



Türkiye akarsuları akım ölçümlerinde mevcut durum ve alternatif yöntemlerin değerlendirilmesi

Ramazan Meral^{1*} Ahmet Benli¹

¹Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl

28.08.2013 Geliş/Received, 29.11.2013 Kabul/Accepted

ÖZET

Akarsularda akım ölçümlerinde doğruluk ve süreklilik; su yönetimi, su depolama yapılarının planlanması ve taşkınların önceden tahmin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Hidrolojik pek çok faktörün değişkenliği nedeniyle akım ölçümleri bir takım zorluklar içermektedir. Türkiye akarsularındaki mevcut akım ölçümlerinde genel olarak eşellerin ve anahtar eğrilerinin kullanımı esas alınmış ve gelişmeler daha çok eşel okumalarının iyileştirilmesine yönelik olmuştur. Bu çalışmada debi ölçümleri aşamasında, hız ve kesit ölçümlerindeki gelişmelere öncelik verilmesi vurgulanmıştır. Sonrasında ise debi anahtar eğrilerin elde edilmesinde sadece su derinliği değil, akım hızı değerlerinin dikkate alınarak anahtar eğrilerinin oluşturulması ve kullanılması gerekliliği belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmelere akustik yöntemle yürütülen bir arazi çalışması ile örnekleme yapılmıştır. Elde edilen bulgularla; debi anahtar eğrilerine akımın diğer bileşeni olan su hızı değerinin katılması ile daha iyi tahmin eğrileri çıkarılacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akım, debi anahtar eğrisi, muline, akustik

Water flow measurements in Turkey's rivers and evaluation of alternative methods

ABSTRACT

The accuracy and sustainability in the flow measurement of rivers has a great importance for the water management, planning of water storage structures and prediction of floods. Flow measurements include some difficulty due to the variability of many hydrologic factors. Current rivers flow measurement in Turkey is generally based on the use of limnograph and discharge rating curve and, advances has mostly been made the improvement of reading of limnograph. In this study, at the stage of the discharge measurement, giving priority to the improvement in the measurements of flow velocity and cross-section has been emphasized. Then, while obtaining discharge rating curve, it was expressed that not only the depth of water but also flow velocity values have to be taken into account for the preparing and using the discharge rating curve. A field study conducted by the acoustic method sampled for the assessments that were made. From findings, It was concluded that the use of flow velocity values for the discharge rating curve gives better estimate results.

Keywords: Flow, discharge rating curve, flow meter, acoustic

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Artan dünya nüfusu ve sanayileşme neticesinde su kaynaklarının aşırı tüketilmesi ve aynı zamanda kirletilmesi yoluyla, bu kaynaklar üzerindeki baskı her geçen gün daha da artmaktadır. Bugün dünyanın pek çok ülkesinde su yetersizliği önemli bir sorun olarak kendini göstermiş ve su kaynaklarının etkin yönetimi öncelikli konular arasında yer tutmaya başlamıştır. Su ile ilgili faaliyet gösteren pek çok uluslararası kuruluş suyun etkin kullanılmasının önemini vurgulamışlar ve sürdürülebilir su yönetimi konusunda uzun yıllık planlamalar yapmışlardır. Sürdürülebilir su kullanımı; suyun israf edilmeden yerinde ve çevreye zarar vermeyecek şekilde etkin kullanımı olarak tanımlanabilir [1].

Akım ve debi ölçümlerini doğru olarak yapmak su yönetimi, taşkınların önceden tahmin edilmesi ve su depolama yapılarının planlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Hidrolojik uygulamalarda geleneksel metot su seviyelerini ölçmek ve seviye-debi arasındaki ilişkinden oluşan eğriyi kullanarak debiye dönüştürmektir. Su hızının ölçülmesinde, yüzen cisim, kimyasal ölçüm ve muline ölçümleri gibi farklı yöntemler vardır. Yüzen cisim ile ölçüm metodu basit bir yöntemdir ancak cisim suyun hızını net bir şekilde vermeyebilir. Yeterli alet ve ekipmanın bulunmadığı durumlarda başvurulabilecek bir yöntemdir. Mulinelerde ise su içerisinde bir pervanenin suyun akış hızına bağlı olarak belirli sürede dönme sayısı kullanılarak ölçümler yapılmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte dijital mulinelerin kullanımı ölçümlerdeki hassasiyeti artırmıştır. Akarsu ve açık kanallarda muline ile belirlenen hız değerleri ile, ölçüm yapılan akım kesit alanı dikkate alınarak debi değerine dönüştürülür. Söz konusu ölçümler farklı su derinlikleri için tekrarlanmak suretiyle, su yüksekliğine bağlı debi değerini veren akım anahtar eğrisi elde edilmektedir. Bu durumda sadece akım derinliği ölçülmek suretiyle debi değerlerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu amaçla su seviyesi ölçümlerinde eşeller kullanılmakta olup, günümüzde sürekli ölçüm alıp kayıt yapabilen eşel sistemleri geliştirilmiştir[2].

Bu çalışmada öncelikle ülke genelinde akarsulardaki akım ölçümlerinin mevcut durumu ve karşılaşılan sorunlar değerlendirilmiştir. İncelenen literatür ışığında söz konusu sorunlara çözüm sağlayacak alternatifler üzerinde durulmuştur. Son olarak örnek olması açısından, akustik yöntemle yapılan bir arazi çalışması üzerinden değerlendirilme yapılmıştır.

2. AKARSULARDA MEVCUT AKIM ÖLÇÜMLERİ VE KARŞILAŞILAN SORUNLAR. (CURRENT RIVERS FLOW MEASUREMENT AND ENCOUNTERED PROBLEMS)

Ülke genelinde akım ölçümleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yürütülmektedir. DSİ bünyesinde ülke genelinde 1176 akım ölçüm istasyonu, 118 göl seviye ölçüm istasyonu, 150 kar ölçüm istasyonu, 330 meteoroloji istasyonu, 1000 su kalitesi ve sediment ölçüm istasyonları bulunmaktadır. YEGM ise ülke genelinde 300'ün üzerinde noktada, kurulan akım gözlem istasyonlarında akım ölçümleri yapmaktadır. Bu amaçla önceden hazırlanmış kesitlerde eşeller yardımıyla ölçülen su yükseklikleri debi belirleme de kullanılmaktadır. Eşeller genelde manuel olup düzenli olarak ayda en az bir kez okuma değerleri kaydedilmektedir. Ayrıca okuma yapan ekip tarafından istasyonda genel bakımlarda yapılmaktadır. Özel ölçümlerde veya debi anahtar eğrilerin hazırlanmasında mulineler kullanılmaktadır. İstasyon özelliğine bağlı olarak ölçümler suya girerek, teleferikten, botla veya krenle yapılmaktadır. Son yıllarda otomatik olarak seviye okuyup kaydeden limnografların kullanımına hızlı bir şekilde geçiş olmaktadır[3,4].

DSİ ve YEGM bölgesel anlamda kendi amaçları doğrultusunda hidrometrik gözlem ağına sahip iki ayrı kuruluş olup, bu amaçla istasyonlar oluşturulmuş olduğundan noktasal ve bölgesel olarak dağılıklık mevcut olduğu hatta bir çok istasyonların kesişim gösterdiği bilinmektedir [5]. Bu durum mevcut istasyonların alansal olarak yeterliliği açısından önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir.

Mevcut durumda ülke geneli akım ölçümlerinde gelişen teknolojinin kullanımı, akım su derinliğinin ölçülmesi konusunda yoğunlaşmıştır. Bu durum manuel olarak eşel okumalarından kaynaklanan hataları minimuma indirmekle birlikte ölçüm sıklığının istenilen düzeye çıkarılmasını da sağlamıştır. Ancak bu yöntemde eşel okumalarının hassaslığı debi ölçümlerinin son aşamasını oluşturmaktadır. Bunun öncesinde kullanılacak debi anahtar eğrilerinin çıkarılmasında kesit alanların ve bu kesitten geçen suyun hızının ölçülmesi yöntemin esasını oluşturmaktadır. Bu bağlamda dikkate alınan akım kesit alanını temsil eden bir su hızının belirlenmesi önem taşımaktadır. Yaygınlıkla kullanılan pervaneli mulinelerle alınan noktasal hız değerlerinin gelişen teknoloji ile daha hassas yapılması eşellerin modernizasyonundan önce gelmektedir.

Akım ölçümlerinde elde edilen her sonuç aslında gerçek değer tahmin edilmesidir [6]. Ölçümü etkileyen bileşenler nedeniyle tesadüfi ve sistematik hatalar

kaçınılmazdır. Tesadüfi hatalar (deneme hataları) kaynağı net olarak bilinemeyen, ölçümlerdeki tecrübe ve titizlik durumuna bağlı olarak oluşan hatalardır. Kullanılan mulinelerin su içerisinde sürekli olması gereken derinlikte ve doğrultuda tutulmaması, yeterli sayıda ölçüm alınmaması, ölçüm ortamlarının değişken olması nedeniyle tesadüfi hatalar sıklıkla meydana gelmektedir. Bu hataların minimuma indirilmesi gerekli titizlikte gözlem sayısının artırılmasıyla mümkündür. Akım ölçümlerinde sistematik hatalar ise daha çok kullanılan alet ve ekipmanların hassaslığına ve kalibrasyonuna bağlıdır [7]. Özellikle kullanılan mulinelerin bakım ve onarımları ve düzenli aralıklarla kalibrasyonunun yapılması bu tür hataların giderilmesinde öncelikli koşuldur.

Günümüzdeki gibi eşel okuma sayılarının tek başına artırılması bu sonuca ulaşmak için yeterli değildir. Aynı şekilde kesit ve akım hızı ölçümleri ve anahtar eğrilerinin hazırlanmasında da gözlem sayısının artırılması gereklidir. Tekrarlanacak ölçümler hem ölçme anında olası hataları minimuma indirirken hem de zamanla oluşacak değişkenliklerinde dikkate alınması anlamına gelecektir. Yıllar önce mevcut olanaklarla çıkarılmış bir anahtar eğrisinin kullanımı birkaç açıdan sorun oluşturabilmektedir;

- Anahtar eğrisinin çıkarılmasında yapılan olası tesadüfi hatalar, bu eğrinin kullanıldığı sürece sistematik hataların tekrarlanmasına neden olacaktır.

- Akarsu akım rejiminin dönemsel olarak değişmesi, kesit alınan yer ve civarında oluşan sedimentasyon, farklı yığılmalar veya oyulmalar eşelde okunacak yükseklik okumalarını olumsuz etkilerken anahtar eğri koşullarının değişmesine bağlı olarakta güvenli olmayan sonuçlar verecektir. Aynı şekilde dikkate alınan kesit üzerinde bitki gelişimlerinin olması da karşılaşılan diğer bir problemdir.

Yapılan çalışmalar eşel okumalarının her ne kadar hassas olsa da kesit alanı ve akış koşullarındaki değişimler nedeniyle takip eden yıllarda hata payının arttığını göstermiştir. Duvert ve Gratiot (2010) [8] bir önceki yılın anahtar eğrisini kullanarak elde ettikleri debide gerçek ölçülen değerler arasında %20 oranında farklılık elde etmişlerdir.

Debi anahtar eğrilerinin kullanılmasında ki en önemli kısıtlardan biriside sadece bir noktadaki su seviyesinin kullanılmasıdır. Bu durum yukarıda bahsedilen sorunları izleme ve giderilmesinde yetersiz kalmaktadır. Günümüz olanaklarıyla anahtar eğrilerinin geliştirilmesinde sürekli izlenebilen diğer akış ve kesit alan parametrelerinin kullanılması da kolaylaşmıştır. Öncelikle su seviye ölçümlerine eş zamanlı olarak yapılacak hız ölçümleri

ilk alternatif olarak gözükmektedir. Bunun yanı sıra hidrolik yarıçap, yatak eğimi ve pürüzlülük gibi parametrelerinde dikkate alınması debi ölçümlerinde doğruluğu artıracaktır [9,10].

Gerek ölçüm hatalarının azaltılması gerekse, akımı daha iyi tanımlayan alternatif anahtar eğri elde etmek için, anlık ve sürekli ölçüm yapabilen daha hassas ölçüm cihazlarının kullanılması gereklidir. Bunlar arasında ses dalgasının su içerisindeki iletimi ve yansımaları prensiplerine dayanan akım hızı ölçümleri son zamanlarda önem kazanmaya başlamıştır. Yöntem 1980'li yıllarda kullanılmaya başlanmış ve daha çok hidrolojik ölçümlerde kullanılmıştır. İlk geliştirilen cihazlar belirli bir su derinliğini (3-4 m den fazla) gerektirmekteyken, 1990 yılından sonraki gelişmelerle sığ sularda yöntemin kullanılabilme olanakları doğmuştur. Günümüzde çok farklı sensör ve frekans özelliklerine sahip akustik cihazlar sığ veya derin sularda hız ölçümlerinde kullanılmaktadır [11,12].

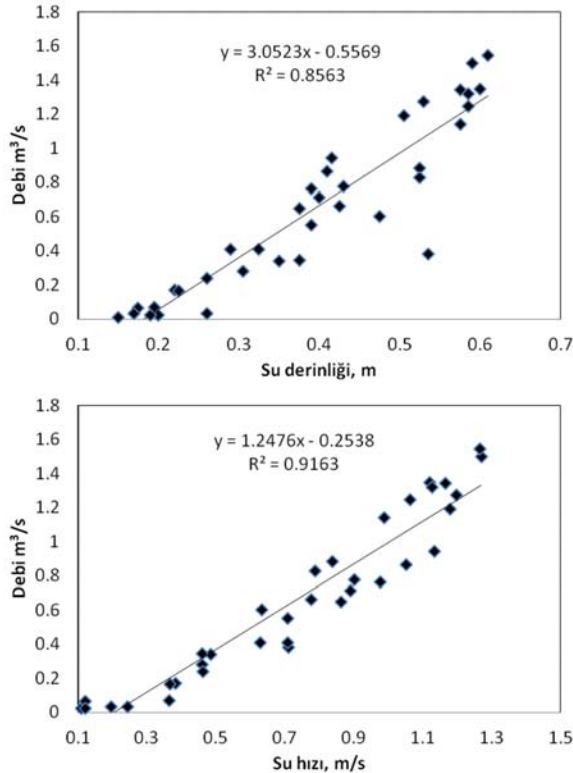
Genel olarak bir ses kaynağından belirli frakansta su içerisine gönderilen ses dalgasının alıcıya ulaşmaya kadar zayıflama oranı doppler özellik olarak bilinmektedir. Benzer özellik trafik radarlarında, yağmur taşıyan bulutların izlenmesinde, tıpta kan hücreleri hareketlerinin hastalık teşhis amaçlı izlenmesi vb. şeklinde kullanılmaktadır. Doppler etkisi, ses kaynağından gönderilen sesin alıcıya ulaşan oranını ifade eder ve ses frekansı ve sesin su içerisindeki hızından yararlanılarak hesaplanır [13,14].

Farklı akış koşullarındaki nehir ve açık kanallarda akustik yöntemle kısa zamanda, yeterli doğruluk ve hassasiyette ekonomik debi ölçümleri kolaylıkla yapılabilmektedir. Yöntemin sürekli debi ölçümünü yapabiliyor olmasının yanı sıra sensörlerin kalibrasyon istemiyor olması da önemli avantajlarından biridir. Ancak su kalitesi ve bazı çevresel koşullar hız ölçümünde bazı değişimlere neden olabilmektedir [15,16]. Sıcaklık değişiminin 5 °C ve tuzluluk oranınının 12 ppt değişimi ses hızını yaklaşık %1 oranında etkilemektedir. Akustik muline sensörüne birleşik olarak sunulan sıcaklık ve tuzluluk sensörleri ile otomatik olarak bu etki dikkate alınmakta ve düzeltilmiş değer okunmaktadır[17].

Bu makalede incelenen sorunlar ışığında, akustik yöntemle yapılan debi ölçümleri üzerinde farklı bir debi anahtar eğrisi yaklaşımını test etmek amacıyla aşağıdaki çalışma yapılmıştır.

3. ARAZİ UYGULAMASI VE SONUÇLARI (FIELD APPLICATION AND RESULTS)

Kahramanmaraş il sınırlarından geçen Aksu ırmağı üzerinde, 1070432 nolu TUBİTAK projesi kapsamında, 2009 yılı Mayıs-Temmuz aylarında yapılan debi ölçümleri kullanılmıştır [18]. Bu çalışmada seçilen doğal yatak üzerindeki kesitte akım hızı ölçümlerinde akustik doppler etkisi prensibi ile çalışan FlowTracker cihazı kullanılmıştır. Akım derinlikleri ise metre ile belirlenmiştir. Debi ölçümleri bir kesit üzerinde farklı noktalarda hız ölçümü, kesit alanı ölçümü ve dolayısıyla debi hesabı şeklinde yapılmıştır. Akım derinliği 50 cm ve altı olan kesitlerde ölçümler su yüzeyinden itibaren derinliğin %60 seviyesinde, daha derin akımlarda ise %20 ve %80 seviyelerinde ikişer hız ölçümü yapılmıştır. Debi hesaplarında ISO Standard 748'da tanımlanan ortalama kesit alan eşitlikleri kullanılmıştır. Ölçüm yapılan iki derinlik arası blok olarak tanımlanmış, her bir blok için hız ve debi hesapları yapılmıştır. Elde edilen veriler içerisinde su derinliği ve hız değerlerinin debi değerleri ile olan ilişkisinin belirlenmesi amacıyla regresyon analiz yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Su derinliği ve hızı ile debi değerleri arasındaki ilişkiler (The relationship between the depth and speed of water and the flow rate)

Elde edilen sonuçlar su hızının debi anahtar eğrilerinin elde edilmesinde kullanılmasının daha iyi sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Hem su derinliği hem de hız değerlerinin birlikte kullanılması durumu için yapılan çoklu regresyon analizi sonucu ise Tablo 1. de verilmiştir.

Tablo 1. Su derinliği ve hızı ile debi değerleri arasındaki çoklu regresyon analizi sonuçları (Multiple regression analysis results between depth and speed of water and the flow rate)

Model	Katsayılar	Önem düzeyi	R ²
Sabit katsayı	-0.414	0.00	
Su derinliği	1.149	0.01	0.941
Su hızı	0.842	0.00	

Dikkate alınan her iki parametrede % 1 önem düzeyinde anlamlı bulunurken, R² değerinde de belirli düzeyde artış gözlemlenmiştir. Sahoo ve Ray (2006) [19], sadece su derinliği ile debi anahtar eğrilerinin oluşturulmasının sakıncalı olabileceğine değinmişler ve çalışmalarında ortalama hızı, genişlik ve kesit alanı parametrelerini girdi olarak kullanmış ve yapay sinir ağları yöntemi ile anahtar eğrisi oluşturmuşlardır. Sonuçlar bu yöntemle akımı daha iyi tanımlayan sürekli ölçümlerin yapılabildiğini göstermiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Akarsularda debi ölçümlerinde doğruluğun ve sürekliliğin sağlanması, özellikle yapılacak su yapılarının planlanması ve suyun yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda öncelikle yeni gelişen cihazların kullanımı yanı sıra, tesadüfi ve sistematik hatalara yer vermeyecek önlemlerin alınması gereklidir. Ülkemiz koşullarında iyi bir gelişme kaydeden su seviye ölçümlerine ek olarak, akımın diğer bileşenleri de dikkate alınmalıdır. Özellikle su hızı ölçümleri hem anahtar eğrilerin çıkarılması aşamasında hem de sonradan bu eğrilerin kullanılması sırasında mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Su içerisinde veya temassız şekilde su hızı ölçümü yapabilen akustik veya benzeri yöntemlerin kullanılması hem alansal bazda hem de süreklilik açısından çözüm sağlayacak alternatif olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Sen, Z. (2003) Su Bilimi ve yöntemleri, Su Vakfı Yayınları.
- [2] Bayazıt, M. (1998) Hidroloji, İTÜ Matbaası, İstanbul.
- [3] EİE, (2008) Türkiye Akarsularında Su kalitesi Gözlemleri, EİE Genel Müdürlüğü, Ankara.

- [4] DSI, (2012) DSI web sayfası, <http://www.dsi.gov.tr/>
- [5] Turan, V. (2003) SKY de EİE Konumu Sorunlar ve Hidrometri Gözlem Ağı ve 3N+1K yaklaşımı, FAO Toprak ve Su kaynakları Mobilizasyonu ve Kullanımı Çalıştayı, Ankara.
- [6] Whalley, N., Iredale, R. S. and Clare, A. F. (2001) 'Reliability and Uncertainty in Flow Measurement Techniques - Some Current Thinking', *Phys. Chem. Earth*, vol. 26, no. 10-12, pp. 743-149.
- [7] De Doncker, L., Troch, P. and Verhoeven, R. (2008) 'Accuracy of discharge measurements in a vegetated river', *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 19, pp. 29-40.
- [8] Duvert, C. and Gratiot, N. (2010) Construction of the stage-discharge rating curve and the SSC-turbidity calibration curve in San Antonio Coapa (2009) hydrological season, *Institu de recherche pour le developement* [September 2010].
- [9] Choo, T. H., Park, S. K., Jin Lee, S. and Su Oh, R. (2011) 'Estimation of river discharge using mean velocity equation', *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 15, no. 5, pp. 927-938.
- [10] Corato, G., Moramarco, T. and Tucciarelli, T. (2011) 'Discharge estimation combining flow routing and occasional measurements of velocity', *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol.15, pp. 2979-2994.
- [11] Chanson, H., Trevethan, M. and Aoki, S. (2008) 'Acoustic Doppler velocimetry (ADV) in small estuary: Field experience and signal post-processing', *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 19, no. 5, pp. 307-313.
- [12] Kostaschuk, R., Best, J., Villard, P., Peakall, J. and Franklin, M. (2005) 'Measuring flow velocity and sediment transport with an acoustic Doppler current profiler', *Geomorphology*, vol. 68, pp. 25-37.
- [13] Takeda, Y. (2002) Ultrasonic Doppler method for flow measurement. In: *International symposium on advanced fluid information*. pp. 69-76.
- [14] Yau Lu, J., Chiang Su, C. and Yi Wang, C. (2006) 'Application of a portable measuring system with acoustic Doppler current profiler to discharge observations in steep rivers', *Flow Measurement and Instrumentation*, 17, pp.179-192.
- [15] Voulgaris, G. and Trowbridge, J.H. (1998) 'Evaluation of the acoustic doppler velocimeter (ADV) for turbulence measurements', *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*; 15:272-89.
- [16] Mueller, D.S. (2002) Use of acoustic Doppler instruments for measuring discharge in streams with appreciable sediment transport, in: *Proceedings of Hydraulic Measurements and Experimental Measurements*, American Society of Civil Engineers.
- [17] SonTek/YSI Inc, (2007) *FlowTracker, Handheld ADV, Technical manual*. SonTek/YSI Inc, USA.
- [18] Meral, R. (2010). Farklı Sediment Materyali ve Su Ortamı Koşullarında Süspansediment Taşımının Geleneksel ve Akustik Yöntemlerle Ölçümü ve Değerlendirilmesi. Proje No: 107O432, TÜBİTAK
- [19] Sahoo, G.B. and Ray, C. (2006) 'Flow forecasting for a Hawaii stream using rating curves and neural Networks', *Journal of Hydrology*, vol. 317, no.1-2, pp. 63-80.