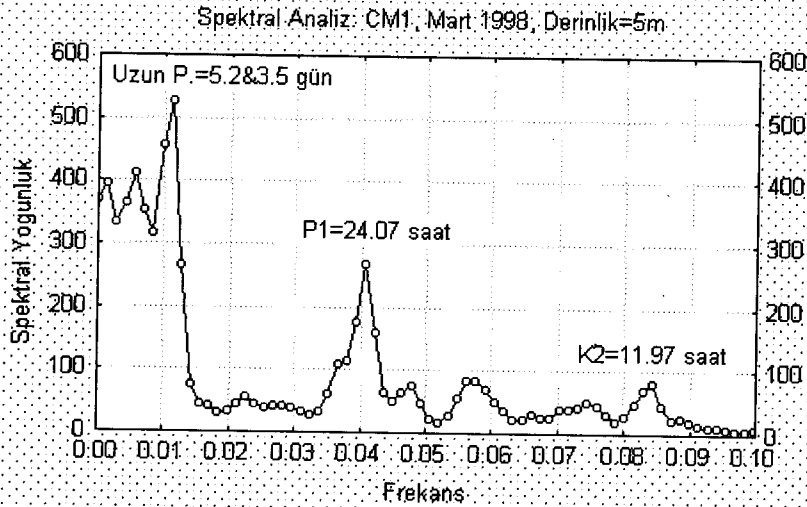
Rüzgar veri setine uygulanan spektral analizde de akıntı verilerinde gözlenen güneş ve ayın etkisiyle oluşan tam ve yarım günlük gel-gitler (K1, P1, K2, S2) gözlenmiştir.

Spektral analizde ölçülen enerjiler incelendiğinde; maximum enerjilerin genellikle kış aylarında her derinlikte ölçüldüğü görülmüştür. Kış aylarında körfezin barotropik durumundan dolayı tüm su kolonunun birlikte hareket etmesi ve fazla enerjiye sahip olması beklenen bir sonuçtur. Bununla birlikte; yaz aylarında gözlenen yüksek enerjileri de şu şekilde açıklamak doğru olacaktır: yüzey su tabakasının ısınmasıyla su kolonunda oluşan

güçlü tabakalaşma farklı yoğunluktaki iki su kütesinin birbirinden bağımsız ama hızlı hareket etmesine yol açar. (Baroclinic durum).



Şekil 1 Temmuz 1997'de 30m derinlikteki akıntı ölçer verilerine uygulanan spektral analiz



Şekil 2 Mart 1998'de 5m derinlikteki akıntı ölçer verilerine uygulanan spektral analiz

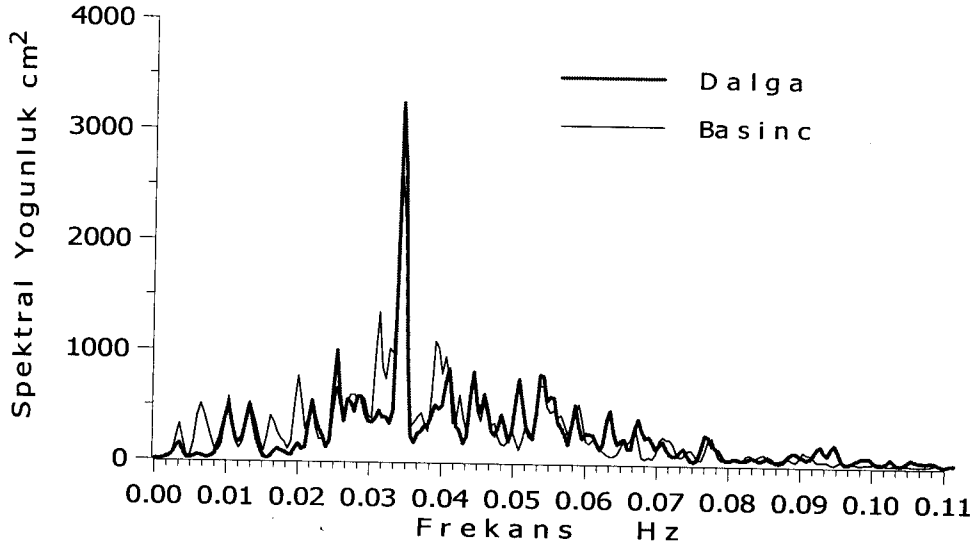
Çapraz spektral analiz rüzgar-akıntı, akıntı-akıntı (farklı derinlik ve istasyonlar) veri setleri arasındaki ilişkiyi daha iyi açıklayabilmek için yapılmış ve iki verinin birlikte salındığı periyotlar tespit edilmiş ve incelenmiştir.

Rüzgar ve yüzey akıntı verileri arasındaki ilişkiyi bulmak için iki veri setine uygulanan çapraz spectral analiz sonucunda K1, K2, S2 ve atalet periyotlarında birlikte salındıkları tesbit edilmiştir.

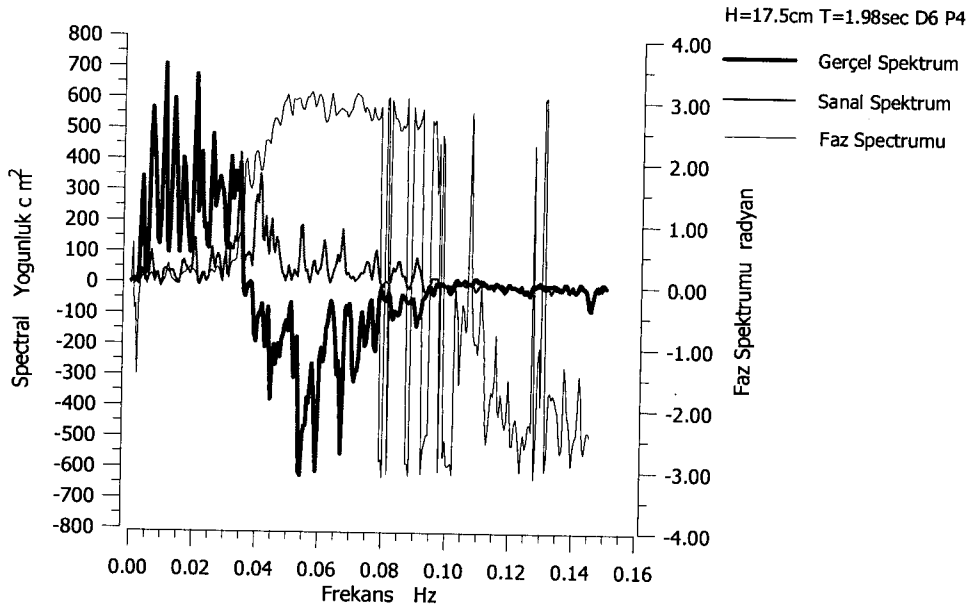
Derinlik boyunca ve farklı lokasyonlardaki akıntı veri setlerine çapraz spektral analiz uygulandığında, uzun periyotlu salınımlar, K1, K2, S2, P1 gel-gitleri ile atalet periyotlarında akıntıların birlikte hareket ettikleri gözlenmiştir.

4. DALGA BASINÇ İLİŞKİSİ

Bu çalışma kapsamında ikinci olarak düşey yüzü bir deniz yapısında dalga basınç ilişkisi örnek olarak sunulacaktır. Bu çalışma iki boyutlu dalga kanalında keson dalgakıran kullanılarak yapılan deney sonuçlarının incelenmesini içerir. Deney çeşitli deniz koşullarını temsil eden düzensiz dalgalar üretilerek 1/40 deney ölçeğinde gerçekleştirilmiştir. Bu analizler de iki aşamada değerlendirilmiştir. Birinci aşamada tek tek hesaplanan *spektral yoğunluk fonksiyonları* aynı grafik ortamında birleştirilerek, ortak salınımın gerçekleştiği frekanslar belirlenmiş, dalga-basınç arasındaki doğrusallık araştırılmıştır (Şekil 3). İkinci aşamada ise *çapraz-ilişki fonksiyonları* yardımıyla iki farklı seri arasındaki ilişki ve bağımlılık araştırılmıştır (Şekil 4). Varılan sonuçlar ise şöyle sıralanabilir. Düşük frekanslarda iki sinyal arasındaki bağımlılık daha yüksektir. Yüksek frekanslara doğru gidildikçe doğrusal (linear) ilişkiler azalır. İki seri arasındaki ilişki düzeni dalgaların amplifikasyonu ve yansıma şekillerinden etkilenir, bu durum farklı istasyonlardaki dalga kayıtlarından gözlenebilir. İki seri arasındaki ilişki ve enerjinin değişimi duvar boyunca farklıdır. Duvar boyunca yukarıdan aşağıya doğru gidildikçe iki seri arasındaki ilişki doğrusallaşır. Çapraz yoğunluk fonksiyonları yukarıda ifade edilen sonuçlara ek olarak dalga basınç arasındaki faz farklarını da gösterir. Düşük frekanslarda dalga ile basıncın aynı fazda olduğu, buna karşın yüksek frekanslara doğru gidildikçe iki seri arasında faz farkı oluşmaya başladığı ve 0.048 Hz'den sonra iki seri arasındaki faz farkının 3.14 radyana eşit olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 3 Dalga ve basınç serilerine ait spektral yoğunluk fonksiyonları



Şekil 4 Dalga ve basınç serilerine ait çapraz yoğunluk fonksiyonları

5. SONUÇ

Bildiri kapsamında sunulan araştırmaların sonuçları, dalga/ yapı ve akıntı/ rüzgar ilişkisi olmak üzere iki ayrı bölümde değerlendirilmiştir.

1. Bu çalışmada, İzmir Körfezi akıntı sisteminin tanımlanması amacıyla 4 yıllık ölçülmüş akıntı ve rüzgar veri setlerine spektral analiz uygulanmıştır. Analizler sonucunda İzmir Körfezin’de gözlenen akıntı salınımları dört ayrı grupta tanımlanmıştır
 - Birinci grup uzun periyotlu (5.2, 4, 3 gün), bir çoğu atmosferik etkilerden oluşan, Ege Denizi büyük ölçekli siklonik salınımlardır.
 - İkinci grup, genellikle güneş etkisindeki tam ve yarım günlük gel-git salınımlarını (K1, P1, K2, S2) içerir.
 - Üçüncü grup, eylemsizlik hareketliliği içerisinde oluşan, genellikle ani dinen rüzgar sonrası meydana geldiği bilinen ve özellikle Mordoğan geçidi civarında ölçülmüş olan, “atalet” salınımlardır.
 - Çapraz spektral analiz, rüzgar ve yüzey akıntı verilerine ortak salınım periyodlarının bulunması için uygulandığında en sık gözlenen salınımlar; K1, P1, K2, S2 ve atalet frekansı olarak bulunmuştur.
2. Yukarıda tarif edilen analizler dalga-yapı ilişkisi ile ilgili değerlendirmeler yapmamızı kolaylaştırmıştır. Yapının önünde farklı mesafelerdeki dalga öçerler yardımıyla gelen ve yansıyan dalganın özellikleri belirlenmiştir. Buna göre yapının hemen önünde dalgaların düşük ve yüksek frekanslara doğru yansıdığı, yaklaşık 1 veya 2 dalga boyu mesafede amplifike olduğu görülmüştür. Ayrıca düşey yüzlü bir duvarda kaydedilen basınç değerlerinin spektral analizi yapıldığında zaman içindeki değişiminin duvar boyunca farklı olduğu görülmüştür. Örneğin su seviyesinde değişimin üçüncü mertebeden olduğu, oysa dalgakıranın tepesindeki basınç kayıtlarının spektra sonuçlarının ise değişimin birinci dereceden olduğu göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Ulaştırma Bakanlığı, DLH, Araştırma Dairesi Başkanlığına, deneylerin gerçekleştirildiği Liman Hidrolik Araştırma Merkezine ve bu çalışmalar sırasında görüşlerine başvurduğumuz Prof. Dr Adnan Akyarlı'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Bendat, J.S., Piersol, A.G., Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis, John Wiley&Sons Inc., 1993
2. Erden, İ., The Current System of İzmir Bay and Its Effect on Pollution in İzmir Bay (FBE Yüksek Lisans Tezi), Danışman: Yrd. Doç. Dr. Erdem Sayın, 2000, 77 p.+4Ek
3. Erden, İ., Sayın E., 2001, "The Current System of İzmir Bay", Avrupa Jeofizik Topluluğu EGS (European Geophysical Society) Genel Toplantısı, 25-30 Mart Nice/Fransa
4. Gürhan, G., 2001, Modelling As a Tool in The Design of New Caisson Types, (DEU, FBE Doktora Tezi), Danışman: Prof. Dr. Adnan Akyarlı, 155 p.
5. Günbak, A.R., Statistical Analysis In Coastal Engineering, Lecture Notes. Coastal and Harbour Laboratory, METU, 1978
6. Lamberti, A., Archetti, R., Martelli, L., Turchetti, M., "Century Coherence of Impulsive and Pulsating Wave Forces on Vertical Wall", Proceedings of International Workshop on Advanced Design of Maritime Structures in the 21st, 2001.
7. Lamberti, A. and Franco, L., "Italian Experience on Upright Breakwaters", Proceedings of International Workshop on Wave Barriers in Deepwater, PHRI, 1994, pp. 25-73.

8. Massel, R. S., "Wavelet Analysis For Processing of Ocean Surface Wave Records", Ocean Engineering 28, 2001, pp. 957-987.
9. Oumeraci, H. and Partenscky, W. H., "Breaking wave Impact Loading of Caisson breakwaters-Research Strategy and Results of Small Scale Model Investigations", Proceedings of First Workshop (MAST G6-S project 2) held in Hannover, 1991.
10. Takahashi, S., Shimosako, K. and Hanzawa, M., "PHRI. Performance design for Maritime structures and Its Application to Vertical Breakwaters-Caisson Sliding and Deformation -Based Reability Design", Proceedings of International Workshop on Advanced Design of Maritime Structures in the 21st Century. 2001, pp. 63-73.
11. TMMOB, Spectral Analiz ve Jeofizik Uygulamaları , N.Cantez, Yaramancı U., Özdemir H., No:1, Ankara, Jeofizik Müh. Odası Yayını, 1987, 570 sayfa.

ABSTRACT

Spectral techniques are being widely used in coastal engineering problems. This paper deals with two different examples on this subject, which investigates the relation between wind-current and wave-force interactions and offers several observation and pose questions, which will merit further examination on such a problem. We may evaluate the results in two stages. Stage one covers the wind and wave interaction in the İzmir Bay. Basically we distinguish the fluctuations of the currents in the frequency domain, which may be occur due to wind. Due to the results of the analysis we stated the K1, P1, K2, S2 and inertial frequencies. The second stage covers the investigations on wave and wave loads interaction on a vertical breakwater. We distinguish the patterns in the frequency domain where two series fluctuate together. We stated that the frequencies between 0.00 and 0.035Hz, wave and pressure series fluctuate at the same phases and phase differences occur after this point to higher frequencies.



PLUNGING KIRILMA VE F TİPİ SİÇRAMA ANALOJİSİ

Mustafa GÜNAL

Y.Doç.Dr.

Gaziantep Üniversitesi

İnşaat Müh. Böl.

Gaziantep, Türkiye

Tuba BOSTAN

Araş. Gör.

Yıldız Teknik Üniversitesi

İnşaat Müh. Böl.

İstanbul, Türkiye

Yalçın YÜKSEL

Prof. Dr.

Yıldız Teknik Üniversitesi

İnşaat Müh. Böl.

İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, plunging tipi kırılan dalga sırasında oluşan bore dalgalarının F tipi hidrolik sıçrama sırasında oluşan çevriye benzeşmesinden hareket edilerek, çevrinin hemen topuğuna uygulanacak bir jetin, plunging jet ile benzeşeceği düşünülmüş ve Strip İntegral Metodu ile çözümlenmiştir. Geliştirilen nümerik modelde, ters eğimli kanalda oluşan serbest sıçramanın topuğuna 30°, 45° ve 60° derecelik açılarda jetler uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, gerek F tipi hidrolik sıçrama açısında gerekse plunging kırılma açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen nümerik sonuçlar incelendiğinde, sıçrama uzunluğu; ters kanal eğiminin ve sıçrama topuğuna uygulanan jetin artmasıyla, azalmaktadır.

GİRİŞ

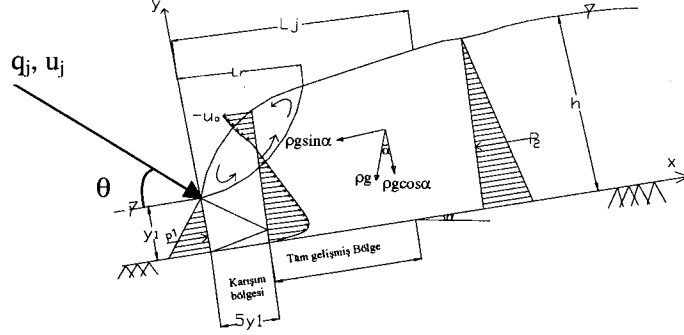
Açık kanallarda meydana gelen akımın sel rejiminden nehir rejimine geçişine hidrolik sıçrama denir. Hidrolik sıçrama sırasında oluşan çevri sırasında ortama çok miktarda hava girişi meydana gelir ve oldukça şiddetli bir türbülanslı yapı oluşur. Sonuç olarak sel rejimindeki akımın enerjisi kırılır. Bu nedenle, bir baraj tasarımında mühendisin en önemli problemlerinden birisi savaklanan çok hızlı ve türbülanslı su akışının kontrollü bir biçimde nehir yatağına verilmesini sağlamaktır. Bu amaçla savaktan hemen sonra enerji kırıcı havuzlar inşa edilir ve hidrolik sıçrama bu havuzlarda oluşturulur. Ancak bazı durumlarda sıçrama tamamen savak üzerine de kayabilir. Bu durumdaki hidrolik sıçramaya F tipi hidrolik sıçrama denir. Günel ve Narayanan [1] tarafından F tipi hidrolik sıçramanın 0 ve 6 derecedeki eğimlerde iç yapısı hakkında ayrıntılı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Hidrolik sıçramada olduğu gibi, sığ su bölgelerinde dalga kırılması sonrasında önemli bir ölçüde enerji kaybı oluşur. Bu nedenle, Madsen ve Svendsen [2], teorik olarak hidrolik sıçrama ve bore oluşumlarını birbirine benzeştirmiştir. Dalga kırılmasından dolayı meydana gelen enerji kaybı, bir bore'un içinde kaybolan enerjiye eşit olduğu varsayımı, Battjes ve Janssen [3] tarafından yapılmıştır. Sığ su bölgesinde dalga kırılması, kıyı yapılarının stabiliteyi, kıyı erozyonu ve morfolojisi ile ekolojisi üzerinde etkin bir hidrodinamik yapıdır. Kırılma esnasında meydana gelen plunging jet, kıyıya doğru arka arkaya bore'lar üretmektedir. Bore ve hidrolik sıçrama hemen hemen birbirine yakın karakterdeki akım yapılarıdır.

2. TEORİ

Eğimli kanallarda hidrolik sıçrama için hareket yönündeki suyun ağırlığını dikkate almak gerekir. Şekil 1 de görüldüğü gibi, hidrolik sıçrama, topuğuna değişik açılarda uygulanan jet ile birlikte Strip İntegral Metodu ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Strip İntegral Metodu, akım alanı içerisinde bir düşey boyunca belirli kesitlerdeki kayma gerilmelerinin tanımlanarak, akış boyunca düşey hız dağılımları arasındaki benzeşimlerinin sağlanmasıdır. Bu metotla, akım dx uzunluğunda çok ince parçalara ayrılır ve bu parçalara

momentum denklemi uygulanır. Sadece, ortalama hıza bağılı olarak ifade edilen türbülans kayma gerilmelerinin bilinmesi, problemin çözümü için yeterlidir. Şekil 1 de p_1 , y_1 ve p_2 , y_2 hidrolik sıçramanın memba ve mansaptaki hidrostatik basınç kuvvetleri ve su yüksekliğidir. Hidrolik sıçramanın topuğuna uygulanan jetin hızı ve debisi ve yatayla yaptığı açı u_j , q_j ve θ ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Ters Eğimli Kanallarda Hidrolik Sıçrama.

Squire ve Trauncer [4], Strip Integral Metodunu, yayılan ve duvar jeti gibi jet akışlarına uygulayarak test etmişlerdir. Narayanan [5] Strip Integral Metodunu yatay tabanlı kanallarda hidrolik sıçramaya, Günal ve Narayanan [1] ise bu metodu eğimli kanallarda meydana gelen serbest hidrolik sıçramaya uygulamışlardır.

Bu çalışmada, hidrolik sıçrama ters basınç gradyanının gelişmesiyle iki boyutlu duvar jeti olarak düşünülmüştür. Şekil 1'de görüldüğü gibi ilk olarak sıçramanın topuğundan itibaren tabanda bir sınır tabakası oluşur ve ayrıca düzgün hız dağılımının çekirdeği boyunca da bir kayma tabakası gelişmektedir. Bu jetin gelişmesiyle birlikte mansap kesitinde iç ve kayma tabakası kalınlaşarak birbirine karışırlar, işte bu yapılanmanın meydana geldiği bölge karışım bölgesi olarak adlandırılmıştır. Karışım bölgesi $5y_1$ kadar bir mesafede gelişmektedir ve karışım bölgesinin mansabında akım tam gelişmektedir.

Günal ve Narayanan [1] hız dağılımını Şekil 1 de görüldüğü gibi iç ve dış tabaka olmak üzere iki kısma ayırmıştır. İç tabakada ortalama hız dağılımı aşağıdaki gibi fonksiyonel formda tanımlanmıştır.

$$\frac{u}{u_m} = \left(\frac{y}{\delta} \right)^n \quad (1)$$

burada, y tabandan olan uzaklık, δ iç tabaka kalınlığı, n üstel katsayı ve u_m maksimum ortalama hızdır.

Dış tabakada, x yönündeki ortalama hız profillerinin benzerliği söz konusu olduğundan, hız dağılımı Narayanan [5] ın önerdiği gibi akım içerisinde genişleyen bir jet olarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$u = -u_0 + \frac{u_m + u_0}{2} \left[1 + \cos \frac{\pi(y - \delta)}{(h - \delta)} \right] \quad (2)$$

burada u_m maksimum ortalama hız, u_0 ise $y=h$ da geri dönen akım hızıdır.

Nümerik hesaplamalar için, iki boyutlu süreklilik ve momentum eşitlikleri aşağıdaki gibidir ve Şekil 1 de verilen koordinat düzlemine göre yazıldığında aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g \sin \alpha + \frac{1}{\rho} \frac{\delta \tau}{\partial y} \quad (4)$$

burada u kanal boyunca x yönündeki hız, v tabana dik olan y yönündeki hız, p statik basınç, α kanal eğimi, τ Reynolds kinematik kayma gerilmesi, g yerçekimi ivmesidir.

Hidrolik sıçrama içerisindeki basınç dağılımının özellikle çevri bölgesinde hidrostatik olmadığı Rajaratnam [6] tarafından deneysel olarak ifade edilmiştir. Bu nedenle, denklem (4) deki hidrostatik basınç terimi aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$\frac{p}{\rho u_1^2} = \frac{g(h-y)}{u_1^2} \cos \alpha - (0.021) Fr^2 \left(\frac{y_1}{x} \right) \sin \left(\frac{\pi y}{h} \right) \cos \alpha \quad (5)$$

Denklem (5) de Fr, u_1 hidrolik sıçramanın membasındaki Froude sayısı ve ortalama hızdır.

NÜMERİK ÇÖZÜM

Ters eğimli kanalda oluşan hidrolik sıçramanın topuğuna uygulanan jetle birlikte iç yapısını elde etmek için hidrolik sıçramanın topuğundan itibaren δ , h , u_m , u_0 ve n 'nin akım yönündeki değişimleri nümerik olarak hesaplanmıştır. Denklem (3) ve (4)'de ifade edilen süreklilik ve momentum denklemleri y yönünde denklem (8)'de verilen farklı sınır değerleri için integralleri alındığında aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\frac{d}{dx} \int_0^h u dy = 0 \quad (6)$$

$$\int_{a_1}^{a_2} \frac{\partial u^2}{\partial x} dy + uv \Big|_{a_1}^{a_2} = -g \cos \alpha (a_2 - a_1) - g \sin \alpha (a_2 - a_1) + \frac{1}{\rho} (\tau_{a_2} - \tau_{a_1}) \quad (7)$$

$$a_1=0; \quad a_2=\delta;$$

$$a_1=\delta/2; a_2=\delta;$$

$$a_1=\delta; \quad a_2=(h+\delta)/2; \quad (8)$$

$$a_1=\delta; \quad a_2=h;$$

Analizin tamamlanması için denklem (4) deki kayma gerilmelerinin modellenmesi gerekir. Narayananın [5] modellediği gibi $y=(h+\delta)/2$, $y=0$ ve $y=\delta/2$ deki kayma gerilmeleri aşağıdaki denklemlerle ifade edilmiştir.

$$\frac{\tau_{(h+\delta)/2}}{\rho u_1^2} = - \left[0.001 + 0.025 \frac{(u_m + u_0)^2}{u_1^2} \right] \quad (9)$$

$$\frac{\tau_0}{\rho u_1^2} = 0.0257 \frac{u_m^2}{2u_1^2} \left[\frac{n}{(n+1)(2n+1)} \right]^{\frac{11n}{6}} \left[\frac{u_1 \delta}{v} \frac{n}{(n+1)(2n+1)} \right]^{-\frac{1}{6}} \quad (10)$$

$$\frac{\tau_{\delta/2}}{\rho u_1^2} = \frac{4u_m^2 n^2}{\rho u_1^2 2^{n+1} (n+1)} \quad (11)$$

$y = \delta$ ve $y = h$ taki kayma gerilmeleri 0 olarak alınmıştır. Denklem (6) ve (7)'nin farklı sınır değerleri için integrasyonu alındığında birinci dereceden 5 diferansiyel denklem elde edilir. Bu denklemler, sınır şartları ile birlikte Runge-Kutta Metodu ile nümerik olarak çözülmüştür.

SINIR ŞARTLARI

McCorquodale ve Khalifa [7]'nin da belirttiği gibi, benzerlik koşulu hidrolik sıçramanın topuğundan $5y_1$ kadar olan mesafe içerisinde geçerli olmadığından $x = 5y_1$ deki yüzey hızını ve iç tabakadaki maksimum hızı bir boyutlu momentum ve süreklilik denklemleri kullanılarak bulunmuştur.

$$\rho(q_1 + q_j)u_2 - \rho q_1 u_1 - \rho q_j u_j \cos \theta = \frac{1}{2} \rho g (y_1^2 - y_2^2) + \rho g \sin \alpha \quad (12)$$

Burada, ρ suyun yoğunluğunu, u_1 ve y_1 hidrolik sıçramanın başlangıcındaki ortalama hız ve kanal tabanına dik su yüksekliği, u_2 ve y_2 hidrolik sıçramanın sonundaki ortalama hız ve kanal tabanına dik su yüksekliği, g yerçekimi ivmesi q_j , u_j ve θ sıçramanın topuğuna uygulanan jetin birim genişliğindeki debisini, hızını ve kanal tabanıyla yaptığı açığı, α kanalın yatayla yaptığı açığı göstermektedir. Ayrıca $q = u_1 y_1$ dir. Yukarıda verilen momentum denkleminde (12), eşitliğin her iki tarafı $(1/2)\rho y_1^2$ ile bölünür ve tekrar düzenlenirse aşağıdaki denklem elde edilir.

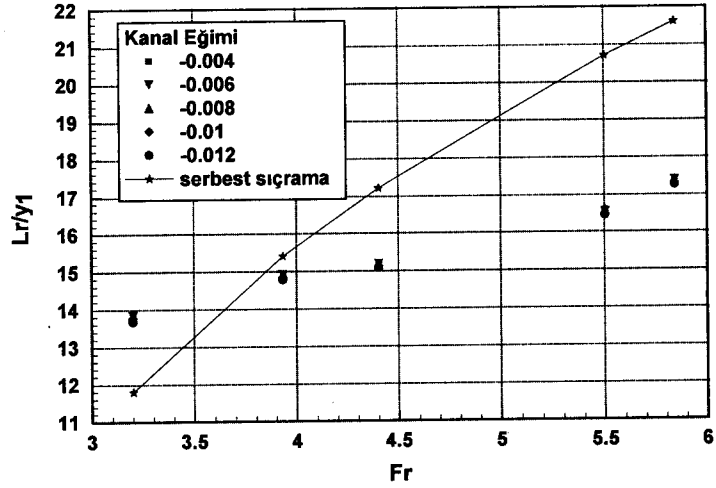
$$2F_r^2 \left[\frac{y_1}{y_2} - 1 \right] = 1 - \left(\frac{y_2}{y_1} \right)^2 - \frac{2g}{y_1^2} \sin \alpha \quad (13)$$

$F_r = \frac{u_1}{\sqrt{gy_1}}$ hidrolik sıçramanın başlangıcındaki Froude sayısıdır.

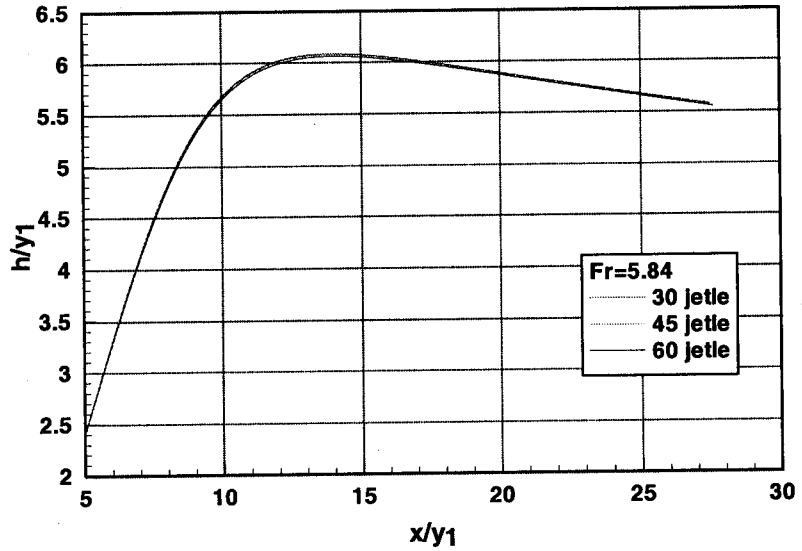
Denklem (1) ve (2) tam gelişmiş bölge için geçerli olduğundan, karışım bölgesine basınç kuvvetleri ile birlikte bir boyutlu süreklilik ve momentum denklemleri uygulanarak integrasyonun başlaması için sınır şartları tam gelişmiş bölge için belirlenir. Karışım bölgesinin uzunluğu Şekil 1'de gösterildiği gibi $5y_1$ olarak alınmıştır. Hidrolik sıçramanın mansabındaki hız üniform akım olarak alınmıştır. Denklem (1) ve (2), karışım bölgesinin sonundaki ortalama hız denklemleri olarak alınmıştır. Karışım bölgesinde $u_m=u_1$ ve $n=1/7$ alınarak bir boyutlu momentum ve süreklilik denklemleri ile birlikte basıncın bu bölgede hidrostatik olduğu kabul edilerek, $x=5y_1$ 'deki u_0 ve h değerleri elde edilir. Böylece denklem (6) ve (7), sınır değerleri u_m , u_0 , h , n ve $x=5y_1$ deki δ ile birlikte Runge-Kutta-Merson metodu ile nümerik olarak çözülmüştür.

4. SONUÇLAR

Nümerik çözüm sonucunda elde edilen veriler yardımıyla Şekil 2'de sıçramanın boyutsuz çevri uzunluğunun (L_r/y_1), başlangıç Fr sayısı ile değişimi ters eğimli kanal hali için çizilmiştir. Bu şekilden jetsiz ve 30° açı ile tesir eden jetin olması halinde çevri uzunluğunun değişimi görülmektedir. Sıçramanın topuğuna tesir eden jetin çevri uzunluğunu kısaltmaktadır. Sıçrama topuğuna uygulanan jetin etkisi Froude sayısının artması ile daha belirgin duruma gelmektedir. Bunun nedeni çevriye giren ilave jetin yaptığı momentum nedeniyle sıçramanın mansabındaki derinliğin artmasıdır. Ayrıca sıçrama ters eğimli kanalda oluşturulduğundan akış yönüne ters yöndeki suyun ağırlığı sıçramanın membaya doğru itilerek daha kısa mesafede oluşmasına neden olmaktadır. Kanal eğiminin $s=-0.004$ ile $s=-0.012$ arasındaki değerlerde, sıçramanın uzunluğuna taban eğiminin etkisi çok azdır. Fakat Şekil dikkatlice incelendiğinde çok küçükte olsa, sıçrama uzunluğunun ters yöndeki kanal eğimi arttıkça, sıçrama uzunluğu azalmaktadır.

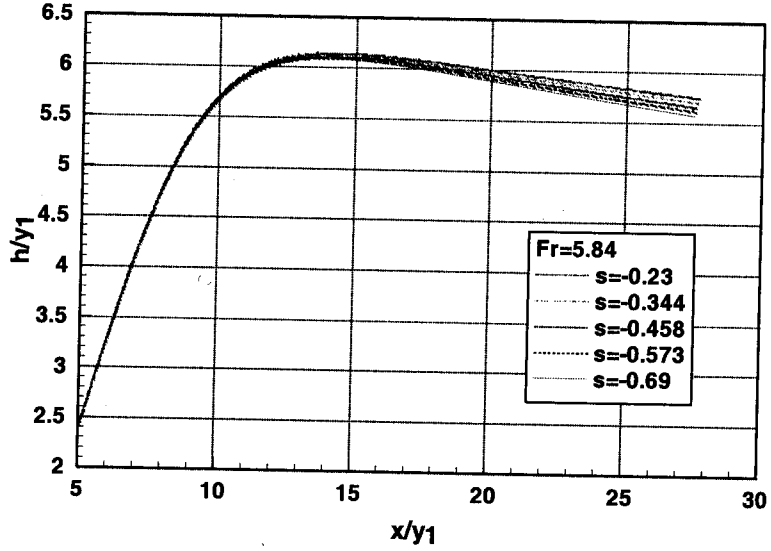


Şekil 2. Çevri Uzunluklarının Froude Sayısına Göre Değişimi.



Şekil 3. Sıçrama yüzey profilleri.

Şekil 3'de Sıçrama topuğuna değişik açılarda jetlerin memba Froude sayısının 5.84 için tesir etmesi durumundaki yüzey profilleri çizilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi yüzey profilleri aynı Froude sayısında değişik açılardaki jetlerle değişim göstermemektedir. Bunun nedeni kanal jet açısının çevri üzerindeki tesirinin bu Froude sayısında etkili olmamaktadır ve açıdan dolayı jetin momentumundaki etkinin aynı kalmaktadır [8].



Şekil 4. Sıçrama yüzey profilleri

Şekil 4'de sıçrama yüzey profilleri sıçrama topuğuna 30° açı ile tesir eden jet ve farklı kanal eğimleri için çizilmiştir. Bu şekilden de görüldüğü gibi kanal eğimi arttıkça aynı Froude sayısındaki yüzey profilleri artmaktadır. Bunun nedeni akış yönüne ters yönde tesir eden suyun ağırlığının eğimin artması ile artmasıdır. Böylelikle sıçrama membaya doğru itilerek momentum dengelenmekte ve sıçrama daha kısa sürede oluşmaktadır.

Bu çalışmada, ters eğimli kanalda sıçrama topuğuna uygulanan jet ile plunging tipi kırılmanın akım yapısına uygun bir analogi yaratılmıştır. Çalışmanın sonucunda farklı büyüklüklerdeki plunging tipi kırılma sırasında kaybolacak enerjinin tahmin edilmesi için farklı bir yaklaşım sunulabilecektir. Bilindiği gibi kırılma yaklaşan dalga koşulları ve deniz taban eğimine bağlıdır. Kırılan dalga sırasında açığa çıkan enerjinin ve kırılan dalganın kıyı boyunca tırmanması sırasında harcanan kalan enerji dağılımının bilinmesi; kıyılarda katı madde taşınımı, erozyon ve kıyı yapılarının tasarımı için gereklidir. Burada sunulan çalışma, bu açıdan böylesine önemli bir konuya farklı bir yaklaşım getirmektedir.

KAYNAKLAR

1. Günal, M. and Narayanan, R., (1996). "Hydraulic jump in sloping channels", J. Hydraulic Engineering, 128, 436-442.

2. Madsen, P.A. and Svendsen, I.A., (1983). "Turbulent bores and hydraulic jumps", Journal of Fluid Mechanics, 129, 1-25
3. Battjes, J.A. and Janssen, J.P.F.M., (1978). "Energy loss and set-up due to breaking of random waves", Proc. 16th, Coastal Eng. Conf., 1; 563-587.
4. Squire, H.B. and Trouncer, J., (1974). "Round jets in a general stream", Aeronautical Research Committee, Reports and Memoranda.
5. Narayanan, R., (1975). "Wall jet analogy to hydraulic jump", J. Hydraulic Div., ASCE, 101, HY3, 347-360.
6. Rajaratnam, N., (1965). "The hydraulic jump as a wall jet", Journal of Hydraulic Div., ASCE, 106, HY5, 107-132.
7. McCorquodale, J. And Khalifa, A., (1983). "Internal flow in a hydraulic jump", Journal of Hydraulic Div., ASCE, 106, 3, 355-367.
8. Yüksel ve diğ. (1999) "Sarf Bölgesinde Çift Fazlı Hidrodinamik Yapının İncelenmesi" TUBITAK, Proje No Intag 823.

AN ANALOGY BETWEEN PLUNGING BREAKER AND F TYPE HYDRAULIC JUMP

ABSTRACT

In this study, because of similarity between the recirculation zone in the jump and bores created during the plunging type breaking waves, a jet which is applied to the toe of the F Jump, is considered to simulate the plunging jet and solved with Strip Integral Method. In this developed numerical method, a jet is applied at an angle of 30° , 45° and 60° to the toe of the F Jump formed in adverse slope. The results are evaluated with respect to hydraulic jump and plunging breakers. The obtained numerical results show that, when the adverse slope and the applied jet increases, the recirculation length decreases.

