



Hatay ilindeki göletlerin hazne hacimlerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi

Determining reservoir water volume of ponds in Hatay province using Geographic Information Systems

Ayşe Nisa TOPER¹ , Ahmet İRVEM² 

¹Hatay Metropolitan Municipality, Department of Environmental Protection and Control, Antakya-Hatay, Turkey.

²Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Antakya-Hatay, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:


DOI: [10.37908/mkutbd.928674](https://doi.org/10.37908/mkutbd.928674)

Geliş tarihi /Received:27.04.2021

Kabul tarihi/Accepted:30.06.2021

Keywords:

Pond, GIS, volume calculation, digital elevation map, Hatay.

 Corresponding author: Ahmet İRVEM

 airvem@mku.edu.tr

ÖZET / ABSTRACT

Aims: Aim of this study was to investigate that how accurately the reservoir volume can be estimated using Digital Elevation Model (DEM) for a pond that planned to be built. For this purpose, storage volumes of 10 ponds operating in Hatay province were estimated by creating virtual ponds helping with ILWIS Geographical Information Systems software and compared with the volume values calculated as a result of field measurements.

Methods and Results: Storage volumes of 10 ponds operating in Hatay province were estimated by creating virtual ponds helping with ILWIS Geographical Information Systems software and compared with the volume values calculated as a result of field measurements. Three statistical measured used to evaluate results. As a result of the comparison, $R^2 = 0.84$ for the measured and predicted values for all ponds. Only the predicted and measured volume values for Karamanlı Pond were significantly different. Estimates made for 9 ponds except Karamanlı Pond gave very good results ($R^2 = 0.99$, $NSE > 0.75$ and $Pbias < 0.25$).

Conclusions: According to these results, using the digital elevation map, the required reservoir volumes for the feasibility studies of the planned ponds have been estimated very well in nine out of 10 ponds in a very short time. It has been suggested for Karamanlı Pond that the reasons of the differences in volume should be investigated.

Significance and Impact of the Study: Planning and projecting water storage structures such as dams and ponds in an appropriate and quickly requires intensive labor, knowledge and experience. The amount of water that these structures can store is a parameter that should be known in advance for planning and feasibility studies. Estimating the reservoir volume of water using a digital elevation model that is already available using geographic information systems will not only accelerate the feasibility studies, but also reducing time loss and labor. In this study, how accurately the reservoir volume can be estimated for a pond planned to be built using digital elevation maps was investigated.

Atif / Citation: Toper AN, irvem A (2021) Hatay ilindeki göletlerin hazne hacimlerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. MKU. Tar. Bil. Derg. 26(2) : 452-460. DOI: 10.37908/mkutbd.928674

GİRİŞ

Baraj ve göletler, özellikle yarı-kurak iklim bölgelerinde, kaynak sularını ve kış döneminde yağış sularını depolayan ve depolanan suyun özellikle yaz dönemlerinde başta tarımsal sulama ve içme suyu olmak üzere çeşitli amaçlar için kullanılmasını sağlayan mühendislik yapılarıdır. Barajların ve göletlerin hazne hacimleri ve depolanan suyun kapladığı alanı tahmin için GIS ile entegre uydu görüntülerinin kullanılmasının, daha az zaman ve maliyetlerle uygulanabilir olduğunu belirten çok sayıda çalışma yapılmıştır (Tsihrintzis ve ark., 1996; Gupta ve ark., 1997; Liebe ve ark., 2005; Sawunyama ve ark., 2006; İrvem, 2011; Cvar, 2014; Zhang ve ark., 2014). Göletler hacimsel olarak barajlara göre çok daha küçük su depolayan yapılardır. Bu nedenle gölet yapımına uygun yerler, barajlara göre daha fazladır. Ekonomik açıdan göletlerin inşası daha az yatırım gerektirmekte ve mühendislik hesaplamaları daha basit olmaktadır. İnternet ortamından topografik verilere kolay ulaşım nedeniyle, su depolama yapılarının projelenmesinde Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) çok sayıda araştırmacı tarafından farklı amaçlar için kullanılmıştır (Nisar Ahamed ve ark., 2002; Jha ve ark., 2006; Mialhe ve ark., 2008; Chowdary ve ark., 2009; Mwenge ve ark., 2009; Pistrika, 2010; Gwenzi and Nyamadzawo, 2014).

Türkiye’de son yıllarda devletin teşviki ile çok sayıda gölet yapılmış ve yapılmaktadır. Hatay ilinde de, İl Özel İdaresi ve Hatay Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Daire Başkanlığı tarafından son yıllarda çok sayıda gölet yapılmış ve işletmeye açılmıştır.

Bir su depolama yapısının hazne kapasitesi, topografyaya bağlı olarak gölet gövde yüksekliğine göre, CBS ile önceden belirlenebilmektedir. Taşkın ve İrvem (2014) yapmış oldukları çalışmalarında CBS kullanarak, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi çevresinde uygun gölet yerlerini ve hazne hacimlerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda 13 adet gölet yeri tespit edilerek bu yerlerin uygunlukları bazı kriterler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. İrvem (2020) Hatay Büyük Karaçay barajının hacmini tahmin etmede farklı piksellere sahip (10x10 m, 20x20 m, 30x30 m, 40x40 m ve 50x50 m) topografik haritaları kullanmıştır. Piksel boyutunun hacim tahmininde etkinliğinin araştırıldığı bu çalışmada, 10x10 metre piksele sahip topografik harita kullanılarak hesaplanan baraj hazne hacminin en doğru tahmini verdiği görülmüştür.

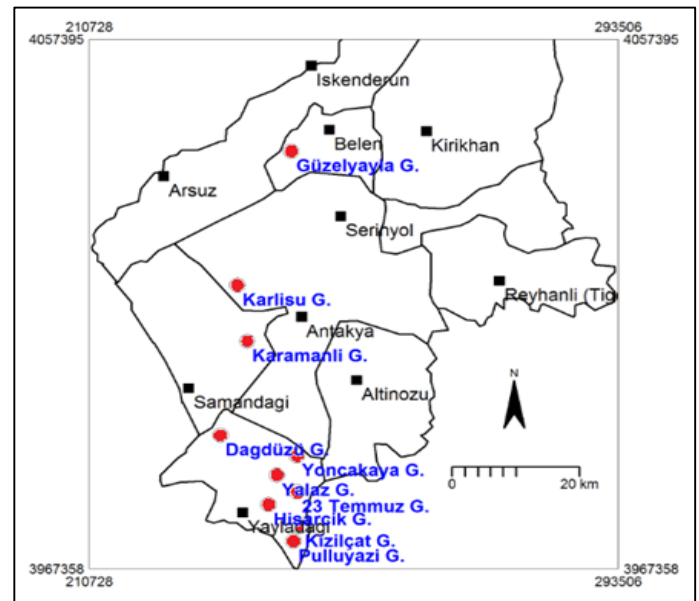
Uydu görüntüleri ve sayısal topografik haritalar kullanılarak CBS ile gölet hacimlerinin önceden tespiti, göletlerin fizibilite çalışmalarında karar vericiler için önemli bir avantajdır. Bir göletin yapımının, ekonomik

açıdan uygun olup olmadığı bu çalışmalar sonucunda hızlı bir şekilde belirlenebilir. Bu bakımdan, göletlerin su depolama hacimlerinin CBS kullanılarak kolayca ve kısa sürede önceden hesaplanabilmesi yanında, CBS ile elde edilen sonuçların doğruluğu da mutlaka araştırılmalıdır. CBS yardımıyla tahmin edilen hazne hacimleri ile göletlerin gerçek hacim değerleri kıyaslanarak doğrulukları kontrol edilebilir. Ülkemizde bu konuda yapılmış çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu çalışma ile Hatay ilinin farklı bölgelerinde yapılmış ve işletmeye açılmış olan 10 göletin depolama hacimleri, sayısal yükseklik haritası kullanılarak CBS ile tahmin edilmiş, tahmin sonuçları arazide yapılan ölçümler sonucunda elde edilen gerçek depolama hacimleri ile kıyaslayarak doğrulukları istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma alanı

Bu çalışma, Hatay ilinde İl Özel İdaresi ve Hatay Büyükşehir Belediyesi, Park Bahçe ve Yeşil Alanlar Daire Başkanlığı ve Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından sulama amaçlı, 8’i toprak dolgu, ikisi kaya-toprak dolgu gövdeli olarak projelenmiş ve işletmeye açılmış 10 gölette yürütülmüştür. Belende Güzelyayla, Antakya’da Karlısu, Samandağ’da Karamanlı ve Yayladağ’da bulunan Dağdüzü, Yoncakaya, Yalaz, 23 Temmuz, Hisarcık, Kızılcık ve Pulluyazı göletleridir. Çalışmanın yürütüldüğü göletlerin konumları Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve göletlerin konumları
Figure 1. Study area and locations of ponds

Sayısal yükseklik modelinin (SYM) oluşturulması

Bu çalışma için gerekli sayısal yükseklik modeli, hücre tabanlı 10x10 metre çözünürlüğe sahip sayısal topografik harita bilgilerinin ILWIS 3.6'da kullanılması ile oluşturulmuştur. Bu model, CBS'de arazi yüzeyinin üç boyutlu görselleştirilmesinde, arazide herhangi bir noktada yüksekliğin bulunmasında, arazi yüzeyinin eğim ve bakışının bulunmasında, mevcut su akış yollarının haritalanmasında kullanılmıştır.

Su yönleri ve drenaj ağının belirlenmesi

Gölet yerinin koordinatları dikkate alınarak yerler belirlenmiştir. Gövdenin tam olarak belirlenmesinde, çalışma alanı su akış yollarının diğer bir ifade ile havza drenaj ağının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla, sayısal yükseklik modeli kullanılarak su akış yönleri, su birikim haritasını veren iki harita oluşturulmuştur. Bu iki haritadan, su akış yönleri ve sayısal yükseklik haritası birlikte kullanılarak, çalışma alanı için su akış yollarını veren drenaj ağı haritası çıkarılmıştır.

Sanal barajların oluşturulması

Drenaj ağı bir havzada su kollarını gösteren bir haritadır. Bu haritada, gölet koordinat bilgileri de kullanılarak su kolu üzerinde sanal gölet gövdesinin yeri belirlenmiştir. Bu yerlerde, göletlerin gerçek kret yüksekliklerine göre sanal olarak gölet gövdeleri oluşturulmuştur.

Göletlerin depolanabilir su hacmi hesaplamaları

Oluşturulan sanal gölet gövdeleri, gövde yüksekliklerine göre depolanabilir su hacimleri ILWIS yazılımında mantıksal komutlar ve eşitlikler ile tahmin edilmiştir.

Göletlerin hacim-kot grafiklerinin geliştirilmesi

Sanal göletler için maksimum su kotuna göre brüt depolanabilir su hacimleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama işlemlerinde, ILWIS yazılımında Cross komutu kullanılarak FLOODED ve DEMSMALL harita verilerinden, kot ve alan bilgisini içeren bir tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan tablodaki, hacim değerleri ve kot bilgilerinden, ILWIS grafik menüsü yardımıyla her bir gölet için depolanabilir su hacmi-kot grafikleri çıkarılmıştır.

Sonuçların değerlendirilmesi

Tahmin edilen gölet hacimleri ile hesaplanan gerçek hacimleri kıyaslamak için üç istatistikî ölçüt kullanılmıştır. Bunlar doğrusal ilişki derecesini belirleme katsayısı (R^2), verilere en iyi uyan çizgi etrafında o verilerin ne kadar yoğun olduğunu gösteren Hata Kare Ortalamasının Karekökü (RMSE), veri setleri tarafından tahmin edilen su depolama miktarı ile gerçek depolanan

su miktarları arasındaki ortalama farkı gösteren Bias'tır (Irvem ve Ozbuldu, 2019).

Tahmin edilen su depolama miktarı ile gerçek depolanan su miktarları arasındaki doğrusal ilişki derecesini belirleme katsayısı eşitlik 1'deki denklem ile hesaplanmıştır;

$$R^2 = \left(\frac{n \sum(O_i M_i) - (\sum O_i)(\sum M_i)}{\sqrt{(n \sum O_i^2 - (\sum O_i)^2)(n \sum M_i^2 - (\sum M_i)^2)}} \right)^2 \quad (1)$$

Burada;

O_i : Gözlem Verileri

M_i : Model Tahmin Verileri

n : Veri sayısı

Tahmin edilen su depolama miktarı ile gerçek depolanan su miktarları verilerinin arasındaki RMSE değeri ise eşitlik 2'den hesaplanmıştır; RMSE'nin değeri her zaman pozitif olmalıdır ve sıfıra yakın olması istenir. Değer ne kadar küçük olursa, modelin performansının o kadar iyi olduğunu belirtmektedir. RMSE, model çıktıları ve gözlemlenen değerler arasındaki sapmanın karşılaştırılmasını sağlayarak, korelasyonların kısa süreli performansı hakkında bilgi vermektedir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(O-M)^2}{n}} \quad (2)$$

Burada;

O : Gözlem Verileri

M : Model Tahmin Verileri

n : Veri sayısı

Model tahmin değerlerinin gözlenen değerlerden negatif ya da pozitif yönde ne kadar uzak olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır. Pozitif değerler gözlenen değerlerin tahmin değerlerinden büyük olduğunu gösterirken negatif değerler tam tersi durumu ifade eder. PBias değeri ise eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır;

$$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - M_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \right] \times 100 \quad (3)$$

Burada;

O_i : Gözlem Verileri

M_i : Model Tahmin Verileri

n : Veri sayısı

Nash-Sutcliffe verimliliği (NSE), modelin tahmin kabiliyetini temsil eden gösterge değerini verir. Aldığı değerler $-\infty$ ile 1 arasındadır. Aldığı değer 0-1 arasında olması istenen durumdur ve 1'e yaklaştıkça modelin iyi bir tahmin sonucu verdiğini gösterir. Nash-Sutcliffe verimliliği (NSE) eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

Burada;

O_i : Gözlem verileri

M_i : Model tahmin verileri

\bar{O} : Gözlem verilerinin ortalaması

n : Veri sayısı

NSE ve PBias için sonuçları sınıflandırarak değerlendirme tablosu Çizelge 1'de verilmiştir (Moriasi ve ark., 2007).

Çizelge 1. NSE and PBias sonuçları değerlendirme
Table 1. Performance evaluation for NSE and PBias results

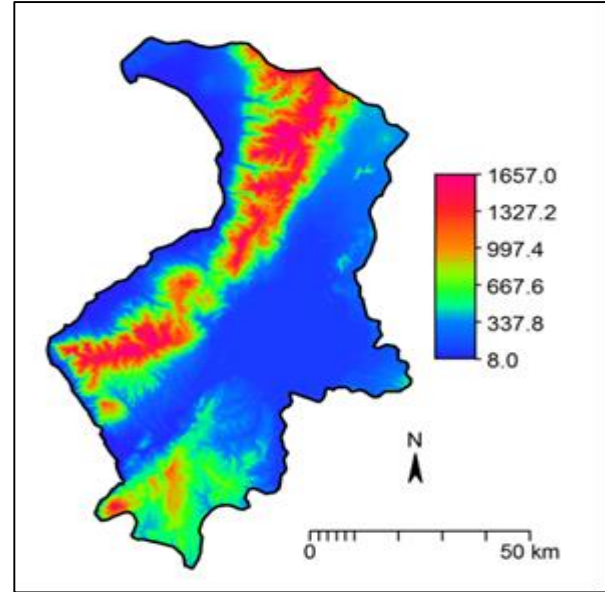
Derece	NSE	PBias
Çok İyi	0.75 < NSE < 1.00	Bias < ± 10
İyi	0.65 < NSE < 0.75	$\pm 10 < \text{Bias} < \pm 15$
Yeterli	0.50 < NSE < 0.65	$\pm 15 < \text{Bias} < \pm 25$
Yetersiz	NSE < 0.50	Bias > ± 25

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, Hatay ilinde bulunan 10 gölet için sanal gölet gövdeleri oluşturularak ve hazne depolama hacimleri tahmin edilmiştir. Çalışmadaki tüm göletlere ait özellikler (Toper, 2020)'de detaylı olarak verilmektedir. Burada örnek olması amacıyla sadece Yayladağ'da bulunan Pulluyazı göletine yönelik yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Çalışma alanı sayısal yükseklik haritası

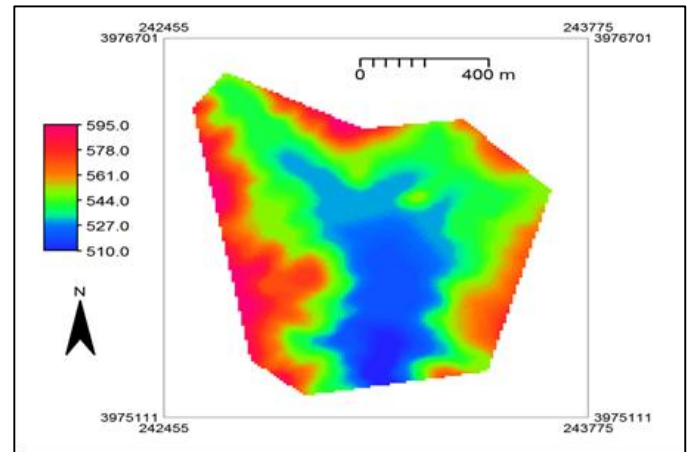
Çalışma alanı olan Hatay ilinin sayısal yükseklik haritası topografik veriler kullanılarak ILWIS yazılımında oluşturulmuştur. Oluşturulan Hatay ili SYH Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Sayısal yükseklik haritası
Figure 2. Digital elevation map

Yayladağı Pulluyazı Göleti hacim hesaplama sonuçları

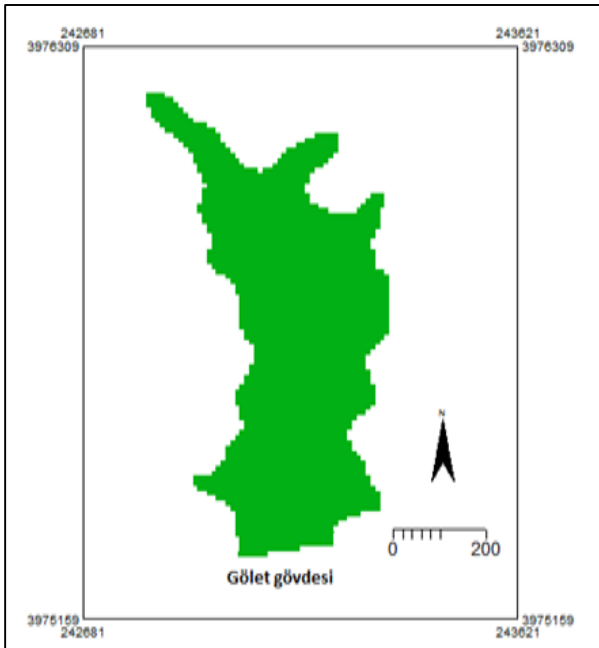
Yayladağı ilçesi sınırları içerisinde bulunan ve 2009 yılında inşaatı tamamlanan Pulluyazı göleti bu çalışmada örnek olarak verilmiştir. Hatay ili için oluşturulan SYH kullanılarak, Pulluyazı göletinin 10x10 metre hücre boyutuna sahip sayısal yükseklik haritası geliştirilmiştir. Geliştirilen sayısal yükseklik haritası Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Yayladağı Pulluyazı Göleti sayısal yükseklik haritası

Figure 3. Digital elevation map for the Pulluyazı pond

Sayısal Yükseklik Haritası üzerinde sanal gölet gövdesi göletin brüt depolama hacim kotu dikkate alınarak oluşturulmuştur. Göletin bulunduğu bölgede maksimum yükselti 595 metre, minimum yükselti 510 metredir. Kavur Deresi üzerinde bulunan göletin, talveg kotu 506.00 metre, maksimum su kotu 528.18 metre, kret kotu 530.18 metre, kret uzunluğu 181 metre ve maksimum gövde yüksekliği 24.18 metredir. Maksimum su kotunda göletin brüt depolama hacmi 1 975 000 m³'tür. Gölet için oluşturulan sanal baraj gövdesi Şekil 4'de, uydu görüntüsü ise Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 4. Sanal gölet gövdesi ve su yüzeyi alanı
Figure 4. Virtua pond crest and water surface area



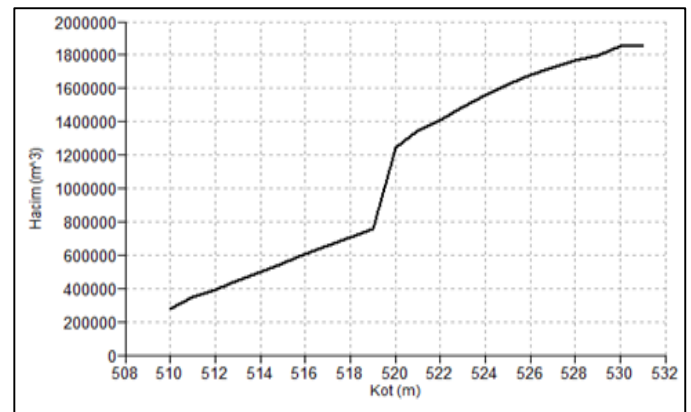
Şekil 5. Göletin uydu görüntüsü
Figure 5. Satellite image of pond

Sanal gölet gövdesi için maksimum su kotu 531 m alınmıştır. Buna göre göletin brüt depolama hacmi 1

856 100 m³ olarak hesaplanmıştır. Hesaplama ile ilgili sonuçlar Şekil 6'da, programın grafik menüsünden elde edilen kot hacim grafiği ise Şekil 7'de verilmiştir.

Dependent Table "volume" - TableCross(flood,mpr,demsmall,mpr,ignoreUndefs) - ILWIS								
File Edit Columns Records View Help								
	flood	demsmall	NPix	Area	depth	vol	cumvol	
True * 510.0	True	510.0	133	13300	21.0	279300.0	279300.0	
True * 511.0	True	511.0	34	3400	20.0	68000.0	347300.0	
True * 512.0	True	512.0	24	2400	19.0	45600.0	392900.0	
True * 513.0	True	513.0	29	2900	18.0	52200.0	445100.0	
True * 514.0	True	514.0	33	3300	17.0	56100.0	501200.0	
True * 515.0	True	515.0	30	3000	16.0	48000.0	549200.0	
True * 516.0	True	516.0	37	3700	15.0	55500.0	604700.0	
True * 517.0	True	517.0	36	3600	14.0	50400.0	655100.0	
True * 518.0	True	518.0	39	3900	13.0	50700.0	705800.0	
True * 519.0	True	519.0	41	4100	12.0	49200.0	755000.0	
True * 520.0	True	520.0	443	44300	11.0	487300.0	1242300.0	
True * 521.0	True	521.0	99	9900	10.0	99000.0	1341300.0	
True * 522.0	True	522.0	76	7600	9.0	68400.0	1409700.0	
True * 523.0	True	523.0	97	9700	8.0	77600.0	1487300.0	
True * 524.0	True	524.0	102	10200	7.0	71400.0	1558700.0	
True * 525.0	True	525.0	105	10500	6.0	63000.0	1621700.0	
True * 526.0	True	526.0	112	11200	5.0	56000.0	1677700.0	
True * 527.0	True	527.0	124	12400	4.0	49600.0	1727300.0	
True * 528.0	True	528.0	136	13600	3.0	40800.0	1768100.0	
True * 529.0	True	529.0	130	13000	2.0	26000.0	1794100.0	
True * 530.0	True	530.0	620	62000	1.0	62000.0	1856100.0	
True * 531.0	True	531.0	204	20400	0.0	0.0	1856100.0	
Min	True	510.0	24	2400	0.0	0.0	279300.0	
Max	True	531.0	620	62000	21.0	487300.0	1856100.0	
Avg		520.5	122	12200	10.5	84368.2	1117090.9	
StD		6.5	144	14354	6.5	103673.9	583417.6	
Sum		11451.0	2684	268400	231.0	1856100.0	24576000.0	

Şekil 6. Hacim hesaplama sonuçları
Figure 6. Results of volume calculations



Şekil 7. Gölet hacim-kot grafiği
Figure 7. Volume-height graph for pond

Yapılan hacim hesaplamaları sonucunda, tahmin edilen hacmin, gerçekteki hacimden yaklaşık 119 000 m³ daha az olduğu görülmüştür.

Sonuçların kıyaslanması

CBS ile sayısal yükseklik haritası kullanılarak tahmin edilen gölet hacimleri ile arazi ölçmeleri ile hesaplanan gölet hacimleri Çizelge 2’de yapılan istatistiksel analizlerin sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Ölçülen ve tahmin edilen gölet hacimleri

Table 2. Measured and estimated pond volumes

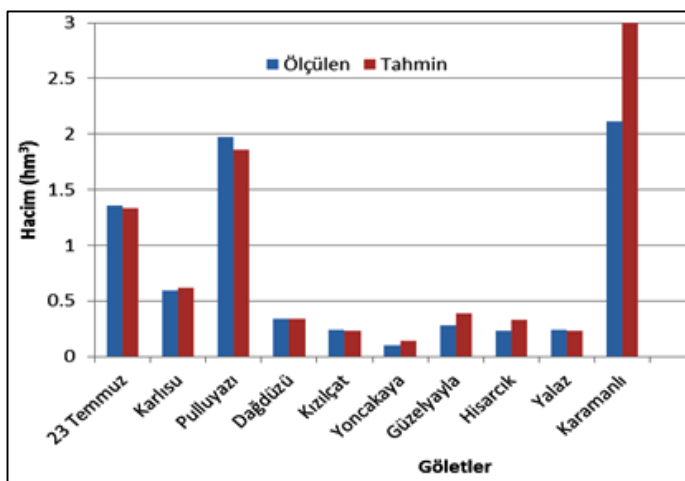
Gölet ismi (Pond name)	Ölçülen hacim (hm ³) (Measured volume)	Tahmin edilen hacim (hm ³) (Estimated Volume)
23 Temmuz	1.353	1.330
Karlısu	0.589	0.620
Pulluyuzı	1.975	1.856
Dağdüzü	0.337	0.337
Kızılcı	0.241	0.235
Yoncakaya	0.101	0.142
Güzelyayla	0.283	0.389
Hisarcık	0.231	0.332
Yalaz	0.022	0.019
Karamanlı	2.110	3.857

Çizelge 3. İstatistiksel sonuçlar

Table 3. Statistical results

	R ²	Pbias	RMSE	NS	Sonuç
Karamanlı Göleti ile	0.84	-25.0837 Pbias>25	0.5560	0.420579 (< 0.50)	Tahmin kötü
Karamanlı Göleti olmadan	0.99	-2.32187 Pbias<10	0.0656	0.988122 (> 0.75)	Tahmin çok iyi

Bu sonuçlara göre, tüm göletler için ölçülen ve tahmin edilen hacim değerleri Şekil 8’de verilmiştir.

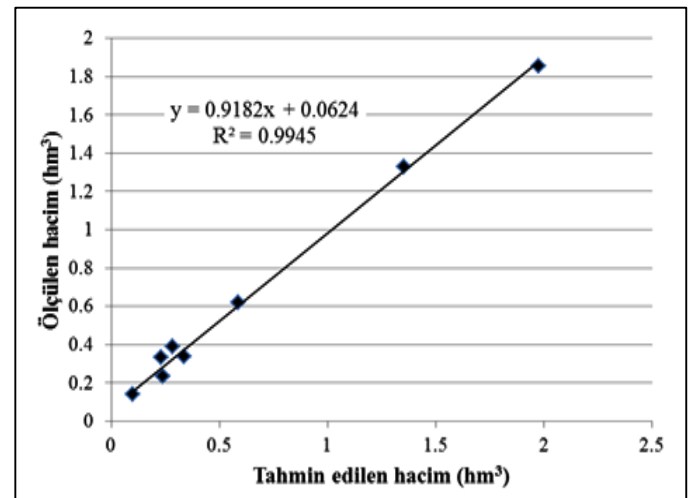


Şekil 8. Ölçülen ve tahmin edilen hacim değerleri

Figure 8. Measured and estimated volumes

Tüm göletler için ölçülen ve tahmin edilen hacim değerlerinin için belirleme katsayısı R² =0.84 çıkmıştır.

Tüm göletler içerisinde Karamanlı Göleti için hesaplanan hacim değeri 3.857 hm³, ölçülen 2.110 hm³ değerinin çok üstünde çıkmıştır. Ölçülen değerde bir hata olabileceği ya da zamanla gölet haznesine sediment dolması veya toprak kayması gibi bir olaydan dolayı hacmin azalmış olabileceği düşünülmektedir. Bir başka neden, göletin sedimentle dolması sonucu dip savak kotunun yükseltilmesi, hacminin daha az çıkmasına neden olmuş olabilir. Karamanlı Göletinin ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki farkın çok büyük olması nedeniyle bu sonuç sıra dışı değer olarak kabul edilebilir. Karamanlı Göleti verileri olmadan yapılan regresyon analizi sonucu Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Karamanlı göleti olmadan regresyon analizi sonucu

Figure 9. Result of regression analysis without Karamanlı pond

Sonuç olarak, göletler gibi küçük su depolama yapıları özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağışın az olduğu yaz aylarında genellikle sulama ihtiyacını karşılamak amacıyla inşaa edilen su depolama yapılarıdır. Kışın yağın yağmurları, derelerden gelen suları biriktirerek kritik dönemlerde su sağlamaları açısından önemli faydalar sağlarlar. Son yıllarda yangınlara helikopterlerle acil müdahalelerde, suyu kısa mesafeden sağlama açısından önemleri daha da artmıştır. Bu küçük su depolama yapılarının planlanmasında, gerekli bilgilerin hızlı ve doğru elde edilmesi fizibilite çalışmaları ve uygun gölet yerlerinin belirlenmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada, Hatay ilinde faaliyette bulunan 10 gölet için SYH ve CBS kullanılarak, hazne hacimleri tahmin edilmeye çalışılmış, tahmin sonuçlarının doğruluğu çeşitli istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir.

Yayladağı 23 Temmuz Göleti’nin ölçülen brüt depolama hacmi 1.353 hm³tür. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile sayısal

yükseklik haritasından oluşturulan sanal gölet için brüt depolama hacmi tahmini değeri ise 1.330 hm³ çıkmıştır. Tahmin edilen değer, ölçülen değere oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Karlısu Göletinde ölçülen brüt depolama hacmi 0.589 hm³ olup, CBS ile sayısal yükseklik haritasından oluşturularak tahmin edilen hacim değeri 0.620 hm³'tür. Bu gölet içinde tahmin edilen ve ölçülen hacim değerleri arasındaki fark oldukça azdır.

Pulluyazı Göleti'nin ölçülen brüt depolama hacmi 1.975 hm³'tür. CBS ve sayısal yükseklik haritasından tahmin edilen gölet brüt depolama hacmi ise 1.856 hm³ olarak tahmin edilmiştir. Bu göletin hacminin, diğer göletlere göre çok büyük olduğu dikkate alınır fark oldukça az çıkmıştır.

Dağdüzü Göleti'nin ölçülen brüt depolama hacmi ile CBS ve sayısal yükseklik haritası ile tahmin edilen gölet brüt depolama arasında sadece 400 m³ fark çıkmıştır.

Kızılcık Göleti'nin ölçülen gölet brüt depolama hacmi 0.241 hm³, CBS ve sayısal yükseklik modeli oluşturularak yapılan gölet brüt depolama hacmi tahmini değeri ise 0.235 hm³ olarak hesaplanmıştır. Tahmin edilen ve ölçülen hacim arasında yaklaşık 6 500 m³ fark çıkmıştır. Gölet hacmine göre farkın oldukça az olduğu söylenebilir.

Yoncakaya Göleti ölçülen brüt depolama hacmi yaklaşık 0.101 hm³ iken CBS ve sayısal yükseklik haritasından oluşturularak yaptığımız gölet brüt depolama hacminin tahmini değeri 0.142 hm³ çıkmıştır. Tahmin değeri 40 192 m³ fazla çıkmıştır. Yoncakaya Göleti siltasyon sebebi ile dolmuş olabileceği, ölçüm işleminin daha sonra yapılması sonucu ölçülen hazne hacminin daha az çıktığı düşünülmektedir.

Güzelyayla Göleti'nin ölçülen brüt depolama hacmi 0.283 hm³, tahmin edilen gölet brüt depolama hacmi ise 0.383 hm³ olarak belirlenmiştir. Güzelyayla Göleti için farkın 0.1 hm³ olduğu görülmektedir. Bu farkın nedeni, bu göletin kazı-dolgu göleti olması nedeniyle, gölet yapısında yapılan değişiklikler olduğu tahmin edilmektedir.

Hisarcık Göleti'nin ölçülen brüt depolama hacmi 0.231 hm³'tür. CBS ve sayısal yükseklik haritası ile tahmin edilen gölet brüt depolama hacmi 0.332 hm³ olarak hesaplanmıştır. İki değer arasında yaklaşık 100 000 m³ fark olduğu görülmüştür.

Yalaz Göleti'nin brüt depolama ölçülen değeri 22 058 m³'tür. CBS ve sayısal yükseklik haritası oluşturularak tahmin edilen hacim değeri ise 19 082 m³'dür. Yalaz Göleti çalışma yaptığımız göletler içinde en az hacme sahip gölettir. 60 hanenin faydalandığı bu göletin tahmin edilen hacim değeri ile ölçülen değeri arasında yaklaşık 2 900 m³ bir fark çıkmıştır.

Karamanlı Göleti, DSİ kaynaklarından elde edilen bilgilere göre 2.110 hm³ brüt depolama hacmine sahiptir. CBS ve sayısal yükseklik haritasından göletin depolama hacmi 3.857 hm³ olarak tahmin edilmiştir. Çalışma yaptığımız göletlerin içinde en büyüğü Karamanlı Göleti'dir. Diğer göletler için yaptığımız CBS ile hazne hacmi belirleme çalışmaları içinde tahmin edilen değerler ve ölçülen değerler arasında en farklı çıkan gölet Karamanlı göletidir. Fark yaklaşık 1.750 hm³ olmuştur. 1995 yılında inşasına başlanan gölet 2000 yılında hizmet vermeye başlamıştır. Aradan 20 yıl geçmiş olması gölet hacminin daha sonraki yıllar için tekrar hesaplanmış olabileceği diğer bir ifadeyle hacim değerinin güncellenmiş olacağı tahmin edilmektedir. Göletin uzun yıllar içerisinde sediment dolması nedeniyle dip savak kotunun yükseltilmesinin de gölet hacminin daha az ölçülmesine neden olduğu düşünülmektedir. Harita verileri elde edildikten sonraki zamanlarda, gölet hacminin sediment taşınımı veya toprak kayması gibi çeşitli nedenlerle dolmuş veya Kazı-dolgu göleti olduğundan dolayı gölet inşaatı sırasında gölet haznesi doldurulup hacmi küçültülmüş olabileceği diğer düşüncelerdir. Bu gölet için ayrıca bir araştırmanın yapılması önerilmektedir.

Göletlerin projelendirme ve yapım aşamaları uzun süren ve dikkat isteyen işlerdir. Bu çalışma ile CBS ve sayısal yükseklik haritası ile belirlenen bir alanda bir göletin ne kadar su toplayabileceğini potansiyel hacminin ne kadar olabileceği kısa sürede ve uzun uğraşlar gerektirmeksizin hesaplanabilmiştir. İstatistiksel sonuçlara göre, Karamanlı göleti ile birlikte tüm göletler değerlendirildiğinde tahmin değerleri oldukça zayıf çıkmıştır

(R² = 0.84, Pbias = -25.08, RMSE = 0.55, NS = 0.42).

Karamanlı göleti olmadan diğer dokuz gölet için yapılan istatistiksel analizde tüm göletler için tahminlerin yeterli doğrulukta çıktığı görülmüştür (R² = 0.99, Pbias = -2.32, RMSE > 0.0656, NS = 0.98).

Karamanlı göletinde tahmin edilen ve ölçülen hacimlerde ortaya çıkan büyük farkın, sonuca etkisi de büyük olmuştur. Bu farkın nedeni ayrıca araştırılmalıdır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, yapılması planlanan bir göletin su depolama hacmini, sayısal topografik haritaları kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla ne kadar doğru tahmin edilebileceğini araştırmaktır. Bu amaçla, Hatay ilinde faaliyette bulunan 10 göletin depolama hacimleri, sanal göletler oluşturularak tahmin edilmiş ve tahmin edilen değerler göletlerin gerçek hacim değerleri ile kıyaslanmıştır.

Yöntem ve Bulgular: Gölet yerlerine ait sayısal yükseklik haritaları (DEM), Integrated Land and Water Information Systems (ILWIS) yazılımında kullanılarak sanal gölet gövdeleri oluşturulmuş ve göletlerin hacim hesaplamaları yapılmıştır. Her gölet için tahmin edilen ve ölçülen hacim değerleri istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda tüm göletler için ölçülen ve tahmin edilen değerler için $R^2=0.84$ olarak bulunmuştur. Sadece Karamanlı Göleti için tahmin edilen ve ölçülen hacim değeri önemli derecede farklı çıkmıştır. Karamanlı Göleti dışındaki 9 gölet için yapılan tahminler çok iyi sonuçlar vermiştir ($R^2=0.99$, $NSE > 0.75$ ve $Pbias < 0.25$).

Genel Yorum: Bu sonuçlara göre, sayısal yükseklik haritası kullanılarak, yapılması planlanan göletlerin fizibilite çalışmaları için gerekli hazne hacimleri, çok kısa süre içinde 10 göletten dokuzunda yeterli doğrulukta tahmin edilmiştir. Karamanlı Göletinde hacim değerlerinde ortaya çıkan farklılığın nedenleri ayrıca araştırılmalıdır.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Baraj ve göletler gibi su depolama yapılarının doğru ve hızlı bir şekilde planlanarak projelendirilmesi yoğun işgücü, bilgi ve tecrübe gerektirmektedir. Bu yapıların, depolayabilecekleri su miktarları, planlama ve fizibilite çalışmaları için önceden bilinmesi gereken bir parametredir. Projelenecek bir su depolama yapısının hazne hacminin, coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak hali hazırda bulunan bir sayısal yükseklik modeli ile önceden yeterli doğrulukta tahmin edilmesi, fizibilite çalışmalarının hızlanmasına, dolayısıyla zaman kaybı ve işgücünü azaltacaktır. Bu çalışmada, sayısal yükseklik haritaları ile yapılması planlanan bir gölet için hazne hacminin ne kadar doğrulukta tahmin edilebileceği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gölet, CBS, hacim hesaplama, sayısal yükseklik haritası, Hatay.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 645913 nolu Yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI BEYANI

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Chowdary VM, Ramakrishnan D, Srivastava YK (2009) Integrated water resource development plan for sustainable Management of Mayurakshi Watershed, India using remote sensing and GIS. *Water Resour. Manag.* 23: 1581-1602.
- Cvar A (2014) GIS-based reservoir planning with limited data in developing nations: A case study of the lower Mekong River basin. PhD Thesis, Colorado State University, Dept. of Civil and Environmental Engineering, 304 p.
- Gupta KK, Deelstra J, Sharma KD (1997) Estimation of water harvesting potential for a semiarid area using GIS and remote sensing. *Remote Sens. Geogr. Inf. Syst. Des. Oper. Water Resour. Syst.* 1: 53-62.
- Gwenzi W, Nyamadzawo G (2014) Hydrological impacts of urbanization and urban roof water harvesting in water-limited catchments: a review. *Environ. Process* 1: 573-593.
- İrvem A (2011) Application of GIS to determine storage volume and surface area of reservoirs: The case study of Büyük Karacay Dam. *Int. J. Nat. Eng. Sci.* 5(13): 39-43.
- İrvem A (2020) Pixel size effects on dam water storage capacity estimation using GIS: Case study of Buyuk Karacay Dam, Turkey. *Fresenius Environ. Bull.* 29 (07A/2020): 6338-6348.
- Jha MK, Chowdhury A, Chowdary VM, Peiffer S (2006) Groundwater management and development by integrated remote sensing and geographic information systems: prospects and constraints. *Water Resour. Manag.* 21: 427-467.
- Liebe J, van de Giesen N, Andreini, M (2005) Estimation of small reservoir storage capacities in a semi-arid environment: a case study in the Upper East region of Ghana. *Phys. Chem. Earth.* 30: 448-454.
- Mialhe F, Gunnellv Y, Mering C (2008) Synoptic assessment of water resource variability in reservoirs by remotesensing: General approach and application to the runoff harvesting systems of south India, *Water Resour. Res.* 44: W05411.
- Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MV, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL (2007) Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *T ASABE* 50(3): 885-900.
- Mwenge KJ, Taigbenu AE, Sejamoholo BBP (2009) A GIS-based decision support system for rainwater harvesting (RHADESS). *Phys. Chem. Earth.* 34: 767-775.
- Nisar Ahamed TR, Gopal Rao K, Murthy JSR (2002) Automatic extraction of tank outlets in a sub-

- watershed using digital elevation models. *Agric. Water. Manag.* 57: 1-10.
- Pistrika A (2010) Flood damage estimation based on flood simulation scenarios and a GIS platform. *Eur. Water* 30: 3-11.
- Sawunyama T, Senzanje A, Mhizha A (2006) Estimation of small reservoir storage capacities in Limpopo River basin using geographical information systems (GIS) and remotely sensed surface areas: case of Mzingwane catchment. *Phys. Chem. Earth.* 31: 935-943.
- Taşkın M, İrvem A (2014) Yarı-kurak bölgelerde rezervuar yeri ve kapasitesinin CBS ile analizi. *Tar. Bil. Ar. Der.* 7(2): 53-59.
- Toper AN (2020) Hatay ilindeki göletlerin hazne hacimlerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Biyosistem Müh. ABD, 69 s.
- Tsihrintzis VA, Hamid R, Fuentes HR (1996) Use of geographic information systems (GIS) in water resources: a review. *Water Resour. Manag.* 10: 251-277.
- İrvem A, Ozbuldu M (2019) Evaluation of satellite and reanalysis precipitation products using GIS for all basins in Turkey. *Adv. Meteorol.* 1-11.
- Zhang S, Gao H, Naz BS (2014) Monitoring reservoir storage in South Asia from multisatellite remote sensing. *Water Resour.* 50: 8927-8943.