

PORSUK ÇAYI HAVZASINDA HİDROLOJİK DENGİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK HESAPLANMASI

Tarkan EREN, Alparslan ARIKAN

*Hacettepe Üniversitesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe-Ankara
tarkan@jeo.hun.edu.tr, arikan@jeo.hun.edu.tr*

ÖZET

Porsuk Çayı Havzası Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemleri kullanılarak homojen alt havzalara bölümlenmiş ve her bir alt havza için ayrıntılı ve hassas bir şekilde su bütçesi hesaplanmıştır. Böylece tüm havza için aylık bazda yüzey su değişimleri belirlenmiştir.

Bu amaçla meteorolojik veriler (yağış, sıcaklık, güneşlenme süresi, toprak sıcaklığı, bulutluluk ve nem) ile akım gözlem istasyonlarında gözlenen akım verileri kullanılmıştır. Nehir kollarının karşılaştırılmasında kullanılmak üzere 1/100000 ölçekli toprak haritaları kullanılmıştır. Eğim ve yönelim haritaları 1/250000 ölçekli topoğrafik haritalardan elde edilmiştir.

Toplanan meteorolojik veriler ve tematik haritalar kullanılarak coğrafi bir veri tabanı oluşturulmuştur. Raster tabanlı eş yağış, eş rüzgar ve nem haritaları noktasal verilerden ara kestirim yolu ile hesaplanmıştır. Buharlaşma Penman yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan buharlaşma verileri ile kot arasında bir ilişki kurulmuş ve sayısal arazi modeli kullanılarak tüm havza için buharlaşma dağılımı elde edilmiştir. Akış yükseklikleri akım verilerinin su toplama alanlarına oranlanması ile elde edilmiştir.

Su bütçesi hesaplamalarında sistem yaklaşımı kullanılmıştır. Sistemin girdileri (yağış) ile çıktıları (buharlaşma ve yüzey akışı) eşitlenerek aylık su değişimlerinin belirlenmesi için depolamadaki değişimler belirlenmiştir.

ABSTRACT

The Porsuk River Basin has been divided into the homogenous subbasins, by Geographic Information Systems and Remote Sensing techniques and a detailed and precise hydrologic budget has been calculated for each subbasin, in order to evaluate the monthly surface water storage variation in the whole system.

The data used for this purpose are the meteorological data (precipitation, temperature, sun shine duration, soil temperature, cloudiness and humidity) and the hydrometric data of the flow gauging stations. The 1/100000 scaled soil classification maps have been digitized and used for correlating the river reaches. The slope and aspect maps of the basin have been evaluated through the 1/250000 scaled topographic maps.

A geographic data base has been established by the gathered meteorologic data and the thematic maps. The raster isohyetal maps of the precipitation, wind and humidity have been derived by interpolating the point measurements in the basin. The evaporation has been estimated by Penman method. A relation between the estimated evaporation rate and the elevation of the meteorologic stations has been established and the evaporation is distributed to the whole basin by using the digital elevation model. The flow height is calculated by dividing the flow rates with the catchment area of the flow gauge.

The system approach has been used for the water budget calculations. The input of the system (precipitation) has been equalized to outputs (evaporation and the surface flow) and the storage change (ΔS) has been calculated, in order to evaluate the monthly water storage variations.

1. GİRİŞ

Su, dünya üzerinde nüfus oranındaki aşırı artış ve kirlenme gibi nedenlerle her geçen gün daha fazla önem kazanmaya başlayan bir kaynaktır. Bu bakımdan bir havzada ki su miktarının zamanla değişiminin belirlenmesi oldukça önemlidir. Hidrolojik çevrimde su toplama alanına, yağmur, kar, dolu vb. şekillerde geri dönen su iklim özelliklerine ve havza karakteristiklerine bağlı olarak, değişik oranlarda olmak üzere, bir kısmı buharlaşma, bir kısmı yüzey akışı ve bir kısmı ise sızma şeklinde bu döngüde yerini alır.

Çalışmada verilerin hazırlanması aşamasında ve hesaplamalarda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) kullanılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, insan tarafından elle yapılamayacak kadar fazla miktardaki verinin alınması, saklanması ve işlenmesine olanak sağlayan sistemlerdir (Burrough, 1986). Bu özellikleriyle pek çok alanda uygulamaları vardır. Ancak halen gelişimine devam etmekte olan CBS'nin hidrolojideki kullanımı oldukça yeni bir konudur. Uygun veri tabanlarının bulunmaması, girdi verinin kullanıcı tarafından hazırlanmasını gerekli kılmaktadır. Allord ve dig.,1994).

Çalışmada 1/100000 ölçekli 33 toprak haritası ve araziye gidilerek her sınıfı temsil edici nitelikte 205 noktadan örnekler alınmıştır. 1/250000 ölçekli 6 topoğrafik harita sayısallaştırılmıştır.

Toplanan veriler coğrafi bilgi sistemlerinde birer kapsam olarak kullanılarak çeşitli hesaplamalar yapılmış ve hidrolojik açıdan önemli bilgiler veren yeni kapsamlar üretilmiştir (Sayısal arazi modelinden eğim, eğim yönünün belirlenmesi ve buharlaşma-yükseklik bağıntısının bulunarak sayısal arazi modeline uygulanması gibi).

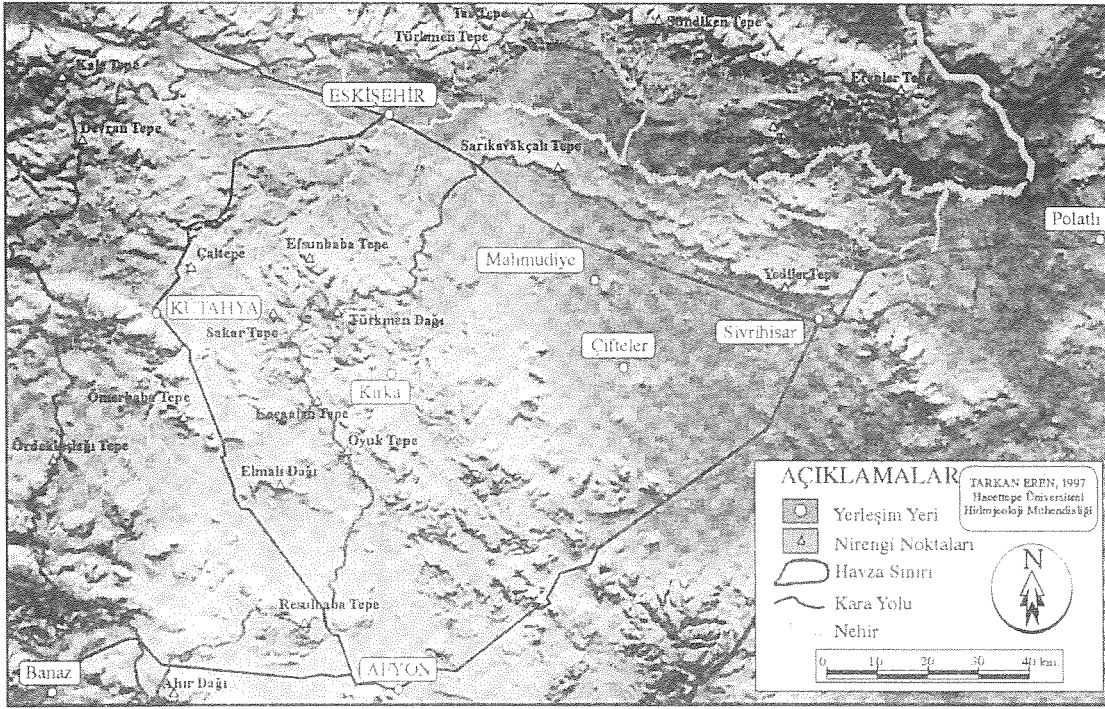
Hidrolojik sistemin açıklanmasında, parametrelerin birbiriyle olan ilişkilerini ortaya koyabileceğimiz hidrolojik bütçenin yapılması hedeflenmiştir. Daha önce yapılan bütçe çalışmalarında sistem homojen kabul edilip havza tek bir değerle karakterize edilmiştir. Bu gözönüne alınarak çalışmada hata oranının azaltılması için havza kendi içinde homojen kabul edilen hücrelere bölünmüş ve her bir hücrede ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Bu doğrultuda heterojen yapıya sahip hidrolojik sistemin içerdiği su miktarı belirlenmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen Porsuk Çayı Havzasında aylık su bütçesinin hesaplanması planlanmıştır. Bu amaçla hidrolojik sistemin ana bileşenleri olan yağış, buharlaşma ve akış gibi parametrelerin birbirleriyle ilişkileri ve sistem yaklaşımı kullanılarak su dengesinin kurulması hedeflenmiştir. Kurulan su dengesinden yararlanarak havzanın depolama değişimi belirlenecektir.

Su dengesinin kurulması amacıyla yeni bir teknoloji olan CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve önemli bir veri kaynağı olarak Uzaktan Algılama yöntemleri kullanılmıştır. Bu iki teknolojinin birlikte kullanımına Birleştirilmiş Coğrafi Bilgi Sistemleri (IGIS) adı verilmektedir (Maguire, 1991).

1.1. İnceleme Alanının Tanımı

Porsuk havzası (Eskişehir), 38° 45' - 40° 00' kuzey enlemleri ile 29° 30' - 32° 00' doğu boylamları arasında yer alan, 10904 km² su toplama alanına sahip bir havzadır. Havza Karadeniz Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi ve Marmara Bölgesi'nin arasında kalmaktadır. Şekil olarak, ağırlık merkezi dışarıda kalan ve kalp şekilli olarak sınıflandırılan havzalardandır. Ova kuzey kesiminde Sündiken Sıra Dağları , Taştepe (1685 m.), Türkmen Tepe (1653 m.) ile batıda Öredekkışlağı Tepe (1498 m.), Devran Tepe (1444 m.) güneyde Sarıkavakçalı Tepe (1248 m.), Resulbaba Tepe (1570 m.), Yediler Tepe (1532 m.), Türkmen Dağı (1826 m.), Ahır Dağı (1569 m.), doğusunda ise Koçalan Tepe (1640 m.), Oyuk Tepe (1515 m.) ve Erenler Tepe (1529 m.) ile sınırlıdır. Havza içindeki belli başlı yükseltiler ise Yardoruğu Tepe (1093 m.), Efsunbaba Tepe (1681 m.), Çaltepe (1156 m.), Sakar Tepe (1576 m.), Ömerbaba Tepe (1698 m.), Elmalı Tepe (1558 m.) olarak sayılabilir (Şekil 1).



Şekil 2 Havzanın Fiziki Haritası

Havzaya pek çok yönden ulaşılabilir. Ankara-Eskişehir, Bursa-Eskişehir, Afyon-Eskişehir, Afyon-Kütahya, Uşak-Kütahya, İzmir-Kütahya Devlet karayollarına ek olarak Ankara-İstanbul, Ankar-İzmir Devlet demir yolları havzaya ulaşmak amacıyla kullanılabilir. Havza içerisinde iller ile ilçeler arasında asfalt yollar bulunmakla birlikte ilçeler ile köyler arasında ve köylerin birbiriyle arasındaki yolların büyük çoğunluğu toprak yol olup sert kış şartlarında ulaşım güçlüğüle mümkün olmaktadır.

2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN HİDROLOJİDE KULLANIMI

Coğrafi bilgi sistemlerinin pek çok alanda uygulamaları bulunmaktadır. Coğrafi atıflı verinin bilgisayar ortamında işlenmesine olanak sağlaması bakımından yerbilimleri çalışmalarına çok büyük kolaylıklar getirmiştir. Hidroloji ve hidrojeoloji gibi su ile ilgilenen bilim dallarında da bu özellik çok büyük öneme sahiptir. CBS kullanılarak insan tarafından işlenemeyecek ölçüde fazla veri coğrafi atıflı olarak işlenmektedir. Böylece çalışmanın en fazla zaman alan kısımlarında önemli tasarruflar sağlanmaktadır. Önceleri sadece küçük alanlar için yapılan çalışmalar belirtilen teknolojiler sayesinde daha büyük ölçeklere ve daha büyük alanlara taşınabilmektedir.

Her bilim dalında olduğu gibi hidrolojide de verilerin hassas olarak hazırlanması ve işlenmesi oldukça önemlidir. İster basit bir harita yapılması işi olsun isterse karmaşık bir model çalışması altlık olarak kullanılan kapsamların hassas olarak hazırlanması çalışmanın sonuçlarını direkt etkileyen unsurlardır.

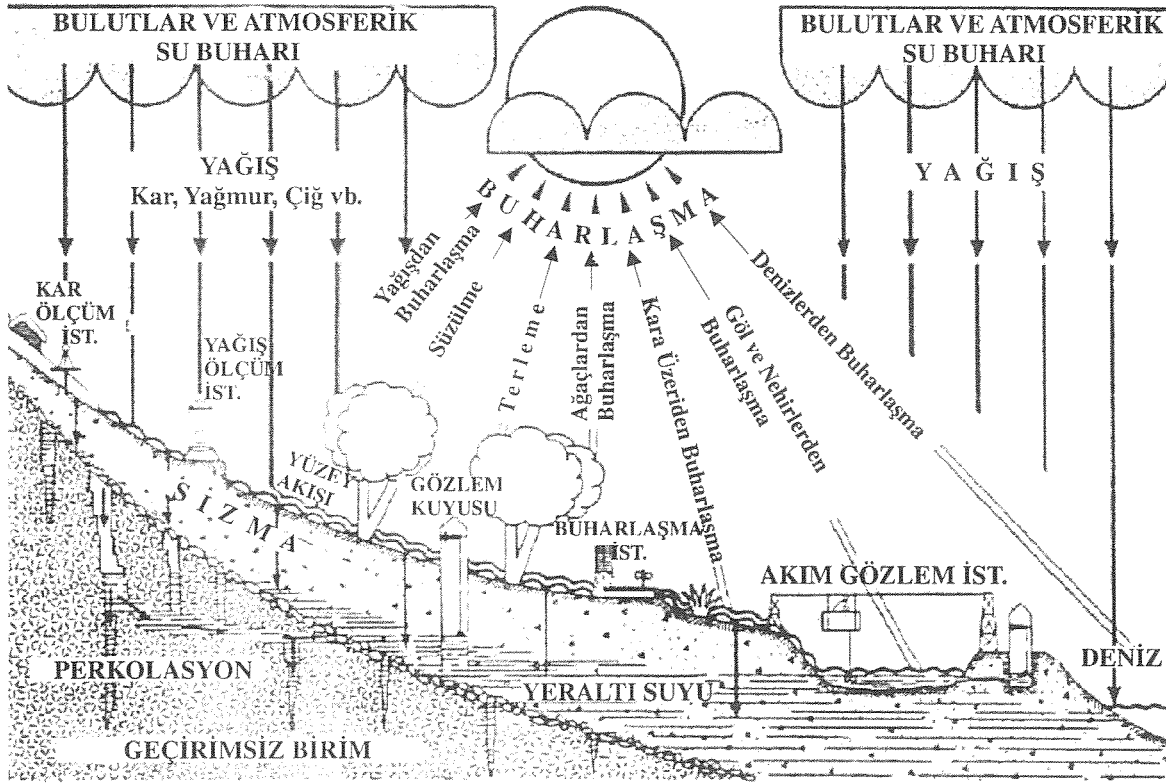
CBS girdi veriyi oluşturmak ve geliştirmek için, bilgisayar kullanılmadan yapıldığında çok zaman kaybettiren koordinatlandırma ve çakıştırarak analiz işlemlerinde önemli vektörel/analitik fonksiyonları gerçekleştirir (Goodchild ve Rhind, 1991).

CBS aslında modelleme açısından kullanışlı olmayan yöntemlerdir. CBS zaman boyutunu ancak farklı kapsamlarda kullanabildiğinden modeldeki zamana bağımlı değişkenlerin diferansiyel denklemlerinin çözümü oldukça zor olmaktadır. Ayrıca hidrolojik modellemede kullanılacak algoritmalar programa müdahale edilemediğinden program içine alınmazlar. Ancak bu işlemin mümkün olduğu programlar da bulunmaktadır. Bu yüzden coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak hazırlanan girdi veri dışarı alınarak model çalıştırılır ve model sonucu tekrar coğrafi bilgi sistemine alınarak kalibrasyon aşamasına geçilir. CBS genelde girdi verinin hazırlanmasında ve model sonrası

verilerin gösterimi ve düzeltilmesi aşamasında çok büyük kolaylıklar sağlar. Özellikle düzeltme aşamasında CBS etkin olarak kullanılmaktadır (Shultz, 1994).

3. VERİLERİN HAZIRLANMASI

Çevrimin okyanuslardan suyun buharlaşmasıyla başladığı kabul edilirse ortaya çıkan buhar, hava kütlelerinin hareketleriyle taşınır. Uygun koşullar altında, buhar bulutları oluşturmak üzere yoğunlaşır. Daha sonra da yağmuru oluşturur (Şekil 2). Yeryüzüne inen su değişik yollarla ayrılır. Büyük bir kısmı düştüğü yerde toprak tarafından geçici olarak tutulur ve kısa sürede buharlaşma veya bitkilerden terleme yoluyla atmosfere döner (Linsley ve diğ. 1982).



Şekil 2. Hidrolojik Döngü (Chow, 1964)

Yağış toprak zonunu doymuş hale getirdikten sonra, eğer yağış şiddeti doymuş sızma kapasitesinden büyükse yüzey akışına geçer. Yerçekimi etkisi altında hem yüzeydeki hem de yeraltındaki su daha düşük seviyelere doğru hareket eder ve sonunda denize ulaşır. Yüzeydeki ve yeraltındaki suyun önemli bir kısmı denize ulaşmadan önce buharlaşma-terleme ile atmosfere ulaşır (Linsley ve Diğ. 1988). Hidrolojik çevrimin bu tanımı, suyun sabit bir hızda düzenli şekilde hareket eden sürekli bir mekanizma olduğu izlenimi vermemelidir. Çevrimde suyun hareketi zamanda ve alan üzerinde düzensizdir (Mead, 1950).

Çalışmada aylık meteoroloji verileri kullanılmıştır. Dolayısıyla aylık hidrolojik dengenin kurulması planlanmıştır ve bu amaçla 1977 yılının verileri kullanılmıştır. 1977 yılının seçilme nedeni istasyonlarda tüm verilerin eksiksiz olması ve belirtilen yılda uzun yıllar ortalaması civarında bir yağışın meydana gelmesidir.

Aylık hidrolojik dengenin kurulması, su kaynaklarının işletilmesi ve havzada yıl içindeki değişimlerin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca havzada oluşturulan su dengesi iklimsel değişimlerin etkisinin araştırılmasında kullanılabilir. Buna ek olarak uzatılmış nehir akım analizi şeklinde uzun süreli tahminlerde de faydalanılabilirler (Makhlauf ve Michel, 1994).

Çalışmada dengenin kurulması için sistem yaklaşımına gidilmiştir. Bunun anlamı havzaya olan girdi ile çıktının birbirine eşlenmesidir. Aradaki fark ise depolamadaki değişimdir. Formül olarak ifade edecek olursak:

$$\Delta S = P - E - R$$

Burada;

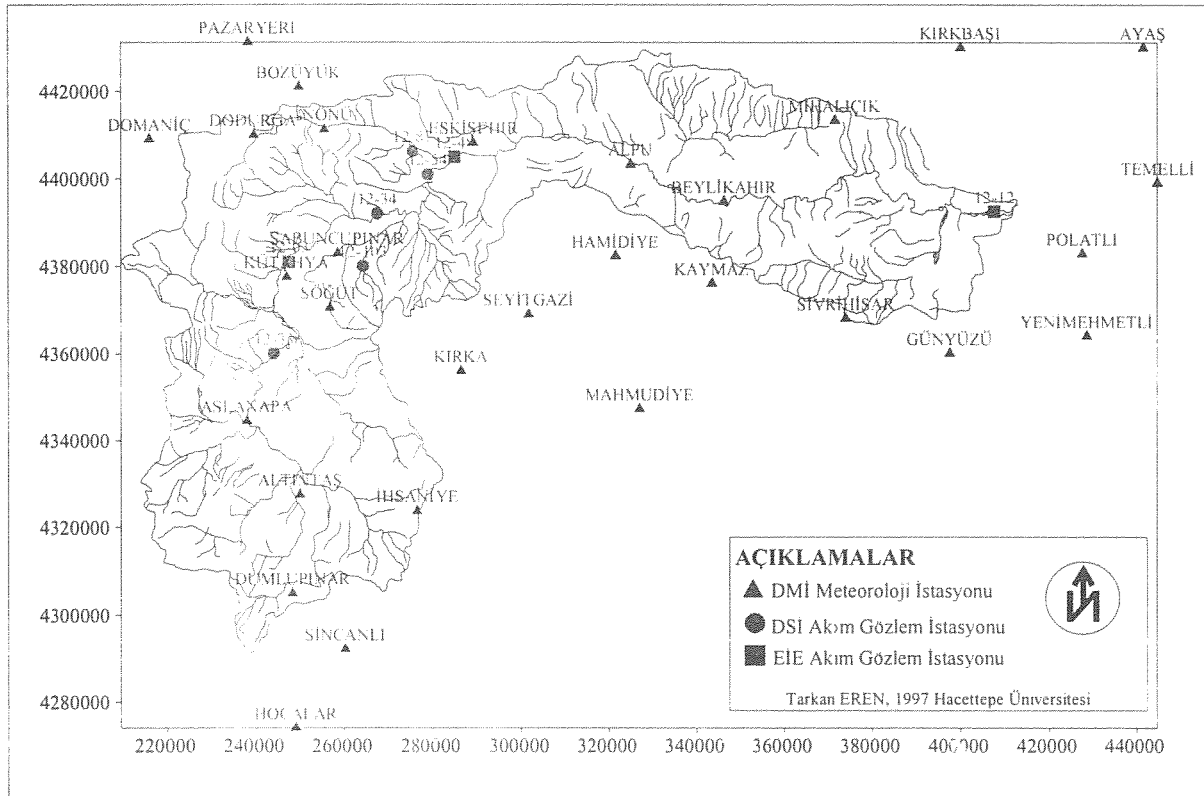
P = Yağış (Girdi)

E = Buharlaşma (Çıktı)

R = Yüzey Akışı (Çıktı)

ΔS = Depolamadaki Değişim

Hidrolojik dengenin kurulmasında havza içinde ve komşu havzalarda olmak üzere Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait 30 meteoroloji istasyonunun çalışma periyotları içerisindeki tüm verileri ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğüne ait 3, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ait 5 akım gözlem istasyonunun verileri toplanmıştır. Şekil 3'de istasyonların havzadaki dağılımları gösterilmiştir.



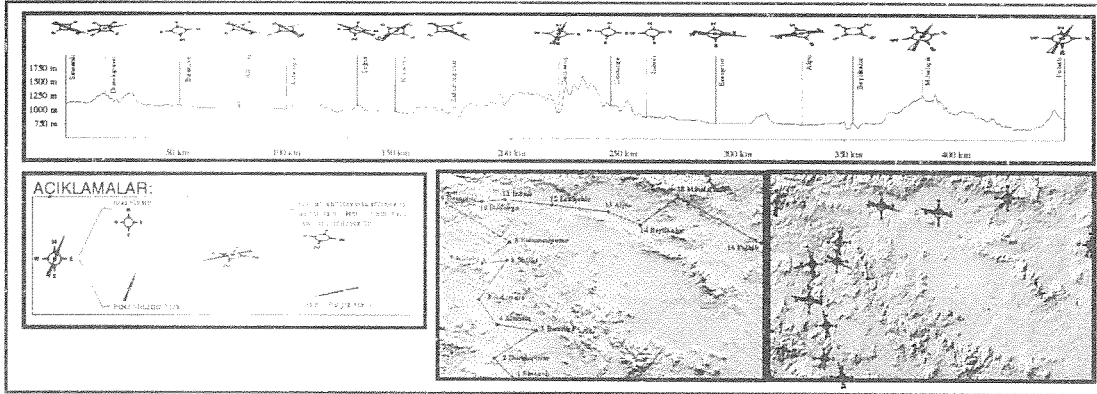
Sekil 3. YGİ ve AGİ'lerin Havzadaki Dağılımları

Yağış istasyonları arasında yapılan korelasyon sonuçlarına göre havzayı üç parçaya bölmek mümkündür. Eskişehir, Alpu, Beylikahır, Mihaliçik'i istasyonlarını içine alan bölüm ilk alan olarak kabul edilirse, ikinci alanda Kütahya, Dodurga, İnönü, Sabuncupınar ve Söğüt istasyonları üçüncü alanda ise Aslanapa, Altıntaş, İhsaniye ve Dumlupınar istasyonları bulunmaktadır. Çizelge 1'de bu korelasyon sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlara göre ilk alan ile üçüncü alan yağışlar bakımından birbirine benzerlik göstermektedir.

Çizelge 1. Yağış İstasyonlarının Birbirleri ile Korelasyon Sonuçları

%	Eskişehir	Kütahya	Aslanapa
Eskişehir	1	83	88.6
Kütahya	83	1	83
Aslanapa	88.6	83	1
İnönü	93.5	93.7	92.1
Dodurga	88.3	96.2	90.4
Alpu	95.6	85.5	94.5
Beylikahır	90.4	74	87.8
Mihalıçık	90	70	87
Söğüt	89	93	84.4
Sabuncupınar	93	97.4	91
Altıntaş	88.3	82	93.5
Dumlupınar	81	85	88
İhsaniye	82	85.5	93

Havza içindeki ve dışındaki istasyonlardan geçen kırık kesit üzerine istasyonların yerleri ve hakim rüzgar yönleri oturtulmuştur (Şekil 4). Bu kesit havzanın memba tarafından başlayıp mansab tarafında bitmektedir. Kesit üzerindeki kesit yönü ve hakim rüzgar yönü gösterimleri kesite soidan başlanarak gösterilmiştir ve her istasyonda bir sonraki istasyonun yönüne göre yerleştirilmiştir. Eş yağış haritalarında yüksek değerlerin bulunduğu noktalarda hakim rüzgar yönlerinin yüksek tepelere doğru olduğu görülür. Buradan da nemli havanın bu yükseltilere çarpıp yükselmesiyle yağış oluşturduğunu düşünebiliriz.



Şekil 4. İstasyonlardan geçen kırık kesit

Havzanın alansal ortalama yağış miktarı (uzun yıllar ortalama değerleriyle) eş yağış eğrileri yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Havzanın alansal yıllık ortalama yağışı 414.89 mm. olarak hesaplanmıştır.

1977 Yılı'nın aylık yağışları, havza içinde ve komşu havzalardaki 30 istasyonun verileri kullanılarak havzaya yayılmış ve raster veri yapısına sahip 12 adet yağış haritası elde edilmiştir. Yağışın yıl içindeki aylık değişimini incelemek amacıyla yağış haritaları elde edilmiştir. Bu haritalarda birçok ayda havzanın kuzeybatısının maksimum yağışı aldığı görülmektedir. Arazi modeline bakıldığında bu bölgenin iki havza arasında bir boğum noktası olduğu görülür. Çalışma alanının kuzeybatısında yer alan komşu havza Marmara Havzasıdır. Dolayısıyla kara iklimine sahip çalışma alanının deniz iklimine sahip olan Marmara Havzası ile sınırını oluşturan bu nokta ayrıca bu özelliği ile İç Anadolu Bölgesi'nde kuzey batı sınırını oluşturmaktadır. Yağışlı havanın komşu havzadan Porsuk Havzasına bu noktadan geçerken etraftaki yükseltilerden dolayı içerdiği yağışın büyük kısmını bu noktada bıraktığı düşünülebilir.

Buharlaşmanın hesaplanmasında ise Penman buharlaşma-terleme formülü kullanılmıştır. Penman formülü :

$$U = (A * H + 0.27 * E) / (A + 0.27)$$

$$E = 0.35 * (e_w - e_a) * (1 + 0.55 * W_2)$$

$$H = R * (1 - r) * (0.18 + 0.55 * S) - B * (0.56 - 0.092 * e_a^{0.5}) * (0.1 + 0.9 * S)$$

Burada :

U = Günlük potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (mm)

A, B = Günlük ortalama sıcaklığın fonksiyonu olan sabitler

H = Net radyasyon

E = Kütle transfer etkisi

e_a = Havanın buhar basıncı (relatif nem * e_w)

e_w = Günlük ortalama sıcaklıkta doymuş buhar basıncı (sıcaklığın bir fonksiyonudur)

W_2 = 2 metre yukarıdaki rüzgar hızı (m/s)

R = Aylık ortalama radyasyon

r = Yüzey albedosu

S = Günün güneşli saatlere oranı

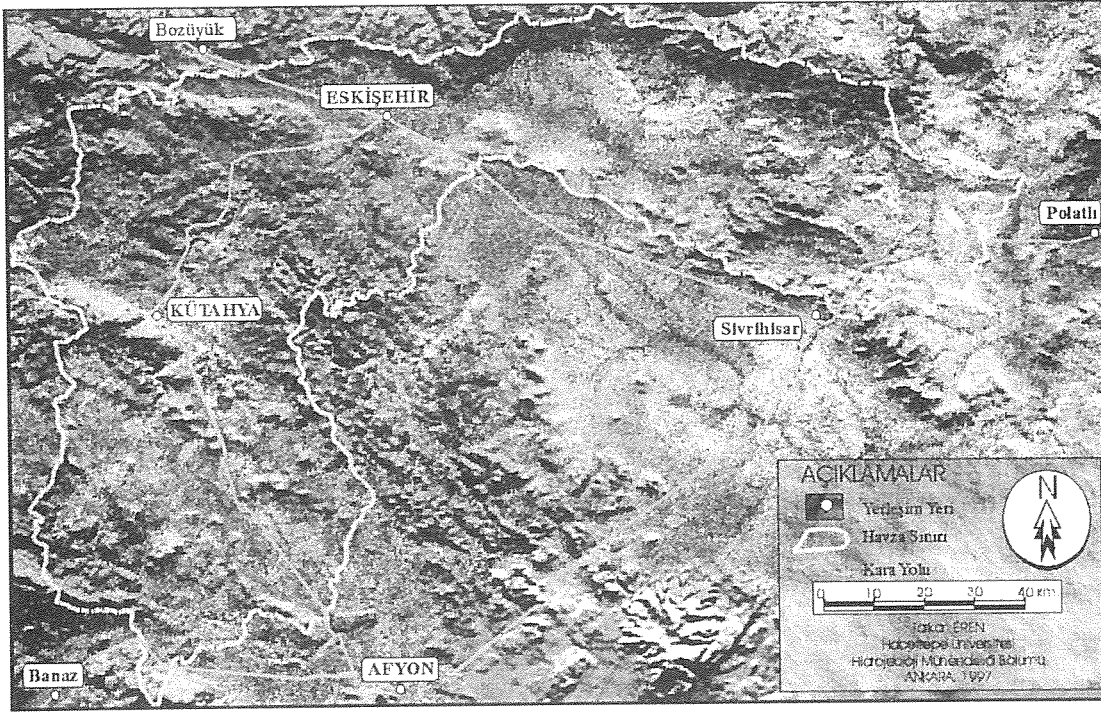
Buharlaşma hesabında gerekli verilerden sıcaklık, günlük olarak havzada üç istasyonda ölçülmektedir. Havza dışında kalan bir istasyonda da sıcaklık ölçümleri vardır. Bu dört istasyonda (Eskişehir-124, Kütahya-152, Bozüyük-637, Sivrihisar-720) büyük klima istasyonlarıdır. Buharlaşma-terleme miktarı günlük olarak bu beş istasyonda hesaplanmıştır.

Formülde kullanılan A, B, e_w sıcaklığın fonksiyonu olarak elde edilmiştir. Havanın buhar basıncı ise e_w ile relatif nemin çarpımıyla elde edilir. W_2 hızı meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir. Yüzey albedosu her satır için ayrı ayrı Çizelge 2'den okunarak formüle konulmuştur. Çizelgeden de görüldüğü gibi farklı arazi kullanımına sahip alanlar için albedo değerleride doğal olarak farklı olacaktır.

Çizelge 2. Değişik Yüzeylerin Albedo Değerleri

Yüzey Sınıfı	Albedo (r)
Yeni Yağmış Kar	0.80 - 0.95
Kirlenmiş Kar	0.40 - 0.50
Nemli Toprak (Bitki Örtüsü Yok)	0.10 - 0.20
Killi Kuru Toprak (Bitki Örtüsü Yok)	0.20 - 0.35
Kumlu Kuru Toprak (Bitki Örtüsü Yok)	0.25 - 0.45
Tahıl	0.10 - 0.25
Patates	0.15 - 0.25
Pamuk	0.20 - 0.25
Çayır	0.15 - 0.25
İğne Yapraklı Ağaçlar	0.10 - 0.15
Yaprağını Döken Ağaçlar	0.15 - 0.20
Su Yüzeyi (Nisan-Ağustos)	0.06 - 0.08
Su Yüzeyi (Şubat-Mart-Eylül-Ekim)	0.08 - 0.10
Su Yüzeyi (Kasım-Ocak)	0.10 - 0.12

Sınıflaması Temmuz 1995 Landat-TM uydu görüntüsünden yapılan arazi kullanım haritası (Şekil 5) kullanılarak, buharlaşma hesabı yapılacak her noktanın sınıfı belirlenmiş ve bu sınıfa bağlı olarak albedo değerleri bulunmuştur.

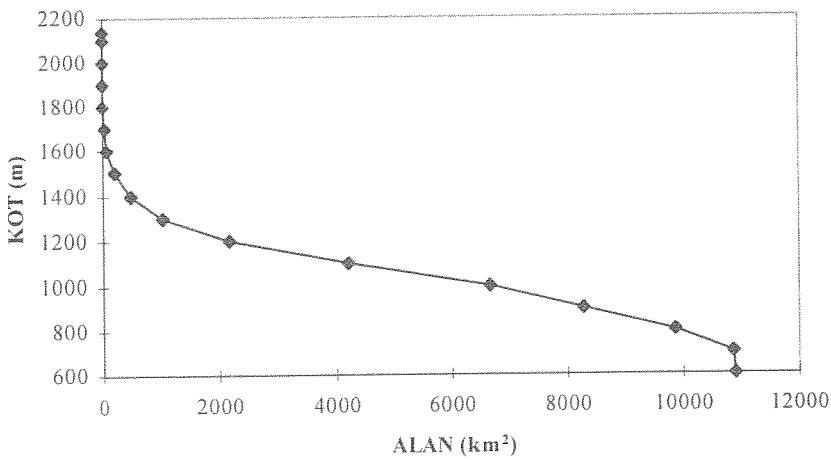


Şekil 5 Çalışma Alanının Landsat-TM Uydu Görüntüsü (4.3.2)

Buharlaştırma-terlemenin raster olarak tüm havza için elde edilmesi amacıyla elde edilen veri ile yükseklik arasında bir bağıntı kurulmuştur. Bu bağıntıda dört büyük klima istasyonundan elde edilen buharlaştırma-terleme değeri kullanılmıştır. Polatlı istasyonunun değerlerinin kullanılmamasının nedeni bu istasyonun havzadan çok uzak olmasındandır.

Tüm havzada buharlaştırma-terleme değerinin elde edilmesinde, belirtildiği gibi istasyon yükseklikleri ile değerleri arasında bağıntı kurulmuştur. Değerlendirmeye alınan istasyonlardan en düşük kota sahip olan Bozüyük (781 metre) ve en yüksekte yeralanı 1093 metrededir (Sivrihisar-havza sınırının hemen üzerindedir). Şekil 5’de verilen alan-kot eğrisinden (eğri altındaki alan her seviyenin üstünde kalan alanı göstermektedir) 781 metre altında kalan alanın, tüm alanın %5.03’lük bir kısmı olduğu, 1093 metre üzerindeki alanın ise tüm alanın %42’si olduğu ve 1500 metre yükseklikten sonra alanın çok küçüldüğü (%2) gözönünde tutularak 781-1093 metre arasında kalan buharlaştırma değerlerimizin tüm alanın %53’ünü temsil ettiğini belirtilebiliriz. Her ay için yükseklik-buharlaştırma ilişkisinin kullanılmasının belli bir hata getireceği kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

ALAN-KOT İLİŞKİSİ



Şekil 6. Alan - Kot Eğrisi

Bu varsayım ile buharlaşma ile yükseklik arasında regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda her ay için bir denklem ($y=ax+b$) elde edilir. Çizelge 3’de her bir ay için verilen denklemler arazi modelinin bütün pixellerine uygulanarak tüm havza için buharlaşma değeri belirlenmiştir.

Çizelge 3. Buharlaşmanın Alana Yayılmasında Kullanılan Bağıntılar

AYLAR	BAĞINTI
OCAK	$y = - 0.022 x + 41.2$
ŞUBAT	$y = - 0.0307 x + 67.2$
MART	$y = - 0.0571 x + 117.4$
NİSAN	$y = - 0.0375 x + 179.7$
MAYIS	$y = - 0.1056 x + 265.5$
HAZİRAN	$y = - 0.147 x + 338.9$
TEMMUZ	$y = - 0.1828 x + 396.4$
AĞUSTOS	$y = - 0.163 x + 344.5$
EYLÜL	$y = - 0.1251 x + 232.89$
EKİM	$y = - 0.0766 x + 132.5$
KASIM	$y = - 0.0622 x + 92.51$
ARALIK	$y = - 0.042 x + 56.528$

1977 Yılına ait havzadaki 12-03, 12-12, 12-33, 12-34,12-48, 12-54, 12-87 ve 12-103 nolu akım gözlem istasyonlarının verileri derlenmiştir. Elektrik İşleri Genel Müdürlüğüne ait olan 12-12 akım gözlem istasyonu havzanın çıkış noktasında olması bakımından çok önemlidir. İstasyonların havza içindeki dağılımı oldukça homojendir. Havzanın geneline iyi dağılmış bir gözlem ağı bulunmaktadır. Havzadaki istasyonlardan 12-12, 12-48 ve 12-03 Elektrik İşleri Genel Müdürlüğüne aittir ve sırasıyla havzanın boşalım noktasında, orta bölgede ve alt (membra) bölümde yer alırlar. Diğer beş istasyon Devlet Su İşlerine ait olup bu üç istasyonun arasına serpiştirilmiş durumdadır.

Hidrolojik dengede kullanılmak üzere havza üzerinde akım yüksekliklerinin belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla akım gözlem istasyonlarının su toplama alanları belirlenmiş ve sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına alınmışlardır. İstasyonların verileri havza boşalım noktasından itibaren bir önceki istasyonun verisi kadar azaltılmış ve bu ardışık istasyona kadar olan su toplama alanına bölünerek belirtilen poligon için bir akım yüksekliği elde edilmiştir. Bir akarsu kolunun drenaj alanında her hücredeki akım yüksekliğinin boşalım noktasından uzaklaştıkça azalan bir değer olması gerekir. Bu yüzden üzerinde akım gözlem istasyonu bulunan kollar kullanılarak üzerinde gözlem istasyonu olmayan kolların değerinin benzeştirme yoluyla elde edilmesine çalışılmıştır.

Örneğin Mihaliçık Deresinin üzerinde çalışma süresi için akım gözlem istasyonu bulunmamaktadır. Ancak 12-103 nolu istasyonun üzerinde bulunduğu kolun drenaj yapısı bakımından Mihaliçık Deresine bağlanan alt kollara benzediği görülmüştür. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan bölgenin toprak haritaları bu kollar baz alınarak sorgulandığında iki kolunda aynı toprak tipi üzerinde akmakta olduğu görülür. Bu karşılaştırmaya eğim haritası da katılmış ve kolların meydana getirdiği topoğrafyanında aynı eğimde olduğu görülmüştür. Ayrıca Horton sınıflamasına göre kolların hemen hepsi ikinci dereceden kollarıdır. Dolayısıyla 12-103 nolu akım gözlem istasyonunun akış yüksekliğinin aynı drenaj tipinde, aynı derecede, aynı eğim ve birim üzerinde akmakta olan Mihaliçık deresinin kollarında da görülebileceği düşünülmüş ve bu alanda belirtilen akış yüksekliği değeri yayılmıştır. Çizelge 3.4 ‘de ise akım gözlem istasyonlarının su toplama alanları verilmiştir.

Çizelge 4. Akım Gözlem İstasyonları Su Toplama Alanları

AKIM GÖZLEM İSTASYONLARI	SU TOPLAMA ALANLARI (km ²)
12-12	4830.0625
12-48	618.75
12-03	1250.625
12-87	40.9375
12-54	1000
12-103	64.0625
12-33	2407.6875
12-34	692.5
TOPLAM ALAN	10904.625

4. HİDROLOJİK BÜTÇENİN HESAPLANMASI

Çalışma alanında su dengesi aylık olarak hesaplanmıştır. Su dengesinin belirlenmesinde sistem yaklaşımı kullanılmıştır. Sisteme girdi olarak katılan yağış ve çıktı olarak yeralan buharlaşma ve akım miktarları havzaya yükseklik olarak milimetre cinsinden yayılmışlardır. Bunun anlamı havzada her hücre için su dengesini oluşturan parametrelerin belirlenmiş olmasıdır.

Çalışmada hücre boyutu olarak 250 metre kullanılmıştır. Bunun nedeni ilk ve en önemli katman olarak alınan arazi modelinin meydana getirilmesinde kullanılan 1/250000 ölçekli haritaların maksimum hassasiyetinin 250 metre olmasıdır. Hücre boyutu 250 metre olarak alındığında 10904.6 km² olan havzamızda toplam 174474 hücre oluşmaktadır. Bu hücrelerin herbirinde hesap yapılması bilgisayar sistemlerine dahi oldukça fazla bir yük getirmektedir.

Yapılan yaklaşımda sisteme girdi olarak yağış (P) sistemden çıktılar buharlaşma (E), yüzeysel akıştır (R) ile eşitlenmiştir. Girdi ile çıktılar arasındaki fark sistemin depolama hacminde meydana gelen değişim (ΔS) olarak ifade edilmiştir.

Raster veri yapısına sahip olarak hazırlanan yağış, buharlaşma ve akım değerleri her ay için ayrı ayrı olmak üzere yukarıdaki formül ile coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak hesaplanmış ve denge kurulmuştur. Dengede yeralan ΔS (depolamadaki değişim) her ay için hesaplanmış ve alansal değişimi belirlenmiştir. Her ay için ayrı ayrı yapılan hesaplamalar sonunda elde edilen depolama değişim miktarları bir sonraki ayın depo hacmine ilave edilmiştir. Yağışın buharlaşmayı karşılamadığı aylar için depo hacmindeki su kullanılmıştır.

Ortaya konulan su dengesinde ΔS depolamadaki bir aylık değişimi ifade etmektedir. Depolama haznesi içinden mevsime, birime ve ortamın özelliklerine bağlı olarak bir miktar sızma ve havza kayıpları meydana gelmektedir. Bu kayıpların ΔS hacmi içinden olduğu varsayılmıştır.

5. SONUÇLAR

Çalışma sonucunda havzada suyun etkin kullanımı için bilinmesi gerekli olan su dengesi belirlenmiştir. Su dengesi çalışmaları sadece suyun etkin kullanımı için değil aynı zamanda etkin toprak kullanımı, bitki yetiştiriciliğinde uygun alanların seçilmesi, yeraltı suyu çalışmaları gibi konularda ve en önemlisi hangi çalışma olursa olsun zaman kaybını önlemesi bakımından yararlıdır.

Havzada karasal iklim hakim olduğundan yaz aylarında buharlaşmayı karşılayacak yağış yoktur. Sonuç olarak yazları kurak geçer. Depolamada ki değişimler göz önüne alındığında da bu görülmektedir. Özellikle aşağı kesimlerde yağış miktarı buharlaşma ve akımı karşılayamamaktadır. Bu yüzden ovanın büyük kesiminde (Arazi kullanımından da görülebileceği gibi) kuru tarım yapılmaktadır.

Coğrafi bilgi sistemlerinin hidrolojide kullanılması zaman bakımından önemli kazanımlar sağlar. Coğrafi bilgi sistemleri, çok fazla verinin görselliğe dayalı olarak hızlı bir şekilde analizlerini yapabilmektedir. Bu yüzden coğrafi bilgi sistemlerinin hidrolojide kullanılmasının oldukça faydalı olduğu gözlenmiştir.

Çalışmada hesaplanan buharlaşma verileri yükseklik ilişkisi ile belirlendiğinden havzayı tam temsil etmemektedir. Bu hesaplamalarda belli bir hata bulunmaktadır. Bu hata buharlaşmanın yükseklikten başka değişkenlere de bağlı olmasından kaynaklanmaktadır.

Havzada aylık depolama değişimleri elde edilmiştir. Buna göre Haziran, Temmuz, Ağustos ve hatta Eylül aylarında havzada su ihtiyacı baş göstermektedir. Bu nedenle havzada D.S.I. tarafından yapılmakta olan göletler bulunmaktadır.

Öncelikle çalışmada sızma parametresinin belirlenmesi amacıyla arazi çalışmaları yapmak gereklidir. Bu çalışma sırasında alınan ve analizleri yapılan toprak örneklerinin daha sonra sızma deneylerinin arazide yapılarak, sayısallaştırılmış bulunan toprak haritaları ile birleştirilip daha etkin bir modelin kurulabileceği düşünülmüştür.

Uydu görüntülerinin farklı zamanlarda ki değişimlerinin belirlenerek yeni hesaplamaların yapılmasıyla arazi kullanımının buharlaşma üzerine etkisi araştırılabilir. Ayrıca buharlaşmanın hesaplanmasında noktasal albedo değerlerinin kullanılması yerine sınıflanan tüm alanlar için albedo değerlerinin alınıp havzanın tümü için buharlaşmanın hesaplanması gerçeğe daha yakın sonuçlar verecektir. Hatanın daha aza indirgenebilmesi için buharlaşmanın sadece yükseklik ilişkisiyle değil diğer değişkenler kullanılarak da hesaplanması başka bir çalışmada gerçekleştirilebilir.

Çalışma sırasında kullanılan tüm parametreler kullanıcı tarafından çok fazla zaman harcanarak elde edilmiştir. Ancak bu tür çalışmalarda verilerin (örneğin toprak haritaları, sayısal ortamda topoğrafik haritalar vb.) sayısal ortamda olmaları çalışmanın hızını arttıracak gibi çalışmayı kolaylaştırıp daha gelişmiş sonuçlara varılmasını sağlayacaktır.

Elde edilen depolama değişimi haritaları tarım alanlarının uygunluğunun belirlenmesinde, su planlaması çalışmalarında kullanılabilir. Bölgede yapılacak olan modelleme çalışmalarına temel teşkil edebilir.

KAYNAKLAR

- Allord, A.M.J., Bouwer, H.A., Mannoerts, C.M., Valenzuela, C., 1994, Introduction to Use of GIS for Practical Hydrology, ITC, Publication No: 23.
- Arnold, J.G., Allen, P.M., 1996, Estimating Hydrologic Budget for There Illinois Watersheds, Journal of Hydrology, V:176, S:57-77.
- Aranoff, S., 1989, Geographic Information Systems: a Management Perspective, WDL Publications.
- Bernhardsen, T., 1992, Geographic Information System, VIAK IT.
- Burrough, P.A., 1986, Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment.
- Chow, V.T., 1964, Handbook of Hydrology, McGraw-Hill Book Co.
- Dawis, F.W., Simonett, D.S., 1991, GIS and Remote Sensing, Geographical Information System, John Wiley&Sons Inc., NewYork.
- Goodchild, M.F., Rhind, D.W., 1991, Geographical Information System, John Wiley&Sons Inc., NewYork.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., 1979, Remote Sensing and Image Interpretation, Second Edition, John Wiley&Sons Inc., NewYork.
- Linsley, J.R., Kohler, M.A., Joseph, L.H., 1988, Hydrology for Engineers, McGraw-Hill Book Co.
- Maguire, J.D., 1991, An Overview and Definition of GIS, Geographical Information System, John Wiley&Sons Inc., NewYork.
- Makhlauf, Z., Michel, C., 1994, A Two-Parameter Monthly Water Balance Model for French Watersheds, Journal of Hydrology, V:162, S:299-318
- Mead, D.W., 1950, Hydrology, McGraw-Hill Book Co.
- Penman, H.L., 1954, Evaporation Over Parts of Europa, AIHS, Publ No:38.
- Penman, H.L., 1956, Estimating Evaporation, American Geophysical Union, V:37, No:1.
- Shultz, G.A., 1994, Meso-Scale Modelling of Runoff and Water Balances Using Remote Sensing and Other GIS Data, Hydrological Sciences, V:39.
- Star, J., Estes, J., 1990, Geographic Information Systems, Prentice Hall.