

ISSN: 1012 - 0726 (Baskı)
ISSN: 1308 - 2477 (Online)



SAYI: 118
YIL : OCAK 2015

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

Sahibi

DEVLET SU İŞLERİ
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Adına
Akif ÖZKALDI

Sorumlu Müdür

M. Fatih KOCABEYLER

Yayın Kurulu

Ali KILIÇ (DSİ)
Bülent SELEK (DSİ)
Tuncer DİNÇERGÖK
(DSİ)
Nurettin PELEN (DSİ)
Ali SARANER (DSİ)
Kemal ŞAHİN (DSİ)

Haberleşme Adresi

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı
06100 Yüce-tepe -
Ankara

Tel (312) 399 2793
Faks (312) 399 2795
bulten@dsi.gov.tr

Basıldığı Yer

Destek Hizmetleri
Dairesi Başkanlığı
Basım ve Foto-Film
Şube Müdürlüğü
Etlik - Ankara

SAYI : 118

YIL : OCAK 2015

Yayın Türü

Yaygın süreli yayın
Üç ayda bir yayınlanır
(Ocak, Nisan, Temmuz,
Ekim)

ISSN

1012 - 0726 (Baskı)
1308 - 2477 (Online)

İÇİNDEKİLER

FIRAT – DICLE HAVZASI GÖLETLERİNDE SU ÜRÜNLERİ POTANSİYELİ Hatice BİLGİN YILDIRIM, Süleyman DEMİR, Semavi ÖNAL, Halime ERSOY, Doğan GÜNEŞ	1
3 BOYUTLU DİKDÖRTGEN BİR TANKTA OLUŞAN SIVI ÇALKANTISININ DENEYSEL ve NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ M.Deniz İTİBAR, N.Erdem ÜNAL, Hakan AKYILDIZ	6
KAYSERİ BÖLGESİ SU KAYNAKLARININ RADYOAKTİVİTE İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ Nermin DOĞAN	16

DSI TECHNICAL BULLETIN

Publisher

On behalf of
GENERAL
DIRECTORATE OF
STATE HYDRAULIC
WORKS
Akif ÖZKALDI

Director in charge

M. Fatih KOCABEYLER

Editorial Board

Ali KILIÇ (DSİ)
Bülent SELEK (DSİ)
Tuncer DİNÇERGÖK
(DSİ)
Nurettin PELEN (DSİ)
Ali SARANER (DSİ)
Kemal ŞAHİN (DSİ)

Contact Address

DSİ Teknik Araştırma ve
Kalite Kontrol (TAKK)
Dairesi Başkanlığı
06100 Yüce-tepe –
Ankara / TURKEY

Tel (312) 399 2793
Faks (312) 399 2795
bulten@dsi.gov.tr

Place of Publication

Destek Hizmetleri
Dairesi Başkanlığı
Basım ve Foto-Film
Şube Müdürlüğü
Etilik – Ankara / TURKEY

ISSUE: 118

YEAR: JANUARY 2015

Publication Type

Widely distributed
periodical
Published quarterly
(January, April, July,
October)

ISSN

1012 - 0726 (Press)
1308 - 2477 (Online)

CONTENTS

AQUACULTURE POTANTIAL OF SMALL LAKES IN EUPHRATES-TIGRIS RIVER BASIN Hatice BİLGİN YILDIRIM, Süleyman DEMİR, Semavi ÖNAL, Halime ERSOY, Doğan GÜNEŞ	2
INVESTIGATION OF LIQUID SLOSHING IN A THREE DIMENSIONAL RECTANGULAR TANK:NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENTAL VALIDATION M.Deniz İTİBAR, N.Erdem ÜNAL, Hakan AKYILDIZ	6
A STUDY ON THE RADIOACTIVITY CONTENT IN WATER RESOURCES OF KAYSERİ REGION Nermin DOĞAN	16

DSİ TEKNİK BÜLTENİ'NİN AMACI

DSİ Teknik Bülteni'nde, su ile ilgili konularda, temel ve uygulamalı mühendislik alanlarında gönderilen bildiriler yayınlanır. Bildiriler, ilk önce konunun uzmanı tarafından incelenir ve değerlendirilir. Daha sonra, Hakem Kurulu uzman görüşünü de esas alarak bildirinin yayınlanıp yayınlanmamasına karar verir. Bildirilerin tamamı veya büyük bir kısmı diğer yayın organlarında yayınlanmamış olması gereklidir.

DSİ TEKNİK BÜLTENİ BİLDİRİ YAZIM KURALLARI

1. Gönderilen yazılar kolay anlaşılır dilde ve Türkçe kurallarına uygun şekilde yazılmış olmalıdır.
2. Yazıların teknik sorumluluğu yazarına aittir (yazılardaki verilerin kullanılması sonucu oluşabilecek maddi ve manevi problemlerde muhatap yazardır).
3. Yayın Kurulu, bildiriler üzerinde gerekli gördüğü düzeltme ve kısaltmaları yapar.
4. Bildiriler bilgisayarda Microsoft Word olarak bir satır aralıkla yazılmalı ve Arial 10 fontu kullanılmalıdır. Bildiriler A4 normundaki kâğıdın her kenarından 25 mm boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
5. Sadece ilk sayfada, yazı alanı başlangıcından sola dayalı olarak, italik 10 fontunda Arial kullanılarak ilk satıra "*DSİ Teknik Bülteni*" yazılmalıdır.
6. Konu başlığı: Yazı alanı ortalanarak, "*DSİ Teknik Bülteni*" yazısından sonra dört satır boş bırakıldıktan sonra Arial 12 fontu kullanılarak büyük harflerle koyu yazılmalıdır.
7. Yazar ile ilgili bilgiler: Adı (küçük harf), soyadı (büyük harf), yazarın unvanı ile bağlı olduğu kuruluş (alt satıra) ve elektronik posta adresi (alt satıra) başlıktan iki boş satır sonra ilk yazardan başlamak üzere Arial 10 fontu ile yazı alanı ortalanarak yazılmalıdır. Diğer yazarlar da ilk yazar gibi bilgileri bir boşluk bırakıldıktan sonra yazılmalıdır.
8. Türkçe özet, elektronik posta adresinden dört boş satır sonra, özetten bir boş satır sonra ise anahtar kelimeler verilmelidir. Aynı şekilde, Türkçe anahtar kelimelerden iki boş satır sonra İngilizce özet, bir boş satır sonra ise İngilizce anahtar kelimeler verilmelidir.
9. Bölüm başlıkları yazı alanı sol kenarına dayandırılarak Arial 10 fontu kullanılarak koyu ve büyük harfle yazılmalı. Bölüm başlığının üzerinde bir boş satır bulunmalıdır.
10. Ara başlıklar satır başında başlamalı, üstlerinde bir boş satır bulunmalıdır. Birinci derecedeki ara başlıktaki bütün kelimelerin sadece ilk harfi büyük olmalı ve koyu harflerle Arial 10 fontunda yazılmalıdır. İkinci ve daha alt başlıklar normal harflerle Arial 10 fontu ile koyu yazılmalıdır.
11. Yazılar kâğıda iki sütün olarak yazılmalı ve sütün aralarındaki boşluk 10 mm olmalıdır.
12. Paragraf sola dayalı olarak başlamalı ve paragraflar arasında bir boş satır bırakılmalıdır.
13. Eşitlikler bilgisayarda yazılmalı ve numaralandırılmalıdır. Eşitlik numaraları sayfanın sağına oturmalı ve parantez içinde yazılmalıdır. Her eşitlik alttaki ve üstteki yazılardan bir boş satır ile ayrılmalıdır. Eşitliklerde kullanılan bütün semboller eşitlikten hemen sonraki metinde tanımlanmalıdır.
14. Sayısal örnekler verildiği durumlarda SI veya Metrik sistem kullanılmalıdır. Rakamların ondalık kısımları virgöl ile ayrılmalıdır.
15. Yararlanılan kaynaklar metinde kaynağın kullanıldığı yerde köşeli parantez içerisinde numaralı veya [Yazarın soyadı, basım yılı] olarak belirtilmelidir. Örneğin: "..... basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [1]" veya "..... basamaklı dolusavaklar için geometri ve eşitlikler [Aktan, 1999]" gibi.
16. Kaynaklar yazar soyadlarına göre sıralanmalı, listelenirken yazar (veya yazarların) soyadı, adının baş harfi, yayın yılı, kaynağın ismi, yayınlandığı yer ve yararlanılan sayfa numaraları belirtilerek, köşeli parantez içerisinde numaralandırılmalı ve yazarken soldan itibaren 0,75 cm asılı paragraf şeklinde yazılmalıdır. Makale başlıkları çift tırnak içine alınmalı, kitap isimlerinin altı çizilmelidir. Bütün kaynaklara metin içinde atıf yapılmalıdır.
17. Çizelgeler, şekiller, grafikler ve resimler yazı içerisine en uygun yere gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Fotoğraflar net çekilmiş olmalıdır. Şekil ve grafikler üzerine el yazısı ile ekleme yapılmamalıdır.
18. Bildirinin tamamı 20 sayfayı geçmemeli, şekil, çizelge, grafik ve fotoğraflar yazının 1/3'ünden az olmalıdır.
19. Sayfa numarası, sayfaların karışmaması için sayfa arkalarına kurşun kalem ile hafifçe verilmelidir.
20. Yazım kurallarına uygun olarak basılmış bildirinin tam metni hem A4 kâğıda baskı şeklinde (2 adet) hem de dijital ortamda (CD veya DVD) yazışma adresine gönderilmelidir.
21. Yayınlanan bütün yazılar için "Kamu Kurum ve kuruluşlarınca ödenecek telif ve işlenme ücretleri hakkındaki yönetmelik" hükümleri uygulanır.
22. Bildiriyi gönderen yazarlar yukarıda belirtilenleri kabul etmiş sayılırlar.
23. Yazışma adresi aşağıda verilmiştir:

DSİ TEKNİK BÜLTENİ

DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Dairesi Başkanlığı

06100 Yüce-tepe ANKARA

Tel (312) 399 2793

Faks (312) 399 2795

E-posta bulten@dsi.gov.tr

Web <http://www.dsi.gov.tr/yayinlarimiz/dsi-teknik-bultenleri>

FIRAT – DİCLE HAVZASI GÖLETLERİNDE SU ÜRÜNLERİ POTANSİYELİ

Hatice BİLGİN YILDIRIM
GTHB Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu ANKARA
Hatice.Bilgin.Yildirim@gmail.com

Süleyman DEMİR
GTHB Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu, ANKARA
sdemir25@hotmail.com

Semavi ÖNAL
GTHB Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu ANKARA
semavi.onal@tarim.gov.tr

Halime ERSOY
GTHB Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu ANKARA
halime.ersoy@tarim.gov.tr

Doğan GÜNEŞ
GTHB Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Eskişehir Yolu ANKARA
dogan.gunes@tarim.gov.tr

(Makalenin geliş tarihi:03.07.2014, Makalenin kabul tarihi:17.07.2014)

ÖZET

Türkiye'nin sahip olduğu yaklaşık 26 milyon hektar yüzey su alanının 24,6 milyon hektarını deniz, 1,2 milyon hektarını ise iç sular oluşturmaktadır. İç su kaynaklarından olan göletler öncelikli olarak sulama amaçlı yapılırlar. Ancak balıkçılık için de oldukça önemli yararları bulunmaktadır. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi'nin uygulanmasında en önemli nokta Entegre Havza Yönetim anlayışının benimsenmesidir. Bu kapsamda Fırat-Dicle Havzası'nda Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış 22 adet (toplam 65,825 hm³ aktif hacim), mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış 27 adet gölet (toplam 86,056 hm³ aktif hacim) tespit edilmiştir. Havza içerisindeki göletlerden 7 tanesi 2009 yılında, 12 tanesi 2010 yılında ve 11 tanesi 2011 yılında balıklandırılmıştır. Projeye dayalı su ürünleri yetiştiriciliği kapsamında Çayırılı Göleti'nde (Erzincan) bir adet alabalık işletmesi ile Kırkat Göleti'nde (Batman) bir adet sazan işletmesi tesisi yer almaktadır. Dot ve Mülk Göletleri (Adıyaman), Palandöken Göleti (Erzurum) ile Merkez Göleti (Muş) ticari olarak avcılığa tamamen yasak olup diğer kaynaklar için de ticari ve amatör amaçlı avcılık için zaman ve tür sınırlaması bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı havza içerisindeki göletlerin mevcut su ürünleri açısından değerlendirilmesidir. Ayrıca, havza bazında göletler ve su ürünleri potansiyeli ilk kez değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fırat-Dicle Havzası, Gölet, Su ürünleri potansiyeli

AQUACULTURE POTENTIAL OF SMALL LAKES IN EUPHRATES-TIGRIS RIVER BASIN

ABSTRACT

Turkey owns about 26 million ha (hectares) water surface area which consist of 24.6 million ha the sea and 1.2 million inland waters. Small lakes, which are one of inland water resource, are primarily constructed for irrigation purpose. However, there are significant benefits to fishing. The most important point in the implementation of Water Framework Directive of The European Union is adoption of the conception of Integrated Watershed Management. In this context, 22 ponds (total 65,825 hm³ active volume) built by the State Hydraulic Works General Directorate and 27 ponds (total 86.056 hm³ active volume) built by abolished Rural Services General Directorate in the Euphrates-Tigris River Basin have been identified. 7, 12 and 11 of the ponds within the basin were fish releasing respectively in 2009, 2010, and 2011. Within the scope of aquaculture based project, two fish farms setup. One of them a trout farm in Kirkat Small Lake (Batman) and other one is a carp farm in Çayırılı Small Lake (Erzincan). Commercial fishing is completely forbidden in Dot and Mülk Small Lakes (Adıyaman), Paladöken Small Lake (Erzurum) and the Merkez Small Lake (Muş) and there are also time and species limitations for commercial and amateur fishing. The aim of this study, small lakes in the basin is evaluated in terms of the existing fishery. Also, small lakes and fishery potential in the basins was evaluated for the first time.

Key Words: Euphrates-Tigris basin, small lake, aquaculture potential

1 GİRİŞ

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'nin içsu varlığını 177.000 km uzunluğunda nehir ağı ile 300'den fazla farklı büyüklükte göl, 673 adet baraj gölü ve 2000 civarında gölet oluşturmaktadır [1]. Sahip olduğu yaklaşık 26 milyon hektar yüzey su alanının 24,6 milyon hektarını deniz, 1,2 milyon hektarını ise içsular oluşturmaktadır[2].

İçsu kaynaklarından olan göletler, boşa akıp giden suların yararlanılmadığı veya kullanılmadığı aylarda depo edilmesi için sulama amaçlı yapılırlar. Göletlerin ayrıca içme suyu temini, taşkın kontrolü, balıkçılık ve mesire yeri olması gibi önemli yararları bulunmaktadır [[3].

1992 yılında Dublin'de Uluslararası Su ve Çevre Konferansı'nda ve 1992'de Rio De Janeiro'daki BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda suyun "sonlu" bir ekonomik ve sosyal kaynak olduğu, su kaynakları yönetiminde sosyal ve ekonomik kalkınma ile doğal ekosistemlerin korunmasını bir arada ele alan bütüncül yaklaşımlara ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Bu bağlamda, AB "Su Çerçeve Direktifi" (2000/60/EC) ile havza temelli bütüncül yaklaşımı benimsendiğini ilan edilmiştir. SÇD'nin uygulanmasında en önemli nokta Entegre Havza Yönetim anlayışının benimsenmesidir [1].

Türkiye 25 hidrolojik havzaya bölünmüş olup bu havzalardan toplam ortalama yıllık akış 186

milyar m³ olarak kabul edilmektedir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) verilerine göre bunun yaklaşık üçte biri (%28,5), ülkenin doğusunda yer alan Fırat-Dicle Havzası'na aittir. Bu alan 184.918 km²'lik yağış alanı ile toplam havzaların %23,7'sini oluşturmaktadır [1]. Fırat – Dicle havzasının sahip olduğu su potansiyeli, Türkiye potansiyelinin %30'unu karşılayabilecek yapıdadır [4].

Bu çalışma ile Fırat-Dicle Nehir Havzası'nda yer alan, DSİ ve mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) tarafından farklı zamanlarda yapılmış olan göletlerin, mevcut su ürünleri açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca çalışmanın, havza bazında göletlerin ve su ürünleri potansiyelinin değerlendirilmesi anlamında ilk olması ve daha sonra yapılabilecek çalışmalara bilgi sağlaması bakımından önemlidir.

2 MATERYAL ve YÖNTEM

Havza ve göletlere ilişkin verilerin toplanması Fırat-Dicle hidrolojik havzasının sınırları Google-earth programı üzerinden temin edilmiştir. DSİ'nin yaptığı göletlere ait bilgiler her ilin bölge müdürlüğü internet sitesinden, mülga KHGM'nin yaptığı göletler ise Anonim [5]'den alınarak işaretlenmiştir (Şekil 1). Balıklandırma ve yetiştiricilik faaliyetleri DSİ ve mülga KHGM'nin göletlerine Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (GTHB) tarafınca yapılan balıklandırma çalışmaları ile projeye dayalı yetiştiricilik tesis bilgileri Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nün (BSGM) kayıtlarından alınmıştır (Çizelge 1).



Şekil 1 - Fırat – Dicle Nehir Havzası'nda Yer alan Göletler

3 SONUÇ ve TARTIŞMA

Fırat-Dicle Nehir Havzası'nda DSİ tarafından yapılan 22 adet göletin kullanılabilir toplam aktif hacmi 65,825 hm³, mülga KHGM tarafından yapılan 27 adet göletin toplam aktif hacmi ise 86,056 hm³ olarak tespit edilmiştir.

Türkiye'de Su Ürünlerini Geliştirme Projesi kapsamında GTHB ile DSİ tarafından su ürünleri stoklarının korunarak sürdürülebilirliğinin sağlanması ve yöre halkının balık ihtiyacının karşılanması amacıyla baraj gölü ve göletlerde balıklandırma çalışmaları yapılmaktadır. Havza sınırları içerisinde yer alan DSİ'ye ait Keban (Elazığ) ve Atatürk Barajı (Şanlıurfa) Su Ürünleri İstasyonları'nda üretilen pullu sazanlar, DSİ tarafından baraj göllerine [6] ve Tarım İl Müdürlükleri aracılığıyla da göletlere salınmaktadır. Havzanın sahip olduğu göletlerden 2009 yılında 7, 2010 yılında 12, 2011 yılında ise 11 adet gölete yavru pullu sazan salınmıştır (Çizelge 1). 2012 ve 2013 yıllarında göletlerin bulunduğu iller için balıklandırma çalışmalarına rastlanılmamıştır.

Göletlerin su ürünleri üretimine kazandırılması için DSİ ve mülga Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından 2004 tarihinde göletlerin projeye dayalı su ürünleri yetiştiriciliği ile sportif amaçlı avcılığa açılması için bir protokol imzalanmıştır [7]. Bu kapsamda Fırat-Dicle Havzası içerisinde bulunan göletlerden projeye dayalı yetiştiricilik yapan Çayırılı Göleti (Erzincan)'nda 29 ton/yıl kapasiteli bir adet alabalık yetiştiriciliği tesisi bulunmaktadır. Kırkat Göleti (Batman)'nda ise 29 ton/yıl kapasiteli sazan üretim işletmesinin projesi GTHB tarafından onaylanmış olup henüz üretime geçmemiş bulunmaktadır. Havza göletlerinde su ürünleri tesis sayısının az olmasının sebebi, işletmelerin bu havzada bulunan baraj göllerinde yoğunlaşmış olmasına bağlanabilir.

Anonim [8]'e göre Dot ve Mülk Göletleri (Adıyaman), Palandöken Göleti (Erzurum) ile

Merkez Göleti (Muş) avlanmanın tamamen yasaklandığı iç sularımızdandır. Avlanmanın kısmen yasaklandığı sulara ise sazangillere zaman yasakları getirilmiş olup İl sınırı içinde kalan tüm iç sulara uygulanmaktadır (Çizelge 1).

Aynı yıllar arasında geçerli olan uygulama ise Anonim [9]'a göre sportif amaçlı avcılıkla ilgili düzenlemeyi kapsamaktadır ve iç sulara avlanabilecek türlerle yasak dönemlerini belirlemektedir. Bu kapsamda; havza sınırları içerisinde bulunan illerdeki sazan (*Cyprinus carpio*), kadife (*Tinca tinca*), şiraz (*Capoeta.sp.*), yayın (*Silurus glanis*) ve tatlısu kefali (*Leuciscus cephalus*) (Orman içi sular ve akarsular dışındaki iç sular) için yasak dönemleri de yer almaktadır (Çizelge 1).

Havza içerisindeki göletlerle ilgili yapılan bilimsel çalışmalardan biri Palandöken Göleti'nde Gürbüz [10] tarafından alg florası üzerinedir. Gürbüz ve Altiner [11] aynı göletin fitoplankton topluluğu üzerine, Saler ve Şen [12] Tadım Göleti'nde rotifer faunası üzerine, Özer ve Pala [13] ise TM12 Dedeyolu Göleti'nde bentik algler konusunda literatüre katkıda bulunmuşlardır. Besin zincirinin ilk halkasını oluşturan alglerle ilgili bu tür tespitler, Fırat-Dicle nehir havzasında yapılacak su ürünleri, su kalitesi ve gölet tür tespit çalışmalarına katkıda bulunacak özellikte olmasından dolayı önem taşımaktadır.

Şen ve ark.[14] Elazığ ve çevre illerinden Malatya, Bingöl, Diyarbakır ve Tunceli'de su ürünlerinin mevcut durumunu ortaya koymak için avcılık ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen ürünlerin üretim miktarlarını karşılaştırmışlardır. Fırat-Dicle havzası içerisinde yer alan bu illerden en fazla tatlısu balığı avcılığı yapılan İlin Elazığ, en az avcılığı yapılanın ise Bingöl'e ait olduğunu bildirmişlerdir. Elazığ ve Malatya illerinde fazla miktarda Tatlısu balık istihsalini, bu illerin içerisinde geniş avlak sahalarıyla yer alan Keban ve Karakaya Baraj Gölleri'nin bulunmasına bağlamışlardır. Elazığ ve çevre illerde avlanan balık türlerinden en çok aynalı sazan olmasını ise DSİ'nin baraj göllerine yaptıkları balıklandırma faaliyetlerinin sonucu olarak yorumlayıp bu türün diğer türlere oranla daha büyük popülasyon oluşturduklarını kayıt altına almışlardır.

Fırat-Dicle Havzası'nın sahip olduğu gölet sayıları, balıklandırma ve yetiştiricilik faaliyetleri ile diğer bilimsel çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, göletlerin tam olarak değerlendirilemediği görüşü şekillenmektedir. Kaldı ki yapılan sınırlı sayıda bilimsel çalışmalar da, birincil üretimin çeşitliliğini ve su

ekosistemindeki besin zincirinin son halkasını oluşturan balıklar için ideal bir ortam olduğunu göstermektedir. Öncelikli amacı sulama olan göletlerde balıkların üremesi ve yaşamlarını sürdürebilmesi için belirli hacimdeki su miktarı her daim tutulmaktadır. Entegre Havza Yönetim anlayışının benimsenmesi, sektörler arasındaki ilişkinin anlaşılmasını da beraberinde getirdiğinden gölet – su ürünleri faaliyetlerinin ilk etapta değerlendirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak sürdürülebilir gölet ekosistemleri için balıklandırma faaliyetlerinin önemi, öncelikle bölge halkına dolaylı olarak da ülkemize katkı getirecektir. Balık hem biyolojik değeri olan besin kaynağı, hem de sportif kültürel gelişim için kullanılacak bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Fırat–Dicle havzasında yaşayan insanların göletlerin yaşamsal önemi ve su ürünleri konusunda farkındalığının sağlanması için gelecekte daha kapsamlı çalışmaların yürütülmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim, 2013. Sürdürülebilir Biyolojik Çeşitlilik Yönetimi Çalışma Grubu Raporu. s: 352; Su Kalitesi Yönetimi Çalışma Grubu Raporu. s:163-164; Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Çalışma Grubu Raporu. s: 10-11. Ormanlık ve Su Şurası Çalışma Grubu Raporları (Şura Belgeleri), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- [2] Bilgin, Y.H. "Aquaculture and Recirculation Systems in Turkey". CIHEAM. Advanced Course on "Recirculation Systems and Their Application in Aquaculture" Zaragoza (Spain) 14-18 May 2012
- [3] Erdoğan, N. 2012. "Sulama Suyu Temininde Depolama Tesisleri ve Göletler". Su ve Toprak Dergisi.13,16.
- [4] Sınanmış, A.D. 2001. Atatürk Baraj Gölü'nde Kurulan Balık Üretim İstasyonunun Su Kalite Parametrelerinde Meydana Getireceği Değişikliğin ve Oluşturacağı Kirlilik Yükünün Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Şanlıurfa.
- [5] Anonim 2004. KHGM Uygulamaları-KHGM Havza Islahı ve Göletler Dairesi Başkanlığı –yayınlanmamış.
- [6] Anonim, 2012a. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) 2012 Faaliyet Raporu. 315 sayfa.
- [7] Anonim, 2004. Göletlerle İlgili Protokol. (Devlet Su İşleri, mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve mülga Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü)

(DSİ ve mülga Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı).

- [8] Anonim, 2012b. 3/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliğ (18.08.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28388)
- [9] Anonim, 2012c. 3/2 Numaralı Amatör Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliğ (18.08.2012 Resmi Gazete Sayısı: 28388).
- [10] Gürbüz, H. 2000. "Palandöken Göleti Bentik Alg Florası Üzerinde Kalitatif ve Kantitatif Bir Araştırma". Turk J Biol., 24, 31–48.
- [11] Gürbüz, H ve Altuner, Z. 2000. "Palandöken (Tekederesi) Göleti Fitoplankton Topluluğu Üzerinde Kalitatif ve Kantitatif Bir Araştırma". Turk J Biol., 24, 13–30.
- [12] Saler, S. Ve Şen, D. 2002. "A Taxonomical Study on the Rotifera Fauna of Tadım Pond (Elazığ)". E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 19, (3-4): 497–50.
- [13] Özer, G. ve Pala, G. 2009. "Suluçayır Düzü (Sivrice/Elazığ) 'nde Bulunan Bir Gölet (TM12) 'in Epipsammik Diatomeleri ve Mevsimsel Değişimleri". Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi 1 (1), 79-88.
- [14] Şen, B., Canpolat, Ö. Ve Sönmez, F. 2006. "Elazığ ve Çevre İllerde Su Ürünlerinin Mevcut Durumu ve Geleceği". E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2006 E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 2006 Cilt/Volume 23, Sayı/Issue (1-2): 239–244.

Not: Bu çalışma "Doğu Anadolu Bölgesi 5. Su Ürünleri Sempozyumu"nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Çizelge 1 - Fırat-Dicle Havzası Göletlerinde Genel Bilgiler

Gölet isimleri	Aktif hacim (hm ³)	Kurum		Balıklandırma			Yetiştiricilik		Yasal Düzenleme	
		DSİ	KHGM	2009	2010	2011	Alabalık	Sazan	3/1 Tebliğ (Anonim 2012b)	3/2 Tebliğ (Anonim 2012c)
Adıyaman-Dot	1,870		X						Tamamen Yasak	1 Nisan-1 Temmuz
Adıyaman-Mülk	2,900		X						Tamamen Yasak	
Adıyaman-Karahöyük	2,900	X			X	X				
Adıyaman-Hasancık	0,800	X			X	X				
Adıyaman-Kınık	1,500	X			X	X				
Batman-Kırkat	2,549	X						Henüz üretim yok		
Bingöl-Kargapazarı	0,030		X							
Diyarbakır-Çumar	1,100		X							
Diyarbakır-Özbek	0,485		X							
Diyarbakır-Kozan	1,700		X							
Diyarbakır-Kaldırım	1,150		X							
Diyarbakır-Eşikdüzü	3,650		X							
Diyarbakır-Kılıçkaya	2,620		X	X						
Diyarbakır-Düğündere	1,400		X							
Diyarbakır-Ortaviran	1,251	X								
Diyarbakır-Künreş	0,594	X			X	X				
Diyarbakır-Gözegöl	11,140	X		X						
Diyarbakır-Halilan	5,176	X								
Diyarbakır-Bespınar	1,196	X			X	X				
Diyarbakır-Kabaklı	0,914	X								
Elazığ-Dedeyolu	3,100	X								
Elazığ-Tadım	0,834	X								
Elazığ-Işiktepe	3,500	X								
Erzincan-Göktaş	5,035		X						1 Nisan-1 Temmuz	
Erzincan-Cennetpınar	1,500		X	X	X	X				
Erzincan-Çayırılı	3,900		X				X			
Erzurum-Palandöken	1,546	X							Tamamen Yasak	
Gaziantep-Alleben	2,040	X			X	X			1 Mart-1 Haziran	
Kayseri-Incesu	1,808	X							1 Nisan-1 Temmuz	
Kilis-Konak	4,250		X						1 Mart-1 Haziran	
Malatya-Güvercinlik	3,650		X							
Malatya-Yukarıselimli	1,230		X							
Malatya-Margap	0,640		X							
Malatya-Orduzu	1,400		X							
Malatya-Gözlüce	0,130		X							
Malatya-Sofular	2,000	X								
Mardin-Şerifbaba	1,806	X								
Mardin-Arbete	2,273	X								
Muş-Merkez	2,230		X						Tamamen Yasak	
Muş-Tabanlı	4,700		X	X					15 Mayıs-15 Ağustos	
Siirt-Yayıklı	2,240		X	X	X					
Sivas-Deligazili	0,480		X							
Sivas-Bozarmut	3,600	X								
Sivas-Uçöz	12,800	X								
Şanlıurfa-Sulutepe	3,940		X	X	X	X			1 Nisan-1 Temmuz	
Şanlıurfa-Yeniceyayık	18,860		X	X	X	X				
Şanlıurfa-Yeleken	13,630		X	X	X	X				
Şırnak-Dirseki	2,498	X								
Tunceli-Günboğazı	1,336		X	X	X				1 Nisan-1 Temmuz	
DSİ TOPLAM	65,825	22 adet								
KHGM TOPLAM	86,056		27 adet	7	12	11				

3 BOYUTLU DİKDÖRTGEN BİR TANKTA OLUŞAN SIVI ÇALKANTISININ DENEYSEL ve NÜMERİK OLARAK İNCELENMESİ

M.Deniz İTİBAR
İTÜ Kıyı Bilimleri ve Müh. Maslak, İSTANBUL
mditibar@itu.edu.tr

N.Erdem ÜNAL
İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı 34469 Maslak, İSTANBUL
neu@itu.edu.tr

Hakan AKYILDIZ
İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Müh. Bölümü
34469 Maslak, İSTANBUL
akyildiz@itu.edu.tr

(Makalenin geliş tarihi: 21.10.2014, Makalenin kabul tarihi: 24.11.2014)

ÖZET

Bu çalışmada, sıvı çalkantısının sayısal olarak modellenmesi için, yakın zamanda geliştirilmiş olan δ -DPH şemasından ve grafik kartı destekli çözüm tekniğinden yararlanılmıştır. Kısmi dolu bir tank içerisindeki sıvının hareketlerinin sayısal analizi oldukça karmaşık ve zor bir süreçtir. İncelenmekte olan dikdörtgen tank cidarındaki basınçların, sayısal olarak tahmin edilebilmesi için, Düzgün Parçacık Hidrodinamiği yaklaşımı ve bu yöntemle getirilen bir yenilik olan δ -DPH şeması kullanılmıştır. Sayısal çalışmalar tankın iki farklı doluluk oranı için gerçekleştirilmiştir. Grafik kartının sayısal çözüm için programlanabilmesine imkan tanıyan CUDA platformu, sayısal değerlerin elde edilmesinde kullanılmış ve sonuçlar deneysel veriler ile doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, çözüm için grafik kartı kullanılmasının gerekli hesaplama süresini oldukça azalttığını ve δ -DPH şemasının basınç alanındaki nümerik kirliliğin giderilmesinde oldukça etkili olduğunu bize göstermiştir. Bu çalışma, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Programı'nda tamamlanmış olan "Küre Biçimli Tanklardaki Sıvı Çalkantısının Modellenmesi" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sıvı Çalkantısı, Düzgün Parçacık Hidrodinamiği, CUDA, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Delta-DPH Şeması

INVESTIGATION OF LIQUID SLOSHING IN A THREE DIMENSIONAL RECTANGULAR TANK: NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENTAL VALIDATION

ABSTRACT

This paper deals with recent studies devoted to GPU-acceleration and δ -SPH scheme to optimize calculations for liquid sloshing. The numerical analysis of liquid sloshing inside a partially filled tank is a difficult and complicate task. In order to investigate the effects of ring baffles inside a cylindrical tank, Smoothed Particle Hydrodynamics method with δ -SPH scheme was adapted to assess the pressure loads along the tank boundary. Numerical cases for two filling levels are given to illustrate the effectiveness and efficiency of the solution. The CUDA-based solution scheme is validated by experiments. It is shown that results of GPU-accelerated calculations can be obtained much faster. Moreover, the numerical noise in the pressure field was also eliminated with the help of δ -SPH scheme. This study is originated from the Ph.D. thesis of the first author entitled "Modelling of Liquid Sloshing for Spherical Tanks".

Key Words: Liquid Sloshing, Smoothed Particle Hydrodynamics, CUDA, Computational Fluid Dynamics, Delta-SPH Scheme

1 GİRİŞ

Kısmi dolu tanklar içerisinde gözlenen sıvı çalkantısı, doğrusal olmayan bir harekettir. Sıvının şiddetli yer değiştirmeleri, tank çeperi ve tavanı üzerinde büyük etki kuvvetlerinin gözlenmesine neden olabilir. Dış uyarının frekansının tankın doğal frekansına yaklaştığı durumlarda, sıvının hareketi daha da şiddetli olur [1]. Meydana gelen etki kuvvetleri, güçlü dinamikler ve büyük deformasyonlar ile karakterize edildiklerinden, analizleri oldukça karmaşıktır. Bu kuvvetlerin elde edilmesindeki temel iki yaklaşım, teorik analiz ve laboratuvar deneyleridir. Teorik çalışmalarda, güvenilir çözümler sadece basit geometrik şekildeki tanklar için elde edilmişlerdir. Ölçek etkisi ve benzeşim koşulları ise deneysel çalışmaların zayıf taraflarıdır. Özellikle deneysel etki basınçlarının ölçeklendirilmesindeki zorluklar literatürde sıklıkla incelenmiştir [2,3].

Teorik ve deneysel alanda yaşanan zorluklar, sıvı çalkantısı probleminin çözümünde sayısal yöntemlerin kullanımını doğurmuştur. Sayısal yöntemler iki farklı grupta incelenebilirler. Bunlardan ilki, potansiyel akım teorisini kullanan Laplace Denklemleri'ne dayanır. Ancak, sıvı serbest yüzeyindeki kırılmalar ve değişimler, dönümsüz bir akış ile tariflenemeyeceğinden, bu teorinin kullanımı çalışmamız için yeterli değildir. İkinci grup çözümler ise, Navier-Stokes denklemlerine dayanmaktadır. Birçok araştırmacı, N-S denklemlerini, Sonlu Elemanlar Yöntemi yada Sonlu Farklar Yöntemi'ni kullanarak sıvı çalkantısı problemine uyarlamışlardır. Kim ve Veldman, gerçekleştirdikleri çalışmalarda, SURF ve VOF şemalarını tanımladıkları sonlu farklar ve sonlu hacim tabanlı hesaplamalara uyarlamışlardır [4,5].

Özellikle son on yılda, ağdan bağımsız ve parçacık yöntemler olarak adlandırılan yaklaşımlar, serbest yüzey problemlerinin sayısal çözümlerinde kullanılmaya başlamışlardır [6,7]. Buna karşın günümüzde, ağ tabanlı yöntemlerin kullanımı daha yaygındır [8,9]. Her ne kadar söz konusu yöntemler yaygın olarak kullanılsalar da, ağ yapısındaki kısıtlamalar, karmaşık ve büyük deformasyonların olduğu problemlerde zorluk çıkarmaktadır. Yakın bir geçmişte, Düzgün Parçacık Hidrodinamiği yaklaşımı serbest yüzey problemlerinin çözümünde kendine yer bulmaya başlamıştır [10]. DPH literatüründe iki temel çözüm yaklaşımı vardır. Bunlardan ilki N-S denklemlerini kullanmakta ve basınç alanını Poisson denklemi ile tariflemektedir [11,12]. Diğer yaklaşım ise akışkanın zayıf sıkıştırılabilir olduğu kabulüne dayanır [13,14].

Genel olarak kabul gören yaklaşım akışkanın zayıf sıkıştırılabilir olduğudur [15]. Ancak, bu yaklaşımın olumsuz tarafı, basınç alanında istenmeyen sayısal salınımlar gözlenmesidir [16].

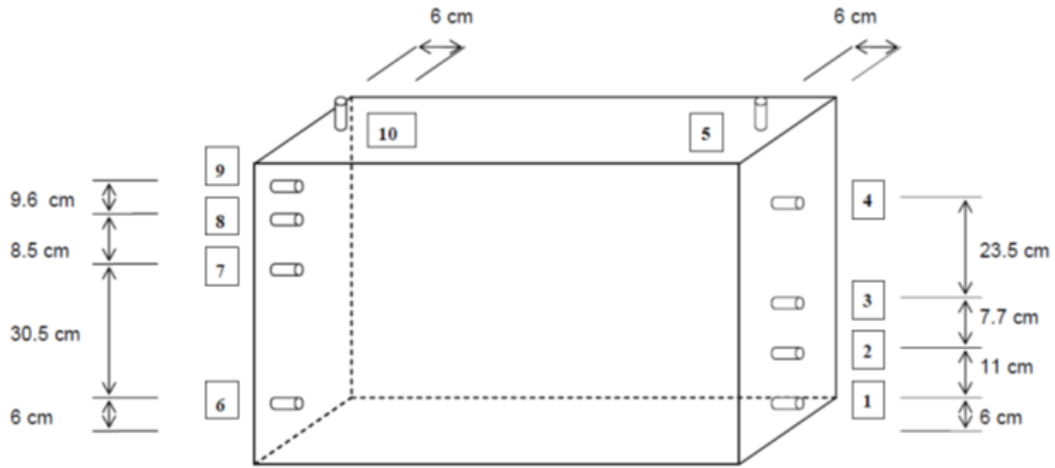
Molteni ve Colagrossi söz konusu istenmeyen etkinin giderilebilmesi için sayısal difüzyon terimleri içeren bir çözüm şeması geliştirmişlerdir [17]. Ne yazık ki çözüm şemaları hidrostatik çözümü koruyamıyordu. Antuono, 2010 tarihli çalışmasında, Molteni ve Colagrossi'nin çalışmasını bir adım ileriye taşıyarak, difüzyon terimlerinin hem yoğunluk hem de termal enerji denklemlerine eklemiştir [18]. Delta – DPH olarak adlandırılan yeni yaklaşım, sıvı çalkantısı probleminin çözümü için oldukça umut vaat etmektedir.

Yakın zamanda kullanıma sunulan CUDA programlama platformu, kişisel bilgisayarların temel bileşenlerinden olan grafik kartlarından, sayısal model çalışmalarında yararlanılmasına imkan sağlamıştır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen sayısal hesaplamalar, grafik kartı yardımıyla sonuçlandırılmıştır. Söz konusu yaklaşım, ulaşılabilir olan kişisel bilgisayarlar yardımı ile süper bilgisayarlara ihtiyaç duymadan karmaşık problemleri çözmeye olanak tanımaktadır [19].

Bu çalışmada, doğrusal olmayan üç boyutlu sıvı serbest yüzeyindeki salınımların, sayısal olarak tariflenmesine imkan veren CUDA tabanlı bir çözümden bahsedilmektedir.

2 DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu deneysel çalışma kapsamında dikdörtgen biçimli bir tanktaki sıvının meydana getirdiği çalkantı hareketinin etkileri 3 boyutlu olarak incelenmiştir. Çalışmalar kapsamında kullanılan dikdörtgen tank, akrilikten imal edilmiş olup 92x62x46 cm boyutundadır. Tank çeperinde meydana gelen basınç değerlerini ölçebilmek amacıyla tanka toplam 9 adet basınç ölçer yerleştirilmiştir. Şekil 1'de, söz konusu tankın geometrisi ve basınç ölçerlerin konumları gösterilmektedir.



Şekil 1 – Tank geometrisi ve basınç sensör konumları

DeneySEL çalışma kapsamında dönme hareketinin sağlanması için 15 kW gücünde bir DC motordan yararlanılmıştır. Deneyler 9 farklı tank konfigürasyonunda gerçekleştirilmiş olup, gerçekleştirilmiş toplam deney sayısı 145'dir. Söz konusu deneyler 2 dakikalık dilimler için gerçekleştirilmiş olup, deney verileri Agilent 34970 A otomatik veri sistemi ile kaydedilmiştir. Şekil 2'de, deney düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 2 – Deney düzeneği

Çalkantı hareketinin ne kadar etkili olacağı, tankın geometrisine, içerisindeki suyun derinliğine ve tankın hareketine bağlıdır. Çalışma kapsamındaki incelemeler, dönme açısı olarak 4° ve 8° ; doluluk oranı %25 ve %75 ve dönme frekansı $f=0,3183$ Hz için gerçekleştirilmiştir.

3 DPH YÖNTEMİ

Düzgün Parçacık Hidrodinamiği yönteminde, akışkanlar dinamiği denklemlerinin sayısal çözümlerinin elde edilebilmesi için akışkan, bir grup parçacık ile tariflenmektedir [20]. Yöntem ilk olarak astrofizik problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir. Monaghan, 1994 tarihli çalışmasında yöntemi serbest yüzey problemlerine uyarlamıştır [13]. Yöntem halen en çok kullanılan parçacık tabanlı yöntem olmayı sürdürmektedir [21].

3.1 DPH Hareket Denklemleri

DPH yönteminde, bir fonksiyonun rastgele dağılmış parçacık noktalarındaki değerleri, düzeltme kerneli ile tariflenir. Düzeltme kernel fonksiyonu (ağırlık fonksiyonu), tipik bir değişken olan $A(r)$ 'nin, uzaydaki bir r noktasında tanımlanmasına olanak verir. Aşağıdaki denklem kernel tahminini göstermektedir [22].

$$A(r) = \int_V A(r') W(r - r', h) dr' \quad (1)$$

Denklemde yer alan " V " çözüm uzayını, " h " kernel fonksiyonunun etki mesafesini, " W " ise kernel fonksiyonunu ifade eder. Kernel fonksiyonu aşağıdaki özellikleri taşır.

$$\int_V W(r - r', h) dr' = 1,$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} W(r - r', h) = \delta(r - r') \quad (2)$$

Eğer $A(r')$ 'nin, N adet r_1, r_2, \dots, r_N , konum için değeri biliniyor ise, aşağıdaki denklem ile yakınsak olarak elde edilebilir.

$$A(r) = \sum_{j=1}^N \delta(r - r_j) A(r_j) (dV)_j \quad (3)$$

Denklemde yer alan j indeksi, parçacığın etiketi olup, bu parçacık r_j konumunda m_j kütlesine ve ρ_j yoğunluğuna sahiptir. Söz konusu r_j konumu civarındaki akışkanın hacmi $(dV)_j$ olarak adlandırılır. Denklem (3), denklem (1)'de yerine konulursa aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$A(r) = \sum_{j=1}^N \int \delta(r - r_j) A(r_j) (dV)_j W(r - r_j, h) dr_j$$

İntegrasyon sonucunda;

$$A(r) = \sum_{j=1}^N A(r_j)W(r - r_j, h)(dV)_j \quad (5)$$

denklemleri elde edilir. Diferansiyel hacim elemanı $(dV)_j$, m_j/ρ_j şeklinde tariflenebilir. Bu eşitlik yardımı ile $A(r)$ aşağıdaki denklem ile yakınsak olarak elde edilebilir.

$$A(r) = \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{\rho_j} A(r_j)W(r - r_j, h) \quad (6)$$

Detayları ilgili kaynaklarda rahatlıkla bulunabilecek olan bazı karmaşık dönüşümlerden sonra DPH notasyonundaki hareket denklemleri aşağıdaki şekilde elde edilmiş olurlar.

$$\frac{d\rho_i}{dt} = \sum_{j=1}^N m_j v_{ij} \nabla_i W_{ij} \quad (7)$$

$$\frac{du_i}{dt} = - \sum_j m_j \left(\frac{P_i}{\rho_i^2} + \frac{P_j}{\rho_j^2} + \prod_{ij} \right) \nabla_i W_{ij} + g \quad (8)$$

Denklemlerde yer alan u, P, m, ρ ve g sırası ile, hız, basınç, kütle, yoğunluk ve yerçekimi ivmesidir. Yukarıda yer alan \prod_{ij} terimi, i ve j parçacıkları arasındaki viskoz kuvvetler olup aşağıdaki denklem ile tariflenir [23].

$$\prod_{ij} = - \frac{8\mu}{\rho_i \rho_j} \frac{u_{ij} \cdot r_{ij}}{(r_{ij}^2 + 0.01h^2)} \quad (9)$$

Denklemlerde yer alan μ dinamik viskozite, $0.01h^2$ çözümde teklikten kaçınmak için kullanılan küçük bir katsayıdır. Bu çalışma kapsamında 5. derece Wendland kernel fonksiyonundan yararlanılmıştır [24].

$$W(r, h) = \begin{cases} W_0 \times \frac{(1 + 2s)(2 - s)^4}{0} & 0 \leq s \leq 2 \\ 0 & 2 \leq s \end{cases} \quad (10)$$

Denklemlerde yer alan s , $s = |r|/h$ eşitliği ile tanımlanır. Denklemlerde yer alan W_0 terimi normalleştirme faktörü olup, 2 boyut için $W_0 = 7/64\pi h^2$, 3 boyut için ise $W_0 = 7/128\pi h^3$ şeklinde tariflenir.

3.2 Delta-DPH Şeması

Bu çalışma kapsamında, Antonuo tarafından tariflenmiş olan çözüm şemasından yararlanılmıştır [16].

Bu çözüm şeması uyarınca, yapay bir difüzyon terimi süreklilik denklemlerine eklenmiştir. Kullanılan çözüm şemasına ait denklemler aşağıda verilmektedir.

$$\frac{D\rho_i}{Dt} = -\rho_i \sum_j (u_j - u_i) \cdot \nabla_i W(r_j) dV_j + \delta h c_0 \sum_j \psi_{ij} \cdot \nabla_i W(r_j) dV_j \quad (11)$$

$$\rho_i \frac{Du_i}{Dt} = - \sum_j \psi_{ij} \cdot \nabla_i W(r_j) dV_j + \rho_i f_i + \alpha h c_0 \rho_0 \sum_j \pi_{ij} \nabla_i W(r_j) dV_j \quad (12)$$

$$\frac{Dn_i}{Dt} = u_i + \varepsilon_{xj} \sum_j (u_j - u_i) W(r_j) dV_j \quad (13)$$

$$\rho_i = c_0^2 (\rho_i - \rho_0) \quad (14)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan ψ_{ij} ve π_{ij} ifadeleri aşağıdaki denklemler ile tariflenirler.

$$\psi_{ij} = 2(\rho_j - \rho_i) \frac{r_{ij}}{|r_{ij}|^2} - [(\nabla \rho)_i^2 + (\nabla \rho)_j^2] \quad (15)$$

$$\pi_{ij} = \frac{(u_j - u_i) \cdot r_{ij}}{|r_{ij}|^2} \quad (16)$$

Denklemlerde yer alan ρ_i , ρ_j ve u_i ifadeleri sırası ile i . parçacığın yoğunluk, basınç ve hızını tanımlar. Yukarıdaki denklemlerde yer alan δ katsayısı difüzyon teriminin büyüklüğünü ifade eder. Yine denklemlerde yer alan ε_x ifadesi hız alanındaki düzeltme oranını belirler. Bu çalışma kapsamında $\varepsilon_x = 0.5$ ve $\delta = 1.1$ olarak seçilmiştir. Tariflenmiş olan bu sistem, doğrusal ve açısız momentum ile global kütle korunumunu sağlamaktadır.

3.3 Sınır Şartları

DPH formasyonunda fiziksel olarak gerçekçi sınır şartlarının oluşturulması, halen üzerinde çalışılan bir konudur. Bu çalışma kapsamında "Dinamik Sınır Şartı" yaklaşımından yararlanılmıştır. Bu yaklaşımda sıvı parçacıklar katı cidar parçacıklarına yaklaştıklarında girişim olmaması için karşı bir kuvvet tanımlanmaktadır. Dinamik parçacıklar sıvı parçacıklar ile aynı şartları sağlamalarına karşın, konumları zamana bağlı olarak değişmez [25].

3.4 Başlangıç Koşulları

Akışkan parçacıklarının tank içerisindeki hızları başlangıçta sıfırdır. Parçacıklara başlangıç yoğunluğu olarak ρ_0 tanımlanır. Bu değer gerçek hidrostatik basınç değeri ile düzeltilmesi gerekir. Basınç ise aşağıda verilen denge denklemi ile tariflenir.

$$P = B \left[\left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma - 1 \right] \quad (17)$$

Denklemden yer alan $\gamma = 7$ ve $B = (c_0^2 \rho_0 / \gamma)$ olarak tanımlanır. Suyun yoğunluğu $\rho_0 = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ ve bu yoğunluktaki sesin yayılma hızı $c_0 = c(\rho_0)$ olarak alınmıştır. Yerçekimi ivmesi $-z$ yönünde etkilmiştir. Sonuç olarak akışkan parçacığının yoğunluğu aşağıdaki eşitlikle elde edilmiştir.

$$\rho = \rho_0 \left(1 + \frac{\rho_0 g (H - z)}{B} \right)^{1/\gamma} \quad (18)$$

3.5 Zamansal İntegrasyon

Çözümün stabilitesi için integrasyon şeması en az ikinci mertebe olmalıdır. Bu çalışmada Verlet şeması kullanılmıştır [26]. Değişken zaman adımı Δt aşağıdaki denklem yardımı ile tariflenir.

$$\Delta t = C \cdot \min(\Delta t_f, \Delta t_{cv}) \quad (19)$$

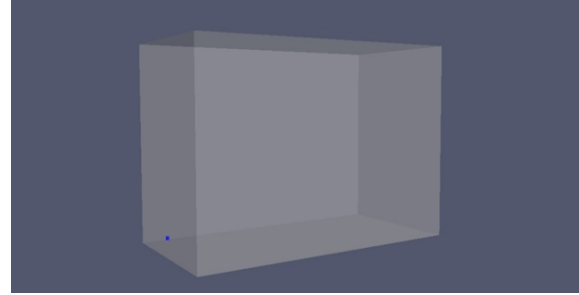
$$\Delta t_f = \min_i \left(\sqrt{\frac{h}{|f_i|}} \right) \quad (20)$$

$$\Delta t_{cv} = \min_i \left(\frac{h}{c_s + \max_j \left| \frac{hu_{ij}x_{ij}}{n_{ij}^2} \right|} \right) \quad (21)$$

Denklemden yer alan C bir katsayı olup, 0,1 değerindedir.

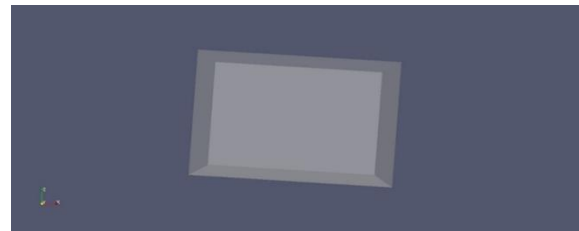
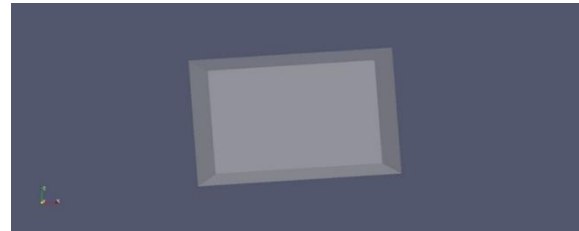
4 SAYISAL MODEL

Sayısal model çalışmaları kapsamında öncelikle, deneylerde kullanılan tankın üç boyutlu bir modeli oluşturulmuştur. Doğrulama çalışmaları kapsamında tankın perdesiz durumu incelenmiştir. Sayısal çalışmalar, tankın %25 ve %75 doluluk oranları için gerçekleştirilmiş olup, dönme açısı 8° olarak alınmıştır. Sayısal basınç değerleri, 6,7 ve 8 nolu basınç sensorları için elde edilmişlerdir. Geometri, başlangıç koşulları ve sınır şartları, hazırlanan bir XML dosyası yardımı ile tanımlanmıştır. Aşağıda verilmekte olan şekillerde, tanımlanmış olan tank geometrisi ile 6 nolu fiktif basınç sensörü gösterilmektedir.



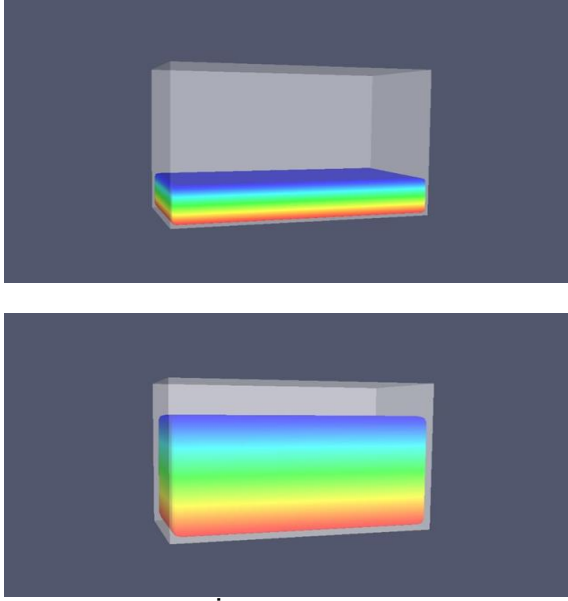
Şekil 3 – Sayısal model çalışması

Bir sonraki adımda, tankın hareketleri sayısal olarak tanımlanmıştır. Tankın hareketleri, dönme açısı 8° , frekansı ise 0,3183 Hz olarak tanımlanmıştır. Aşağıda verilmekte olan şekilde, farklı zaman dilimlerinde tankın hareketleri gösterilmektedir.



Şekil 4 – Tanımlanmış tank hareketleri

Başlangıç konumunda, statik haldeki basınç seviyeleri ise aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

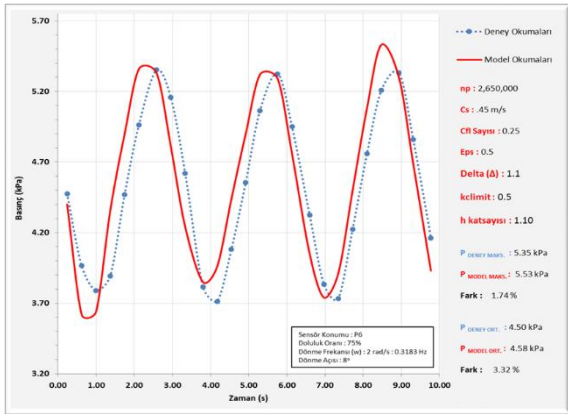


Şekil 5 – İki farklı doluluk oranında başlangıç halleri

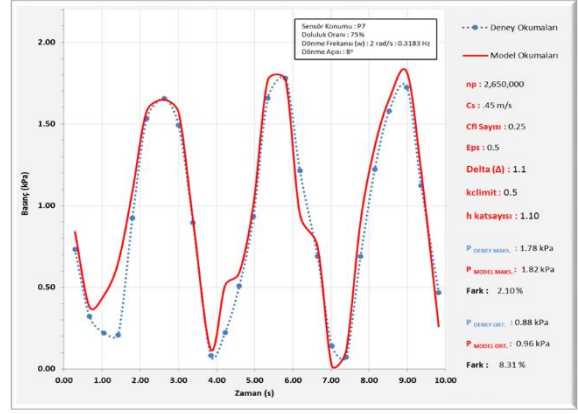
Dikdörtgen tank için gerçekleştirilmiş olan deneysel çalışmaya karşı gelen ilk 10 saniye, sayısal olarak modellenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıdaki kısımlarda irdelenmektedir.

4.1 %75 Doluluk Oranına Ait Sonuçlar

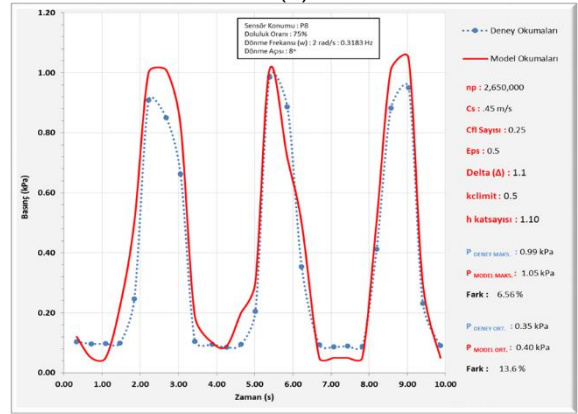
%75 doluluk oranına sahip dikdörtgen tank için $N_p = 2.650.000$ adet parçacık yardımı ile sayısal benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde elde edilen sayısal basınç değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 6'da gösterilmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6 – %75 doluluk oranında P₆, P₇ ve P₈ sensörlerinde elde edilen basınçlar

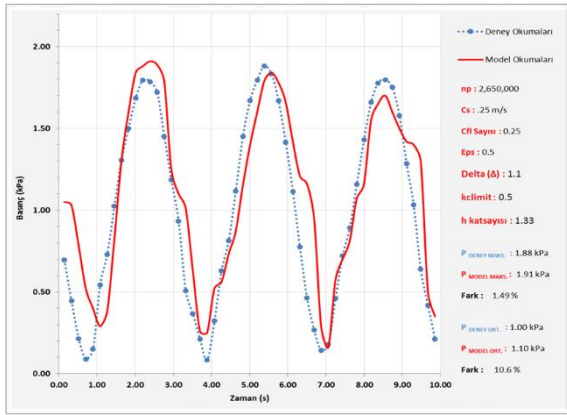
Sayısal benzetim için seçilen parametrelerle yapılan çalışmanın sonuçlarının deneysel verilerle oldukça uyumlu oldukları görülmektedir. Deneyde ve nümerik benzetim çalışması sonucunda elde edilen pik ve ortalama basınç değerler arasındaki farklara bakıldığında en uzak değer de dahi farklar %5'in altında kalmıştır. Klasik DPH yönteminin en büyük eksikliği olan basınç alanındaki nümerik gürültü, probleme getirilen yeni yaklaşım ile aşılmıştır.

Çizelge 1 - %75 doluluk oranı ile yapılan çalışmanın özeti

Sensor no	Parçacık Sayısı	P _{DENEY} ORTALAMASI	P _{MODEL} ORTALAMASI	P _{DENEY} MAKSİMUM	P _{MODEL} MAKSİMUM	Maksimum fark
P ₆	2,650,000	4.50 kPa	4.58 kPa	5.35 kPa	5.58 kPa	3.32 %
P ₇	2,650,000	0.88 kPa	0.96 kPa	1.78 kPa	1.82 kPa	8.31 %
P ₈	2,650,000	0.35 kPa	0.40 kPa	0.99 kPa	1.05 kPa	13.60 %

4.2 %25 Doluluk Oranına Ait Sonuçlar

%25 doluluk oranına sahip dikdörtgen tank için de Np = 2.650.000 adet parçacık yardımı ile sayısal benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde elde edilen sayısal basınç değeri karşılaştırmalı olarak Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7 – %25 doluluk oranında P₆ sensorunda elde edilen basınçlar

Her iki doluluk oranı ile gerçekleştirilen çalışmalar irdelendiğinde, %25 doluluk oranı için elde edilen değerlerin deneysel sonuçlardan daha uzak olduğu görülmektedir. Tankın hareketi sırasında herhangi bir t anında kernel fonksiyonu içerisinde yeterli sayıda parçacık olmaması sorunun nedeni olabilir. Ancak çalışmalarda kullanılan bilgisayar donanımı, 3 boyutlu tank probleminde daha çok parçacıkla çalışmaya izin vermemiştir.

Çizelge 2 - %25 doluluk oranı ile yapılan çalışmanın özeti.

Sensor no	Parçacık Sayısı	P _{DENEY} ORTALAMASI	P _{MODEL} ORTALAMASI	P _{DENEY} MAKSİMUM	P _{MODEL} MAKSİMUM	Maksimum fark
P ₆	2,650,000	1.00 kPa	1.10 kPa	1.88 kPa	1.95 kPa	10.6 %

Dikdörtgen tank için gerçekleştirilen sayısal model çalışmaları sonucunda elde edilen değerler deney sonuçları ile istatistiksel olarak karşılaştırılmışlardır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmekte olan çizelgelerde gösterilmektedir.

%25 ve %75 doluluk oranına sahip dikdörtgen biçimli tankın, sayısal benzetim çalışması sonucu elde edilen değerlerin, Paraview yazılımında işlenmesi ile yakalanmış görüntüleri, aşağıda verilmiştir. Söz konusu grafiklerde tankın ve içerisindeki akışkanın durumu gösterilmektedir.

Deneysel çalışma sonuçları ile sayısal değerler iki farklı istatistiksel büyüklük ile kıyaslanabilirler. Bu büyüklükler aşağıdaki denklemler ile tanımlanırlar.

$$A_r = \left(\frac{\sum_i (Var_i^{nümerik})^2}{\sum_j (Var_j^{deneysel})^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

$$P_d = \left(\frac{\sum_i (Var_i^{nümerik} - Var_i^{deneysel})^2}{\sum_j (Var_j^{deneysel})^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

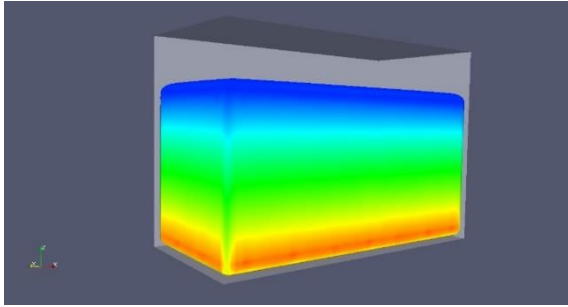
Denklemden yer alan "Var" terimi o anda incelenmekte olan değişkeni ifade eder (hız, basınç vb.). İlk parametre olan A_r, deney ve nümerik çalışmaya ait sinyallerin genliğidir. Diğer parametre olan P_d ise, her iki sinyalin faz farkını ifade etmektedir. Deney ve nümerik sonuçlar arasında mükemmel bir benzerlik olabilmesi için A_r → 1 ve P_d → 0 olmalıdır. A_r büyüklüğünün 1'e, P_d büyüklüğünün ise 0'a en yakın olduğu durumlar en iyi olanlardır.

Çizelge 3 - %75 doluluk oranındaki çalışmaya ait istatistiksel değerler

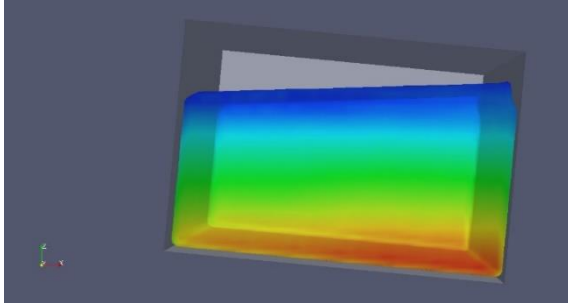
Sensor no	P_d	A_r
P_6	0.060	1.013
P_7	0.260	1.054
P_8	0.559	1.117

Çizelge 4 - %25 doluluk oranındaki çalışmaya ait istatistiksel değerler

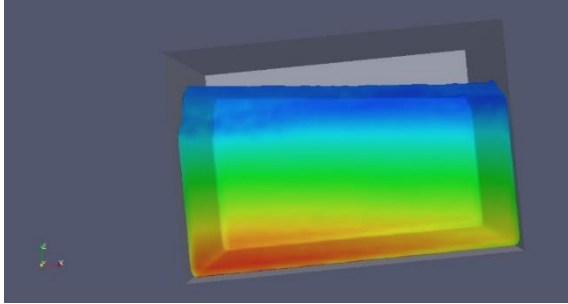
Sensor no	P_d	A_r
P_6	0.162	1.055



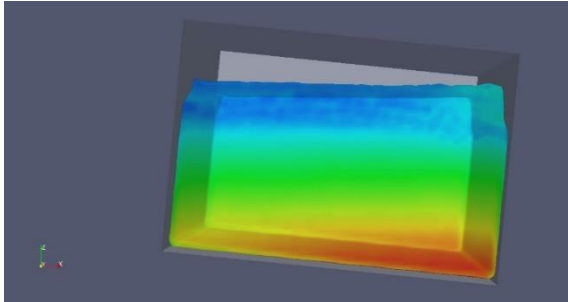
T=0.0 s



T=1.2 s

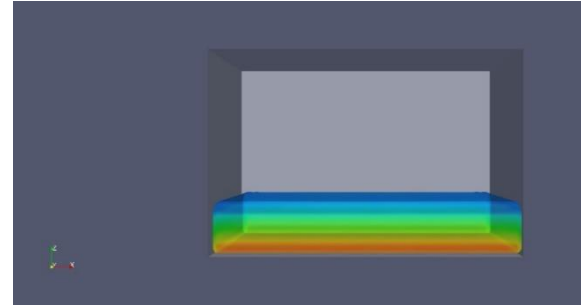


T=4.9 s

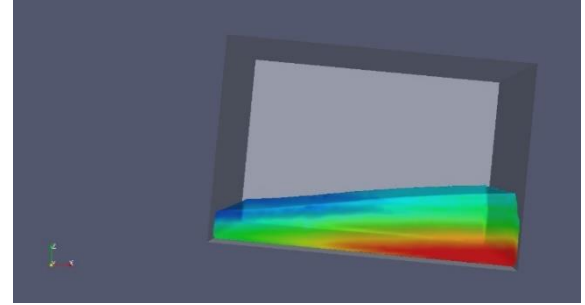


T=9.7 s

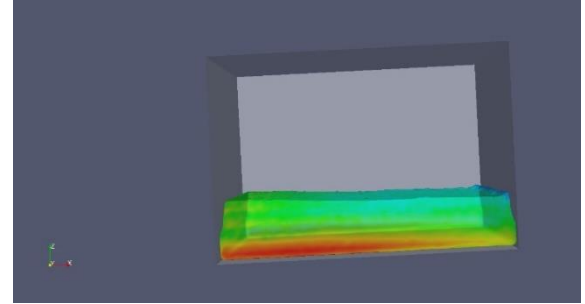
Şekil 8 – %75 doluluktaki model çalışmasına ait anlık görüntüler



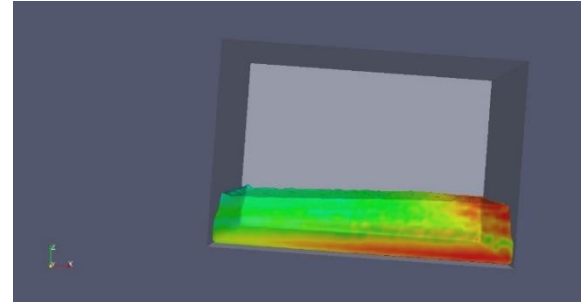
T=0.0 s



T=1.2 s



T=4.9 s



T=9.7 s

Şekil 9 – %25 doluluktaki model çalışmasına ait anlık görüntüler

4.3 Grafik Kartı İle Çözüm

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözümleri, grafik kartı yardımı ile tamamlanmıştır. Çalışmalarda Nvidia firmasının GTX580 kodlu olan, 512 adet CUDA hesap çekirdeğine sahip grafik kartı kullanılmıştır. Söz konusu grafik kartı kullanılarak yapılan çözümlerin tamamlanma süreleri, merkezi işlemci ile gerçekleştirilenlere oranla yaklaşık 15 kat azalmıştır.

5 SONUÇLAR

Dikdörtgen tanktaki sıvı çalkantısının daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla, İstanbul Teknik Üniversitesi hidrolik laboratuvarında çeşitli deneyler gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmalarda, farklı doluluk oranlarında ve dönme açılarında tankın çeşitli noktalarında meydana gelen basınç değerleri okunmuştur.

Bu çalışma kapsamında, dikdörtgen biçimli tankın %25 ve %75 doluluk oranları ve 8° dönme açısı incelenmiştir. Sayısal model sonuçları deneysel çalışmalarda elde edilen değerler yardımı ile doğrulanmıştır. Sayısal model çalışmaları, Düzgün Parçacık Hidrodinamiği yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu yöntemin zayıf yönlerinden birisi olan basınç alanındaki nümerik kirlilik, δ -SPH şeması yardımı ile giderilmiştir. Elde edilen sayısal basınç değerlerinin deneysel sonuçlar ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışma ile getirilen önemli bir yenilik hesapların grafik kartı yardımı ile gerçekleştirilmesi olmuştur. Bu yaklaşım, çözüm için gerekli olan sürenin, klasik çözüm yöntemlerine oranla yaklaşık 15 kat azalmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada önerilmekte olan yaklaşım ile farklı mühendislik uygulamalarına ait problemler rahatlıkla çözülebilecektir. Bunun için pahalı ve zor ulaşılır süper bilgisayarlar yerine, kişisel bilgisayarlardan yararlanılmaktadır. Bundan sonraki aşama için, iki-fazlı çözümün yöntemine eklenmesi düşünülmektedir.

6 KAYNAKLAR

- [1] Ibrahim, R.A., (2005). Liquid Sloshing Dynamics: Theory and Applications. M.. Cambridge University Press, New York.
- [2] Bass, R., Bowles, E., Trudell, R., Navickas, J., Peck, J., Endo, N., Pots, B., (1985). Modeling criteria for scaled LNG sloshing experiments. Transactions of the ASME 107, 272–280.

- [3] Berg, A., (1987). Scaling laws and statistical distributions of impact pressures in liquid sloshing. Technical Report no. 87-2008, Det Norske Veritas (DNV).
- [4] Kim Y, Shin Y, Lee K.H., (2004). Numerical study on slosh-induced impact pressures on three-dimensional prismatic tanks. Applied Ocean Research, 26:213–26.
- [5] Veldman A.E.P., Gerrits J, Luppens R, Helder J.A., Vreeburg J.P.B., (2007). The numerical simulation of liquid sloshing on board spacecraft. Journal of Computational Physics, 224(1):82–99.
- [6] Colagrossi, A., Landrini, M. (2003). Numerical simulation of interfacial flows by smoothed particle hydrodynamics. J. Comp. Phys. 191, 448–475.
- [7] Dalrymple, R.A., Rogers, B.D. (2006). Numerical modeling of water waves with the SPH method, Coastal Engrg. 53(2–3), 141–147.
- [8] Chen, B.F., Nokes, R., (2005). Time-independent finite difference analysis of fully non-linear and viscous fluid sloshing in a rectangular tank. J. Comput. Phys. 209, 47–81.
- [9] Liu, D.M., Lin, P.Z., (2008). A numerical study of three-dimensional liquid sloshing in tanks. J. Comput. Phys. 227, 3921–3939.
- [10] Liu, G.R., Liu, M.B., (2003). Smoothed particle hydrodynamics: a meshfree particle method, World Scientific Publishing Company.
- [11] Shao, S., Edmond, Y.M.L., (2003). Incompressible SPH method for simulating Newtonian and non-Newtonian flows with a free surface, Adv. Water Resour. 26, 787–800.
- [12] Ellero, M., Serrano, M., Español, P., (2007). Incompressible smoothed particle hydrodynamics, J. Comput. Phys. 226, 1731–1752.
- [13] Monaghan, J.J., (1994). Simulating free surface flows with SPH, J. Comput. Phys. 110 399–406.
- [14] Bonet, J., Lock, T.S.L., (1999). Variational and momentum preservation aspects of smoothed particle hydrodynamics formulations, Comput. Methods Appl. Mech. Eng. 180, 97–115.
- [15] Colagrossi, A., Antuono, M., Le Touzé, D., (2009). Theoretical considerations on the free surface role in the SPH model, Phys. Rev. E 79 (5) 056701.

- [16] Antuono, M., Colagrossi, A., Marrone, S., (2012). Numerical diffusive terms in weakly-compressible SPH schemes. *Computer Physics Communications* 183 2570–2580.
- [17] Molteni, D., Colagrossi, A., (2008). A simple procedure to improve the pressure evaluation in hydrodynamic context using the SPH, *Computer Physics Communications* 180 (6) (June 2009) 861–872.
- [18] Antuono, M., Colagrossi, A., Marrone, S., Molteni, D., (2010). Free-surface flows solved by mean of SPH schemes with numerical diffusive terms, *Comput. Phys. Comm.* 181 (3) 532–549.
- [19] Crespo, A.J.C., Domínguez, J.M., Barreiro, A., Gómez-Gesteira, M. and Rogers, B.D., (2011). GPUs, a new tool of acceleration in CFD: Efficiency and reliability on Smoothed Particle Hydrodynamics methods. 6 (6), e20685, doi:10.1371/journal.pone.0020685. PLoS ONE
- [20] Gingold, R.A., Monaghan, J.J., (1977). Smoothed particle hydrodynamics. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 181:375–89
- [21] Bøckmann, A., Shipilova, O., Skeie, G., (2012). Incompressible SPH for free surface flows. *Computers & Fluids*, 67, 138-151.
- [22] Monaghan, J.J., (1992). Smoothed particle hydrodynamics, *Annul. Rev. Astron. Astrophys.* 30 (1992) 543–574.
- [23] Monaghan, J.J., (2005). Smoothed particle hydrodynamics, *Rep. Prog. Phys.* 68 (2005) 1703–1759.
- [24] Wendland, H., (1995). Piecewise polynomial, positive definite and compactly supported radial functions of minimal degree, *Adv. Comput. Math.* 4 , 389–396.
- [25] Gómez-Gesteira M., Rogers, B.D., Dalrymple, R.A., Crespo, A.J.C., (2010). State-of-the-art of classical SPH for free-surface flows. *Journal of Hydraulic Research* 48(Extra Issue): 6–27. doi:10.3826/jhr.2010.0012.
- [26] Verlet, L., (1967). Computer experiments on classical fluids. I. Thermodynamical properties of Lennard-Jones molecules. *Phys. Rev.* 159, 98–103.

KAYSERİ BÖLGESİ SU KAYNAKLARININ RADYOAKTİVİTE İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ

Nermin DOĞAN

DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarı Şube Müdürlüğü 06291 Altınova, Ankara

nermind@dsi.gov.tr

(Makalenin geliş tarihi: 13.08.2014, Makalenin kabul tarihi: 01.12.2014)

ÖZET

Bilindiği gibi radyoaktif maddeler doğal olarak çevremizde bulunmaktadır (örneğin Uranyum, Toryum, Potasyum). Ayrıca radyoaktif maddelerin tıpta ve endüstride kullanılması sonucu çevresel kirlenmeler artış gösterebilir. Dolayısıyla içme suyunun kalitesinin kontrol altında olması çok önemlidir. İçme sularında bulunan radyoaktif maddelerin toplam alfa, toplam beta derişimleri ve yıllık etkin doz eşdeğerleri için üst sınır değer Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı Kayseri bölgesinden toplanan tüm içme sularında olası radyoaktivitenin belirlenmesi ve WHO'nun öngördüğü sınır değerlere uygunluğunun saptanmasıdır. Kayseri bölgesi su kaynaklarının toplam alfa, toplam beta aktiviteleri ve yıllık etkin doz eşdeğerlerini belirlemek için nehir, kuyu, baraj ve kaynak sularından olmak üzere toplam 14 farklı lokasyondan su numunesi toplanmıştır. Toplam alfa ve toplam beta aktivite değerlerini ölçmek için düşük doğal fon (low background) sayımlı 10 kanallı çoklu detektöre sistemi kullanılmıştır (Berthold LB770). Sulardaki aktivite derişimleri sırasıyla toplam alfa ve toplam beta için 0,041 Bq/L ile 0,227 Bq/L ve 0,04 Bq/L ile 0,36 Bq/L aralığında ölçülmüştür. Sonuçlar, tüm su numunelerinin yıllık etkin doz eşdeğerlerinin WHO'nun belirlediği 0,1 mSv/yıl sınır değerinin altında olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Toplam alfa aktivitesi, Toplam beta aktivitesi, Yıllık etkin doz eşdeğeri, Su, Kayseri.

A STUDY ON THE RADIOACTIVITY CONTENT IN WATER RESOURCES OF KAYSERİ REGION

ABSTRACT

As known, radioactive materials occur naturally in the environment (for example Uranium, Thorium, Potassium). As a result of medical or industrial uses of radioactive substances, environmental radioactive pollutants might be enhanced. Therefore it is an important point is that drinking waters quality should always be controlled. World Health Organization (WHO) has established maximum contaminant levels for gross alpha, gross beta and the annual effective dose equivalents in drinking waters.

The purpose of the present study is to determine the level of radioactivity of all water samples collected from Kayseri. After that the results are evaluated using permissible reference values of WHO. Gross alpha, gross beta activities and the annual effective dose equivalent were determined on the samples collected from 14 different locations, which are river, well, dam and spring waters in Kayseri. The instrument used to count the gross alpha and gross beta activities was an alpha/beta counter of the low background multiple detector type with 10 sample detectors (Berthold LB770). The activity concentrations ranging from 0,041 Bq/L to 0,227 Bq/L for gross alpha and those from 0,04 Bq/L to 0,36 Bq/L for gross beta, respectively, were observed in the waters. The results showed that the annual effective dose equivalents are below the WHO recommended reference level of 0,1 mSv/y for all water samples.

Keywords: Gross alpha activity, Gross beta activity, Annual effective dose equivalent, Water, Kayseri

1 GİRİŞ

Çevremiz çeşitli elementlerden veya onların bileşiklerinden meydana gelmiştir. Bunlardan uranyum, toryum ve bunların bozunma ürünleri ile potasyum doğal radyoaktivitenin temel kaynağını oluştururlar. Ancak insanların çeşitli yollarla yapay olarak ürettikleri radyonüklitlerin kontrolsüz olarak çevreye salınmaları, yaşamsal öneme sahip su kaynakları ve toprak gibi doğal çevremizin kirlenmesine yol açabilir.

Bilindiği üzere, gerek yüzey suları gerekse yeraltı suları çeşitli radyonüklitler içermektedir. Sulardaki doğal radyonüklit derişimleri bölgenin fiziko-kimyasal durumu ve jeolojik formasyonu ile ilgilidir [Zorer vd., 2009]. Doğal sular çeşitli miktarda alfa (α) ve beta (β) yayınlayıcıları içerir [UNSCEAR, 1993]. Alfa aktivitesi genelde Uranyum izotopları (^{234}U , ^{235}U and ^{238}U) ile Radyum-226'dan (^{226}Ra), beta aktivitesi ise genelde Potasyum-40 (^{40}K) Uranyum-238 (^{238}U), Toryum-234 (^{234}Th) ve Paladyum-234'ün (^{234}Pa) bozunma ürünlerinden ortaya çıkmaktadır [Forte vd., 2007].

Nükleer silah denemeleri, test reaktörleri, nükleer tıp laboratuvarları, uranyumun madencilikte kullanılması gibi insan faaliyetleri çevredeki doğal radyoaktivite derişimlerinde artışa neden olmaktadır [Pujol ve Sanchez-Cabeza, 2000]. Bu kapsamda son yıllarda sulardaki radyoaktivite belirleme büyük ilgi çekmektedir. Sulardaki toplam alfa ve toplam beta analizleri radyolojik karakterizasyonu belirlemede ilk adım olarak yaygın olarak kullanılmaktadır [Jobbogy vd., 2011]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme sularındaki toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite konsantrasyon sınırlarını sırasıyla 0,5 Bq/L ve 1,0 Bq/L olarak, yıllık etkin doz eşdeğeri sınırını ise 0,1 mSv/yıl olarak belirlemiştir [WHO, 2004].

Bu çalışmanın amacı Kayseri bölgesinden toplanan tüm içme sularında olası radyoaktivitenin belirlenmesi ve WHO'nun öngördüğü sınır değerlere uygunluğunun saptanması için tarama amaçlı toplam alfa ve toplam beta aktivitesi ölçümleri yapmaktır.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

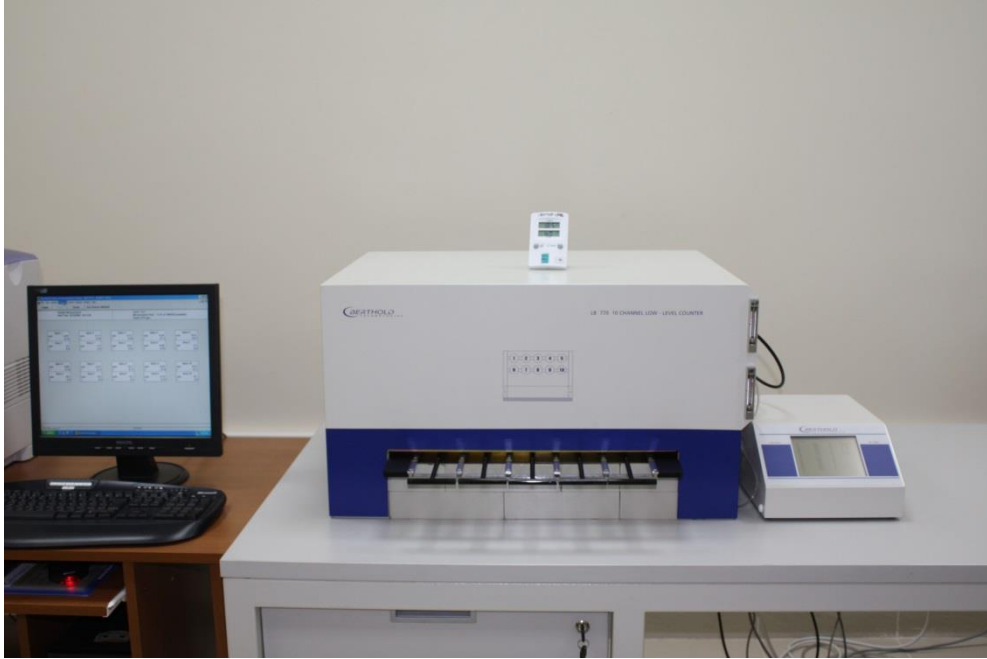
Numuneler 2011 yılı içerisinde DSİ 12. Bölge Müdürlüğü tarafından toplandı. Su numuneleri ölçüm için gerekli kalıntının sağlanmasına yetecek kadar en az 1 litre olarak alındı. Numuneler çift kapaklı, temiz plastik şişelere konuldu. Numuneler alındıktan sonra pH değeri yaklaşık 2 olacak şekilde 1 N HNO_3 ilave edilerek korumaya alındı. Numunelerin alımında toplam su kütlelerini tam olarak temsil edecek noktanın tespiti ve alınma şekli önemlidir. Göller ve akarsularda kıyılardan etkilenmeyecek kadar en az 1 m uzakta seçilir. Kuyulardan numune alınırken, kuyu suyunu tam temsil etmesi için kuyunun suyu bir süre boşaltılır, sonra numune alınır. Kaynak sularında tam kaynağın çıktığı noktadan numune alınır. İçme ve kullanma sularında analiz yapılacaksa içme ve kullanma sularını temsil eden depolardan alınmasında yarar vardır [Dilaver vd., 2002].

Toplanan su numuneleri EPA 900.0 yönteminde açıklandığı gibi sayıma hazırlandı [EPA, 1997]. Sayıma için yeterli kalıntının (~60 mg) elde edilebileceği miktarda su numunesi ısıtıcı üzerinde yaklaşık 10 mL kalıncaya kadar buharlaştırıldı. Kalan numune infrared lamba altında ~5 cm (2 inch) çapındaki çelik plaşetlere aktarıldı (Şekil 1). Numuneler 105 °C lik sıcaklıktaki etüvde sabit tartım elde edilinceye kadar kurutulduktan sonra, desikatörde muhafaza edilerek sayıma alındı. Su numunelerinin kalıntısından toplam alfa ve toplam beta aktivite değerleri düşük doğal fon sayımlı 10 kanallı detektör sistemi (Berthold LB770) ile ölçüldü. Berthold LB770 (Şekil 2) sistemi hem alfaların hem de betaların birbirinden bağımsız olarak aynı anda sayılması prensibine göre çalışan orantılı gaz sayacıdır.

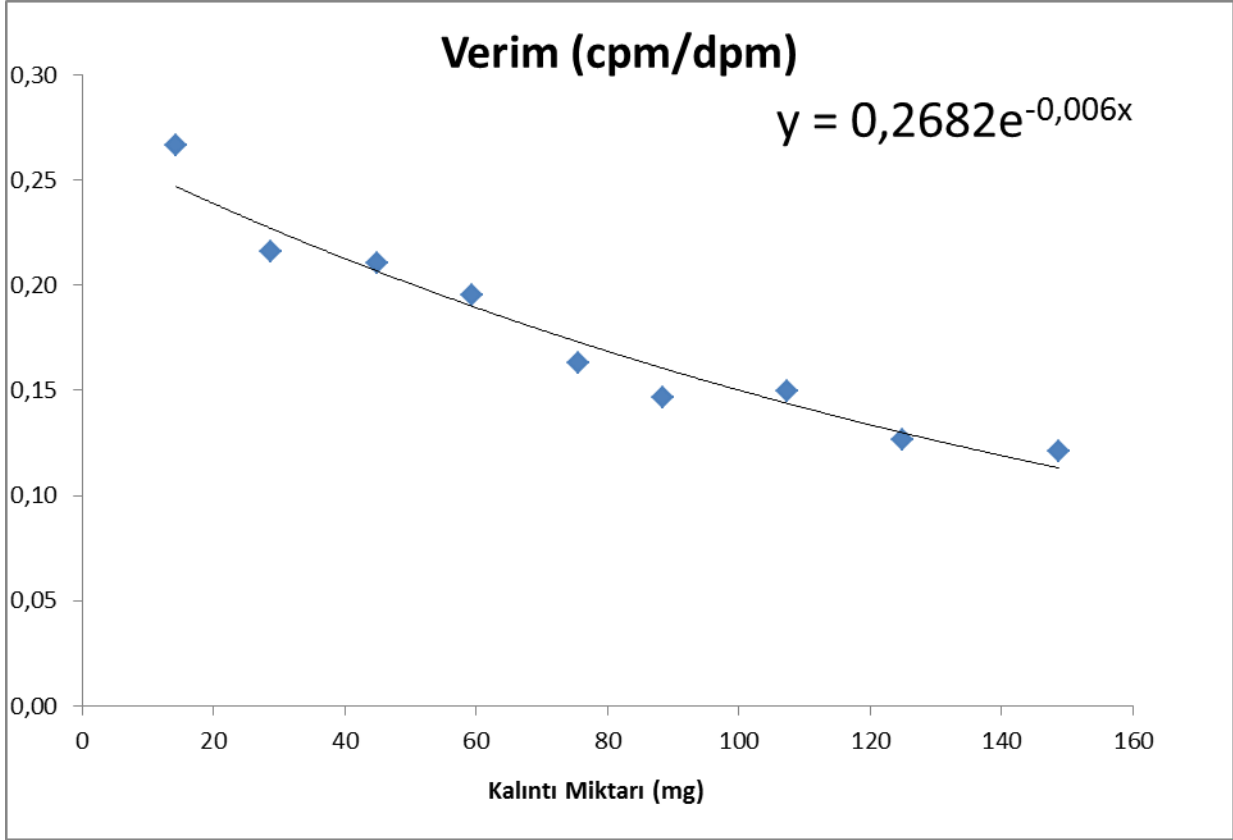
Elde edilen kalıntı miktarlarına göre çizilen verim kalibrasyon eğrilerinden sistemin verimi alfa için yaklaşık %20, beta için yaklaşık %50 olarak hesaplandı (Şekil 3,4). Bu çalışmada alfa için ^{241}Am (37 kBq), beta için ^{90}Sr (37 kBq) çözümleri kullanıldı.



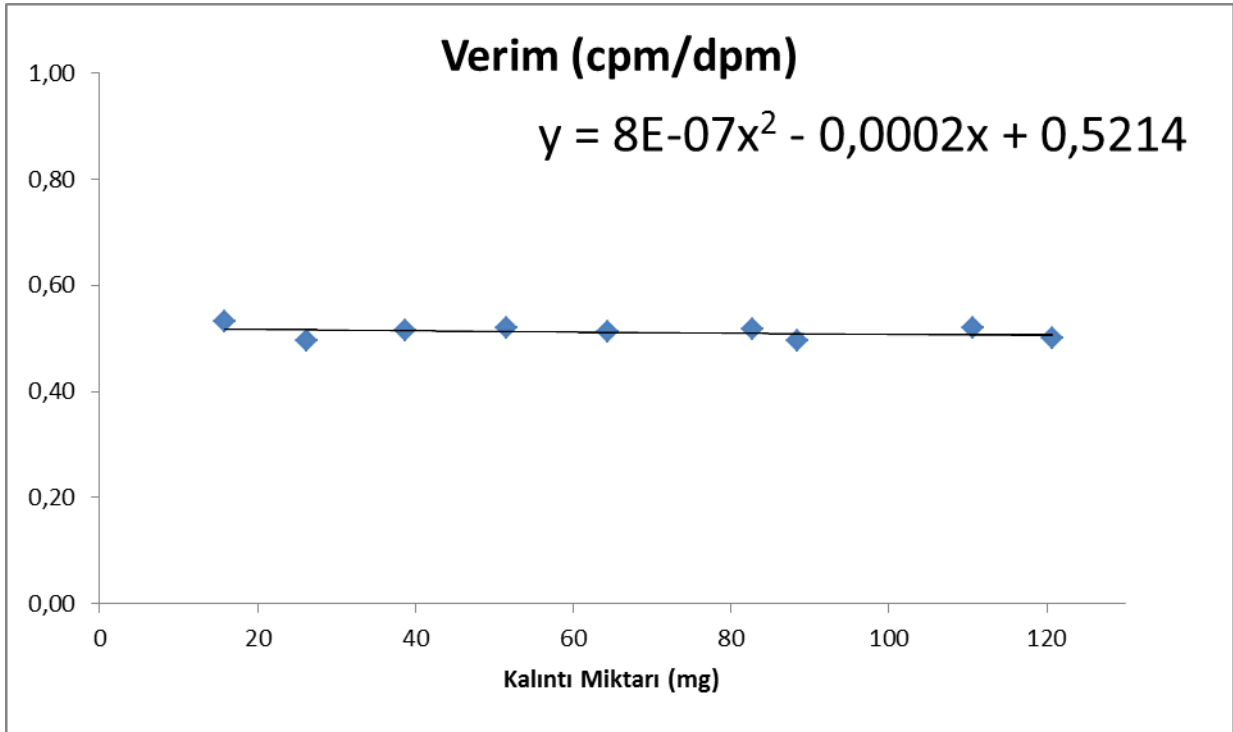
Şekil 1 - Numunelerin hazırlanması



Şekil 2 - Düşük doğal fon sayımlı 10 kanallı detektör sistemi (Berthold LB770)



Şekil 3 - Kalıntı miktarlarına bağlı olarak alfa verim eğrisi



Şekil 4 - Kalıntı miktarlarına bağlı olarak beta verim eğrisi

Su numunelerinin yıllık etkin doz eşdeğerleri ise ölçüm sonucu bulunan toplam alfa ve toplam beta sonuçlarını kullanarak aşağıda verilen denklem ile hesaplanmıştır [USA-EPA, 1988; Sajo-Bohus vd.,1996]:

$$DR_W = (A_W)(IR_W)(IDF) \quad (1)$$

Burada;

DR_W : yıllık etkin doz eşdeğeri ($\mu\text{Sv/yıl}$)

A_W : toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri (mBq/L)

IR_W :kişinin 1 yılda tükettiği su miktarı (L)

IDF : doz dönüşüm faktörü (mSv/Bq).

Dünya Sağlık Örgütü yetişkinler (yaş>17), çocuklar (2 ile 7 yaş arası) ve bebekler (yaş<1) için yıllık tüketilmesi gereken su miktarını sırasıyla 730 L, 350 L ve 250 L olarak belirlemiştir. Bu çalışmada yıllık etkin doz

eşdeğeri hesabı bu üç yaş grubu için yapıldı. Toplam alfa aktivitelerinin doğada en fazla bulunan Uranyum-238 (^{238}U), Uranyum-234 (^{234}U), Toryum-230 (^{230}Th), Radyum-226 (^{226}Ra), Toryum-232(^{232}Th)'den geldiği, toplam beta aktivitelerinin Kurşun-210 (^{210}Pb) ve Radyum-228 (^{228}Ra)'den geldiği kabul edildi [WHO, 2004].

Doz dönüşüm faktörleri sırasıyla: ^{238}U için $4,5 \times 10^{-5}$ mSv/Bq, ^{234}U için $4,9 \times 10^{-5}$ mSv/Bq, ^{230}Th için $2,1 \times 10^{-4}$ mSv/Bq, ^{226}Ra için $2,8 \times 10^{-4}$ mSv/Bq, ^{232}Th için $2,3 \times 10^{-4}$ mSv/Bq, ^{210}Pb için $6,9 \times 10^{-4}$ mSv/Bq ve ^{228}Ra için $6,9 \times 10^{-4}$ mSv/Bq değerleri kullanılarak hesaba katıldı [WHO, 2004].

3 SONUÇLAR

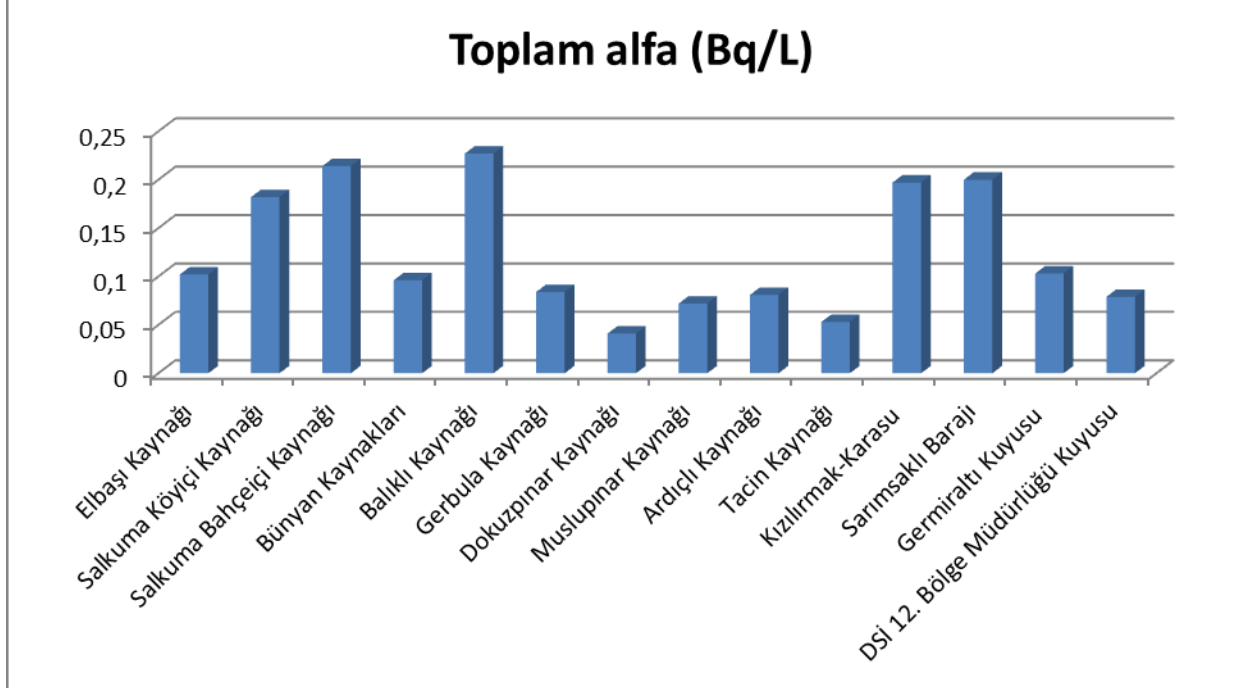
Şekil 5 ve 6'da su numuneleri üzerinde yapılan toplam alfa ve toplam beta deney sonuçları verilmektedir. Çizelge 1'den de görüldüğü gibi genelde toplam beta aktivitesi toplam alfa aktivitesinden daha büyüktür. Toplam alfa radyoaktivite derişimleri 0,041 Bq/L (Dokuzpınar Kaynağı) ile 0,227 Bq/L (Balıklı Kaynağı) aralığında değişirken, toplam beta radyoaktivite derişimleri 0,04 Bq/L (Tacin Kaynağı) ile 0,36 Bq/L (Balıklı Kaynağı) aralığında değişmektedir.

Çizelge 1 - Su numunelerinin toplam alfa ve toplam beta aktivite değerleri

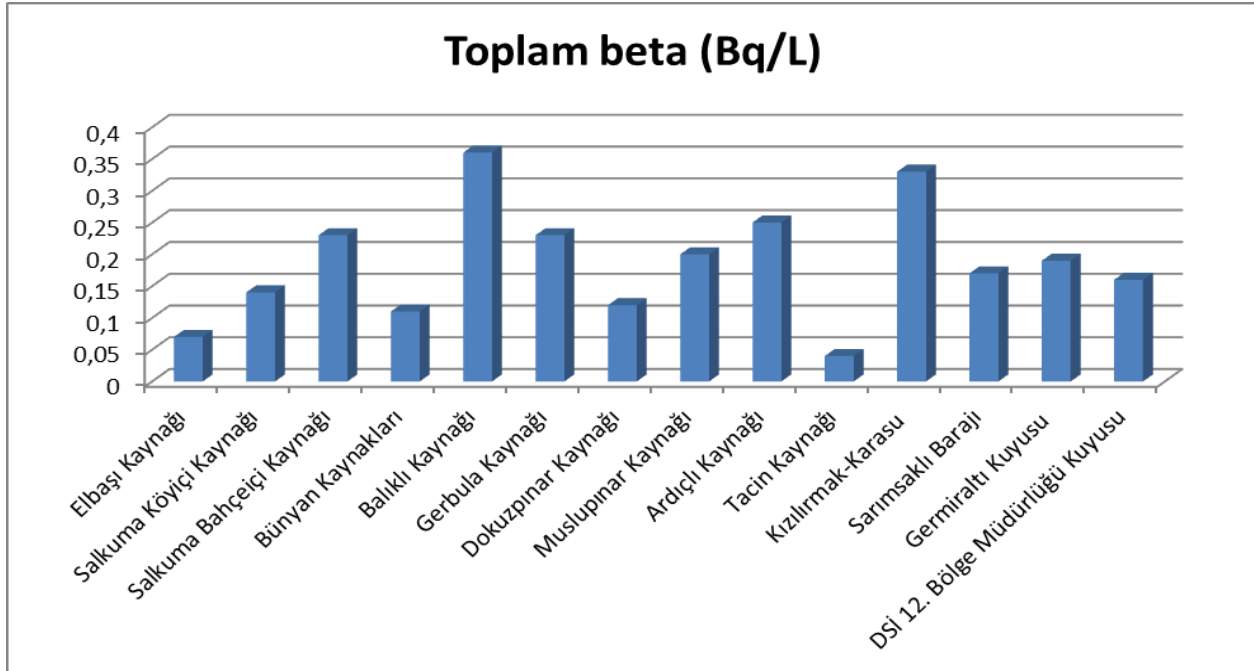
Lokasyonlar	Toplam alfa (Bq/L)	Toplam beta (Bq/L)
Elbaşı Kaynağı	0,102±0,019	0,07±0,02
Salkuma Köyiçi Kaynağı	0,182±0,057	0,14±0,05
Salkuma Bahçeiçi Kaynağı	0,214±0,086	0,23±0,06
Bünyan Kaynakları	0,096±0,023	0,11±0,02
Balıklı Kaynağı	0,227±0,059	0,36±0,08
Gerbula Kaynağı	0,084±0,018	0,23±0,02
Dokuzpınar Kaynağı	0,041±0,010	0,12±0,01
Muslupınar Kaynağı	0,072±0,019	0,20±0,03
Ardıçlı Kaynağı	0,081±0,026	0,25±0,04
Tacin Kaynağı	0,053±0,014	0,04±0,01
Kızılırmak-Karasu	0,197±0,054	0,33±0,08
Sarımsaklı Barajı	0,200±0,061	0,17±0,06
Germiralı Kuyusu	0,103±0,021	0,19±0,02
DSİ 12. Bölge Müdürlüğü Kuyusu	0,079±0,017	0,16±0,02
Ortalama	0,124±0,034	0,19±0,04

Su numunelerindeki ortalama toplam alfa aktivitesi $0,124 \pm 0,034$ Bq/L iken ortalama beta aktivitesi $0,19 \pm 0,04$ Bq/L'dir. Ölçümlerdeki belirsizlikler, deney süresindeki belirsizlikleri kapsayacak şekilde %95 ($k=2$) güven aralığında

hesaplandı. Sonuç olarak tüm su numunelerinde Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu toplam alfa ve toplam beta aktivite derişimleri için sırasıyla 0,5 Bq/L ve 1 Bq/L sınır değerini geçen bir sonuçla karşılaşılmadı.



Şekil 5 - Su numunelerinin toplam alfa aktivite deney sonuçları (Bq/L)



Şekil 6 - Su numunelerinin toplam beta aktivite deney sonuçları (Bq/L)

Çizelge 2’de ise, bu çalışmada ölçülen ortalama toplam alfa ve toplam beta aktivite değerleri farklı bölgelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Kayseri bölgesi sularındaki ortalama toplam alfa aktivite değeri Adana, Batman, Gaziantep, İstanbul, Kastamonu, Şanlıurfa ve Tekirdağ’da yapılan çalışmalarda gözlenen ortalama toplam alfa aktivite değerinden daha yüksektir. Bunun yanında ortalama toplam beta aktivite değeri Kastamonu’da gözlenenden daha düşükken Adana, Batman, Gaziantep, İstanbul, Şanlıurfa ve Tekirdağ’ dan daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar jeolojik formasyon farklılıklarının su kaynakları üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Özellikle yer altı suları değişik jeolojik oluşumlarla temas halindedir. Bu yer altı formasyonlarının içeriğinde bulunan

kimyasal bileşikler suda eriyebilme derecelerine göre yer altı sularına az ya da çok oranda karışır. Çözünmüş maddelerin miktarı, formasyonlarla yer altı suyunun temas süresine, suyun akış hızına ve sıcaklığına, formasyonun cinsine ve ortamın basıncına bağlı olarak değişir. Yer altındaki çeşitli özellikteki jeolojik formasyonların içinde değişik oranlarda radyoaktif maddeler bulunmaktadır. Bu maddeler magmatik oluşumlarda en fazladır. Ayrıca kil ve şeyl gibi tortul kütlelerde de radyoaktif maddelere rastlanmaktadır. Kum-çakıl kumtaşı, çatlaklı kalker gibi akifer özelliğindeki tortul kütlelerde ise çok az miktarda radyoaktif madde bulunmaktadır. Dolayısıyla doğal radyoaktif maddelerin bulunduğu ortamlardan geçen veya bu ortamlarda bulunan sular radyoaktivite içerir.

Çizelge 2 - Farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda sularda gözlenen ortalama toplam alfa ve toplam beta aktivite değerleri

Bölge	Ortalama toplam alfa (Bq/L)	Ortalama toplam beta (Bq/L)
Adana (Değerliler ve Karahan, 2010)	0,0096	0,0860
Batman (Damla vd., 2009)	0,0338	0,0803
Gaziantep (Osmanlıoğlu vd., 2007)	0,0493	0,1284
İstanbul (Karahan vd., 2000)	0,0228	0,0664
Kastamonu (Kam ve Bozkurt, 2007)	0,0089	0,2710
Şanlıurfa (Bozkurt vd., 2007)	0,0380	0,1324
Tekirdağ (Kam vd., 2010)	0,0440	0,1000
Kayseri (Bu çalışmada)	0,1240	0,1900

Çizelge 3 ve 4’de ise sırasıyla alfa ve beta yayınlayıcıları için Denklem 1 kullanılarak hesaplanan yıllık etkin doz eşdeğerleri verilmiştir. Bulunan sonuçlar incelendiğinde gerek alfa gerekse beta yayınlayıcılarının yıllık etkin doz eşdeğerlerinin Dünya Sağlık

Örgütü’nün belirlemiş olduğu 0,1 mSv/yıl sınır değerinin altında olduğunu göstermektedir. Detaylı olarak yapılan bu çalışmadan elde edilen veriler, Kayseri bölgesinde yapılacak olan yeni araştırmalar için bir veri tabanı niteliğindedir.

Çizelge 3 - Su numunelerinde ölçülen alfa yayınlayıcıların yıllık etkin doz eşdeğerleri (µSv/yıl)

Lokasyonlar	U-238			U-234			Th-230			Ra-226			Th-232		
	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Bebek
Elbaşı Kaynağı	3,35	1,61	1,15	3,65	1,75	1,25	15,64	7,50	5,36	20,85	10,00	7,14	17,13	8,21	5,87
Salkuma Köyiçi Kaynağı	5,98	2,87	2,05	6,51	3,12	2,23	27,90	13,38	9,56	37,20	17,84	12,74	30,56	14,65	10,47
Salkuma Bahçeici Kaynağı	7,03	3,37	2,41	7,65	3,67	2,62	32,81	15,73	11,24	43,74	20,97	14,98	35,93	17,23	12,31
Bünyan Kaynakları	3,15	1,51	1,08	3,43	1,65	1,18	14,72	7,06	5,04	19,62	9,41	6,72	16,12	7,73	5,52
Balıklı Kaynağı	7,46	3,58	2,55	8,12	3,89	2,78	34,80	16,68	11,92	46,40	22,25	15,89	38,11	18,27	13,05
Gerbula Kaynağı	2,76	1,32	0,95	3,00	1,44	1,03	12,88	6,17	4,41	17,17	8,23	5,88	14,10	6,76	4,83
Dokuzpınar Kaynağı	1,35	0,65	0,46	1,47	0,70	0,50	6,29	3,01	2,15	8,38	4,02	2,87	6,88	3,30	2,36
Muslupınar Kaynağı	2,37	1,13	0,81	2,58	1,23	0,88	11,04	5,29	3,78	14,72	7,06	5,04	12,09	5,80	4,14
Ardıçlı Kaynağı	2,66	1,28	0,91	2,90	1,39	0,99	12,42	5,95	4,25	16,56	7,94	5,67	13,60	6,52	4,66
Tacin Kaynağı	1,74	0,83	0,59	1,90	0,91	0,65	8,12	3,90	2,78	10,83	5,19	3,71	8,90	4,27	3,05
Kızılırmak-Karasu	6,47	3,10	2,22	7,05	3,38	2,41	30,20	14,48	10,34	40,27	19,31	13,79	33,08	15,86	11,33
Sarımsaklı Barajı	6,57	3,15	2,25	7,15	3,43	2,45	30,66	14,70	10,50	40,88	19,60	14,00	33,58	16,10	11,50
Germiraltı Kuyusu	3,38	1,62	1,16	3,68	1,77	1,26	15,79	7,57	5,41	21,05	10,09	7,21	17,29	8,29	5,92
DSİ 12. Bölge Müdürlüğü Kuyusu	2,59	1,24	0,89	2,83	1,35	0,97	12,11	5,81	4,15	16,15	7,74	5,53	13,26	6,36	4,54
Ortalama	4,06	1,95	1,39	4,42	2,12	1,51	18,95	9,09	6,49	25,27	12,12	8,66	20,76	9,95	7,11

Çizelge 4 - Su numunelerinde ölçülen beta yayınlayıcıların yıllık etkin doz eşdeğerleri ($\mu\text{Sv/yıl}$)

Lokasyonlar	Pb-210			Ra-228		
	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Bebek
Elbaşı Kaynağı	35,26	16,91	12,08	35,26	16,91	12,08
Salkuma Köyiçi Kaynağı	70,52	33,81	24,15	70,52	33,81	24,15
Salkuma Bahçeiçi Kaynağı	115,85	55,55	39,68	115,85	55,55	39,68
Bünyan Kaynakları	55,41	26,57	18,98	55,41	26,57	18,98
Balıkli Kaynağı	181,33	86,94	62,10	181,33	86,94	62,10
Gerbula Kaynağı	115,85	55,55	39,68	115,85	55,55	39,68
Dokuzpınar Kaynağı	60,44	28,98	20,70	60,44	28,98	20,70
Muslupınar Kaynağı	100,74	48,30	34,50	100,74	48,30	34,50
Ardıçlı Kaynağı	125,93	60,38	43,13	125,93	60,38	43,13
Tacin Kaynağı	20,15	9,66	6,90	20,15	9,66	6,90
Kızılırmak-Karasu	166,22	79,70	56,93	166,22	79,70	56,93
Sarımsaklı Barajı	85,63	41,06	29,33	85,63	41,06	29,33
Germiraltı Kuyusu	95,70	45,89	32,78	95,70	45,89	32,78
DSİ 12. Bölge Müdürlüğü Kuyusu	80,59	38,64	27,60	80,59	38,64	27,60
Ortalama	93,54	44,85	32,04	93,54	44,85	32,04

4 KAYNAKLAR

- [1] Bozkurt, A., Yorulmaz, N., Kam, E., Karahan, G., Osmanlioglu, A.E., 2007. Assessment of environmental radioactivity for Sanliurfa region of southeastern Turkey. *Radiation Measurements* 42, 1387-1391.
- [2] Damla, N., Cevik, U., Karahan, G., Kobya, A.I., Kocak, M., Isik, U., 2009. Determination of gross α and gross β activities in waters from Batman, Turkey. *Desalination* 244, 208-214.
- [3] Degerliler, M., Karahan, G., 2010. Natural radioactivity in various surface waters in Adana, Turkey. *Desalination* 261, 126-130.
- [4] Dilaver, A.T., Çifter, C., Altay, T., 2002. Türkiye'deki İçme ve Kullanma Sularının Radyoaktivite Yönünden Kalitesinin Belirlenmesi. *Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu*, 35-45.
- [5] EPA, 1997. National Primary Drinking Water Regulations. 40 CFR part 141. U.S. Federal Register.
- [6] Forte, M., Rusconi, R., Cazzaniga, M.T., Sgorbati, G., 2007. The measurement of radioactivity in Italian drinking waters. *Microchemical Journal* 85, 98-102.
- [7] Jobbagy, V., Kavasi, N., Somlai, J., Dombovari, P., Gyöngyösi, C., Kovacs, T., 2011. Gross alpha and beta activity concentrations in spring waters in Balaton Upland Hungary. *Radiation Measurements* 46, 159-163.
- [8] Kam, E., Bozkurt, A., 2007. Environmental radioactivity measurements in Kastamonu region of northern Turkey. *Applied Radiation and Isotopes* 65, 440-444.
- [9] Kam, E., Yazar, Y., Bozkurt, A., 2010. A study of background radioactivity level for Tekirdag, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry* 138 (1), 40-44.
- [10] Karahan, G., Ozturk, N., Bayülken, A., 2000. Natural radioactivity in various surface waters in Istanbul, Turkey. *Water Research* 34, 4367-4370.
- [11] Osmanlioglu, A.E., Kam, E., Bozkurt, A., 2007. Assessment of background radioactivity level for Gaziantep region of southeastern Turkey. *Radiation Protection Dosimetry* 124, 407-410.
- [12] Pujol, L., Sanchez-Cabeza J.A., 2000. Natural and artificial radioactivity in surface waters of the Ebro River basin (Northeast Spain), *J. Environ. Radioactiv* 51, 181-210.
- [13] Sajo-Bohus, L., Gornez, J., Capote, T., Greaves, E.D., Herrera, O., Salazar, V., Smith, A., 1996. Gross alpha radioactivity of drinking water in Venezuela. *Journal of Environmental Radioactivity* 35, 305-312.
- [14] UNSCEAR, 1993. *Ionizing Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, United Nations Sales Publication E.94.IX.2, United Nations, New York.
- [15] USA-EPA, 1988. Federal Guideline Report No. 11. Limiting Values of Radionuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation EPA 520/1-88-020, Submersion and Ingestion, Washington, DC, USA.
- [16] WHO, 2004. *Guidelines for Drinking Water Quality, Recommendations*, Vol. 1, 3rd Edition, Geneva, Switzerland.
- [17] Zorer, Ö.S., Ceylan, H., Doğru, M., 2009. Gross alpha and beta radioactivity concentration in water, soil and sediment of the Bendimahi River and Van Lake (Turkey). *Environ Monit Assess* 148, 39-46.