İTÜ

SU VAKFI

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ

8-10 Ocak 2001
İSTANBUL

BİLDİRİ KİTABI

CİLT I

Editörler

Zekâi ŞEN
Sevinç SIRDAŞ
Abdüsselam ALTUNKAYNAK

İTÜ

SU VAKFI

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ

8-10 Ocak 2001
İSTANBUL

BİLDİRİ KİTABI

CİLT I

Editörler

Zekâi ŞEN
Sevinç SIRDAŞ
Abdüsselam ALTUNKAYNAK

İSKİ Yayınları No: 36

ISBN-975-97034-1-6 (TK)
975-97034-2-4

Basıldığı Yer: Cenkler Matbaacılık
Ocak 2001 - İstanbul

TAKDİM

Su, canlıların hayatlarını idame ettirebilmeleri için vazgeçilmez temel ihtiyaçlarından birisidir. Ancak su kaynakları, bilhassa tatlı su miktarı, Dünya'da sınırlıdır. Dünya'nın nüfusu hızla artmakta ancak su miktarı sabit olduğu için kişi başına yıllık su arzı gittikçe azalmaktadır. Bilhassa son yıllarda çarpık şehirleşme ve kontrolsüz sanayileşme neticesi mahdut su kaynakları da kirlenmekte, bu yüzden istifade edilebilir su miktarı azalmaktadır. Tabiatıyla kirlenen suları tekrar insanların istifadesine sunmak için yapılan arıtma maliyetleri hızla artmaktadır.

İstanbullular da maalesef 1994 öncesinde büyük su sıkıntısı çekmiştir. İSKİ Genel Müdürlüğü'nün 1994-2000 yılları arasında gerçekleştirdiği muazzam su temini tesisleriyle su mes'elesi çözüme kavuşturulmuştur. İSKİ 2000 yılı itibariyle ülkemizde halkın istifadesine sunulan suyun %40'ını üretmektedir. Nüfusun %16'sının suyunu temin ettiği cihetle İstanbul'lular su açısından ülke ortalamasına nazaran şanslıdırlar ve takriben kişi başına 3 misli su sarfetmektedirler.

Dünya'da ise pek çok ülkede su sıkıntısı çekilmektedir. Kaynakların sınırlı olması yüzünden 21. Asırda suyun ehemmiyeti daha da artacaktır. Bilhassa sınır aşan sular sebebiyle ülkeler arasında su krizlerinin doğması muhtemeldir. Bu sebeplerle, su kaynaklarının verimli kullanılması lüzumu her zamankinden daha fazla kendini hissettirecektir. Mes'elelerin aşılması ilmi çalışmalarla mümkündür.

"Su Vakfı" bu durumu farketmiş ve "I. Türkiye Su Kongresi"ni tertip etmiştir. Osmanlı Cihan Devleti'nde, su medeniyetinin kurulmasında vakıfların rolü büyük olmuştur. Su Vakfı'nın bu konuda başarılı çalışmalar yapacağına yürekten inanıyorum.

Başta Su Vakfı Mütevelli Hey'et Başkanı Sayın Prof. Dr. Zekâi ŞEN olmak üzere, tertip hey'etine, bu kongreye tebliğleri ile iştirak eden değerli ilim adamlarına teşekkürü bir borç biliyorum.

Saygılarımla, 08/01/2001

Prof. Dr. Veysel EROĞLU
İSKİ Genel Müdürü

ÖNSÖZ

Su çok eski devirlerden beri insanların her türlü faaliyetlerinde kullanılan temel, her zaman ve konumda aranan bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk medeniyetlerde su kuvvetinden ve ulaşımından başka suyun kullanımı, kalelerin savunması ve savaş unsuru olarak istifade edilmiş olmasının yanında tarım, ticaret ve bilgi iletişimi içinde faydalı olmuştur. Su kaynakları tarihin hiçbir devrinde önemini kaybetmemiş üstelik gelişen endüstri ve küresel çevre sorunları sonucunda önemi daha da artmıştır. Özellikle 21. Yüzyılın gidişatı içinde su ve su kaynaklarına olacak ihtiyacın tarihte önceden misli görülmemiş bir biçimde artması beklenmektedir. Günümüzde bile su kaynakları uluslararası önem kazanmış ve her ülke kendi su sorunlarının yanında diğer ülkeler karşısında su sorunlarını savunmak durumuna gelmiştir. Ülkemiz dünya standartlarına göre su zengini olmamasına karşılık, kendi sınırları içindeki suların daha iyi biçimde işletilmesi bakımından gerekli tasarımları şimdiden düşünmek durumundadır. İşte bu yönden, I. Türkiye Su Kongresi'nde sunulan tebliğler ve daha da önemlisi yapılacak genel panelde Türkiye'nin gelecekteki su kaynakları sorunlarına değinilecektir.

Bu su kongresinin hazırlanmasında Su Vakfı gerekli ilk çalışmaları başlatmış ve İTÜ'nünde desteği altında Devlet Su İşleri (DSİ) ve İSKİ gibi kamu kuruluşlarının destek ve katılımları ile gerçekleştirmeye çalışmıştır. Kongreye destek veren tüm kurumlara kongre yönetik kurulu teşekkür eder ve kongrenin başarılı geçerek gelecekteki çalışmalara ışık tutması umudunu beklemektedir.

Kongre Yönetim Kurulu
22 Aralık 2000, İstanbul

KONGRE YÜRÜTME KURULU

Zekai Şen
Hasan Sarıkaya
Sevinç Sırdaş
Abdüsselam Altunkaynak

TEKNİK VE SOSYAL ETKİNLİKLER KURULU

Mehmet Özger
Elçin Tan
Ahmet Öztopal

KONGRE BİLİM KURULU

Ahmet Mete Saatçi	(MÜ)	Levent Şaylan	(İTÜ)
A. İmran Kömüşçü	(DMİ)	Mazen Kavvas	(GÜ)
Atilla Altay	(İSKİ)	Mehmet Bilgin	(AÜ)
Cem Avcı	(BÜ)	Mehmet Birpınar	(YTÜ)
Cuma Bayat	(İÜ)	Mikdat Kadıoğlu	(İTÜ)
Doğan Kantarcı	(İÜ)	Necati Özçırpıcı	(DSİ)
Erol Keskin	(SDÜ)	Nilgün Harmancıoğlu	(DEÜ)
Ferruh Müftüoğlu	(İTÜ)	Oğuz Müftüoğlu	(İTÜ)
Gökmen Tayfur	(İYTÜ)	Tülay Özbek	(GÜ)
Hasan Yazıcıgil	(ODTÜ)	Ünal Şorman	(ODTÜ)
Hüseyin Güripek	(EİEİ)	Yılmaz Muslu	(İTÜ)
H. Doğan Altınbilek	(DSİ)	Zekai Şen	(İTÜ)
İzzet Öztürk	(İTÜ)	Zekeriya Sevim	(EKH)

TAKDİM/Veysel EROĞLU.....III

ÖNSÖZ/Kongre Yürütme Kurulu.....V

İÇİNDEKİLER..... IX

CİLT I.

SU YÖNETİMİ

Küçük Havzalarda Su Yönetimi ve Belde Limanı Örneği.....1
Recep Bakış, Mehmet Bilgin
Su Üretimine Tahsis Edilen Yağış Havzalarını Planlama ve Kullanma İlkeleri.....7
Necdet Özyuvacı, Ahmet Hızal, Ferhat Gökbulak
Akarsu Havzalarında Su Kaynakları Planlanması ve Yönetimi.....17
Necati Gülbahar, Hatem Elhatip, Ömer Köse

HİDROLOJİ

Seyhan Havzası Morofmetrik Karakteristiklerinin Akım Üzerindeki Etkilerinin İz(PATH) Analizi ile İncelenmesi.....25
Tahsin Tonkaz, Fatih Topaloğlu, Mahmut Çetin
Belde Dilovası Konteyner Limanı Yağmur Suyu Drenaj Sistemleri ve IFC'nin Tavsiyeleri.....33
Mehmet Bilgin, Recep Bakış, Mustafa Tombul
Memba Debisinin Belirlenmesi için Bir Yaklaşım.....43
Mesut Çimen
Evapotranspirasyon Hesaplama Programı (CALCET).....51
Rıfat Ok, Levent Şeylan, Barış Çaldağ
Yıldız (Istıranca) Dağları Yöresi Su Toplama Havzalarının Debi Değerleri.....61
Adile Yamaç
Yıldız Bölgesi İçin Yağış ve Akışın İstatistiksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....67
Sevinç Sırdaş, Zekai Şen
Yıldız (Istıranca) Bölgesinde Yağış-Akış Çokgenleri.....81
Sevinç Sırdaş, Zekai Şen

TARIM VE ORMAN

Heyelanların Nedenleri ve Orman Alanlarının Heyelan Kontrolündeki Rolü.....89
Murat Demir,Tolga Öztürk
Orman Yollarında Suların Drenajı ve Alınabilecek Önlemler.....97
Murat Demir,Tolga Öztürk
Bitki Örtüsünün Su Üretim Havzalarının Su Verimi Üzerindeki Etkileri.....105
Süleyman Özhan, Ferhat Gökbulak
Ağaç Kesiminin Akarsu Havzasına Etkisi.....113
Gönül Yapıcı, Anya Butt

Peyzaj Alanlarında Sulama Suyunun Ekonomik Olarak Kullanımı.....121
Tolga Öztürk, Murat Demir
Güneydoğu Anadolu Projesinde Sulama ve Sulama Sorunları.....129
Bahri Çevik, Mahmut Çetin

TARIM ve SULAMA

Ekolojik Tarım Bitkilerle Atıksu Arıtma Tekniğini Kullanma Olanaklarının Araştırılması.....139
Oya Zeren, Yağmur Uysal ve arkadaşları
Türkiye Su Havzaları Tarım Arazilerinde Erozyon Sorunu ve Toprak-Su Muhafazası Yönünde Alınması Gereken Önlemler.....147
Bahri Çevik, Fatih Topaloğlu
Sulama Sisteminin Analizi.....155
Fuat Toprak
Atıksu Arıtma Sistemi Olarak Kullanılan Yapay Sulak Alanların Yapım Kriterleri ve Adana Bölgesi için Uygunluğunun İncelenmesi.....165
Zeynep Zaimoğlu, Ahmet Yüceer
Kayısı Tarımında UA Yöntemleri Kullanılarak Yaş Belirleme.....173
H.Yıldırım, Samuray Elitaş ve arkadaşları
Marjinal Tarım Alanlarının UA ve CBS Yöntemleriyle Belirlenmesi.....181
H.Yıldırım, Samuray Elitaş ve arkadaşları
Bir Mikro Havzanın Tarım Ürünlerinde Yetişme Potansiyelinin UA ve CBS ile Belirlenmesi.....189
H.Yıldırım, Samuray Elitaş ve arkadaşları

TAŞKIN

Taşkın Frekans Analizi Paket Programının Antalya Ekstrem Yağışlarına Uygulanması.....197
Özgür Kişi, Fatih Üneş, T.Mustafa Cengiz
Akarsu Yataklarında Taşkın Ötelenmesine Pürüzlülük Katsayısının Etkisi.....207
Hüsnü Demirpençe
Su Yüzü Profili Hesabına Örnek Uygulama.....217
Tansel Yılmaz, Yaşar Kutoğlu
Ülkemizde İşletmede Olan Taşkın Koruma Barajları ve DSİ Taşkın Yıllığı İncelenmesi.....241
Erdoğan Basmacı, G.Işık Erdem
Taşkın Koruma Projesi Planlama Çalışmaları.....249
Erdoğan Basmacı, H.Yaşar Kutoğlu
Meskun Bölgelerde Taşkın Zararının Hesaplanması İçin Yöntemler.....261
Abdüsselam Altunkaynak, Mehmet Özger

MODELLEME

Tahoe Havzasında Gözlenen Hidrolojik Değişkenlerin Zaman Seri Analizleri.....269
Gökmen Tayfur, M.Levent Kavvas

Yağış Verilerinin İstatistiksel Ön Analizleri ; Seyhan Havzası Örneği.....277
Fatih Topaloğlu
Günlük Yağışların Matematiksel Benzetim Modelleri.....285
N.Orhan Baykan, Banu Karabay
Akım Değerlerinin Üretilmesinde Parçalı Toplam Bağıl Frekans Yöntemi.....293
Cenap Doğru, Zekai Şen
Yapay Sinir Ağları ile Akış Tahmini.....311
Ahmet Öztopal, Ceyhan Kahya, Sevinç Sırdaş
İçme Suyu Sarfiyatının Bulanık Mantık Yöntemi ile Hesaplanması.....319
Abdüsselam Altunkaynak, Zekai Şen
Yıldız (Istranca) Bölgesi İçin Alansal Yağış ve Akış Değerleri.....327
Sevinç Sırdaş, Zekai Şen
Yukarı Fırat Havzasının Simulasyon Modeli ile İncelenmesi.....339
Mualla Ozturk, Mehmet C. Aydın

İKLİM

Manavgat ve Oymapınar Baraj Göllerinin Yakın Çevre İklimine Etkisi.....347
Hüsnü Demirpençe, Veysel Güldal
Maraş Yöresindeki Barajların İklim Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması.....355
Orhan Erdaş, Alaaddin Yüksel, Mehmet Başaran
Atatürk Barajı ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Projesi (GAP) Öncesi –Sonrasında İklimsel Parametrelerdeki Değişimin Sınırlıkları.....363
Mehmet Şimşek, Tahsin Tonkaz, Halil Kırnak, Remziye Yılmaz
Global Isınmanın Su Kaynaklarına Etkisi.....371
Ali Aytek
Kimi İklim Öğelerinde Periyodik Bileşenlerinin Otokorelasyon Yapısı Üzerine Etkisinin Araştırılması.....381
Mahmut Çetin, Tahsin Tonkaz, Ali Yücel, Fatih Topaloğlu
İSKİ Pompalarının Elektrik İhtiyacının Rüzgar Enerjisi ile Karşılanma İmkanı.....391
Zekai Şen, Ahmet D. Şahin

CİLT II

HİDROLİK

Hidrolik Yapılarda Geri Devirli Havalandırma.....401
Ahmet Baylar, Tamer Bağatur
Marmara Bölgesinde Dalga Kuvvetinin Kazıklı Su Yapılarına Etkisi.....409
Murat Küçük
Perisuyu Havzasında Sediment Miktarının Belirlenmesi ve Metotların Karşılaştırılması.....423
Mualla Öztürk, Eyüp Gül
Venturi Aygıtının Çok Amaçlı Kullanılması.....431
Tamer Bağatur, Ahmet Baylar

BARAJLAR

Küçük Toprak Barajlarda Geomembran Uygulaması.....439
Recep Bakış
Baraj Tipleri ve Bu Tiplerin Türkiye Genelindeki Uygulaması.....451
Kemal Günaydın
Türkiye Genelindeki Barajların Yapılış Amaçlarına Göre Değerlendirilmesi.....463
Kemal Günaydın
K.Maraş Yöresindeki Barajların Çevre Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi.....471
Orhan Erdaş, Arslan Okatan, Alaaddin Yüksel, Mehmet Başaran
Atatürk Barajının Sosyo-Ekonomik ve Çevresel Etkileri.....479
H.Kırnak,Yusuf Çelik, Mahmut Şimşek, Tahsin Tonkaz

İÇME SUYU ve SU KAYNAKLARI

Elazığ' ın Su Sorunları ve Kaynakların Değerlendirilmesi.....487
Osman Kaplan, Mualla Öztürk
Kıbrıs İçme ve Kullanma Suyu Sisteminde Düşey Akımlı Kum Tutucuları n Projelendirme Esasları.....495
Recep Bakış
Küçük Havzalarda Su Kaynakları Yönetimi ve TOSB Örneği.....509
Recep Bakış, Mehmet Bilgin
İçel İli İçme ve Kullanma Suyu Kaynaklarının Kirlilik Durumunun Araştırılması ve Çözümüne Yönelik Modellerin Oluşturulması.....515
Halil Kumbur, Hüdaverdi Aslan, Zafer Ozer
Kentsel Su Teminindeki Güçlükler.....525
Mazen Kavvas
Uzaktan Algılamanın Büyük Su Kütlelerinde Kirliliğin Belirlenmesinde Kullanılması Olanakları.....533
Abdüsselam Altunkaynak, Hüseyin Bayraktar

YERALTI SUYU

Eskişehir Yeraltı Suyu Potansiyeli ve Yeraltı Suyunun İçme Kullanma Suyu Olarak Değerlendirilmesi.....541
Mustafa Tombul, Mehmet Bilgin
Mezitli-Susanoğlu (Mersin) Arası Kıyıdan Denize Boşalan Yer Altı Sularının Denizel Parametrelerle Belirlenmesi.....549
Mustafa Eryılmaz, Fulya Yücesoy
Mersin Akiferinde Yeraltı Su Kirliliği ve ASM (Aquifer Simulation Model) Uygulaması.....557
Zeynel A.Demirel
Ülkemizde Yeraltı ve Yerüstü Sularının Hukuki Durumu.....569
Muzaffer Tosun
Küçük Havzalarda Su Yönetimi (Yeraltı Suyu) TOSB Örneği.....573
Mustafa Tombul, Mehmet Bilgin

SU KALİTESİ İYİLEŞTİRME TEKNOLOJİLERİ

Çözülebilen Maddelerin Dalga Etkisiyle Boyuna Türbülans Difüzyonu ve Dispersiyonu.....577
Abdüsselam Altunkaynak, M. Emin Savcı
Petrol Oluşumu (Formasyon) Suyundan Organik Madde Giderimi.....585
Emin Şükürov, Hakan Demiral, M.Ercengiz Yıldırım
Baraj Rezervuarlarında Ötrifikasyon Probleminin İncelenmesi.....593
Necati Gülbahar,M.Y Kılınç
Marjinal Kaliteli Suların Sulamada Kullanımı.....601
Şerafettin Aşık, Bekir Sıtkı Karataş, Mehdi Panahi
İstanbul Su Rezervuarlarının Radyoaktivite Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....611
A.Beril Tuğrul, İlyas Yılmaz, Sudiye Şahin
Sepiyolit Kolon Reaktörü Kullanılarak Sulardan Amonyak Giderimi.....621
Mustafa Turan, Mehmet S. Çelik, Bora Özdemir, Bülent Armağan
Türkiyede Yüksek Düzeyde Florür İçeren Kaymak Suları ve Önemi.....629
Nazmi Oruç
Yüksek Tuz Konsantrasyonuna Sahip Drenaj Sularının Sulamada Kullanımının Toprak İnfilitrasyonu Üzerine Etkisi.....639
İsmail Taş, Zeynep Zaimoğlu
Su Kalitesi Gözlem Ağalarının Bulanık Mantık Modeliyle İrdelenmesi.....647
Yılmaz İçağa
Pomza ve Bazalt Tüfünün Dichlorous Arıtımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması.....655
Hüdaverdi Aslan, Oya Zeren

İNSAN TOPLUM VE SU

İzmir Metrepol Etkileşim Alanı İle Yakın Çevresi Su Havzaları Ve Koruma Alanlarındaki Yapılaşmanın Kentsel Ve Kırsal Yerleşim Üzerindeki Etkileri.....663
Mümin Filiz, Murat Kılıç, Ulaş Ozer
Şehirleşme ile Akarsu Akarsu Arasındaki İlişki.....671
Anya Butt, Recep Efe, Mehmet Karakuyu
Önümüzdeki Yüzyılın Su Problemleri.....679
Ahmet Hamdi Orhan
İnsan, Toplum ve Su Anayasa Hukuku Açısından Bir Değerlendirme.....687
Servet Armağan
Barajların Çevresel ve Sosyo-Ekonomik Etkileri.....695
Recep Efe, Anya Butt, Ali Demirci
Ömerli Baraj Havzasını Korumak İçin Bir STK Deneyimi.....703
Gökmen Yalçın
Türkiye'deki Çevre, İnsan ve Su Kaynakları.....711
Hatim Elhatip, Necati Gülbahar, Yakup Kurmaç

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Küçük Havzalarda Su Yönetimi Ve Belde Limanı Örneği

Recep BAKIŞ[1], Mehmet BİLGİN[2]

[1]Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. İkieylül Kampusu, 26470 Eskişehir,
rbakis@anadolu.edu.tr
[2]Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. İkieylül Kampusu, 26470 Eskişehir.
mebilgin@anadolu.edu.tr

ÖZET

Belde limanı, Marmara Denizi, Dilova mevkiinde inşası düşünülen bir konteynır ve ro-ro terminalidir. Liman, yaklaşık 970 m. uzunluğunda kesonlarla inşa edilecektir. Rıhtım duvarı ve gemi yanaşma yerinde derinlik 16,5 m.dir. Denizden kazanılan yerler dahil liman yerleşim alanı takriben 53 hektardır. Bu alan, 115 ha'lık bir havzanın içinde yer almaktadır. Havzada, çatlaklı kaya davranışı gösteren, killi kireçtaşı, kireçtaşı, kil taşı, marn, kumlu kireçtaşı, kum kil ve çakıl zemin dizilişlerine rastlanmaktadır. Yağışlarla ilgili olarak, çatlaklar arasında yeraltı suyu hareketleri, yer yer şevlerden sızıntı halinde çıkışlar gözlenmektedir.

Liman yaklaşım yollarında, zaman zaman 25 metreyi geçen dik şevli ($1D_{uşey} : 1Y_{atay}$) yarmaların yapımı söz konusu olmaktadır. Derin yarmalarda yüzey suları ve yeraltı suyu, şev stabilitesini olumsuz yönde etkilemekte ve çatlaklar boyunca kaymalar dolayısıyla, yamaçların stabilitesi bozulmaktadır.

Bu bildiride, yeraltı suyunun aşağılara indirilmesi için düşünülen 6-7 adet 8"~12" çaplarındaki derin kuyulardan elde edilecek suyun, sulama ve kullanma suyu olarak değerlendirilmesi halinde elde edilecek kazancın incelenmesi yapılacaktır. Su Mühendisliğinin ana prensibi, suyun zararlı etkilerinden korunmak ve ondan yararlanmaktır. Bu prensibin uygulaması, Belde limanı örneğinde incelenmiş olacaktır.

Anahtar kelimeler: *Su Yönetimi; Liman; Keson; Kullanma Suyu; Yeraltı Suyu*

ABSTRACT

Belde port, located in the coast of Marmara sea, in Dilova place, has considered as a container and ro-ro terminal. The port will be constructed with caisson 970-meter length. The quay wall and the place for approaching vessels have dept of 16,5 meter. The overall area of the port is 53 hectares including acquired land from the sea. The area is in the 115 hectare of the catchment basin. The soil structure of the catchment area is the fracture of rock which contains clay, limestone, clay stone, marn, sandy limestone, sandy clay and gravel. In this area, the movement of the ground water seepage through the slope has observed during the rainfall.

It is necessary to construct cut slopes with 25 meters high in one to one scale on the side of the road of the port. The existing surface water and ground water affect slope stability and

slope failure negatively in deep cut slops. The slope stability failure can occur because of sliding along the cracks.

In this study, the benefits of ground water obtained from 6-7 wells with 8"-12" diameter, in order to lower the level of the ground water down, will be evaluated if it is used for irrigation or using water. The fundamental principle of water engineering is to have benefit of water and to avoid from the harmful effect of water. The application of this principle will be illustrated in Belde port.

Key Words: *Water Management, Port, Caisson, Using Water, Ground Water*

1. GİRİŞ

Belde limanı, büyüklüğü itibarîyle özel sektör tarafından Türkiye'de inşa edilen ilk konteynır ve ro-ro terminalidir(1). Finansmanı, belli bir aşamadan sonra Dünya Bankası kuruluşu olan International Finance Corporation (IFC) tarafından desteklenecektir. Gemi yanaşma yerlerinin kesonlar ile teşkili projenin önemli bir özelliğidir. Denizden kazanılan yerler dahil liman yerleşim alanı takriben 53 ha olup; bu alan, 115 ha'lık bir su toplama havzasının içinde yer almaktadır. Yaklaşım yolları inşası esnasında zaman zaman derin kazılara girilmekte ve şev stabilitesi problemleri ile karşılaşılmaktadır. Stabiliteyi olumsuz yönde etkileyen yeraltı suyunun zararlarından korunmak ve bu sulardan yaralanmak için yapılacak tesislerin ekonomik yönden incelenmesi yararlı olacaktır. Piyasa koşullarında sistemin yaklaşık maliyeti ve sistemin işletme-bakım masrafları da göz önünde bulundurulursa, yapılacak yatırımın büyüklüğü ortaya çıkacaktır. Bu yatırım karşılığı elde edilen suyun piyasa koşullarındaki değeri bilinirse, su yönetimi kararlarının verilmesine yardımcı olacaktır. Bir çok ülkede kullanıcıya sunulan suyun değeri, 1 US$/m^3'ten daha fazladır. İSKİ'nin sanayi tesislerine verdiği suyun fiyatı takriben 2 US$/m^3, İzmit'in verdiği suyun fiyatı ise takriben 4 US$/m^3'tür.

2. YERALTI SUYUNUN ZARARLARINDAN KORUNMA

Belde limanı yaklaşım yollarından biri olan doğu yolu, çatlaklı kaya davranımı gösteren killi kireçtaşı, kireçtaşı, marn, kumlu kireçtaşı, kum kil ve çakıldan oluşan bir zemin üzerinden geçmektedir. Özellikle çatlaklı marn, çatlaklı kil taşının bulunduğu bölgelerde yapılan yüksek kazılarda büyük bir kayma potansiyeli oluşmaktadır. Kaymalara sebep olan ana faktör, çatlaklar içinde hareket eden yeraltı suyudur. 300 metre kadarlık bir bölgede, yol kotları 25

metre, kazı şev üst kotları da 50 metre civarındadır. Bu bölgedeki şevlerde yer yer yeraltı suyu çıkışları ve şevlerde ıslaklık görülmektedir.

İnceleme bölgesinde, İstimlak sınırları nedeniyle, yüksekliği oldukça fazla 10-12 metrelik istinat duvarları tasarlanmıştır. İstinat duvarları kazısı esnasında kaymalardan korkulduğu için, daha sonraları yol ekseni kaydırılarak, kaymaya meyilli arazide, yeniden kazı yapılmasından kaçınılmıştır. Ancak, 50 kotları civarında görülen kayma (heyelan) çatlakları, toptan göçme riskini gündeme getirmiştir. Bu nedenle, yağışların meydana getirdiği suların uygun bir drenaj sistemi ile toplanması ve bölgeden uzaklaştırılması düşünülmüştür. Ancak, yeraltı suyunun etkisi ile bölgede yine büyük bir kayma potansiyeli mevcut olacağından, bu suyun da düşünülmesi ve drene edilmesi gerekmektedir (3). Bu maksat için 45-50 kotlarında 300-400 metre uzunluğunda teşkil edilecek palye üzerinde 8"~12" çapında 7 adet derin kuyunun açılması ve derinliklerinin de 50-55 metre olması koşulu ile yeraltı suyunu belli bir kotta tutmak mümkün (2) olacaktır (0-10 metre kotları arasıda). Böylece yeraltı suyuna karşı korunmuş bölgede kayma potansiyeli riski düşürülmüş olacaktır. Buradan elde edilecek su, kullanma suyu veya sulama suyu olarak değerlendirilmesi büyük bir ekonomik fayda sağlayacaktır (5).

3. KONU İLE İLGİLİ PARASAL DEĞERLENDİRME

3.1 Yeraltı Suyu Zararlarından Korunmak İçin Yapılacak Yapıların Parasal Değerlendirmesi

- 400 metre uzunluğunda palye teşkili ve kaplaması

  400x1,5x3x2=3,600 US$
- Kuyuların açılması ve üretime hazır hale getirilmesi

  7x50x85=29,750 US$
- Pompalar

  7x1600=11,200 US$
- Borulama ve enstrümanlar (Mekanik, Elektrik ve Otomasyon)

  ≈ 12,000 US$

Yaklaşık Yatırım Gideri=3,600+29,750+11,200+12,000=56,550 US$≈ 60,000 US$

3.2 Yıllık İşletme Giderleri

- Elektrik enerjisi sarfiyatı

  Pompalar ile her bir kuyudan 0.5~1.5 lt/sn suyun üretilebileceği tahmin edilmektedir (2)

  (Çok yakınındaki bir derin kuyudan 80 m^3/gün su üretim yapılmaktadır.)

  Q=1 lt/sn Hm=55 m kabulü ile elektrik enerjisi sarfiyatı

  $N=[(1x55)/(75x0,736)]x0,736==0,77$ kW ~ 1 Kw

  $7x24x365x0.06=3689 \approx 4.000$ US$/yıl

- Bakım ve işletme giderleri tüm yatırımın %10'u kadardır. Yani;

  60,000x0.10=6,000 US$

Yıllık Toplam İşletme Gideri=4,000+6,000=10,000 US$

3.3 Yılda Üretilen Su Miktarı

Kuyulardan 1 yılda üretilecek su miktarı=7x1x24x60x60x365/1000≅221,400 m^3/yıl

200,000 m^3 suyun 1 yılda üretileceği kabul edilirse , suyun değeri minimum 200,000 US$'dır. Bu hesaplardan görüldüğü gibi, daha ilk yılda bütün yatırım masrafları ve işletme giderleri çıktıktan sonra 100,000 US$ üzerinde bir kazanç sağlanacaktır. Kuyulardan elde edilecek suyun 0,5 lt/sn (40~50 m^3/gün) olması halinde bile sistem kendini bir yıl içinde amorti etmektedir. Ayrıca, Belde limanına su temin edilmesinde, suyun fiyatının 2 US$/$m^3$ ile 4 US$/$m^3$ arasında değişmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yukarıda kısaca kurgusundan bahsedilen yeraltı suyunun zararlarından korunma ve bu sudan yararlanma, yeraltı su yönetimi projesi oldukça ümit var görülmektedir. Belde limanı yöneticilerinin bir an önce karar verip; dağın kayarak yolları kapatmasına olanak vermeden, gerekli önlemlerin alınması ve işlemlere başlanılmasında büyük yarar olacaktır. Bu işlemler sırası ile şöyle düşünülebilir:

Bölgede hemen bir deneme kuyusu açılmalı. Bu kuyudan elde edilecek suyun miktarı ve kalite analizleri yapılarak değerlendirilmelidir. Kuyunun sürekliliği gözlenmeli ve nihaîyi yatırıma karar verilmelidir. Olumlu sonuçlar gözlenirse, yeraltı suyundan yararlanma daha da

geliştirilerek, yolların yeraltı suyu drenaj sistemleri ile elde edilen sularda sisteme ilave edilebilir. Gerekirse suyu kullanma amacına göre, arıtılması da söz konusu olacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, konu ile ilgili aşağıdaki kuruluşlara teşekkürlerini sunmaktadırlar.

- **Belde Limanı İşletmeleri ve Depoculuk A.Ş. Yetkilileri**
  - Sn. Ertürk DEĞER
  - Sn. Nilhan BAŞEL
  - Sn. Mustafa CANPOLAT
  - Sn. Erdeniz ERBİL
  - Sn. Volkan TELLİOĞLU
  - Sn. Fatih ERASLAN
  - Sn. Lütfü M. BOSTANOĞLU
  - Sn. Necmi EBEN
- **CEI (Consultant Engineering International) Yetkilileri**
  - Sn. Erbil OLCAY
  - Sn. Okan GÜRSOY
- **Optimum Mühendislik ve İnşaat Yetkilileri**
  - Sn. Fikret EYGÖREN
  - Sn. Sibel AKGÖZ
  - Sn. Sibel ER

5. KAYNAKLAR

1. "Belde Limanı Tesisleri Hakkında HPR (High Point Rendel)'nin IFC (Dünya Bankası Kuruluşu'na) verdiği rapor", 65 s., Optimum Mühendislik ve İnşaat LTD.ŞTİ, İstanbul, 2000
2. Fair, G.M., ve Geyer, J.C., Çeviren: Muslu, Y.,"Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları", İTÜ., İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1980
3. Muslu,Y., "Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı", İTÜ., İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Böl., İstanbul, 1993
4. Muslu, Y., "Suların Arıtılması", İTÜ., İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Böl., İstanbul, 1994
5. Erkek, C., ve Ağıralioğlu, N., "Su Kaynakları Mühendisliği", Beta Basım Yayım

Dağıtım A.Ş., Cağaloğlu, İstanbul, 1993

6. Muslu,Y., "Su ve Atık su Teknolojisi", , İTÜ., İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Böl., İstanbul, 1992
7. Linsley, R.K., Franzini, J.D., Freyberg, D.L. and Tchobanoglous, G., "Water-Resources Engineering, "Fourth Edition, McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering", 1992

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Su Üretimine Tahsis Edilen Yağış Havzalarında Planlama ve Kullanım İlkeleri

Necdet ÖZYUVACI[1], Ahmet HIZAL[1] ve Ferhat GÖKBULAK[1]

[1]İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, 80895 Bahçeköy-İstanbul

ÖZET

Sınırlı olan tatlı su kaynakları dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla kirletilmektedir. Güncel teknoloji ile bu kaynakların temizlenmesi mümkün olmasına rağmen, bu ortamda yaşayan canlıların zarar görmesi yanında, su teminindeki maaliyetler de giderek artmaktadır. Bu sorunların çözümünde temel yaklaşım, "kirletmeden ve israf etmeden kullanım" olmalıdır. Su kaynaklarının kirletilmeden en kısa sürede kullanıma sunulması amacıyla sürdürülen çalışmalarda, havza bazında yaklaşım giderek ağırlık kazanmaktadır. Havzaların, kendilerinden daha küçük havzaların oluşturduğu birer mozaik biçiminde algılandığı alansal yaklaşıma ağırlık verilmesi gereken bu havzalarda, "bir yağış havzasında erozyon ve taşkınlara neden olunmaması veya kontrol altına alınması ve arzu edilen kalite ve miktarda sürekli su üretilmesi yönünde, havzanın özelliklerine göre saptanmış temel amaçlar doğrultusunda sosyal ve ekonomik koşullar ile estetik ve rekreasyonel değerler de dikkate alınarak, havzadaki doğal kaynakların idaresi ve bunlardan faydalanmanın düzenlenmesi" biçiminde özetlenebilecek havza amenajmanı ilkelerine bağlı kalınarak hareket edildiğinde su verimi her zaman arzu edilen düzeyde olabilecektir. Bu bildiride, su üretimine ilişkin genel bir bilgi verildikten sonra su veriminin artırılması amacıyla havzalarda yapılabilecek havza amenajmanı çalışmaları ile havzaların planlanması ve kullanım ilkeleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Havza Amenajmanı; Su verimi; Erozyon; Su Kalitesi.*

ABSTRACT

Limited fresh water sources have been contaminated rapidly in Turkey as happened around the world. It is possible to clean polluted water using today's techonology but it can cost very much and be time consuming. Additionally, pollution of water harms living things in the aquatic ecosystems. Main approach to the solution of these problems is to use water sources without wasting and contaminating. A lot of experiments have been carried out to increase the quality and quantity of waters coming out from the watersheds and it has been realized that watersheds must be considered as the study units. The stuides have proved that water yield in terms of quality, quantity, and regime can be increased and regulated by sticking to the principals of watershed management that consist of conservation of soil and water sources, considering social and economical conditions, taking into account demands for recreational and aesthetic use, management of other natural resources, and utilizing them without causing soil erosion and wasting water in the watersheds. In this paper, studies related to watershed management and principals of it that must be followed in the planing and use process are presented to increase water yield in the watersheds.

Key Words: *Watershed Management; Water Yield; Erosion; Water Quality.*

1. GİRİŞ

Su üretimine ayrılan havzalarda yapılacak temel işlem, en basit biçimde erozyona sebebiyet vermeksizin atmosferden gelen yağış miktarının mümkün olabildiğince büyük bir kısmını kayba uğratmadan toprak yüzeyine ulaştırıp kullanıma tahsis etmek şeklinde açıklanabilir.

Havzaların su verimi onların iklim, jeoloji, topografya, toprak, arazi kullanımı ve sosyo-ekonomik yapıları gibi yetişme ortamı koşullarından etkilenmektedir. Bu nedenle bu koşullar, havzaların planlanmasında ve işletilmesinde belirleyici rol oynamaktadırlar. Bu bildiri de, su üretim havzalarının planlanması ve kullanım ilkelerinin belirlenmesinde; bu koşulların nasıl değerlendirileceği konusu işlenmekte ve su veriminin artırılmasını sağlayabilecek havza amenajmanı çalışmaları üzerinde durulmaktadır.

2. SU ÜRETİMİ

Ülkemizdeki su üretim çalışmaları incelendiğinde; bunların ilk aşamasını oluşturan ve depolama tesislerinde toplanan suların verimlerini (miktar, kalite ve rejim) yükseltme amacını güden havza amenajmanı çalışmalarının yapılmadığını ve yanlızca havzaların çıkış noktaları ile dışarısındaki teknik çalışmaların (baraj, santral, su dağıtım şebekesi, sulama tesisleri gibi) yapıldığı görülmektedir. Halbuki, hangi amaçla yapılırsa yapılsınlar bu projelerin başarıya ulaşmaları, öncelikle yukarı havzalardan toplanan akarsuların verimliliklerine bağlıdır. Akarsular yüzeysel, yüzeyaltı ve taban suyu akışları ile beslenirler. Bu akışların oluşumuna etki eden havzaların iklim, jeoloji, topografik yapısı, toprak, bitki örtüsü, arazi kullanma şekilleri ve sosyo-ekonomik durumu gibi yetişme ortamı koşulları ve bunlara ilişkin özellikler aşağıda verilmiştir.

İklimin havzaların su verimi üzerinde etkili olan en önemli elemanları yağış tipi, rüzgar ve sıcaklıktır. Yağış tipinin kar ve yağmur olması havzaların su verimindeki sürekliliği etkilemektedir. Jeolojik yapı ise, su üretim havzalarının alt sınırlarını belirlemekte ve akış özelliklerini etkilemektedir. Topografik yapı, toprak, arazi kullanma şekilleri ve sosyo-ekonomik durum da erozyon ve sel gibi olaylar nedeniyle akışların miktarı, kalitesi ve rejimlerine tesir etmektedir. Su üretiminin söz konusu olacağı bir havzanın durumu yukarıda sayılan faktörlerin tümü dikkate alınarak belirlenmelidir. Bu belirlemede kesinlikle dikkate alınması gereken en önemli nokta, su üretim havzalarının kendilerinden daha küçük havzalardan oluşan bir havzalar mozayiği biçiminde ve bir bütün olarak değerlendirilip alansal yaklaşımla ele alınmasıdır. Bu havzalarda ana ve temel amaç sadece su üretimi

olmalıdır. Bu günkü anlayış içerisinde bir kurtuluş gibi algılanan ve su üretim havzalarının suyun toplandığı baraj gölüne göre zonlara ayrılarak, mesafenin göle olan uzaklığı oranında artan bir yoğunlukta yerleşime açılması görüşü, hem su kalitesinin bozulması açısından hem de bu suyu kullananların sağlık durumlarının tehlikeye girmesi açısından sakıncalıdır. Çünkü havzanın en uzak kesiminde yer alan bir derede meydana gelecek kirlenmenin bile havzanın bütün sularının toplandığı baraj gölüne ulaşarak onu da kirleteceğini tahmin etmek pek de zor olmayacaktır.

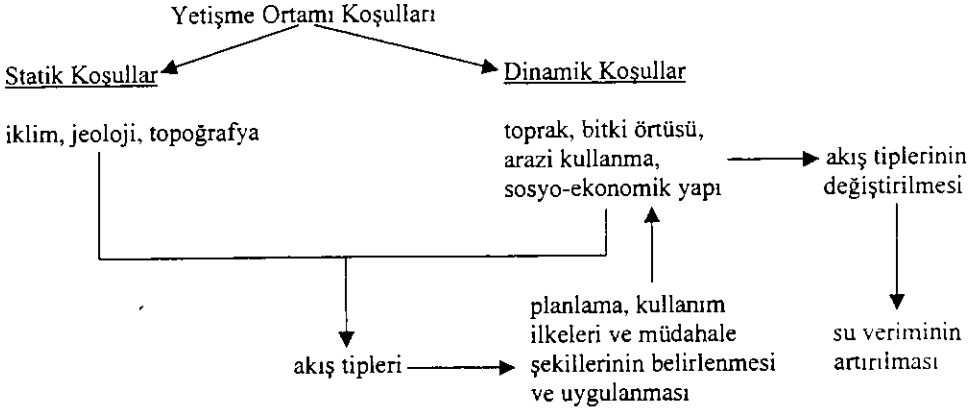
3. SU ÜRETİMİNE TAHSİS EDİLEN HAVZALARIN PLANLANMASI VE KULLANIM İLKELERİ

Havzalar, hangi amaçlarla kullanılırlarsa kullanılsınlar temel ilke, bu kullanımlardan toprağın zarar görmemesi olmalıdır. Havza topraklarının erozyona uğratılmadan kullanılması için, toprak, su ve bitki kaynakları arasındaki doğal dengenin korunması gerekmektedir. Ancak, burada ki "korunma" sözcüğü havzaların hiçbir zaman kullanılmayacağı değil, kullanılırken korunmaları gerektiğini vurgulamaktadır. Su üretim havzalarının planlanmasının amacı; havzaların toprak, su ve bitki kaynakları arasındaki doğal dengeyi bozmadan veya doğal dengesi bozulmuş havzalarda bu dengeyi yeniden sağlayarak havzaların su verimlerinin en üst düzeye çıkarmaktır. Bu amaçla uygulanacak havza amenajmanı çalışmaları ve havzaların kullanım ilkelerine planlamada ayrıntılı biçimde yer verilmelidir. Bunların gerçekleştirilmesi amacıyla, yetişme ortamı koşullarının su üretimi açısından ele alınarak incelenmesi ve akışların oluşumu üzerindeki etkilerini açıklayan bulguların sağlanması gerekmektedir.

Yetişme Ortamı Koşullarının Akışların Oluşumu Açısından Değerlendirilmesi: Havzaların yetişme ortamı koşullarını; bunların insanlar tarafından kolayca değiştirilebilme özelliğine göre; 1- statik (iklim, jeoloji ve topoğrafya) ve 2- dinamik (toprak, bitki örtüsü, arazi kullanma şekilleri ve sosyo-ekonomik yapı) koşullar olmak üzere iki grup içerisinde toplamak mümkündür. Bu koşulların arasında doğrudan veya dolaylı olarak karşılıklı bulunan ilişkilere göre; havzalardaki akarsuları besleyen akışlar oluşmaktadır (Şekil 1). Şekilden de görülebileceği gibi akış tiplerinin değiştirilerek su veriminin artırılması; dinamik koşullara yapılan bilinçli müdahalelerle olmaktadır. Bunlar, Tablo 1'de verilen yetişme ortamı koşullarının incelenmesinden sağlanan bulgulardan yararlanılarak belirlenebilmektedir. Örneğin; yağışların kar şeklinde düştüğü havzalarda boşluklu orman örtüsü oluşturmakla su veriminde artışların sağlanması gibi. Ülkemiz koşullarında, havzalardaki ibreli ormanların yapraklı ormanlara dönüştürülmesiyle akış miktarlarında artış sağlamanın mümkün

olabileceği görülmektedir (1). Nitekim, Tablo 2'deki değerler bunu açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca zemini oluşturan kayaların geçirgenliğinin artmasıyla yüzeysel akışların ve buna bağlı olarak drenaj yoğunluğunun azalacağı; kalker, gre veya bazalt gibi sağlam kayalar üzerinde ise dik eğimli vadiler oluşacağı için yüzeysel akışların artacağı bildirilmektedir (2). Topoğrafik yapı, eğim karakteristikleri ve form faktörü gibi unsurlar açısından su verimi üzerinde etkili olabilmektedir.

Şekil 1. Yetişme ortamı koşulları ile akış tipleri ve su verimi arasındaki ilişkiler.



Nitekim, yapılan bir araştırmada mısır tarımı yapılan bir alanda eğimin % 15'den % 45'e yükselmesi durumunda yüzeysel akışın % 53.1 oranında arttığı saptanmıştır (3). Topraklar; derinlik, infiltrasyon, geçirgenlik ve erozyona eğimli olup olmama gibi özellikleri ile su verimini olumlu veya olumsuz şekilde etkilemektedirler.

Tablo 2. Kerpe-İzmit ağaçlandırma alanındaki ormanların intersepsiyon kayıpları ve yüzeysel akış miktarları (1).

Ağaç türleri	Yağış miktarı (mm)	İntersepsiyon (%)	Yüzeysel akış (%)
Baltalık (yapraklı)		22.43	1.18
Sahil çamı		25.71	0.49
Radiata çamı	1053.2	28.05	1.00
Kara çam		39.01	0.97

Topraklar; derinlik, infiltrasyon, geçirgenlik ve erozyona eğimli olup olmama gibi özellikleri ile su verimini olumlu veya olumsuz şekilde etkilerler. Bitki örtüsü, bu örtüyü oluşturan türler, örtünün nitelikleri ve ölü örtüsüyle bir taraftan akışlar, diğer taraftan da toprak erozyonu üzerinde etkilidir. Örneğin; bazı araştırıcılar (4-5-6), baltalık ve koru ormanlarının

Tablo 1. Havzaların incelenecek özellikleri ve bunlardan elde edilecek bulgular.

İncelenecek özellikler	Elde edilecek bulgular
İklim (yağış karakteristikleri, sıcaklık, nem ve rüzğar)	-yağış ve rüzgarın erosiv potansiyeli -akış tipleri, miktarı ve kalitesi -yağış tipleri -bitki örtüsü ve arazi kullanmaşekillerine yapılacak müdahaleler -bitki örtüsünün gelişimi
Jeoloji (kayaçların cinsleri, özellikleri ve arazideki konumları)	-kayaçların çeşitleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri -akış tipleri, miktarı ve kalitesi -topoğrafik yapının şekli, eğim -drenaj yoğunluğu -toprak özellikleri
Topoğrafya (yükselti, eğim karakteristikleri, ortalama genişlik ve uzunluk, bakı, dere sıklığı, drenaj yoğunluğu, dere tipleri)	-toprak özellikleri -form faktörü -erozyon durumu -yağış tipleri -akış tipleri, miktarı, kalitesi ve seller -arazi yetenek sınıfları
Toprak özellikleri (hidro-fiziksel ve kimyasal özellikleri)	-akış tipleri, miktarı ve kalitesi -erozyona duyarlılık -bitki örtüsünün gelişimi -arazi kullanma şekilleri -arazi yetenek sınıfları -bitki örtüsü ve arazi kullanma şekillerine yapılacak müdahaleler
Bitki örtüsü (türler, kapalılık, tabakalılık, boy, gelişim ve ölü örtü durumu)	-akış tipleri, miktarı ve kalitesi -erozyon durumu -bitki örtüsüne yapılacak müdahaleler
Arazi kullanma şekilleri ve sosyo-ekonomik yapı (bitki türleri, gelişme devreleri, toprağı örtme durumları, tarım ve hayvancılık, endüstri, nüfus)	-akış tipleri, miktarı ve kalitesi -erozyon durumu -değişik kirleticiler -güncel arazi kullanma şekilleri -bitki örtüsü
Yol yoğunluğu	-erozyon durumu -akış tipleri, miktarı ve kalitesi
Erozyon durumu	-erozyon tipleri (tabaka, oluk ve oyuntu; su erozyonu, rüzgar erozyonu) ve şiddeti -sediment kaynakları -akış tipleri, miktarı ve kalitesi

yüzeysel akış değerlerini sırasıyla % 48.4 ve % 28.6 olarak saptamışlardır (7). Bitki örtüsünün yüzeysel akış miktarlarına etkileri onları oluşturan ağaç türlerine göre de değişmektedir. Nitekim, Tablo 2 incelendiğinde Baltalık (yapraklı), Sahil çamı, Radiata çamı ve Kara çam ormanlarındaki yüzeysel akış miktarlarının sırasıyla %1.18, %0.49, %1.00 ve %0.97 olması bunun bir göstergesidir. Bitki örtüsü aynı zamanda ölü örtüsüyle de su verimi üzerinde etkilidir. Diğer taraftan, ormanlık alanlardaki çalışmalar infiltrasyonun yüksek olması nedeniyle akarsuların genellikle taban suyu akışları ile beslendiğini ve bunun sonucunda verimlerinin yüksek olduğunu ve erozyon olgusunun söz konusu olmadığını göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. İstanbul Elmalı Baraj havzasında % 15 eğimli bir arazideki değişik arazi kullanma şekillerinin yüzeysel akış, infiltrasyon ve erozyon üzerindeki etkisi (8).

Arazi kullanma	Yağış (mm)	İnfiltrasyon mm	%	Yüzeysel akış mm	%	Erozyon ton/ha	15 cm'lik toprağın taşınma süresi (yıl)
Nadas		591.7	44	744.5	56	16104	122
Çayır	1336.2	855.6	64	480.6	36	1360	1434
Orman		1094.8	82	241.4	18	------	sonsuz

Buna karşılık sosyo-ekonomik yapı ile ilgili olan endüstriyel ve ticari tesisler, tarım ve hayvancılık gibi uygulamalar, yol yoğunluğunun fazla olması ve erozyon olgusu su verimini olumsuz yönde etkilemektedir.

Havza Amenajmanı Çalışmalarının Saptanması: Su veriminin artırılmasına yönelik havza amenajmanı çalışmaları; genel olarak havzaların dinamik yetişme ortamı koşullarına yapılan bilinçli müdahaleleri kapsamaktadır. Bununla birlikte müdahalelerin şekli ve derecesi havzalarda doğal dengenin durumuna göre değişmektedir. Doğal dengesi bozulmuş havzalarda su veriminin artırılmasının ilk koşulu, doğal dengenin yeniden kurulmasını sağlayacak havza amenajmanı çalışmalarının yapılmasıdır. Bu amaçla erozyonu veya su verimini olumsuz yönde etkileyen diğer yanlış arazi kullanım şekillerinin önlenmesine yönelik uygulamalar gerçekleştirilmelidir. Özellikle su üretimine ayrılmış havzalarda erozyonla mücadele de önceliğin oyuntu erozyonuna verilmesi gerekmektedir. Doğal dengesi bozulmamış havzalarda ise; havza amenajmanı çalışmaları özellikle akarsu kanalları ve ham yollardan oluşabilecek erozyonla mücadele ile bitki örtüsüne planlı müdahale çalışmalarını kapsamaktadır.

Bir arazinin amaçlarına uygun olarak kullanılmaması diğer bir anlatımla yanlış kullanılması da, su veriminde bozulmalar meydana getirebilir. Bunun yanında, havzalarda kullanımların

yoğunlaşması; yol yoğunluğunun artmasına neden olacağından erozyonla taşınan toprak miktarının artmasına da sebebiyet verecektir. Bu olgu nedeniyle, yolların erozyona duyarlı alanlardan geçirilmemesi ve bunlara ilişkin sanat yapılarının da yapılması gerekmektedir.

Genelde tarım ve otlak alanlarında toprak sıkışması olduğundan akışlar; yüzeysel, buna karşılık ormanlık alanda ise taban suyu akışları şeklinde gerçekleşmektedir (Tablo 3). Konuyla ilgili yapılan başka bir araştırmada ise, ormanlık kullanım şeklinde yüzeysel akışın oluşmamasına karşılık fındıklık, buğday ve mısır kullanım şekillerinde sırasıyla % 10.2, % 27.0 ve % 27.8 oranlarında yüzeysel akışların oluştuğu saptanmıştır (3). Bu olguda orman altında ki ölü örtünün işlevi çok büyüktür. Bu açıklamaların ışığında su üretimi havzalarında tarım, otlak gibi kullanım şekillerinin ormanlık kullanıma dönüştürülmesi durumunda, akarsuların taban suyu akışlarıyla beslenmeye başlayacağı söylenebilir (Tablo 4). Toprakların geçirgenliğini derin sürümlerle ıslah etmek veya topraktaki geçirimsiz bir tabakayı kırmak suretiyle de yüzeysel akışların taban suyu akışlarına çevrilmesi mümkündür (Tablo 4). Akış miktarının artırılması ise, ibreli orman örtüsünün yapraklı orman örtüsüne, veya koru ormanının baltalık ormanına çevrilmesiyle mümkündür (Tablo 2). Nitekim, Sahil çamı ve koru ormanlarının baltalık ormanlara çevrilmesiyle akış miktarlarında sırasıyla %0.69 (Tablo 2) ve %19.8 (7) oranlarında artışlar sağlanmıştır.

4. HAVZALARIN PLANLANMASI VE KULLANIM İLKELERİNİN SAPTANMASI

Buraya kadar yapılan açıklamalar; su üretim havzalarında havza amenajmanı prensiplerini gözeterek su üretimi amacına yönelik bir planlamanın yapılmasının zorunlu olduğunu göstermektedir. Böyle bir planlama su verimini artırmak amacına yönelik kullanım ilkeleri ile havzaların özellikle dinamik yetişme ortamı koşullarına yapılacak bilinçli müdahaleleri kapsamalıdır. Bu plan; havzada farklı özellikteki akışlara, bitki örtüsüne, arazi kullanma şekillerine, erozyon sınıflarına ve bilinçli müdahale uygulamalarına açık alanları göstermeli, ayrıca bu alanlarda tesis edilecek yeni kullanım şekilleri ile kullanım ilkelerini de kapsamalıdır. Örneğin; akarsuların yüzeysel akışlarla beslendiği oyuntu erozyonuna uğramış, topraklarının derin sürülmesi ve erozyonla mücadele edilmesi ve otlağa dönüştürülmesi gereken tarım alanları; veya kar yağışlarından oluşan taban suyu akışlarıyla beslenen akarsuların bulunduğu boşluklu ormanlara dönüştürülmesi gereken koru ormanlarıyla kaplı alanlar gibi. Her iki örnekte de ana kullanım ilkesi su üretimidir. Bu amaca ulaşmak için; ilk örnekte verilen tarım alanlarını otlak alanları; ikinci örnekteki koru ormanı ile kaplı alanları ise boşluklu koru ormanları olarak kullanılması yerinde olacaktır. Bu açıklamaların ışığında,

su üretim havzalarının ana kullanım ilkesi; su verimini olumsuz yönde etkilemeyecek kullanım şekillerinin saptanmasına yönelik olmalıdır.

Tablo 4. Akış tiplerinin havza amenajmanı çalışmalarıyla değiştirilmesi.

Yetişme ortamına ilişkin bulgular	Akış tipleri	Uygulanacak havza amenajmanı çalışmaları	Oluşabilecek akış tipleri
sağnak yağış, geçirimsiz kayalar, dik eğimler ve derinliği sınırlandırılmış toprak	yüzeysel akış	derin toprak işlemesiyle toprak ıslahı	yüzeyaltı akış
sağnak yağış, geçirimli kayalar, dik eğimler, geçirimsiz toprak	yüzeysel akış	derin toprak işlemesiyle toprak ıslahı	taban suyu akışı
sağnak yağış, geçirgen kayalar, geçirimsiz toprak, tarımsal kullanım	yüzeysel akış	kullanım şeklinin değiştirilmesi ve toprak işlemesiyle toprak ıslahı	taban suyu akışı
kış aylarında yağış, ibreli orman örtüsü, eğimli topografik yapı, geçirimli kayalar ve toprak	taban suyu akışı, miktarı az	ibreli orman örtüsünün yapraklı orman örtüsüne dönüştürülmesi	taban suyu akışı miktarında artış
kış aylarında yağış, yapraklı koru ormanı, geçirimli kayalar, derin ve geçirimli toprak	taban suyu akışı, miktarı az	koru orman örtüsününü baltalık orman örtüsüne dönüştürülmesi veya koru orman örtüsünün seyrekleştirilmesi	taban suyu akışı miktarında artış
kar ve yağmur yağışları, eğimli yamaçlar, tarımsal kullanım, kanal ve oyuntu erozyonu	sel ve taşkınlar	oyuntu ve kanal erozyonunun önlenmesi (taşıntı barajlarının yapımı)	sel ve taşkınların önlenmesi ve su veriminde düzelme

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizdeki su üretim çalışmalarında ağırlık genellikle aşağı havzalardaki teknik tesisler üzerinde yoğunlaştırılmaktadır. Diğer bir anlatımla, yağışlardan suyu üreten havzalarımızda alansal yaklaşım gözardı edilerek yukarı havzalara yeterince önem verilmemektedir. Ayrıca, bu havzalarımız çok kötü kullanılmaktadır. Bu nedenle, bunlar su üretim işlevlerini ve diğer doğal kaynaklarını yitirmek tehlikesiyle karşı karşıya kalmışlardır. Bu durum halkımıza istenildiği anda yeterli miktar ve kalitede içme-kullanma suyu sağlanmasında güçlüklerin

doğması ve su temininde maliyetlerin artmasına yol açmıştır. Halbuki, havzalarda havza amenajmanı çalışmalarını gerçekleştirmek suretiyle suyun verimini artırmak ve onu daha ucuza temin etmek mümkündür. Bu amaçla su üretimine ayrılmış havzaların yetişme ortamı koşullarına göre planlanmaları zorunludur. Bu planlarda hem kullanım ilkeleri hem de su verimini artırmak amacıyla yapılacak havza amenajmanı çalışmaları yer almalıdır. Bu kapsamda yapılacak çalışma ve uygulamalar; ilgili disiplinlerin işbirliği ve kontrolü altında havza bazında ve alansal bir yaklaşımla yürütülmelidir.

6. KAYNAKLAR

1. Zengin, M., "Kocaeli Yöresinde Orman Ekosistemlerinin Hidrolojik Ağaçlandırmalar Yönünden Karşılaştırılması", Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Orman Bakanlığı Yayın No:055, Müdürlük Yayın No:217, İSSN:1300 – 395X, İzmit, 1997.
2. Erinç, S., "Jeomorfoloji I (Genişletilmiş 2. Baskı)", İ.Ü. Yayın No: 789, C.E. Yayın No:23, İstanbul Matbaası, İstanbul, 1968.
3. Aydemir, H., "Bolu Masifinde Araziden Faydalanma Biçimlerinde Yüzeysel Akışla Su Kaybı ve Toprak Taşınması Üzerine Araştırmalar", Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No :54, Ankara, 1973.
4. Özyuvacı, N., "Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri", İ.Ü. Yayın No:2082, Orman Fakültesi Yayın No:221, Kutulmuş Matbaası, İstanbul, 1976.
5. Özhan, S., "Belgrad Ormanındaki Bazı Meşçerelerde Evapotranspirasyonun Deneysel Olarak Saptanması ve Sonuçların Ampirik Modellerle Karşılaştırılması", İ.Ü. Yayın No: 2906, Orman Fakültesi Yayın No:311, İstanbul, 1982.
6. Çepel, N., "Orman Ekolojisi", İ.Ü. Yayın No: 2479, Orman Fakültesi Yayın No:257, İstanbul, 1978.
7. Hızal, A. ve Özer, C., "The Vegetation Changes of the Ömerli Watershed and Their Effects on the Water Yield" International Symposium on Water Supply and treatment, 25-26 May, İstanbul, 1998.
8. Balcı, A. N., "Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkanları ve Vejetasyon-su Düzeni Münasebetleri Üzerine Araştırmalar", İ.Ü. Orman Fakültesi (doktora tezi, yayınlanmamış), 1958.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Akarsu Havzalarında Su Kaynakları Planlanması ve Yönetimi

Yrd.Doç.Dr. Necati GÜLBAHAR[1] Doç.Dr. Hatem ELHATİP[2] Arş.Gör. Ömer KÖSE[3]

N.Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü[1]

N.Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü[2]

N.Ü. Aksaray Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü[3]

ÖZET

Dünya nüfusu hızla artarken çevresel kirlenmede artmakta buna, karşılık yenilenebilir bir kaynak olan su kaynakları miktarı sabit kalmaktadır. Bu nedenle, kullanılabilir temiz su kaynakları, hem miktar ve hem de kalite bakımından hızla azalmaktadır. Bu durum, su kaynaklarında, koruma ve kullanma dengesi gözetilerek, sürdürülebilir bir su kaynakları, planlama ve yönetiminin önemini kendiliğinden ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su Kaynakları Planlaması, Havza Yönetimi

SUMMARY

As the population rapidly rises in the world, the environmental pollution also increeses concurrently. On the contrary, amount of water resources which are known as renewable resources do not increese. Therefore, non-pollutud water resources decreases in both quality and quantity. These negative developments observed, indicated that rational and sustainable planning on water resources, considering the balance of use and pretection has a vital importance for humunity .

Key Words: Water management, watershed management

19.yüzyılın sonuna gelinceye kadar sadece ihtiyaçları karşılamak ve ekonomik gelişme sağlamak için, tabii kaynaklar sorumsuzca tüketilerek, ekonomi için ekoloji göz ardı edilmiştir. Bugün yaşadığımız; küresel ısınma, sera etkisi, asit yağmurları, erozyon, kuraklık, çölleşme, sel ve fırtına gibi problemler, izlenen bu politikaların yanlış olduğunu göstermiştir.

ARAZİ KULLANIM PLANLANMASININ ÖNEMİ

Bilindiği gibi, hava ev su kaynaklarından sonra yer alan temel doğal kaynak olan arazi petrol, maden ve minerallerin dışında yer altı sularının depolandığı ve arıtıldığı bir sistemdir. Bu sistem aynı zamanda su, madde ve enerji döngülerinin bir parçasıdır. Aynı zamanda çeşitli kimyasal ve biyokimyasal olayların yaşandığı bir reaktördür. Bu durum yenilenemiyen bir kaynak olan araziye özel bir konum ve önem kazandırmaktadır. Ne yazık ki ülkemizde diğer kaynaklar gibi arazi de büyük tahribata uğramış, çok çeşitli ve ağır sorunlarla karşı karşıya bırakılmıştır. Bu durum toprak kaynağına özel bir konum ve önem kazandırmaktadır. Ülkemizdeki arazi kaynaklarının genel durumuna bakılırsa, çok çeşitli ve ağır sorunlarla karşı karşıya kaldığı görülmüştür. Bu sorunlar içinde, araziyi yanlış kullanmak veya araziyi teknik özelliklerine göre kullanmamak bütün sorunların kaynağı olduğu düşünülmektedir. Bu nedenlerle, akarsu havzalarında su kaynaklarının yanında toprak kaynaklarının da rasyonel ve sürdürülebilir bir şekilde planlanması zorunludur. Ancak bu tebliğin sınırları içinde bu konuda daha fazla detaya girilmeyecektir.

SU KAYNAKLARININ PLANLANMASI

Su kaynakları planlaması su kaynaklarını miktar ve kalite olarak kontrol etmek, korumak, verimli ve sürdürülebilir şekilde kullanmak üzere yapılan çalışmadır. Su kaynaklarının en iyi şekilde geliştirilmesi, ülkenin ekonomik, sosyal ve kültürel gelişmesine kısaca refah seviyesinin yükseltilmesine çok önemli katkılar sağlar.

Planlamadaki Amaçlar:

Su kaynakları projeleri toplumsal talep ve ihtiyaçları karşılamak için çok amaçlı ve çok çeşitli kullanımı esas alarak planlanırlar. Çok amaçlı planlanan su kaynakları projeleri, gereksiz yatırımları önleyerek verimliliğin artmasını sağlarlar. Bu amaçları esas itibariyle iki grup altında toplanabilir;

- Ekonomik amaçlar: İçme suyu, Enerji, Sulama, Taşkın kontrolü, Ulaşım, Atık suların uzaklaştırılması, Drenaj, Sediment kontrolü, Kalite kontrolü, Havza düzenlemesi, Bölge koşullarının iyileştirilmesi, Tuzluluk kontrolü, Kıyı kontrolü v.s.
- Sosyal amaçlar: Sosyal adaletin sağlanması, Gelir dağılımının düzelmesi, İşsizliğin giderilmesi, Halk sağlığının korunması, Regreasyon imkanları

Planlamanın Esasları:

Su kaynakları planlamasında aşağıdaki prensiplerin dikkate alınmasının gerekli olduğu düşünülmektedir:

- Her havzanın fiziksel, ekolojik ve sosyoekonomik yapısı ve problemleri farklıdır.
- Havzada yaşayan insanların çeşitli aktiviteleri en uygun şekilde bütünleştirmelidir.
- Amaç, kısıtlamalar ve uygulanacak yöntem en uygun şekilde bir araya getirilmelidir
- Su kaynakları planlaması yalnız bugünkü değil gelecek ihtiyaçlara göre yapılmalıdır.
- Planlamada tabii kaynaklar arasındaki etkileşim dikkate alınmalıdır
- Planlamada çok amaçlı ve çok çeşitli kullanım esas alınmalıdır.
- Havzanın bir bölümünde yapılacak bir çalışma havzanın diğer bölümlerini de etkiler.
- Havzada kaynaklardan biri yanlış kullanılırsa, diğerleri de yanlış kullanılır.
- Havza planlanması uygulandıkça öğrenilen sürekli, ardışık ve dinamik bir çalışmadır.
- Su kaynakları planlaması çok sektörlü, çok disiplinli bir çalışmadır.

Planlama Kademeleri:

Bir su kaynakları planlaması diğer doğal kaynaklarda olduğu gibi birbirini takip eden kademelerden oluşur:

- Önceki çalışmaları incelemek
- İmkan ve kısıtlamaları belirlemek

- Amaçları belirlemek
- Problemin özelliklerini belirlemek
- Strateji geliştirmek
- Çözüm alternatifleri geliştirmek
- En uygun alternatifi seçmek
- İzleme ve değerlendirme

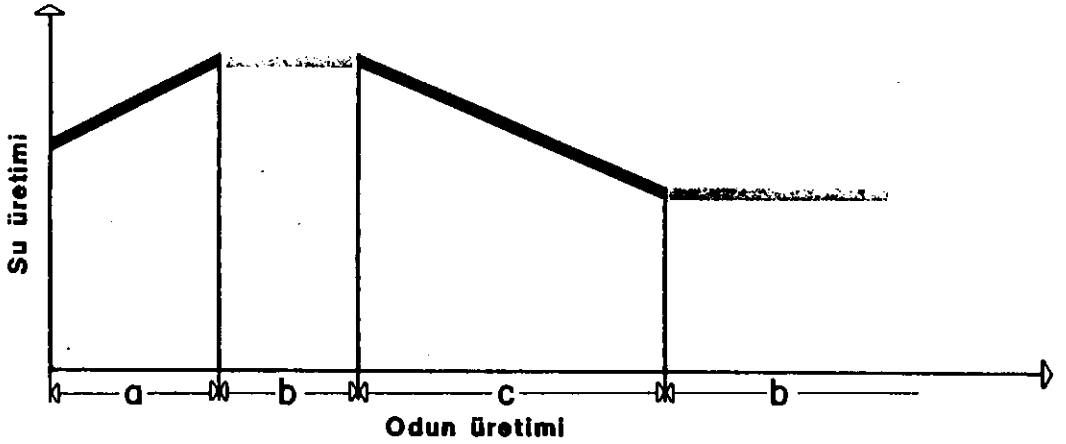
SONUÇLAR

Bir akarsu havzasında su ve toprak kaynaklarının koruma ve kullanma dengesi esas alınarak planlanması halinde, hem aşağıda belirtilen görünen ve görünmeyen faydalar sağlanacak ve verimlilik önemli ölçüde artacaktır.

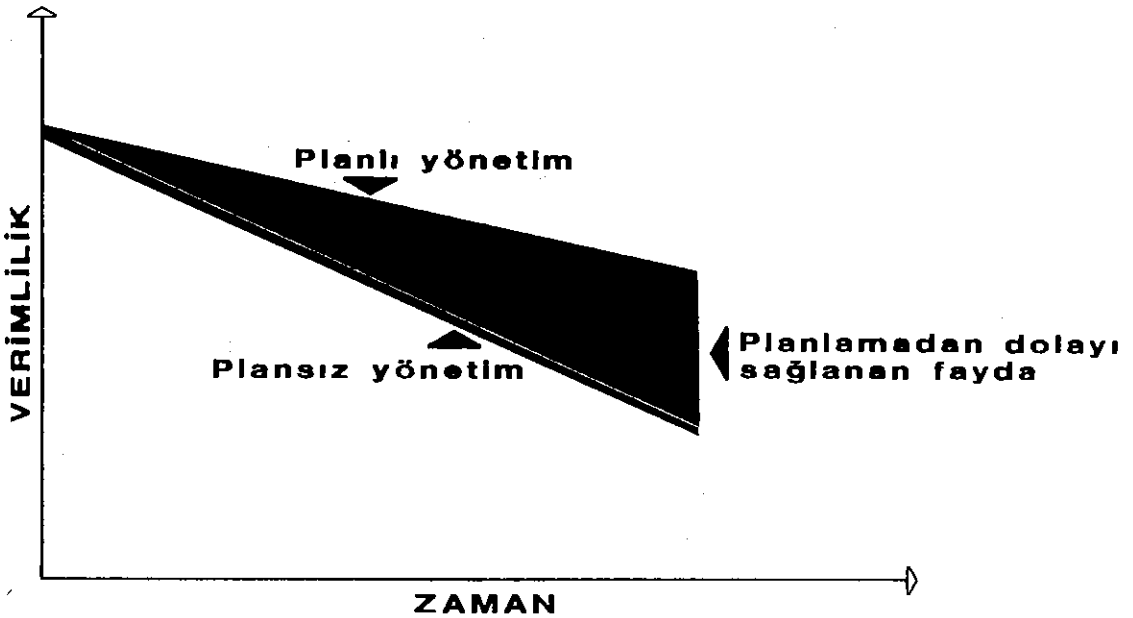
1) Can ve mal kaybı önlenecek
2) Sel baskını ve sedimantasyon zararları önlenecek
3) Erozyonla toprak, besin maddeleri kaybı ve üretim kapasitesinde düşme önlenecek
4) Toprağın su tutma kapasitesindeki azalma önlenecek
5) Su kaynaklarının miktar ve kalitesi korunmuş olacak
6) Eko sistemin dengesinin bozulması ve akarsu rejiminin düzensizliği önlenecek
7) Su temini masraflarında artış olmayacak
8) Rezervuarlarda kapasite ve depolama hacmi azalması önlenecek
9) Arazi değer kaybı olmayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ağıralioğlu N. ve Erkek C. (1986), Su Kaynakları Mühendisliği İstanbul, Türkiye
- ASKİ (1999),2000'li Yılların Su ve Kanalizasyon İdaresi, Ankara
- Brooks,Etall (1990), Hydrology and The Management of Watersheds, IOWA / USA
- Beyazıt M. (1994), Su Kaynakları Sistemleri, İstanbul
- DSİ (1999), Toprak ve Su Kaynakları, Ankara
- FAO (1987), Guidelines for Watersheds Management
- FAO (1989), Guidelines for Land Use Planning
- Fusunoğlu (1993) Havza Amenajmanı I
- Gülbahar N. (1999) Doktora Tezi, DPÜ.Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya
- Seng.C.T (1990), Watershed Conservation II, CSU, Colerado, USA

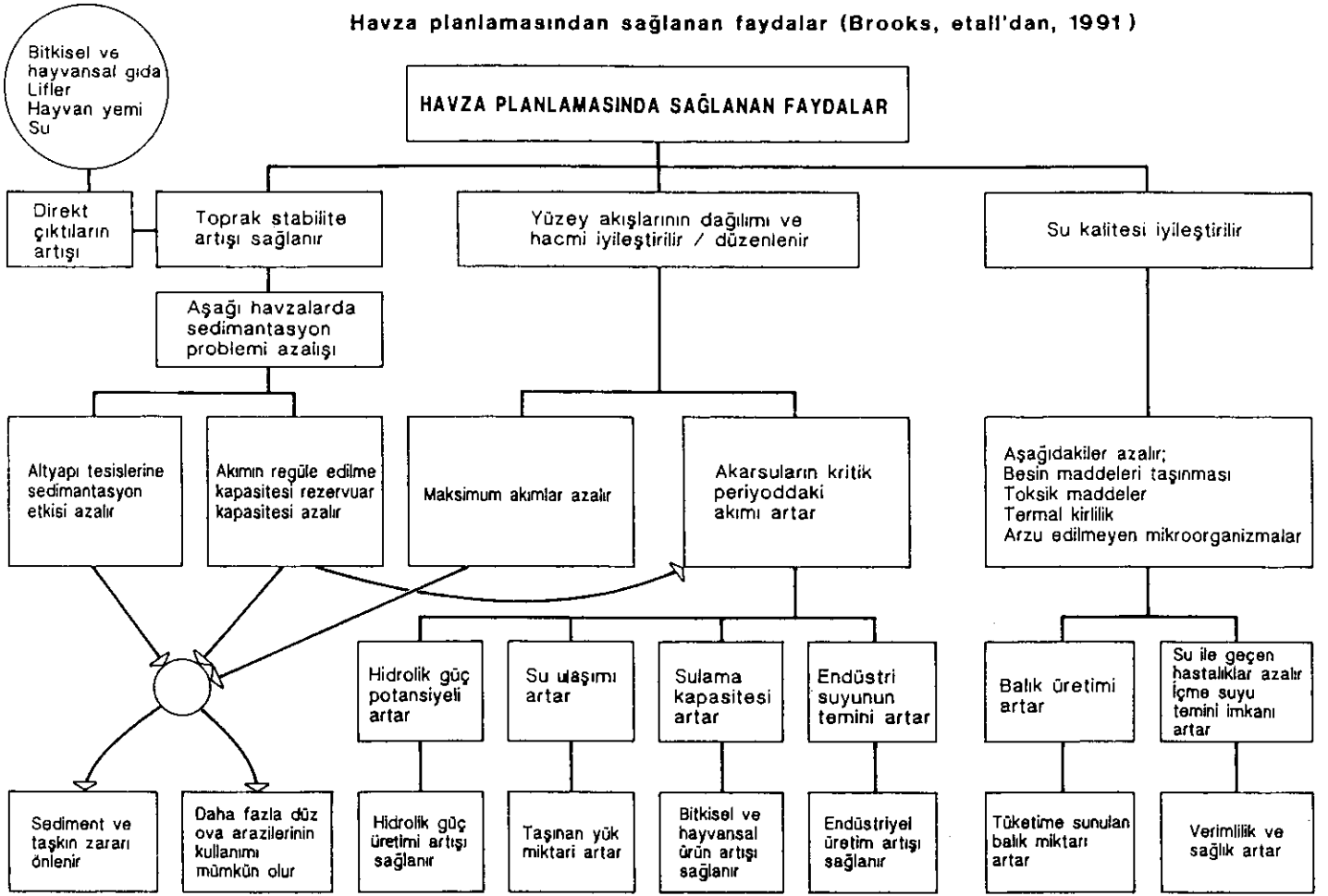


Havza doğal kaynakları arasındaki etkileşim (Brooks, etall'dan, 1991)



Planlı ve plansız havza yönetimlerinde verimlilik farkı (Brooks, etall'dan, 1991)

Havza planlamasından sağlanan faydalar (Brooks, etall'dan, 1991)



I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

SEYHAN HAVZASI MORFOMETRİK KARAKTERİSTİKLERİNİN AKIM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İZ (PATH) ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

Tahsin TONKAZ Fatih TOPALOĞLU Mahmut ÇETİN

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330, Balcalı-Adana
tcemre@mail.cu.edu.tr ftopal@mail.cu.edu.tr mcet64@mail.cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Seyhan havzası havza karakteristikleri ve 24 saat süreli yıllık maksimum yağış yüksekliklerinin 2.33 yıl yinelenmeli maksimum akımlar üzerine olan etkileri iz analizi ile saptanmıştır. Bu amaçla; Seyhan havzasındaki 13 alt havzaya ilişkin havza alanı, ana su yolu uzunluğu, ana su yolu eğimi, dere frekansı, havza çevre uzunluğu, havza uzunluğu, dallanma oranı, maksimum röliyef ve 2.33 yıl yinelenmeli 24 saat süreli maksimum yağış yükseklikleri olmak üzere 9 adet değişken kullanılmıştır. Bu değişkenlerden çevre ve ana su yolu uzunluğu diğerleri ile yüksek korelasyona sahip olduğundan analize alınmamış olup, kalan 7 değişken kullanılarak iz analizi yapılmıştır. Analize giren 7 bağımsız değişken toplam varyansın % 99'unu açıklamıştır. 2.33 yıl yinelenmeli yıllık maksimum akımlar üzerine en etkili bağımsız değişken 0.904 iz katsayısı ile dere frekansı, en az dolaysız etkiye sahip bağımsız değişken ise 0.232 iz katsayısı ile dallanma oranı olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Seyhan Havzası; Morfometrik Karakteristikler; İz Analizi.

ABSTRACT

In this study, the effects of basin characteristics and 24- hour, 2.33-year precipitation events of Seyhan River Basin on peak flows for 2.33-year recurrence interval were determined by using path analysis. To achieve the objective, eight basin characteristics of 13 sub watersheds were determined as watershed area, main channel length, main channel slope, stream frequency, length of watershed vicinity, length of watershed, bifurcation ratio of streams and maximum relief. Length of watershed vicinity and main channel length variables that have high correlation with others were excluded from the variable list in order to prevent their rather inflated effects on path coefficients. The remaining 7 independent variables explained 99 % of total variance. The stream frequency has the largest direct effect and bifurcation ratio has the least direct effect on 2.33-year annual peak flow with the path coefficients 0.904 and 0.232, respectively.

Keywords: Seyhan River Basin; Morphometric Characteristics; Path Analysis.

1. GİRİŞ

Akım kayıtları, su kaynaklarının planlanmasında ve geliştirilmesinde kullanılan temel parametrelerden birisidir. Bir su toplama havzası üzerindeki tüm alt havzalarda akım gözlemlerinin yapılması ekonomik ve teknik nedenlerden dolayı mümkün olmamaktadır. Havza ve alt havzalara ilişkin akım gözlem sonuçları, ülkemizde değişik isimler altında yayımlanmaktadır. Yayımlanan bu veriler ham veri niteliğinde olup, bazı istatistiksel ön analizler yapıldıktan sonra amaçlar için kullanılmaktadır.

Akım kayıtlarının yetersiz olduğu veya hiç olmadığı havzalarda, taşkınlarla ilgili bilgiler genel olarak, morfometrik karakteristikler olarak bilinen havza ve yağış karakteristiklerinin incelenmesiyle elde edilebilir. Bu bilgilerin elde edilmesinde regresyon analizi en yaygın kullanılan deterministik yöntemlerden biridir. Regresyon analizinde, değişkenler arası bağıntıların geliştirilmesiyle, bir değişkenin bilinen değerinden diğer değişkenin bilinmeyen değeri tahmin edilebilir. Regresyon analizinde bu tahmin yapılırken, çok sayıdaki değişkenlere ait ölçüm birimlerinin farklı olması sebebiyle her bir değişkenin regresyona olan gerçek katkı payları tam olarak ortaya konamamaktadır. Her bir değişkenin regresyondaki gerçek etkileri iz analizi ile saptanabilmektedir. İz analizi yönteminin özelliği, bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki korelasyonu dolaylı ve dolaysız etkilere ayırarak inceleyebilmesidir. Bu yöntemde, bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon, herbir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerine olan dolaysız etkisiyle (iz katsayısı), diğer bağımsız değişkenlerle olan ortak etkileşimler sonucu ortaya çıkan dolaylı etkilerin toplamı olarak ifade edilebilmektedir.

İz analizi tekniği tarım, jeoloji, hidroloji vb. diğer pozitif uygulamalı bilim dallarında etkin olarak kullanılmaktadır. Örneğin; Samonte ve ark. [1], iz analizi ile büyüme mevsiminde çeşitli bitki özelliklerinin pirinç verimi üzerine dolaylı ve dolaysız etkilerini incelemiştir. Verim tahminine yönelik bir çalışmada, bitki verimini artırıcı özellikler iz analizi ile ortaya konulmuştur [2]. Jeoloji alanında yapılan bir çalışmada, bakır madeninin derinlikle değişimi iz analizi ile incelenmiştir [3]. Rowers ve ark. [4], yağış değişkeninin bir çeşit biber hastalığı üzerine olan etkilerini iz analizi ile belirlemeye çalışmışlardır.

Bu çalışmada, yaklaşık olarak 21 470 km^2 alana sahip Seyhan havzasında yer alan 13 alt havzaya ilişkin havza alanı (A_H) , ana su yolu uzunluğu (L), ana su yolu eğimi (A_E), dere

frekansı (DF), havza çevre uzunluğu (ÇU), havza uzunluğu (L_H), dallanma oranı (Rb) ve maksimum röliyef (MR) gibi havza karakteristikleri ile 2.33 yıl yinelenmeli 24 saat süreli yıllık maksimum ortalama alansal yağış yüksekliklerinin ($P_{2.33}$) 2.33 yıl yinelenmeli yıllık maksimum akımları ($Q_{2.33}$) üzerine olan dolaylı ve dolaysız etkileri iz analizi kullanılarak araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan morfometrik karakteristikler ve 2.33 yıl yinelenmeli havza akımları bölgede daha önce çalışma yapan Topaloğlu [5]'den alınmıştır.

2.2 Yöntem

2.2.1 Regresyon Analizi

Regresyon analizi, istatistiksel analizler içerisinde geniş kullanım alanı bulan ve aralarında sebep sonuç ilişkisi var olan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirleyen bir analizdir. Değişkenler arası ilişkinin belirlenmesiyle, bir değişkenin bilinen değerlerinden diğer değişkenin bilinmeyen değerleri elde edilebilmektedir. Elde edilen bu değerler, gerçekteki kesin değerler olmamakla birlikte en yakın tahmini verirler. Bu nedenle; Seyhan Havzasında gözlenmiş 2.33 yıl yinelenmeli yıllık anlık maksimum taşkın büyüklükleri ile çeşitli morfometrik karakteristikler arasında anlamlı matematiksel ilişkiler birçok araştırıcı tarafından da kullanılan çoklu regresyon analizi ile geliştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan çoklu regresyon modeli denklem (1)'de verilmiştir [5,6]

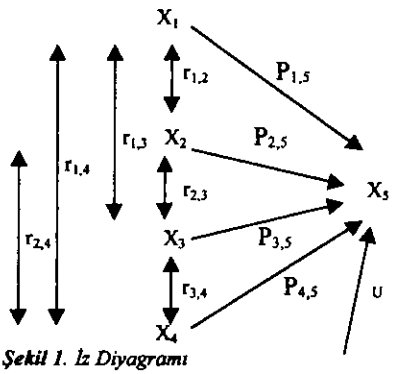
$$Q_{2.33} = \beta_0 \; A_H^{\beta_1} \; P_{2.33}^{\beta_2} \; DF^{\beta_3} \; L^{\beta_4} \; L_H^{\beta_5} \; AE^{\beta_6} \; Rb^{\beta_7} \; MR^{\beta_8} \; ÇU^{\beta_9} \qquad (1)$$

Burada; β_0 regresyon sabiti ve β_1, β_2, ...,β_9 ise regresyon katsayılarıdır.

2.2.2 İz (Path) Analizi

İz analizi bağımlı değişkenlerle bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi organize etmek için kullanılmaktadır. İz analizinin özelliği, bağımlı değişkenlerle bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonu iki kısma ayırarak incelemesidir. Bu kısımlardan ilki, iz katsayısı olarak da adlandırılan bağımsız değişkenin bağımlı değişkene olan dolaysız etkisidir. İkinci kısım ise,

bağımsız değişkenin diğer bağımsız değişkenlerle etkileşerek bağımlı değişken üzerine olan dolaylı etkisidir. İz analizinde, bağımlı değişkenle bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkene olan dolaysız ve dolaylı etkilerinin toplamına eşittir [7]. Şekil 1'de verilen dört bağımsız değişkene (X_1,...X_4) sahip beş elemanlı bir küme için iz katsayıları ($p_{i,j}$) ile korelasyon katsayıları ($r_{i,j}$) arasındaki ilişki eşitlik 2'deki gibi deyimlenmektedir. Şekildeki U değişkeni ise artık terimdir.



Şekil 1. İz Diyagramı

$$\begin{aligned} P_{1,5} + r_{1,2}\,P_{2,5} + r_{1,3}\,P_{3,5} + r_{1,4}\,P_{4,5} &= r_{1,5} \\ r_{1,2}\,P_{1,5} + P_{2,5} + r_{2,3}\,P_{3,5} + r_{2,4}\,P_{4,5} &= r_{2,5} \\ r_{1,3}\,P_{1,5} + r_{2,3}\,P_{2,5} + P_{3,5} + r_{3,4}\,P_{4,5} &= r_{3,5} \\ r_{1,4}\,P_{1,5} + r_{2,4}\,P_{2,5} + r_{3,4}\,P_{3,5} + P_{4,5} &= r_{4,5} \end{aligned} \qquad (2)$$

İz katsayıları standardize edilmiş değişkenlerin regresyon katsayıları olarak da ifade edilmektedir. Bu katsayının birden büyük olması bağımsız değişkenler arasında herhangi ikisinin veya daha fazlasının yüksek korelasyona sahip olduğunu gösterir [7].

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Seyhan havzasında, 13 alt havza için elde edilen morfometrik karakteristikler ile 2.33 yıl yinelenmeli yıllık anlık maksimum akımlar için anlamlı matematiksel ilişkilerin geliştirilmesi amacıyla çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Değişkenler arasında yapılan korelasyon analizi sonucu bazı değişkenler arasında yüksek korelasyonun varlığı görülmüştür. En yüksek korelasyona sahip değişkenlerden başlayarak değişkenlerin analiz dışı bırakılmasıişlemine, iz katsayıları birden küçük çıkıncaya kadar devam edilmiştir. Analizler sonucu; ana su yolu ve çevre uzunluğu işlemden çıkarılarak kalan yedi bağımsız değişkenle yapılan çoklu regresyon analiz sonuçları denklem (3)'te, iz analizi sonuçları da Çizelge 1'de verilmiştir.

$$Q_{2.33} = 1.12\; P_{2.33}^{0.841}\; A_H^{1.08}\; DF^{2.60}\; L_H^{1.33}\; AE^{0.799}\; Rb^{1.96}\; MR^{-1.20} \qquad (3)$$

Çizelge 1'de altı çizili olan katsayılar dolaysız etkileri göstermektedir. Son iki sütunda ise bağımsız değişkenin $Q_{2.33}$'e olan korelasyon katsayısı ve R^2 değerleri verilmiştir. Çizelgenin birinci satırı incelendiğinde; $P_{2.33}$ parametresinin $Q_{2.33}$ parametresine olan dolaysız etkisi 0.240 iken, aynı satırda yer alan -0.396, 0.572, -0.118, 0.657, -0.045 ve -0.327 değerleri ise $P_{2.33}$'ün sırasıyla A_H, DF, L_H, AE, Rb, MR üzerinden $Q_{2.33}$'e olan dolaylı etkilerini göstermektedir. Kurulan modelde en yüksek iz katsayısını DF parametresi vermiştir (0.904). Bunun anlamı, diğer parametrelerin etkileri sabit tutulduğunda akım üzerine en etkili parametre DF olacaktır. Ancak DF ile $Q_{2.33}$ arasındakı korelasyon'nin etkisi diğer parametrelerle etkileşimler sonucu $Q_{2.33}$ ile olan korelasyon katsayısı azalma göstermiştir (r=0.298). DF parametresinin $Q_{2.33}$ parametresiyle olan korelasyon katsayısına en yüksek negatif etkileşim, ikinci büyük dolaysız etkiye sahip olan A_H parametresi (-0.657) üzerinden meydana getirilmiştir. Benzer şekilde, ikinci büyük dolaysız etkiye (P=0.901) sahip olan A_H parametresinin $Q_{2.33}$ parametresiyle olan korelasyon katsayısınada DF negatif etkide bulunmuş ve düşük korelasyon katsayısı elde edilmesine neden olmuştur (r=0.325).

Çizelge 1. İz analizine konu edilen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken $Q_{2.33}$ üzerine olan dolaysız ve dolaylı etkileri

	$P_{2.33}$	A_H	DF	L_H	AE	Rb	MR	r	R^2
$P_{2.33}$	0.240	-0.396	0.572	-0.118	0.657	-0.045	-0.327	**0.510**	**0.992**
A_H	-0.106	0.901	-0.659	0.590	-0.523	0.047	0.073	**0.325**	
DF	0.152	-0.657	0.904	-0.329	0.607	-0.132	-0.247	**0.298**	
L_H	-0.045	0.835	-0.466	0.637	-0.340	0.011	-0.056	**0.576**	
AE	0.207	-0.620	0.722	-0.284	0.760	-0.071	-0.341	**0.373**	
Rb	-0.047	0.185	-0516	0.029	-0.232	0.232	0.132	**-0.217**	
MR	0.179	-0.151	0.512	0.082	0.593	0.070	-0.437	**0.709**	

Kurulan modelde tek negatif iz katsayısı elde edilmiş ve P=-0.437 olarak MR parametresi ile gerçekleşmiştir. Ancak; bu etki diğer parametrelerin dolaylı etkileriyle yükseltilmiş ve $Q_{2.33}$ parametresiyle olan korelasyon katsayısı r=0.709 olarak gerçekleşmiştir. MR parametresinin iz katsayısı negatif olduğu halde, $Q_{2.33}$ ile en yüksek pozitif korelasyona sahip olan bu parametrenin etkisi özellikle DF ve AE parametreleri üzerinden olan dolaylı pozitif etkileşmeleriyle (sırasıyla 0.512 ve 0.593) artırılmıştır (r=0.709).

Aynı şekilde, $P_{2.33}$ parametresinin dolaysız etkisi P= 0.240 olmasına rağmen, diğer parametrelerle pozitif yönde etkileşimler sonucu $Q_{2.33}$'le olan korelasyon katsayısı r=0.510'a kadar yükselmiştir. Bu artışta özellikle AE ve DF parametreleriyle pozitif etkileşimler önemli rol oynamıştır. Benzer şekilde L_H parametresinin $Q_{2.33}$ parametresine olan dolaysız etkileri

P=0.637, AE'nin P=0.760 ve DF'nin P=0.232 iken diğer parametrelerle olan negatif etkileşimleri sonucu $Q_{2.33}$'e olan korelasyon katsayıları sırasıyla r=0.576, r=0.373 ve r=–0.217 olarak gerçekleşmiştir.

Regresyon analizi yapılarak elde edilen regresyon katsayıları büyükten küçüğe doğru DF, Rb, L_H, MR, A_H, $P_{2.33}$ ve AE şeklinde sıralanmış olmasına rağmen; iz analizi yapıldığında bağımsız değişkenlerdeki bir birim değişmeye karşı en fazla tepkiyi ortaya çıkaran parametreler sırasıyla DF, A_H, AE, L_H, MR, $P_{2.33}$ ve Rb şeklinde gerçekleşmiştir.

Bu sonuçlar ışığında; Seyhan Havzasının verimi üzerine en etkili parametrenin DF olduğu saptanmış olup, DF'nin etkinliği ile havza alanı ters orantılı bulunmuştur. Havza akımı üzerine etkisi yüksek olan A_H parametresinin etkinliği DF ve AE'nin küçüklüğü oranında artarken; AE'nin havza alanı ile ters ilişkili olması dikkati çekmektedir (Çizelge 1). Öte yandan, L_H parametresinin etkinliği dere frekansı tarafından azaltılmakta ve alanın büyüklüğü ile artmaktadır. MR'nin havza verimi üzerine dolaysız etkisi negatif olmasına rağmen, DF ve AE'nin dolaylı etkileri sonucu tepki değişkeni ile pozitif en yüksek korelasyonu vermiştir. $P_{2.33}$'ün havza verimine etkisi havza alanı ile ters, ana kanal eğimi ile doğru orantılı bulunmuştur. Havza verimine etkisi en az olan parametrenin Rb olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile elde edilen sonuçların su kaynaklarının planlanması, havza veriminin saptanması, taşkın ve risk analizleri gibi çalışmalarda araştırmacı ve uygulamacılarca kullanılmasıyla daha sağlıklı yorumların yapılabileceği beklenmektedir.

4. KAYNAKLAR

1. Samonte, S.O. PB., Wilson, L. T., and McClung, A. M., " Path Analyses of Yield and Yield Related Traits of Fifteen Diverse Rice Genotypes", Crop Science, Vol: 38, p. 1130-1136, 1998.
2. Milligan , S. B., Gravois, K. A., Bischoff, K. P., and Martin, F. A., "Crop Effects on Genetic Relations Among Sugarcane Traits", Crop Science, Vol:30, p. 927-931, 1990.
3. Saha, J. K., Mondal, A. K., Hazra, G. C., and Mandal, B., "Deptwise Distribution of Copper Fractions in Some Ultisoils", Soil Science, 151(6), 452-458, 1991.

4. Bowers, J. H., Sonoda, R. M., and Mitchell, D. J., "Path Coefficient Analysis of the Effect of Rainfall Variables on the Epidemiology of Phytophthora of Pepper Caused By Phytophthora Capsisi", Ecology and Epidemiology, Vol: 80, No: 12, p. 1439-1446, 1990.
5. Topaloğlu, F., "Seyhan Havzası Akarsularında Taşkınların Büyüklük ve Frekanslarının Tahmini İçin Uygun Bir Yöntemin Araştırılması", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tar. Yap. ve Sul. Anabilim Dalı, Doktora Tezi No: 524, 219 s., Temmuz, Adana, 1999.
6. Bek Y., "Değişken Seçiminde Kullanılan Bazı Metodlar ve Durma Kaideleri", Uygulamalı İstatistik, Cilt 1, Sayı 2, s.125-147, 1978.
7. Williams, W. A., Jones, M. B., Demment, M. W., "A Coincise Table For Path Analsis Statistics", Agronomy Journal, Vol: 82, p. 1022-1024, 1990.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Belde Dilovası Konteynır Limanı Yağmur Suyu Drenaj Sistemleri Ve IFC'nin Tavsiyeleri

Mehmet BİLGİN[1], Recep BAKIŞ[2], Mustafa TOMBUL[3]

[1]Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. İkieylül Kampusü, 26470 Eskişehir, mebilgin@anadolu.edu.tr
[2]Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. İkieylül Kampusü, 26470 Eskişehir, rbakis@anadolu.edu.tr
[3]Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl. İkieylül Kampusü, 26470 Eskişehir, mtombul@anadolu.edu.tr

ÖZET

Belde Limanı, Dilovası mevkiinde inşası düşünülen bir konteynır ve ro-ro terminalidir (1). Limana yağış sularını veren alan takriben 115 ha olup, havza çatlaklı kaya görünümünde killi kireçtaşı, kireçtaşı, marn, kumlu kireçtaşı ve yer yerde kum kil ve çakıllı zemin dizilişlerinden oluşmuştur (2). Havza çıplak olup yer yer bitki örtüsüne sahiptir. Bu havzanın 53 ha kadar kısmı liman tesisleri ve depolama alanlarından oluşmaktadır. Yaklaşık 1 km.lik kıyı şeridindeki konteynır depolama alanlarından sonra liman bölgesi kıyıya paralel demiryolu ile ayrılmaktadır.

Demiryolunun üstündeki bölgede topografya oldukça eğimlidir. Bu topografya, liman kullanım alanlarında değiştirilerek düzgün platformlar teşkil edilmiştir. Liman inşası devam ederken, yeşillendirme işlemlerine de başlanılmıştır. Yağış yönünden bölge, Kocaeli ve Göztepe yağış istasyonlarının etkisindedir.

Bu bildiride, Belde limanının 53 ha'lık yerleşim alanının yağmursuyu drenaj sistemi ve hesap esasları incelenecektir. Ayrıca, Dünya Bankası kuruluşu olan International Finance Corporation (IFC)'nın müşaviri High Point Rendel tarafından hazırlanan "Belde Technical Audit" çalışmalarından bahsedilecektir.

***Anahtar Kelimeler**: Liman, Yağmur Suyu, Drenaj Sistemi*

ABSTRACT

Belde Port is a container and ro-ro terminal, which is considered to be built in around Dilovası. The area which gives the rain water into port is approximately 115 hectares and catchment consist of clayey, limestone, marl, sandy-limestone and partially sand, clay and gravelly soil form which are seen as the crack-rock. The catchment is naked but plants partially cover the catchment. 53 hectares of the catchment consist of port facilities and depot areas. The port area is separated from the railroad, which is parallel to the shore after container depot areas which are located on 1 km offshore band.

The topography of the region in which over the railroad is rather sloppy. This topography was changed in the port areas and smooth platforms were made. Green work processes were commenced while port construction continued. In terms of the rainfall, the location is under influence by Göztepe and Kocaeli rainfall stations.

In this paper, rainwater drainage system and calculation foundations will be examined. In addition, "Belde Technical Audit" studies which were prepared by International Finance Corporation (ICF)'s consultant that name is High Point Rendel-World Bank Establishment will be discussed.

Key Words: *Port, Rainfall, Drainage System*

1. GİRİŞ

Belde limanı Türkiye'de, Dilovası mevkiinde inşa edilen en büyük özel sektör konteynır ve ro-ro limanıdır (1). Gemi yanaşma yeri uzunluğu yaklaşık 1 km olup, kesonlar ile inşa edilecektir. Liman, takriben 115 ha'lık su toplama havzasına sahip olup, limanın tesislerinin topla alanı 53 ha'dır. Havzanın tabii bitki örtüsü hemen hemen yok gibidir. Bu alan oldukça meyilli bir topografyaya sahiptir. Ancak, bu topografya kullanım alanlarında değiştirilerek düzgün platformlar teşkil edilmiştir.

Liman sahasının yeşillendirilmesine ve peyzajına özel bir özen gösterilmektedir. İnşaat sırasında yeşillendirmeye başlanılmıştır. Yağış yönünden bölge Kocaeli ve Göztepe yağış istasyonlarının etkisindedir. Projelendirme debilerinin bulunmasında Kocaeli yağış istasyonunun değerleri kullanılmıştır (3).

2. YAĞMUR SUYU DRENAJ SİSTEMİ ANA KURGUSU

Belde limanı konteynır limanında, 3 ana toplayıcı sistem ile yağmur suyu denize boşaltılmaktadır.

- 1.Ana toplayıcı sistem, kesonlarla inşa edilen gemi yanaşma yerinin hemen gerisinde teşkil edilen +3.00 platformunun, yani batı konteynır alanlarının sularını toplayan Ø500 mm uPVC borularla teşkil edilen sistemdir. Bu borular, denize dik olarak her 227 metrede bir teşkil edilmiş ve boyarı 186 metre kadardır. Borulara suyun girişi, baca ve ızgaralardan sağlanmaktadır. Ayrıca, konteynır depolama alanları altındaki kırma taşın, suyunu toplayan delikli borulardan da sisteme su gelmektedir. Bu alan takriben 23 ha kadardır.

- 2. Ana toplayıcı sistem, Belde liman yerleşim alanı vadisinin akış aşağı sağ bölgelerinin suyunu toplamaktadır. Bu bölgeler içinde, +11.00 platformu konteynır depolama alanı,+21.00 platformu liman yönetim alanı, +38.00 platformu konteynır depolama alanı ve ayrıca ana yolun akış aşağı sağ bölgelerinin suyunu toplamaktadır. Bu bölgelerden sular, açık kanallar ve uPVC borulu kapalı sistemler ile bir bacaya toplanmaktadır. Bu bacalardan sonra demiryolunun altından Ø1600'lik mm çelik boru ile geçen ve sonra Ø1600 mm'lik uPVC ribloc borularla teşkil edilen sistem, kesonların üzerinden (3x105x100) kutu kesit ile geçerek denize ulaşmaktadır. Bu bölgenin toplam drenaj alanı 39 ha kadardır.

- 3. Ana toplayıcı sistem ile Belde limanı yerleşim alanı vadisinin akış aşağı sol bölgelerinin suyunu toplamaktadır. Ana ulaşım yolunun solundaki bölgelerin ve doğu yolunun sularını toplayan trapez kesitli açık kanal, denize 3x(120x120) kutu kesit ile ulaşmaktadır. Bu bölgenin toplam drenaj alanı, 53 ha kadardır. Şekil 1'de ana toplayıcı sistemler gösterilmiştir.

2.1 Proje Debilerinin Hesaplanması

Liman yerleşim bölgesi, yağmur suyu şebeke projelendirme debileri, rasyonel metot kullanılarak bulunacaktır (4). Bilindiği gibi bu formül, drenaj alanı büyüklüğü ile kullanımı sınırlıdır. Belde limanı alanındaki drenaj bölgelerindeki alanlar, kafi derecede küçük olduklarından formülasyonun kullanılmasında bir sakınca görülmemiştir.

$$Q=C.İ.A \qquad (1)$$

Formülünde:

C: Akış katsayısı (-)

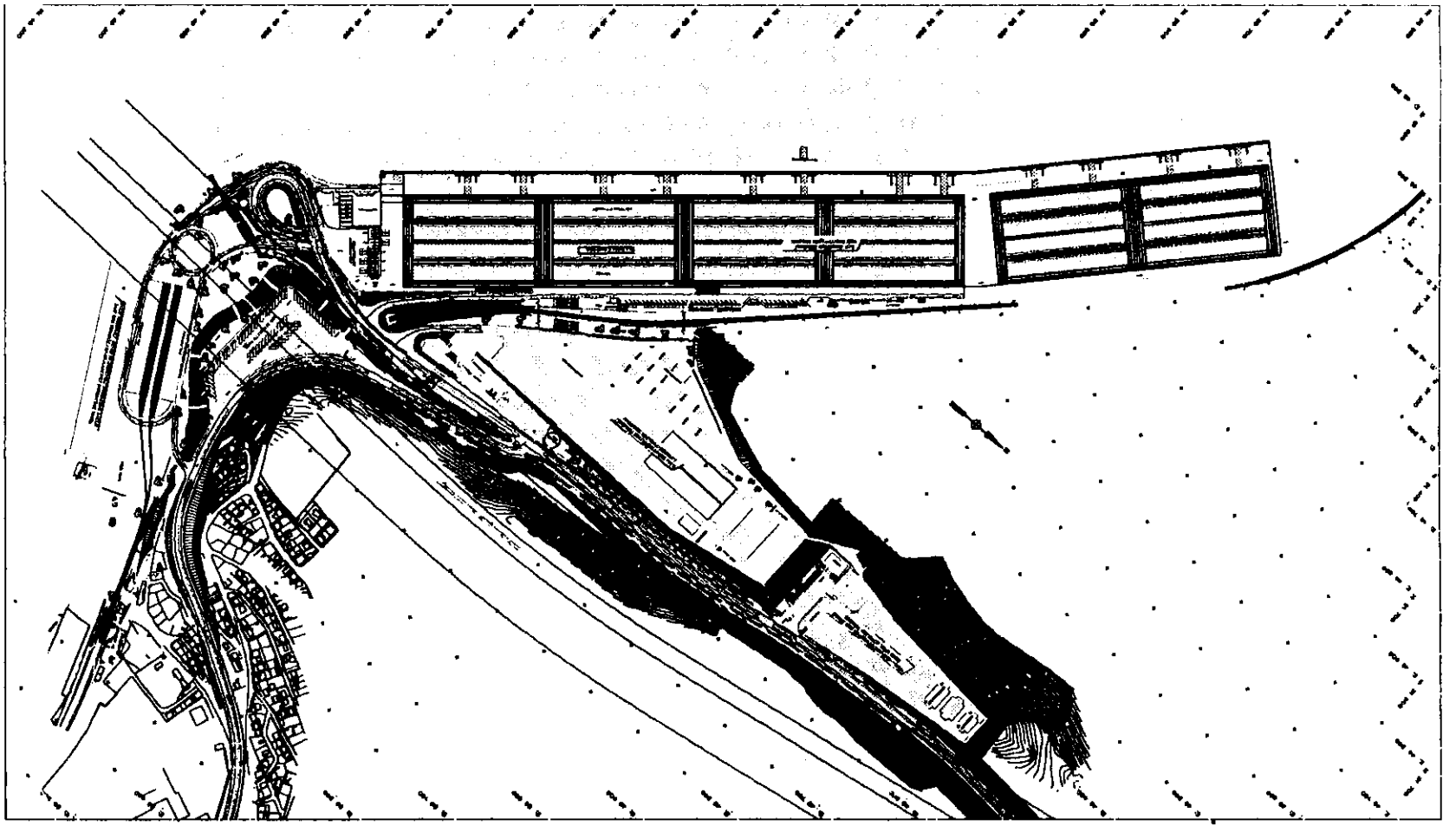
İ: Yağış şiddeti (lt/sn-ha) (Suların toplama zamanına karşılık gelen)

A: Debisi bulunacak noktaya kadar, drenaj alanı büyüklüğü (ha)

Q:Hesapların yapıldığı noktada, beklenen debi miktarı (lt/sn)

2.2 Belde Limanında Akış Katsayıları

Belde yerleşim bölgesi yağış sularının toplandığı alanlarda, akış katsayısı 0,3~0,9 değerleri arasında değişebilen kısmi bölgeler vardır (4). Bilindiği gibi, şehir hidrolojisinde, rasyonel



Şekil 1. Ana toplayıcı sistemler ve Belde Limanının genel vaziyet planı

metot kullanılırken akış katsayıları yağış periyotlarına bağımlı değildir. Ancak, Belde limanı yağış suyu proje debileri bulunurken bazı önemli noktalarda, örneğin demiryolu geçişlerinde proje debi hesaplarında "C" katsayısı, ≈ %25 kadar artırılmıştır (3). Bu artırma ile bulunan debiler, felaket meydana getiren yağış şartlarının oluşturduğu debiler olarak anılacaktır. (Katastrofal Yağış Şartları)

2.3 Belde Limanında Yağış Şiddeti

Çeşitli periyot aralıklarında oluşabilecek yağışlardan meydana gelecek taşkın debileri, o yağışın periyodu ile anılacaktır. Şehir hidrolojisinde kullanılan rasyonel metot formülünde, debi periyotları sadece yağışın periyotlarına bağımlıdır. Belde limanı şebeke hesaplarında T=3 yıllık periyotlu yağışlar ana toplayıcıların projelendirilmesinde ise daha büyük periyotlu yağışlar alınarak hesaplar yürütülmüştür. Taşkın suları zararlarından önemli olarak etkilenebilecek yapıların bulunduğu bölgelerde ise T=100 yıl periyotlu yağışlar alınarak hesaplar yapılmıştır. Ayrıca, felaketler meydana getiren şartların oluştuğu kabul edilerek, sistemde basınçsız akış şartlarının (serbest yüzlü akım) oluşması sağlanmıştır.

Belde konteynır limanı, Kocaeli ve Göztepe yağış istasyonlarının etkisi altındadır. Yağışların süreleri (t, dakika) ve yağışların periyotları (T, yıl)'na bağlı olarak, yağış şiddetleri (İ, lt/sn-ha) olarak Tablo1.'de verilmiştir.

Tablo1. *Çeşitli yağışların yağış şiddetleri (İ, lt/sn-ha)*

İstasyon	Periyot	t=15 dakika	t=20 dakika	t=30dakika
Kocaeli	T=3 yıl	152	128	103
	T=10 yıl	240	211	160
	T=50 yıl	375	300	236
	T=100 yıl	395	339	272
Göztepe	T=3 yıl	135	116	82
	T=10 yıl	218	190	150
	T=25 yıl	265	230	182

Projelendirmeye esas debilerin bulunmasında, Kocaeli yağışları baz alınmıştır.

2.4 Mecraların Hidrolik Hesapları

Mecraların su akıtma kabiliyetleri, Manning formülü kullanılarak bulunacaktır(5).

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} j^{1/2} \qquad (2)$$

$$Q = V.A \qquad (3)$$

Bu formüllerde:

V : mecradaki su hızı (m/sn)

(1/n) : pürüzlülük katsayısı

R : hidrolik yarıçap (R=A/Ç, m)

A : suyun geçtiği alan (m^2)

Ç : suyun geçtiği mecra çevresi (m)

J : mecra eğimi (su yüzü eğimi ≈Enerji çizgisi eğimi)

Q : mecradan akan su miktarı (m^3/sn)

Kanal ve boru ile teşkil edilen mecralardan suyun tam dolu akması halinde geçirilebilecek debi, daima proje debilerinden büyük olacak şekilde mecra boyutları bulunacaktır.

2.5 Yağmur Suyu Sisteminde Kullanılan Mecra Malzemelerinin Pürüzlülüğü

- uPVC sert plastik borular ve çap büyüdüğünde, dayanım gücünün artırılması için plastik (uPVC) sarmal borularda ve uPVC sert delikli borularda 1/n değeri 100 kabul edilecektir.
- Beton borularda, beton kaplamalı açık kanallarda, kutu kesitli beton kanallarda 1/n değeri 65 alınmıştır. Bütün bu sistemlerdeki beton, yüksek kaliteli olup nispî olarak su sızdırmaz özelliktedir.

Bütün yağmur suyu drenaj sistemleri elemanlarının periyodik bakımlarının yapılacağı ve biriken sürüntü maddelerinin temizleneceği kabul edilmiştir.

2.6 Ana Toplayıcı Sistemlerin Proje Debileri

Burada bir örnek olarak, sistemdeki bir kaç noktada debi hesapları yapılmış ve sistem kesitlerinin bu debileri taşıyıp taşımadığı incelenmiştir.

- 1. Ana toplayıcı 1Ø500 uPVC boru bölgesi için proje debisi;
  Q_3=344 lt/sn (t=15 dk)

Su birikintisi olmaksızın sistemin akıtabileceği sular (Q=555 lt/sn)

t=15 dk → Q_{10}

t=20 dk → Q_{25}

t=30 dk → Q_{50} Debileri sistemden geçebilecektir.

- 2. Ana toplayıcı için denize dökülen noktada proje debileri;

  Q_{10}=3432 lt/sn

  Q_{50}=5148 lt/sn

  Q_{100}=5792 lt/sn

Felaket meydana getiren yağış şartları oluştuğunda debiler;

Q_{10}=4368 lt/sn

Q_{50}=6552 lt/sn

Q_{100}=7372 lt/sn

Sistemlerdeki Ø1600 ribloc borunun su akıtma kabiliyeti Q=8400 lt/sn

Sistemdeki beton kutu kesitlerin 3x(100x105) su akıtma kabiliyeti Q=7694 lt/sn

- 3. Ana toplayıcı için denize dökülen noktada proje debileri;

  Q_{10}=4752 lt/sn

  Q_{50}=7128 lt/sn

  Q_{100}=8019 lt/sn

Felaket meydana getiren yağış şartları oluştuğunda;

Q_{10}=6048 lt/sn

Q_{50}=9072 lt/sn

Q_{100}=10210 lt/sn

Sistemdeki beton kutu kesitlerin 3x(120x120) su akıtma kabiliyetleri: Q=14460 lt/sn'dir.

Sistemdeki trapez kanalların su akıtma kabiliyetleri (10 cm hava payı ile):

J=0.01 → Q=6.84 m^3/sn

J=0.02 → Q=9.67 m^3/sn

$J=0.03 \rightarrow Q=11.80\ m^3/sn$

Trapez kanallar, yolların eğimine bağlı kalmaktadır ve sistemdeki yerleri daha membada olduklarından proje debileri daha ufaktır. J=0.02'den daha büyük eğimlerde hızlar artmakta, bu nedenle büyük eğimli kanallarda hızları düşürmek için kanal içinde britler inşa edilmelidir.

3. DÜNYA BANKASI KURULUŞU OLAN IFC'NİN YAĞMUR SUYU DRENAJ SİSTEMİ İÇİN TAVSİYELERİ

Yukarıda kısaca ifade edilen proje kriterleri altında tasarımı yapılan sistemin "High Point Rendel" uzmanlarınca yapılan incelemeleri sonunda aşağıdaki tavsiyelerde bulunmuşlardır.

- Liman içindeki aktivitelerden dolayı depolama ve operasyon alanlarından toplanan yağmur sularının muhtemelen kirleneceği, bu suların denize verilmeden önce bir yağ ve kum tutucudan geçirilmesi istenmiştir (1).

Sistemde Belde limanı tamir ve bakım atölyeleri ile yakıt istasyonunun bulunduğu alanlardan gelen yağmur sularının denize verilmeden önce, çift kademeli bir yağ ve kum tutucudan geçirilmiş ve bu kısımlarda uPVC boru yerine içi plastik kaplanmış beton boru kullanılmıştır. IFC'nin tavsiyesi sonunda hemen hemen bütün borulu sistemlerin sonlarına birer yağ tutucu baca eklenmiştir.

- Diğer bir istekte uPVC boruların, liman ağır yüklerinden dolayı statik yönden yeterliliklerinin incelenmesi ve gerekli tedbirlerin alınmasıydı (1).

Boruların alındığı firma tarafından bu inceleme daha önce yapılmış ve boru yataklamalarında herhangi bir değişikliğe gerek görülmemiştir.

- IFC'nin diğer bir isteği de, uPVC borularının güneş ışığına maruz bırakılmayacak şekilde depolanmasıydı. Bu istek zaten bilinen ve boru firması tarafından yerine getirilen bir işlemdir (1).

- Boruların geçtiği zemin cinslerinin değiştiği bölgelerde ağır trafik yükünden ve farklı dolgu yüksekliklerinden dolayı oturmaların olabileceği ve boruların bundan zarar görmemesi için gerekli tedbirlerin alınmasını istemiştir.

Bu bölgelerde boru baca bağlantıları plastik contalar kullanılarak yapılmış ve borular nispi olarak korunmuştur. Dünya Bankası kuruluşu olan IFC'nin, denizlerimizi temiz tutmak için gösterdiği hassasiyet takdirle karşılanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu bildiride, bir konteynır limanında yağmur suyu sistemi projelendirilmesi yönünden karşılaşılan problemler kısaca gözden geçirilmiştir. Böyle bir liman tesisinde, şebeke ve ana hatların projelendirilmesinde, kaç yıllık tekerrürlü yağışların alınacağı, tam açıklığa kavuşmamış konulardan biridir. Burada denize direk ulaşan borularda, nispeten ufak tekerrürler (T=10 yıl) ana toplayıcılarda ise (T=100 yıl) tekerrürler göz önünde bulundurulmuştur.

Eğer yağmur suyu kritik bir tesis civarından geçiyorsa, akış katsayıları yükseltilerek tesisin güvenliği sağlanılmaya çalışılır.

Denize verilen suların denizin dalgalı durumunda, rahatça deşarj olup olmadığı incelemesi yapılmış, proje dalgası Hs=3.0 m., T=7.3 sn için denize deşarjda herhangi bir güçlükle karşılaşılmamıştır. Ancak, deşarj hattında yağmur suyu hızları değişkenlik arz etmektedir (Enerji çizgisinin eğimi değiştiği için).

TEŞEKKÜR

Yazarlar konu ile ilgili aşağıdaki kuruluşların yetkililerine teşekkürlerini sunmaktadırlar.

- Belde Limanı İşletmeleri ve Depoculuk A.Ş. Yetkilileri
  Sn. Ertürk DEĞER
  Sn. Nilhan BAŞEL
  Sn. Mustafa CANPOLAT
  Sn. Erdeniz ERBİL,
  Sn. Volkan TELLİOĞLU

Sn. Fatih ERASLAN

Sn. Lütfü M. BOSTANOĞLU

Sn. Necmi EBEN

- CEI (Consultant Engineering International) Yetkilileri

  Sn. Erbil OLCAY

  Sn. Okan GÜRSOY

- Optimum Mühendislik ve İnşaat Yetkilileri

  Sn. Fikret EYGÖREN

  Sn. Sibel AKGÖZ

  Sn. Sibel ER

5. KAYNAKLAR

1. "Belde Limanı Tesisleri Hakkında HPR (High Point Rendel)'nin IFC (Dünya Bankası Kuruluşu'na) verdiği rapor", 65 s., Optimum Mühendislik ve İnşaat LTD.ŞTİ, İstanbul, 2000
2. Toğrul, E.,"Kocaeli Taşıt Yan Sanayi, Organize Sanayi Bölgesi Dolgu Şevleri Hakkında Geoteknik Rapor.", 1997
3. Bilgin, M., "Yağmur Suyu Mecralarının Projelendirme debilerinin Hesabı", Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnş. Müh. Böl., Eskişehir, 1988
4. Muslu,Y., "Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı", İTÜ., İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Böl., İstanbul, 1993
5. Muslu,Y., "Su ve Atık su Teknolojisi", , İTÜ., İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Böl., İstanbul, 1992
6. Muslu,Y., "Suların Arıtılması", İTÜ., İnşaat Fakültesi Çevre Müh. Böl., İstanbul, 1994
7. Fair, G.M., ve Geyer, J.C., Çeviren: Muslu, Y., "Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları", , İTÜ., İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1980
8. Erkek, C., ve Ağıralioğlu, N., "Su Kaynakları Mühendisliği", Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Cağaloğlu, İstanbul, 1993

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Memba Debisinin Belirlenmesi İçin Bir Yaklaşım

Mesut ÇİMEN

SDÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta
mesutcim@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Çalışmada, serbest yüzeyli bir akiferin bir membaı beslemesi durumunda, yılın kurak zamanlarındaki memba debilerinin belirlenebilmesi için yaklaşık analitik ifadeler elde edildi. Formülasyonlar elde edilirken, serbest yüzeyli akiferdeki yeraltısuyu hareketinin Darcy kanununa uyduğu ve memba debisinin ise zamanla değiştiği kabul edildi. Elde edilen çözümler ile literatürde var olan çözümler birbiriyle karşılaştırıldı. Çözümde, memba su derinliği ile memba debisi arasındaki ilişkinin lineer olmadığı grafikler yardımıyla tespit edildi. Ayrıca, yeni çözümün özellikle akiferin verimi ve akiferin hidrolik özellikleri konusunda araştırıcılara yardımcı olacağı belirtildi.

Anahtar Kelimeler : *Memba Debisi; Azalma Eğrisi; Boşalım Katsayısı.*

ABSTRACT

In this study, the approximate analytical equations have been obtained for the determination of the spring discharges in the dry periods of year. It is assumed which the groundwater movement in the unconfined aquifer is confirm the Darcy law and the spring discharge is change in time. The solutions of the deriving equations are compared with the solutions in the literature. In this solution, it has been showed that the relationship between the spring water depth and the spring discharge is not linear by graphically. Besides, it has been implied that the new solution will be especially help to the researchers about the yield and hydraulic properties of aquifer

Key Words: *Spring Discharge; Recession Curve; Exhaustion Coefficient.*

1. GİRİŞ

Yeraltısuyunun gayet yavaş bir şekilde hareket edip yer yüzeyine çıkması sonucunda sızma alanları meydana gelir. Sızma alanlarındaki su; sızmanın miktarına, iklime ve topografyaya bağlı olarak ya yer yüzeyinde toplanır, buharlaşır ve kaybolur yada sızma miktarı büyük ise yer yüzeyinde akarak, dereleri oluşturur. Yeraltısuyunun yer yüzeyinin belirli kesimlerinde yüzeye çıkarak aktığı bu bölgelere memba (kaynak) alanları denir.

Membalar bulunduğu yerin jeolojik yapısına, akış debisine ve suyun sıcaklığına göre sınıflandırılabilir. Genellikle, yerçekimi etkisi ile meydana gelen ve yerçekimi etkisi ile meydana gelmeyen membalar olarak iki sınıfa ayrılır (1). Yerçekimi etkisi ile meydana gelen membalar hidrostatik basınç altında akarlar ve su kalitesi genellikle iyidir. Yerçekimi etkisi ile oluşmayan membalar ise, yer yüzeyi altındaki yarık ve çatlaklardan çıkarlar ve genellikle, termal nitelikli, sıcaklığı yüksek ve yüksek ölçüde mineralize olmuş sulardır. Membaların verimlerinde zaman zaman azalmalar ve çoğalmalar görülür. Evapotranspirasyon, atmosfer basıncındaki değişmeler, depremler ve pompaj gibi hidrolojik ve jeolojik olgular membaların verimlerini etkilemektedir. Sürekli akan membalar zengin akiferlerden beslenir ve yıl boyunca akarlar. Sürekli olmayan membalar ise, memba akımının yeraltısuyundan yetersiz miktarda beslendiği hallerde meydana gelir.

Membaların debisi, akiferdeki yeraltısuyunun büyüklüğüne göre önemsiz mertebededir. Kalkerlerden ve kumtaşlarından çıkan memba sularının debileri, bu ortamın diğer kayaçlara göre nispeten daha büyük boşluklar içermesi sebebi ile, genellikle büyük olur. Bir membaın debisi, akiferde membaa yakın yerlerdeki yeraltısuyunun piyezometrik seviyeleri ile membaın bulunduğu yerin seviyesi arasındaki kot farkına bağlıdır. Fark ne kadar büyük olursa, memba debisi o kadar büyük olur (2). Yeraltısuyu seviyesi memba ağzı seviyesinden aşağıya düştüğünde membadan su akmaz, buna memba kurumuş denilir. Kurak dönemlerde, memba debisi yalnızca akiferde depolanmış olan yeraltısuyundan beslenir ve zamanla memba debisinde azalmalar görülür. Memba debisindeki bu azalmalar, genellikle akiferin yeraltısuyunu iletebilme ve depolayabilme özellikleri ile akiferin geometrisine bağlıdır.

Bölgesel bir çalışmada, bir memba bir sınır şartı olarak hizmet eder ve genellikle, sabit bir yük şartı olarak göz önüne alınır. Bir membaın azalma periyodundaki debi hidrograflarını analiz ederek bir akiferin geometrisi, iletim kapasitesi, depolama katsayısı ve boşalım

katsayılarının belirlenmesi mümkündür. Ancak, analiz yaparken azalma periyodu sırasında akiferin pompajlanmasının veya beslenmesinin olmamasına dikkat edilmelidir. Membaın bulunduğu bölgelerdeki pompaj kuyularının çalıştırılması durumunda, yeraltısuyu seviyelerinin değişeceğinden, membaa yakın yerlerde yeraltısuyu seviyeleri kontrol edilmelidir.

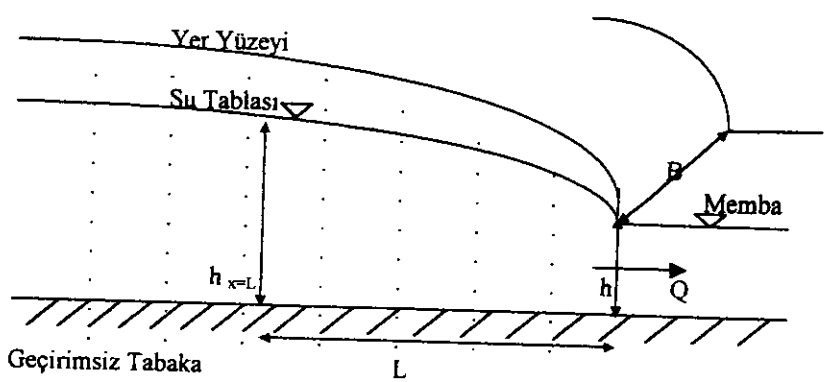
Bu çalışmada, bir membaın kurak dönemlerindeki debi ve derinlik hidrograflarının belirlenebilmesi için, yaklaşık analitik ifadeler elde edilmiştir. Bu matematiksel ifadeler, akiferin çeşitli hidrolik ve geometrik özelliklerine göre grafiklerle değerlendirilmiş ve elde edilen yaklaşık çözüm, mevcut çözümlerle karşılaştırılmıştır.

2. MEMBA AZALMA EĞRİSİNE MATEMATİKSEL YAKLAŞIM

Yeraltısuyu, enerjisinin yüksek olduğu yerlerden alçak olduğu yerlere doğru akar. Sürtünme ile meydana gelen enerji kayıplarının büyük olması nedeniyle bu hareket çok yavaştır. Bu yüzden, yeraltısuyu hareketinin gözenekli ortamda ve akımın lineer yasası olarak bilinen Darcy kanununa göre oluştuğu kabul edilir. Şekil 1 'de, serbest yüzeyli bir akifer ile etkileşim halinde olan B genişliğindeki bir memba görülmektedir. Serbest yüzeyli bir akiferdeki yeraltısuyunun hareketi (hızı), Dupuit kabulleri altında, aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$q = K\frac{dh}{dx} \qquad (1)$$

Burada q yeraltısuyu hızını, K akiferin hidrolik iletkenlik katsayısını, h yeraltısuyunun enerjisini (su tablası yüksekliğini) ve x ise mesafeyi göstermektedir. Bu membadan akan yeraltısuyu miktarı ise aşağıdaki gibi ifade edilir:



Şekil 1. Bir membaya doğru akım

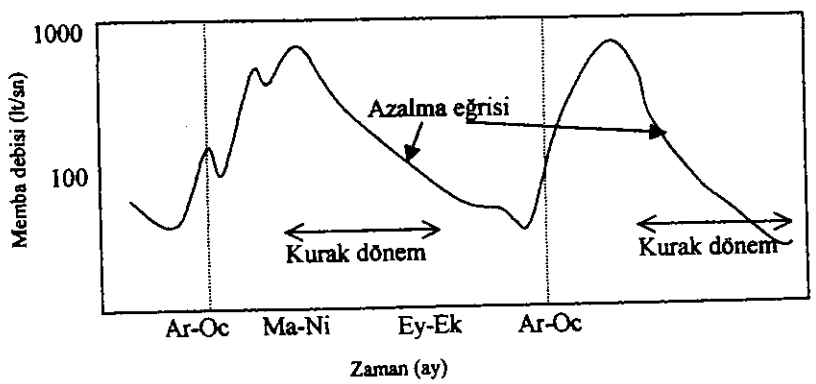
$$Q = B.h.K\left.\frac{dh}{dx}\right|_{x=0} \qquad (2)$$

Burada Q memba debisini göstermektedir. Bu denklemin x = 0 dan x = L 'ye integrasyonu aşağıdaki gibidir:

$$Q = \frac{B.T}{L}\left(h_{x=L} - h_{x=0}\right) \qquad (3)$$

Burada $T = \frac{h_{x=0} + h_{x=L}}{2}$ olup akiferin ortalama iletim kapasitesi ve L membadan itibaren mesafedir. Denklem 3, Şekil 1 'de görülen serbest yüzeyli akiferin kararlı hal akım durumu için memba debisi denklemi olarak göz önüne alınabilir. Ancak, memba debisi kararlı olmayıp yıl boyunca değişmektedir. Bu yüzden, bu denklemin modifiye edilmesi gereklidir.

Şekil 2 'de bir membaın akış hidrografi görülmektedir. Hidrografin azalma bölümleri kurak dönemlere karşı gelmektedir. Yarı logaritmik bir kağıtta (zaman ölçeği lineer olduğunda) memba debisi ile zaman arasındaki ilişkinin lineere yakın bir şekilde olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (1, 3, 4).



Şekil 2. Bir membaın akış hidrografi (3)

Şekil 2 'deki azalma eğrisinin belirlenmesi, bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu amaçla, kararlı hal durumunda memba debisinin formülasyonu olan Denklem 3 'ün zamana göre değişimi araştırılmalıdır. Memba debisini ifade eden Denklem 3 aşağıdaki basit formülasyonla ifade edilmiştir (3):

$$Q(t) \equiv \frac{B.T}{L}.h(t) \tag{4}$$

Burada h(t), x = 0 'da t zamanındaki memba su derinliğini göstermektedir. Buna göre, dt zaman aralığında memba debisinde meydana gelen değişim, akiferdeki depolama etkisinin de göz önüne alınmasıyla, aşağıdaki gibi yazılmıştır:

$$Q(t)dt \equiv \frac{B.T}{L}.h(t)dt = -S.A.dh(t) \tag{5}$$

Burada S, akiferin depolama katsayısı ve A ise, L uzunluğundaki akifer bölgesinin memba akımına etki ettiği alandır. Denklem 4 ile birlikte Denklem 5 'in sağ tarafındaki diferansiyel eşitliğin zamana göre integrali alınarak çözülmesiyle aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$-\frac{B}{A.L}.\frac{T}{S}(t-t_0) = \ln[h(t)/h(t_0)] = \ln[Q(t)/Q(t_0)] \tag{6}$$

Denklem 6 düzenlenirse, bir membaın yılın kurak dönemlerindeki zamanla değişen debi ve derinlik bağıntıları elde edilmiş olunur (3, 4):

$$Q(t) = Q(t_0).e^{-\alpha(t-t_0)} \tag{7}$$

$$h(t) = h(t_0).e^{-\alpha(t-t_0)} \tag{8}$$

Burada $\alpha = \frac{B}{A.L}.\frac{T}{S}$ akiferin hidrolik ve geometrik özelliklerine bağlı boyutsuz bir katsayı olup, akiferin boşalım katsayısı olarak ta bilinir (4).

Denklem 7 ve Denklem 8 arasında bir ilişki kurulduğunda, memba debisi ile membadaki su derinliği arasında bire bir orantının olduğu hemen görülmektedir. Yani, memba debisi hangi oranda azaldıysa, membadaki su derinliği de o oranda azalmıştır denilebilmektedir. Ancak, bu ilişkinin böyle olmadığı bilinmektedir. Bu çalışmada, memba debisi ile membadaki su derinliği arasındaki birebir ilişkinin gerçek olup olmadığı, farklı bir yaklaşımla araştırılmıştır. Bunun için Denklem 3 aşağıdaki gibi modifiye edilmiştir:

$$Q = Q_{x=L} - \frac{B.T}{L}.h_{x=0} \tag{9}$$

Burada $Q_{x=L}$, x = L mesafesindeki yeraltısuyunun debisidir. Bu ifadenin dt zaman aralığındaki değişimi, Denklem 5 'in elde edilişine benzer bir yaklaşımla, aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$[Q(t) - Q_{x=L}]dt \equiv -\frac{B.T}{L}.h(t)dt = -S.A.dh(t) \tag{10}$$

Bu eşitliğin sağ tarafının zamana göre integrasyonu alındığında, memba su derinliğindeki değişimin bağıntısı Denklem 8 ile aynı olmaktadır. Yine Denklem 10 'da, Denklem 8 ve Denklem 9 göz önüne alınırsa, memba debisi ise aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\frac{Q(t_0) - Q_{x=L}}{Q(t) - Q_{x=L}} = e^{-\alpha(t-t_0)} \tag{11}$$

Bu bağıntıda, membadan itibaren akiferin x = L mesafesindeki akifer debisinin belirlenmesi zor olduğundan, $Q_{x=L}$ teriminden kurtulmak gereklidir. Bunun için, Denklem 9 'un zamana göre türevi alınıp, $\frac{dQ_{x=L}}{dt} \cong 0$ için, integre edilirse, aşağıdaki ifade elde edilmiş olunur:

$$\frac{Q(t_0) - Q(t)}{h(t_0) - h(t)} = \frac{B.T}{L} \tag{12}$$

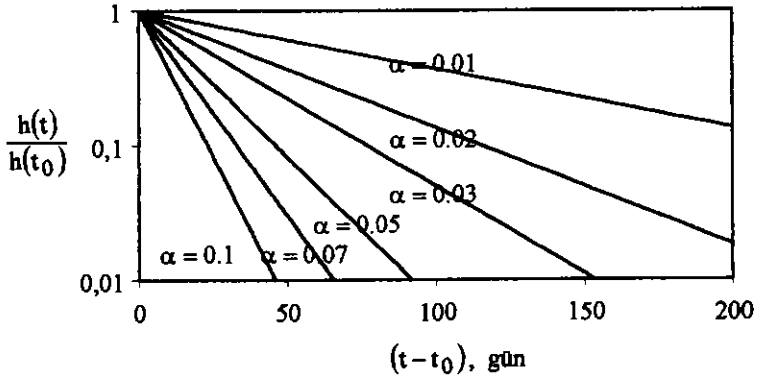
Böyle bir yaklaşım yapılması durumunda, memba debisi farkı ile membadaki su derinliği farkı arasında B.T/L kadar bir oranın olduğu elde edilmiştir. Buna göre, Denklem 8 Denklem 12.'de yerine yazılıp gerekli sadeleştirmelerden sonra, memba debisi için aşağıdaki basit ifade elde edilir:

$$\frac{Q(t)}{Q(t_0)} = 1 - \beta\left(1 - e^{-\alpha(t-t_0)}\right) \tag{13}$$

$$\beta = \frac{B.T}{L}.\frac{h(t_0)}{Q(t_0)} \cong \frac{h_{x=L} + h_{x=0}}{2(h_{x=L} - h_{x=0})} \tag{14}$$

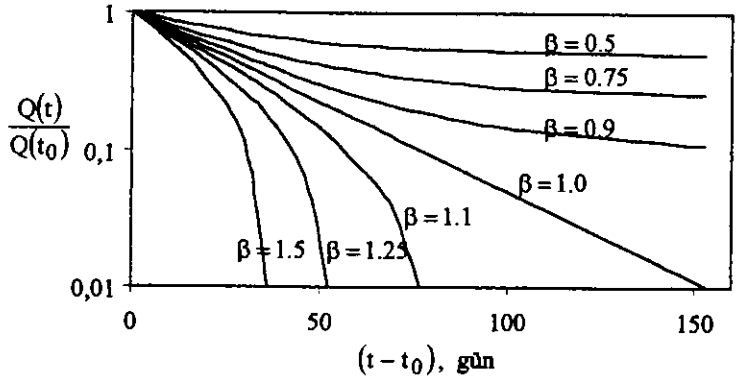
3. MEMBA DEBİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE PRATİĞE UYGULANMASI

Memba debilerinin belirlenmesinde genellikle Denklem 7 kullanılmaktadır. Memba debisi belli olan bir akiferin boşalım katsayısı α 'da yine Denklem 7 veya Denklem 8 ile belirlenebilir (3,4). Ancak, Denklem 7 ile yukarıda elde edilen Denklem 13, yapılan kabullere bağlı olarak birbirinden oldukça farklıdır. Burada, bu iki eşitlik birbiriyle karşılaştırılmıştır. Şekil 3 'te çeşitli boşalım katsayılarının memba su derinliğine olan etkileri çizilmiştir. Bir membadaki su derinliğinin zamanla küçük miktarlarda değişmesi, Şekil 3 'e göre akiferin boşalım katsayısı ile T / S oranının küçük, memba su derinliğinin ise büyük olduğu sonucuna varılır.



Şekil 3. Çeşitli boşalım katsayıları için zaman-memba su derinliği ilişkileri

Boşalım katsayısı belirlenmiş olan bir membanın kurak dönemlerindeki debi hidrografları, Denklem 8 'e göre Şekil 3 'ün aynıdır ve sadece, ordinatta $h(t) / h(t_0)$ yerine $Q(t) / Q(t_0)$ yazılması yeterli olmaktadır. Şekil 4, akiferin boşalım katsayısı $\alpha = 0.001$ için, Denklem 13 'e göre farklı β katsayıları için hesaplanmış memba debisi değişimlerini göstermektedir. $\beta = 1$, Denklem 8 'e göre çizilmiş memba debisi değişimini ifade eder. Şekil 3'e göre boşalım katsayısı hesaplanmış olan bir akiferin, Şekil 4'e göre eğer β katsayısı 1 'den küçük ise, memba debisinin büyük, buna karşın akiferin iletim kapasitesinin küçük ve dolayısıyla akiferin depolama kapasitesinin de büyük olduğu söylenebilir. Küçük β değerleri, yeraltısuyunun membayı sürekli ve yüksek miktarda beslediğini göstermektedir.



Şekil 4. $\alpha = 0.03$ *için çeşitli memba debisi eğrileri*

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, serbest yüzeyli bir akiferden beslenen bir membaın yılın kurak dönemlerindeki debisinin ve su derinliğinin belirlenebilmesi için yaklaşık analitik bir çözüm sunulmuştur. Literatürde memba su derinliği için verilmiş olan bağıntı, bu çalışmada da aynı şekilde elde edilmiş, fakat memba debisi için farklı bir bağıntı elde edilmiştir. Memba debisi ile memba su derinliği arasındaki ilişkinin, literatürde birebir (lineer) olarak görülmesine rağmen bu çalışmada, birebir bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yine bu çalışmada bulunan bağıntılardan bir akiferin boşalım katsayısı, ortalama iletim kapasitesi ve depolama katsayısı gibi özellikleri konusunda da bilgi sahibi olunabileceği görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. Todd, D.K., "Ground Water Hydrology" John Wiley & Sons, 336 p., New York, 1959.
2. Huisman, L., "Groundwater Recovery" Winchester Press, Inc., 336 p., New York, 1972.
3. Bear, J., "Hydraulics of Groundwater" McGraw - Hill, Inc., 569 p., New York, 1979.
4. Korkmaz, N., "Yağış-Yeraltısuyu Seviyesi İlişkisi ve Su Kaynaklarının Projelendirilmesine Etkisi" DSİ Yayınları, G. Yayın No: 983, Ankara, 1988.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Evapotranspirasyon Hesaplama Programı (CALCET)

Rifat OK[1], Levent ŞAYLAN[2], Barış ÇALDAĞ[2]

[1] Caretta Eğitim ve Danışmanlık Hizmetleri, 80290, Mecidiyeköy-İstanbul
info@caretta-ctc.com.tr

[2] İ.T.Ü. Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 80626, Maslak-İstanbul
saylan@itu.edu.tr; caldag@hotmail.com

ÖZET

Suyun yoğun olarak kullanıldığı endüstri ve tarım gibi sektörlerde buharlaşma (evapotranspirasyon), en önemli su kaybı bileşeni olarak titiz şekilde belirlenmelidir. Bu nedenle insanoğlu buharlaşmaya eski çağlardan bu yana ilgi duymuş ve zamanla buharlaşmanın belirlenmesine yönelik çok sayıda yaklaşım ortaya çıkmıştır. Teknolojik gelişmeler günümüzde buharlaşmanın arazi üzerinde doğrudan ölçümünü mümkün kılmaktadır. Ancak, söz konusu ölçümleri gerçekleştiren aletlerin temini, tesisi ve kullanımı oldukça pahalı ve zaman alıcıdır. Böylece araştırmacılar, evapotranspirasyonun çeşitli yaklaşımlarla belirlenmesine yönelik eşitliklerin ortaya konmasına yönlenmiştir. Söz konusu eşitliklerin ve kullanılan parametrelerin çeşidindeki fazlalık, kullanıcının öncelikle bunlar arasından en sağlıklı seçimi yapmasını zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, evapotranspirasyon eşitliklerinin bilgisayar ortamında kullanıma sunulması vasıtasıyla süratli ve makul sonuçların elde edilmesi amacına hizmet eden CALCET (**CALC**ulation of **E**vapo**T**ranspiration) yazılımı tanıtılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Evapotranspirasyon; Model; Tarımsal Meteoroloji.*

ABSTRACT

In sectors like industry and agriculture, the evapotranspiration is to be determined sensitively as the major water-lost component. That's why the human kind has been interested in evapotranspiration and developed lots of approximations to determine it. Today, technological steps taken enable the evapotranspiration to be measured on the field, but the acquisition, establishment and usage of the desired tools are too expensive. Thus, the researchers tend to obtain equations, which are directed to calculate the evapotranspiration by various approaches. On the other hand, the increasing quantity of these equations and the variables used by them make it difficult to choose the most suitable one. In this study, the CALCET software used in an computer environment has been introduced.

Key Words: *Evapotranspiration; Model; Agricultural Meteorology.*

1. GİRİŞ

Buharlaşma (evapotranspirasyon) ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve elde edilen sonuçların yorumlanması, Meteoroloji bilimi içinde özellikle Tarım ve Orman Meteorolojisi'nin uygulama sahasına girmektedir. Dünyadaki su kaynakları; içme ve sulama suyu temini, enerji üretimi ve endüstriyel faaliyetlerin gerçekleştirilmesi amaçlarına yönelik olarak yoğun şekilde işletilmektedir. Buharlaşma hidrolojik çevrimdeki en önemli kayıp bileşenlerinden olup, su kaynaklarının optimum kullanımına yönelik tüm çalışmalarda hassas olarak belirlenmesi gereken bir parametredir. Ancak bu değişkenin kısa aralıklarla yüksek güvenilirlikte ölçülmesi pek mümkün olmamaktadır. Böylece araştırmacılar evaporasyonun ve evapotranspirasyonun sağlıklı olarak belirlenmesine yönelik eşitliklerin ortaya konmasına eğilmiştir. Günümüze kadar buharlaşmanın hesap yoluyla elde edilmesi amacına hizmet eden çok sayıda eşitlik geliştirilmiştir. Söz konusu eşitlikler, gerçekleştirdikleri hesaplamaların hassasiyetine paralel olarak artan nitelikte ve nicelikte meteorolojik veriyi kullanıcıdan talep etmektedir (1). Bu durumda uygulayıcı, mevcut eşitlikler arasından eldeki verilerin özelliklerine uygun düşen en doğru seçimi yapma sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır. Çoğu zaman hassas hesaplar için gereken özellikte ve miktarda veriye sahip olmayan kullanıcı tercih hakkını genellikle güvenilirliği nisbeten az olan basit eşitliklerden yana kullanmakta olup, bu durum elde edilen sonuçları tartışmaya açık hale getirmektedir. Çeşitliliği fazla olan eşitliklerin karmaşıklığı da uygulayıcıyı basit eşitliklere yönlendiren önemli bir etkendir.

Bu çalışmada, temelde tarımsal meteorolojik uygulamalara hizmet amacıyla geliştirilmiş olan CALCET buharlaşma hesaplama yazılımı tanıtılmıştır. Program kullanıcının çok sayıda parametre arasından elindekilere uygun olanları seçmesi ve bu parametreleri kullanan eşitliğe yönlendirilmesi amacına hizmet etmektedir. Programda ayrıca yeni parametreler ve eşitlikler girildiğinde, kendi kendine ilişkileri kurabilecek bir yardımcı uygulamanın geliştirilmesi de söz konusu olmuştur.

2. MATERYAL

Evapotranspirasyonun doğrudan ölçülmesi, ölçüm aletlerinin doğal yüzeydeki reaksiyonları taklit ederek sonuç vermesini kapsamaktadır. Ancak bu ölçümler pahalı aletler ve zaman alıcı işlemler gerektirmekte olup, elde edilen sonuçlar da sadece noktasal ölçekte geçerli kabul edilebilmektedir. Bu nedenle, özellikle ölçümlerin yapılamadığı geniş alanlar için evapotranspirasyon uzun zamandır dolaylı belirleme yöntemlerine karşılık gelen eşitlikler vasıtasıyla hesaplanmaktadır.

2.1. Buharlaşma İle İlgili Çalışmaların Tarihsel Gelişimi

Buharlaşma, insanoğlu tarafından çok eski tarihlerden itibaren gözlemlenmiş ve bu doğal olayı anlamak için çeşitli fikirler ileri sürülmüştür. Buharlaşma ile ilgili günümüzde ulaşılan konumun daha iyi anlaşılabilmesi için buharlaşmanın yapısal ve evrimsel gelişimin kısaca açıklanmasında fayda vardır.

Geçmişte filozoflar atmosferik olayları açıklamak için toprak ile hava arasında ilişkiler kurmaya çaba göstermiştir. Atmosferik olaylarla, dolayısıyla da buharlaşmayla ilgili ilk fikirler eski yunan filozofları tarafından ortaya atılmıştır. Aristo buharlaşmayı, ünlü "Meteoroloji" adlı kitabında uzun süre geçerli olacak ve "gizli buharlaşma ısısı" kavramının ipuçlarını içerecek şekilde açıklamıştır. Bu dönemde buharlaşma mekanizmasına ilgi duyan ve çeşitli görüşler ileri süren filozoflar arasında Hesoid, Xenophenes, Anaximender, Demokritos ve Theopbrasto da sayılabilir.

Tarihte buharlaşma üzerine deney yapan ilk araştırmacının Perrault (1733) olduğu görülür. Perrault, gözlemleri sonucunda " ... çok açıktır ki buharlaşmaya ısı etki etmektedir, aynı zamanda soğuk da benzeri etki yapar...." fikrini ileri sürmüştür. Dalton'nun 1802'de yaptığı çalışmalarında gaz karışımları ile buharlaşmanın sıcaklığın fonksiyonu olduğunu bulmuş ve doymuş buhar basıncı tabloları oluşturmuştur. Dalton'un buharlaşma eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$E = f_D(\bar{u})(e_s^* - e_a) \qquad (1)$$

Burada e_s^* doymuş buhar basıncı, e_a, havanın gerçek buhar basıncını, $f_D(\bar{u})$ ortalama rüzgar hızının bir fonksiyonudur.

Welenman, 1877'de buharlaşmayı ortalama rüzgar hızının doğrusal bir fonksiyonu şeklinde göstermiştir. Daha sonraları çok iyi bilinen enerji dengesi yöntemleri geliştirilmiştir. İlk

enerji dengesi yöntemi *Home'n*'de (1897) görülür. Bu yöntem daha sonra Schmid (1915) ve Bowen (1926) tarafından geliştirilmiştir ve halen kullanılmaktadır. 50'li yılların başından itibaren, evapotranspirasyonu doğrudan tespit etme çalışmaları yavaşlamış ve bazı temel fiziksel kavramlara dayanan formüller yönlendirici rol oynamaya başlamıştır (2).

2.2. Evapotranspirasyonu Hesaplamada Kullanılan Eşitlikler

Evapotranspirasyon hesabında kullanılan eşitlikler birçok sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Bunlardan klimatolojik ve meteorolojik veriler yardımıyla hesap yapan eşitliklerin pratikte sundukları en önemli avantajlar, spesifik verilerin ölçümünü gerektiren özel istasyon ağlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırmaları ve geçmiş zaman dilimleri için de evapotranspirasyon hesabı yapabilmeleridir.

Evapotranspirasyon hesabında kullanılan eşitlikler genelde bir ya da birkaç meteorolojik faktörünm fonksiyonu olarak geliştirilmiştir. Bunlardan sıcaklık koşullarını dikkate alan eşitlikler, evapotranspirasyon ile sıcaklığın birbirleri ile olan ilişkisine dayanmaktadır. Aylık ortalama have sıcaklığı ve potansiyel evapotranspirasyon arasında görülen paralellik, yukarıdaki temel düşünceyi destekler. Bu eşitlikler gün uzunluğu, enlem derecesi ve mevsim etkisi göz önüne alınarak kolayca her meteoroloji istasyonundan elde edilebilecek sıcaklık verileri ile buharlaşma arasındaki ilişkiyi gösterebilir. Sıcaklık Koşullarına Dayanan Eşitliklere örnek olarak Thornthwaite Eşitliği sayılabilir. Thornthwaite; potansiyel evapotranspirasyonun sadece sıcaklığın bir fonksiyonu olduğunu ve bölgenin iklimini belirlemede önemli olduğunu ortaya atmıştır. Sıcaklığı temel alan eşitliklere bir başka örnek olarak Blaney-Criddle Eşitliği verilebilir.

Nem koşullarına dayanan ampirik eşitlikler, potansiyel evapotranspirasyonu tamamen ya da kısmen nem koşullarına dayanarak hesaplamaya çalışmaktadır. Bu eşitliklerin temelinde, Dalton'un kapalı bir hacim için ortaya attığı buharlaşma yasası yatar. Nem koşullarına dayanarak evapotranspirasyonu hesaplayan eşitlikler, birçok istasyonda kolayca ölçülebilen, havanın doyma açığı değerlerini kullanırlar. Bu eşitliklere örnek olarak Albrecht Eşitliği verilebilir.

Çok sayıda değişkenin dikkate alındığı ampirik eşitliklerde ise, daha hassas sonuçlara ulaşılması amacıyla evapotranspirasyonu etkileyen üç önemli yapının (enerji yapısı, nem yapısı, ventilasyon yapısı) en azından ikisi arasındaki ampirik ilişkinin kullanılması esastır.

Bu eşitliklere örnek olarak Turc Eşitliği verilebilir. Bu eşitlik, sıcaklığa ek olarak güneş radyasyonu ve bağıl nem değerlerini dikkate almaktadır. Bu tip eşitlikler arasında geliştirilmiş Blaney-Criddle ve Meyer Eşitlikleri de sayılabilir.

2.2.1. Fiziksel Açıdan Yarı Ampirik Eşitlikler

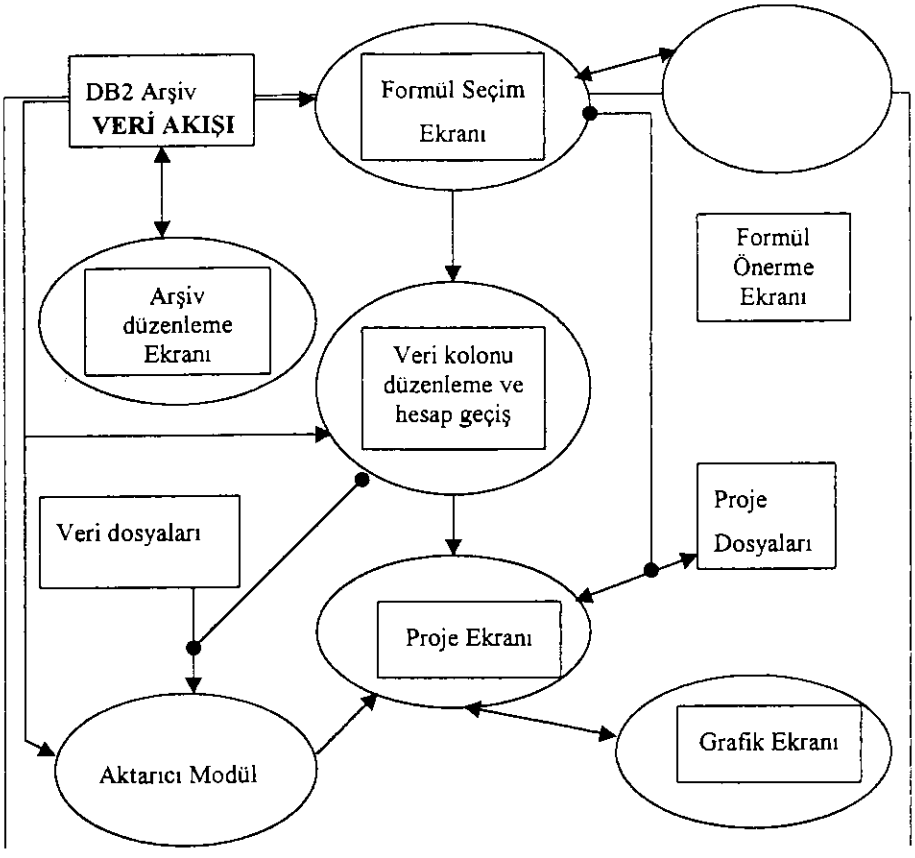
Şimdiye kadar bahsedilen eşitliklerin hepsi tam ampiriktir ve bu eşitliklerin her biri, evapotranspirasyonla bazı kolay ölçülebilir meteorolojik büyüklükler arasında stokastik bir bağıntıyı ortaya koymaya çalışır. Fiziksel açıdan yarı ampirik eşitlikler ise evapotranspirasyonu genel fiziksel incelemeler sonucunda elde etmeye çalışırlar. Yarı ampirik eşitliklerin gelişrtirilmesi çalışmalarının temeli Penman ve arkadaşları tarafından atılmıştır. Söz konusu eşitliklerin her biri kendi özel kullanım amaçlarına hizmet eder (ampirik eşitliklerde olduğu gibi); yani her eşitlik, farklı kullanım alanlarında farklı güvenilirlikte sonuçlar verir. Fiziksel açıdan yarı ampirik eşitliklere en iyi örneği Penman'ın Kombinasyon Eşitliği vermektedir:

$$ETP=(s/(s+\gamma))R_n+(1-s/(s+\gamma)(E_s-e)f(u)(mm/gün) \quad (2)$$

Eşitlikte: s, buhar basıncı ile sıcaklık arasındaki eğrinin eğimini; γ, psikrometre katsayısı; R_n, net radyasyon; E_s, Tm sıcaklığındaki doymuş buhar basıncını; e, gerçek buhar basıncını; u, rüzgar hızını göstermektedir. Bu eşitlik daha sonra Doorenbos ve Pruitt tarafından geliştirilen düzeltme elemanları vasıtasıyla geniş ölçekte kullanım alanı bulmuştur. Fiziksel yarı ampirik eşitliklere Makkink'in Radyasyon Eşitliği de verilebilir (3); (4); (5).

3. YÖNTEM

CALCET Programı, kullanıcının farklı amaçlarının gerektirdiği esnekliği gösterebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu esnekliğe, nesne yönelimli programlama teknikleriyle ve ilgili algoritmalarla ulaşılmıştır. Programda formül önerme, ilişki kurma, hesaplama, formül ve parametre düzenleme gibi birimler hazır hale getirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. CALCET Programının İşleyiş Şeması.

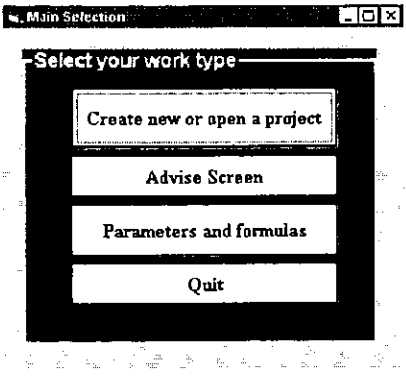
Şekil 1, programın akış diyagramını göstermektedir. Temel amaç, evapotranspirasyon hesabının karmaşasından kullanıcının kurtarılması ve hesaplamalarda kullanılan formüllerin seçilmesinde kulanıcıya yardımcı olunmasıdır. Programda çeşitli radyasyon eşitliklerinin ve termodinamik eşitliklerin de gerekli ayarlar yapılarak analiz edilmesi mümkündür (6). Ancak olayın temeli evapotranspirasyon hesabının gerçekleştirilmesi üzerine kurulmuştur.

CALCET, Windows yapısı için geliştirilmiş bir masaüstü uygulamadır. Program, Visual Basic 6 derleyicisne, ADO (ActiveX Data Objects) veri erişim kütüphanelerine ve bazı ek bileşenlere ihtiyaç duymaktadır. Program veritabanı olarak "Microsoft Access Database" dosya yapısını kullanmaktadır.

3.2. Programın İşleyişi

Programın işleyiş ana yapısı "esnek olma" teması üzerine oturtulmuştur. İşlevsel olarak ise evapotranspirasyon hesabının gerçekleştirilmesi baz alınmıştır. Program hatasız olarak kurulup çalıştırıldığında ekrana ilk olarak programın çalıştığı platform, logo ve bazı sürüm

bilgilerini içeren bir açılış ekranı çıkacaktır. Açılış ekranının gösterilmesi aşamasında arka planda veritabanı açılır ve gerekli bilgiler yüklenir. Bunun ardından işlev seçim ekranı görülecektir (Şekil 2).



Şekil 2. İşlev Seçim Ekranı.

Yukarıdaki şekilde görülen seçeneklerin açıklamaları aşağıda verilmiştir:

- **Select new or open a project**: Yeni bir çalışmaya başlamak veya mevcut bir çalışma dosyasını açmak için kullanılır. Bu seçeneğin ardından formül seçim ekranı açılacaktır.

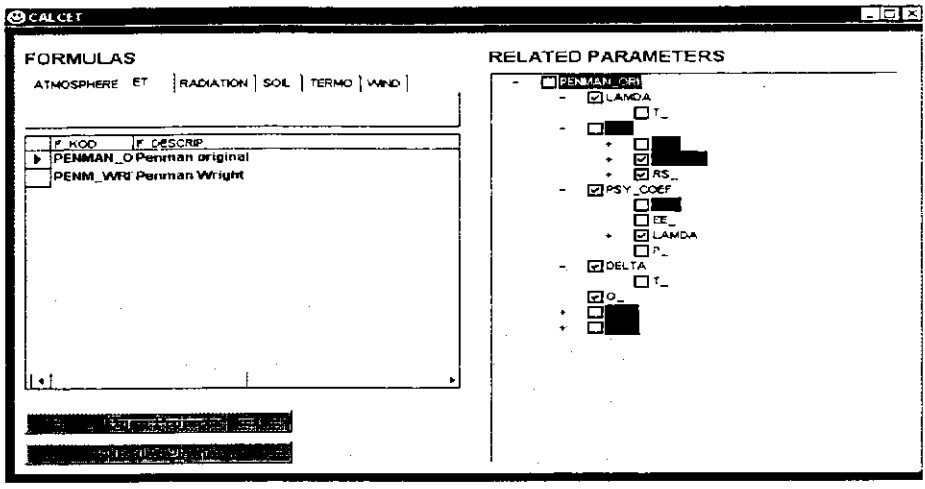
- **Advise Screen**: Kullanıcının elinde olan verilere göre bir yöntem seçememesi durumunda ona yol gösteren bir arabirimi devreye sokar.

- **Parameters and Formulas**: Kullanıcının formül, parametre ve sabitler arşivine müdahale edebilmesi, düzenleyebilmesi, yeni formüller, sabitler veya parametreler ekleyebilmesi için hazırlanmış bir ekrandır.

- **Quit**: Programdan çıkmak için kullanılır

Programın temel mantığı "Formül Seçim ekranı" üzerine oturtulmuştur (Şekil 3). Bu ekran programa girer girmez arka planda hazır vaziyettedir; zira programın kullandığı bazı temel bağlantı ve yüklemeler bu ekranda gerçekleştirilmektedir.

Kullanıcı bu ekran yardımıyla mevcut formül arşivini kategorileştirilmiş olarak görerek analize başlayabileceği gibi, daha önceden kaydettiği bir proje dosyasına da yeniden girebilir. Aşağıdaki Şekil 3, formül seçim ekranını göstermektedir:



Şekil 3. Formül Seçim Ekranı.

CALCET Programı yukarıdaki temel örneklerin yanı sıra, kullanıcının yazılım ayrıntıları ile zaman kaybetmesini engelleyici birçok ara ekrana daha sahiptir. Bunlar genel özellikleriyle aşağıda belirtilmiştir:

Proje Ekranı: Bu ekranda okunan verilerin ve hesaplanan değerlerin bir arada bulunduğu proje dosyası görüntülenir.

Grafik Ekranı: Bu ekranda bir önceki ekrandan seçilmiş olan kolonların grafiği gösterilir.

Formül Önerme Ekranı: Bu ekran, kullanıcının hangi evapotranspirasyon eşitliğinin kendi amacına uygun olacağını bilmemesi durumunda eldeki verilerin çeşidini bilgisayara bildirir. Daha sonra program kulanıcıya bu verilerle kullanılabilecek eşitlikleri listeler.

Parametre, formül ve sabit düzenleme ekranı: Bu ekran, kullanıcının yeni formül, parametre ve sabit girmesi için hazırlanmış çok fonksiyonlu bir ekrandır.

Proje arşiv dosyası: Bu dosya, program dizininde bulunan "DB2" adındaki dosyadır. Daha önceden bulunan veya yeni girilen parametre, eşitlik ve sabitler bu dosya içerisinde saklanır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada evapotranspirasyon hesabındaki karmaşıklığı gidermek amacıyla bir yazılımın geliştirilmesi amaçlamıştır. Evapotranspirasyon hesabının yapılması için oluşturulan çeşitli yöntemler araştırılmış ve bu yöntemlerin bağlı olduğu parametreler arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Evapotranspirasyonu dolaylı hesaplama yöntemlerinin temelleri hakkında bilgi sahibi olunması, kullanıcıda bu yöntemlerin hesap kapsamlarının dışında yer alan beklentilerin oluşmaması açısından önemlidir. CALCET Modeli tasarlanırken bu temel düşünceden yola çıkılmış ve kullanıcıya özellikle evapotranspirasyon hesabında yardımcı olunması ve yanıbaşında kullanılabilir bir formül arşivinin bulunması sağlanmıştır. Programın pratikteki temel çıkış noktası ise, parametreler arasındaki ilişkilerin yazılıma dökülerek kullanılabilir bir arşiv haline gelmesinin, evapotranspirasyon hesabının çözümlenmesinde bir temel teşkil edeceği olmuştur. Bu arşiv içerisindeki parametrelerin kendi aralarındaki ilişkilerin doğrudan bilgisayar koduna dönüştürülmesinin zorluğu, programın esnekliğinin muhafaza edilmesi maksadıyla mümkün mertebe bertaraf edilmiştir. CALCET, hesap kolaylığı sağlamasının yanı sıra, kullanıcıya iyi bir arabirim de sunmaktadır. Çıktılarının diğer yardımcı araçlarla kolayca işlenebilme özelliği de modelin tasarım aşamasında düşünülmüş ve amaçlara dahil edilmiştir. Modelin en dikkat çekici özellikleri ise, ülkemizde evapotranspirasyon hesabı amacına hizmet eden ilk yazılım olması ve modelde başlangıç koşulları talep edilirken yapıcı önerilerin de sunulmasıdır. Bu özellik sayesinde kullanıcıya elinde hangi tipte verinin mevcut olduğu sorulmaktadır. Ardından en uygun yöntem önerilerek optimum zamanda makul çözümlerin üretilmesi yoluna gidilmektedir. Modelin can alıcı bir özelliği de, kullanıcının kendi istediği eşitlikleri oluşturup, bunları arşivdeki mevcut bağıntılarla bütünleştirebilmesinin olabilirliğinin araştırılması olmuştur. Oldukça zahmetli ve uzun bir tasarım aşamasından sonra bu problem de çözülerek CALCET Modeli'nin oldukça orijinal bir yapıya bürünmesi sağlanmıştır. Belirtilen problemlerin çözülmesi sadece amaçlanan hedefin gerçekleştirilmesini değil, hesaplarda kullanılabilen bir formül yönetim uygulamasının da ortaya çıkmasını sağlamıştır. Genel anlamda programın bu ilk sürümünde yukarıda belirtilen temel amaçlardan fazlasına ulaşılmış ve oldukça kullanışlı bir rehber uygulaması da hazırlanmıştır. İleriki sürümlerde birim dönüşümü, tablo desteği, ortam simülasyon ve eksik veri tamamlama gibi modüllerin hazırlanmasıyla modelin daha da zenginleştirilmesi ve kullanışlı bir mühendislik programı haline getirilmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Burman, R. ve L.O. Pochop, "Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data", Elsevier Science, 275 s., 1994.

2. Şaylan, L. , E. Omay ve H.Tatlı, , "Buharlaşma ile ilgili çalışmaların tarihi gelişimi", Tarım ve Orman Meteorolojisi Sempozyumu, İstanbul. İTÜ 21-25, 1998.

3. Burman, R.D., "Intercontinental comparison of evaporation estimates", J. Irrigation and Drainage ASCE (IRI):109-118, 1976.

4. Howell T.A., "Relationships between crop production and transpiration, evapotranspiration, and irrigration, in Irrigation of Agricultural Crops", Monograph no 30, Stewart and Nielson, eds., Amer. Soc. of Agronomy, Madison, WI., 1990.

5. Jensen, M.E., and H.R. Haise, "Estimating evapotranspiration from solar radiation", J.Irrigation and Drainage, ASCE 89:15-41, 1963.

6. Cross M., "Analyzing Requirements", Osborne Prs., 660 s., 1999.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SİRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

YILDIZ(ISTRANCA) DAĞLARI YÖRESİ SU TOPLAMA HAVZALARININ DEBİ DEĞERLERİ

Adile YAMAÇ

İSKİ Genel Müdürlüğü, Aksaray, İstanbul
ayamac@iski.gov.tr

ÖZET

Bir yöredeki debi değerlerinin belirlenmesi su kaynakları plan ve işletilmesi, taşkından korunma, yer altı suyu beslenmesi ve tarım çalışmalarında önemlidir. Bu çalışma da daha önceki çalışmalarda elde edilmiş alansal yağış değerleri kullanılarak Yıldız (Istranca) Dağları bölgesindeki 14 dere havzasının debi değerleri hesaplanmıştır.

GİRİŞ

Tarih boyunca değişik medeniyetlere ev sahipliği yapmış olan İstanbul büyük nüfusu ile Türkiye'nin sosyal, ekonomik, sanayi, ticaret, eğitim , kültür, ve ülke tanıtımı açısından çok önemli bir merkezdir. İstanbul'da hızlı nüfus artışı beraberinde kişi başına düşen su talebinin de hızla artmasına sebep olmuştur. Bu nedenle artan su ihtiyacını karşılamak için su kaynaklarının geliştirilmesi yönünde projeler yapılmaktadır.

İSKİ tarafından İstanbul'a su temini için ilave su kaynaklarının yerlerinin, türlerinin, miktarlarının belirlenmesi ve taşınma su için gerekli olan alt yapı çalışmaları yapılmaktadır. Yıldız (Istranca) Dağları bölgesi de bu çalışma alanlarından biridir.

Yıldız Dağları bölgesi Terkos Gölü'nün doğusundan başlayarak Karadeniz'e 15-25 km'lik paralel bir şerit halinde İstanbul, Tekirdağ ve Kırklareli illerinin bazı bölümlerini kapsayarak Bulgaristan sınırına kadar uzanmaktadır. Bu bölge yaklaşık olarak 1300 km^2'lik bir alana yayılmıştır.

Çalışmamızı aktarmaya geçmeden önce bölgenin iklim ve özellikle yağış durumundan biraz bahsedelim. Yıldız Dağları bölgesi yazları serin, kışları oldukça sert, yağışları bol olan Karadeniz kıyıları ile yazları sıcak, kışları sert, yağışları daha kıt olan iç kısımları ayrılır.

Bir yerin ikliminin belirlenmesi için bölgenin çeşitli yerlerine yerleştirilmiş olan meteoroloji istasyonları vasıtası ile yağış, sıcaklık, nemlilik, buharlaşma, vb. temel meteorolojik değişkenlerin zaman rasatlarının yapılması ile mümkündür. Bu çalışmada özellikleri Çizelge 1'de gösterilen 14 adet meteoroloji istasyonunda yapılan ölçümler esas alınmıştır.

Çizelge 1. Bölge meteoroloji istasyonları

Sıra No	METEOROLOJİ İSTASYONUN ADI	İŞLETEN KURUM	İSTASYON KOTU (m)	GÖZLEM PERİYODU	GÖZLEM SÜRESİ (yıl)
1	**Çatalca**	DMİ	170	1964-1992	27
2	**Çorlu**	DMİ	183	1937-1994	58
3	**İğneada**	DMİ	20	1950-1990	41
4	**Kıyıköy**	DMİ	20	1959-1990	33
5	**Pınarhisar**	DMİ	190	1930-1994	61
6	**Demirköy**	DMİ	300	1957-1980	24
7	**Kırklareli**	DMİ	235	1930-1994	53
8	**Üsküp**	DMİ	300	1965-1981	27
9	**Sergen**	DMİ	450	1966-1981	15
10	**Vize**	DMİ	210	1958-1985	28
11	**Kofcaz**	DMİ	665	1964-1989	25
12	**Saray**	DMİ	140	1957-1981	24
13	**Çerkezköy**	DMİ	160	1964-1993	28
14	**Karacaköy**	DMİ	50	1964 -1981	16

Bu istasyonların hemen hepsinde yağış rasatları bulunmasına rağmen sıcaklık, nemlilik. buharlaşma gibi değişkenler bazı istasyonlarda mevcuttur. Klimatolojik istasyon olan Kırklareli'nde yağışa ek olarak nisbi nem, rüzgar, buharlaşma ve sıcaklık; Çorlu'da nisbi nem, sıcaklık ve rüzgar; Karacaköy, Pınarhisar, Saray ve Demirköy'de nisbi nem ve sıcaklık değerleride ölçülmektedir. (Yamaç, 1996)

Marmara Bölgesi genel anlamda Akdeniz ikliminin etkisi altındadır (Şen ve Kadıoğlu, 1995). Fakat, kışın sıcaklık Akdeniz kıyılarındaki kadar yüksek değildir ve kar yağışları görülür. Yazları da Akdeniz kıyıları kadar çok sıcak değildir. Yazın kuraklık, Akdeniz kıyılarına göre daha kısa ve hafif geçer. Bölgenin Karadeniz kıyılarında, özellikle Anadolu yarımadasında, yağışlar daha fazladır. Trakya'nın iç kesimlerine batıya ve Balıkesir-Bursa'ya doğru gidildikçe kara iklimi etkileriyle karşılaşılır. Buralarda kışlar daha soğuk ve karlıdır; yazlar ise daha kuraktır.

ALANSAL YAĞIŞ

Çizelge 1'de belirtilen istasyonların aylık ortalama yağışlarını esas alarak Kriging yönteminin uygulanması ile alansal yağış haritaları elde edilmiştir. Bu haritalardan Şekil 1'de Ocak ve Ağustos ayları örnek olarak verilmiştir.

Aylık haritaların incelenmesi sonucunda bu yörede en fazla yağış alan yerlerin Saray ve bilhassa Ocak ve Şubat aylarında da Sergen olduğu anlaşılır. Alansal olarak yağışlar en fazla Aralık Ocak ve Şubat aylarında düşmektedir. Tüm aylarda Karadeniz kıyılarından içerilere doğru gidildiğinde yağış miktarlarında azalmalar olduğu görülmektedir. Bu azalmalar kıyıya yakın yerlerde orografik olarak Yıldız dağlarının tesiri ile kısa mesafelerde oldukça fazla artışlara, kıyıdan uzak yerlerde ise uzun mesafelerde çok yavaş azalışlara sahiptirler. Bunun esas sebebinin Yıldız dağları dizisinin kuzeyden gelen nemli havaya açık bulunmasıdır. Bunun sonucu olarak ta Yıldız dağlarının kuzey

yamaçlarının yağışlarının topografik eğim dolayısı ile büyük bir kısmının akışa geçerek yeraltı su kaynaklarını besleyecek vakti olmayacak bir şekilde Karadenize değişik ırmaklar vasıtası ile akmasıdır. İşte bu boşa akışları faydalı duruma dönüştürebilmek için İSKİ tarafından bu yörede çeşitli barajların inşaa edilmesi ile ilave suların kazanılarak Terkos gölüne oradan da İstanbul su şebekesine ulaştırılmasına başlanmıştır.

YÖNTEM

Debi birim zamandaki suyun hacmi olarak kısaca tanımlanabilir. Dere havzaları için debi

$$Q = CIA$$

formülü ile hesaplanmaya çalışılmıştır.

C akış katsayısı değeri olup zeminin geçirimliliği ile ilgilidir. Zeminin geçirimliliği ne kadar büyük ise C o kadar küçüktür. Akış katsayısı 0 ile 1 arasındadır. Bunun 1'e eşit olması halinde zemin tamamen geçirimsizdir, (Hidrometeoroloji ders notları, 1994). C akış katsayısı zeminin ıslak veya kuru olmasına göre değişir. Eğer yağmur ıslak zemin üzerine düşmüş ise değeri büyük, kuru zemin üzerine düşmüş ise kayıplar fazla ve C küçük olacaktır. Zeminin ıslak veya kuru olması mevsimle ilgili olduğundan C akış katsayısı mevsimlerin, ayların bir fonksiyonudur. (Muslu, 1999) Bu çalışmada akış katsayısı değeri olarak Durusu havzası için hesaplanmış aylık akış katsayısı değerleri kullanılmıştır, (Şen ve arkadaşları, 1995). Kullanılan C değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Diğer taraftan I ortalama yağış değerini gösterir. Yamaç (1997) tarafından elde edilen ortalama yağış haritalarından her bir dere için aylık olarak I değerleri hesaplanmış ve Çizelge 3'de gösterilmiştir. Bu formülde A havza alanını ifade eder. Yıldız dağlarındaki 14 havza için alan değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Bütün bu değerlerden yararlanarak havzaların aylık debileri yukarıdaki formül ile hesaplanıp Çizelge 5'de sunulmuştur.

SONUÇ

Çalışmada aylık ortalama debi değerlerinin hesaplanabilmesi için bölgeye yakın meteoroloji istasyonlarına ait yağış değerlerinden elde edilen aylık alansal yağış haritaları kullanılmıştır. Haritalardan en fazla yağışların bu dağların Karadeniz'e bakan yamaçlarında ortaya çıktığı ve yıllık olarak bunların miktarlarının ne olduğu tespit edilmiştir.

Kış aylarında artan yağış ile birlikte debi değerleri yükselir en yüksek debi değerleri Aralık ve Ocak aylarında, en düşük debi değerleri ise Temmuz ve Ağustos aylarında görülmüştür. Bu debi değerlerine topografya, bitki örtüsü, yapılaşma gibi faktörler etki eder. Yapılaşma dolayısıyla toplam akış hacmi artar, taban akışı azalır ve akış zamanı kısalır. Yapılaşma sonunda, genel olarak debi artar ve su seviyeleri yükselerek tehlikeli durumların ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Çizelge 6. Debi Değerleri (xM m^3/ay)

HAVZA ADI	TOPLAM DEBİ
MADRA	5,01
BULANIK	41,4
YAVUZ	13,9
ELMALI	3,6
PANAYIRDERE	3
PAPUÇ	47,6
KAZAN	80,2
S. BAHÇE	12,9
ÇİLİNGOS	13,3
KUZULU	8,4
DÜZDERE	2,8
ERİKLİ	2
ÇAVUŞ	9,3
BALABAN	54,7
	298,1

Bölgeden Yaklaşık olarak 298,1 M m3 su alanabileceği tahmin edilmektedir. Bulanık, Kazan – Pabuç ve Balaban havzalarında debi değerleri diğer havzalara göre daha yüksektir. Bu havzalar su potansiyeli bakımından önemli havzalardır.

KAYNAKLAR

1. Şen, Z., Kadıoğlu, M. ve Sırdaş S., 1995. İstanbul Su Toplama Havzaları Yağış - Akış Katsayısı Çokgeni (YAKAÇ). İstanbul ve Cıvarı Su Kaynakları Sempozyumu, 201 - 205.
2. Şen, Z., 1995. Hidrometeoroloji Ders Notları
3. Yamaç, A., 1997. Yıldız (Istranca) Dağları Yöresi Aylık Yağışlarının Bölgesel Değişimi, Su Kaynaklarının Korunması ve İşletilmesi Sempozyumu, 209 – 219
4. Yamaç, A., 1996. Yıldız Dağları Bölgesi Kuraklık Analizi – Bitirme Çalışması

Çizelge 4. Havza Alanları (km^2)

HAVZA ADI	ALAN
MADRA	20
BULANIK	164
YAVUZ	55
ELMALI	14,5
PANAYIRDERE	12
PAPUÇ	186
KAZAN	314
S. BAHÇE	48
ÇİLİNGOS	50
KUZULU	31
DÜZDERE	10,5
ERİKLİ	7,5
ÇAVUŞ	37
BALABAN	225

Çizelge 5. Debi Değerleri ($x10^3$ m^3/ay)

HAVZA ADI	OCAK	SUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
MADRA	936	761,6	724,2	340	263,2	193,2	107,4	91,2	136,5	379,8	410	666,5
BULANIK	7970,4	6612,5	5854,8	2899,5	2296	1622	841,3	688,8	1108,6	2848,7	3198	5465,3
YAVUZ	2623,5	2156	2075,7	953,7	739,2	550,3	287,4	234,3	353,9	950,4	1072,5	1892,6
ELMALI	672,1	552,16	562	246,5	190,8	143,4	76,5	63,1	92,4	254,5	291,5	501,2
PANAYIRDERE	567	450,24	477,4	199,9	159,6	118,7	63,8	52,6	77,22	213,8	244,8	416,6
PAPUÇ	9207	7291	7209	3225	2656	2032	940	748,7	1197	2863	3515	6689
KAZAN	15826	12309	12011	5445	4484	3430,5	1587	1281	2000	4747,7	5934,6	11145,4
S. BAHÇE	2430	1720,32	1958,4	1093,4	725,8	529,9	255,4	241,9	327,6	816,5	1065,6	1770,7
ÇİLİNGOS	2554	1792	2014,5	969	756	534,8	266	252	347,8	864	1120	1852,3
KUZULU	1590	1180,48	1264,8	579,7	464,4	336,9	166,4	160	217,6	535,7	706,8	1158
DÜZDERE	543,4	405,7	449,8	190,8	152,9	113,5	53,4	54,2	71,3	181,4	242,6	390,6
ERİKLİ	374,6	273	309,8	140,3	111,3	80,6	39,2	37,4	52,7	128,3	168	281,3
ÇAVUŞ	1731,6	1533,3	1283,2	679,3	518	383	186,3	142,1	245,3	606,1	688,2	1233
BALABAN	10530	9324	7344	4284	3402	2484	1079,4	756	1404	3219,8	3780	7114,5

Çizelge 2. Akış Katsayısı Değerleri

HAVZA ADI	OCAK	SUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
DURUSU	0,45	0,56	0,51	0,34	0,28	0,23	0,19	0,12	0,13	0,18	0,2	0,31

Çizelge 3. Ortalama Yağış (mm)

HAVZA ADI	OCAK	SUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
MADRA	104	68	71	50	47	42	28,25	38	52,5	105,5	102,5	107,5
BULANIK	108	72	70	52	50	43	27	35	52	96,5	97,5	107,5
YAVUZ	106	70	74	51	48	43,5	27,5	35,5	49,5	96	97,5	111
ELMALI	103	68	76	50	47	43	27,75	36,25	49	97,5	100,5	111,5
PANAYIRDERE	105	67	78	49	47,5	43	28	36,5	49,5	99	102	112
PAPUÇ	110	70	76	51	51	47,5	26,6	33,5	49,5	85,5	94,5	116
KAZAN	112	70	75	51	51	47,5	26,6	34	49	84	94,5	114,5
S. BAHÇE	112,5	64	80	67	54	48	28	42	52,5	94,5	111	119
ÇİLİNGOZ	113,5	64	79	57	54	46,5	28	42	53,5	96	112	119,5
KUZULU	114	68	80	55	53,5	47,25	28,25	43	54	96	114	120,5
DÜZDERE	115	69	84	54	52	47	26,75	43	52,25	96	115,5	120
ERİKLİ	111	65	81	55	53	46,75	27,5	41,5	54	95	112	121
ÇAVUŞ	104	74	68	54	50	45	26,5	32	51	91	93	107,5
BALABAN	104	74	64	56	54	48	25,25	28	48	79,5	84	102

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Istranca Bölgesi İçin Yağış ve Akışın İstatistiksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Sevinç Sırdaş[1] ve Zekai Şen[2]

[1] İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü,
80626, Maslak-İSTANBUL
sirdas@itu.edu.tr
[2] İTÜ İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı,
80626, Maslak-İSTANBUL
zsen@itu.edu.tr

ÖZET

Giderek artan nüfus ve endüstrileşme hareketleri sonucunda bugün için İstanbul şehrinin var olan su sorununun gerekli ilave kaynakların getirilememesi durumunda daha da artacağı bilinmektedir. İstanbul il sınırları dahilinde mevcut olan yüzeysel ve yeraltı sularından ilave katkıların alınması zamanı geçmiştir. Özellikle yüzeysel suların il sınırları dahilinde Avrupa yakasında Terkos, Büyükçekmece ve Alibeyköy Asya tarafında ise Elmalı, Ömerli ve Darlık barajları ile toplandığı bilinmektedir. Bu barajların bir anlık için toplam kapasiteleri 600 Milyon m^3 kadardır. Halbuki bugün için bile şehire günde en azından 1.5 milyon m^3 suyun verilmesinin gerekli olduğu düşünülürse % 40'lara varan kaçaklarlabu yüzeysel ve hacimlerinin az da olsa kurak geçebilecek zamanlarda İstanbul'un talebini karşılayamayacak durumlara düşmesi beklenir. İşte böyle durumların ortaya çıkmasına karşı koymak üzere İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından şehir sınırları dışında yüzeysel su kaynaklarının İstanbul'a taşınması için değişik proje ve bunların uygulamaları ortaya konulmuştur (Şen, 1996).

İstanbul ülkemizin en kalabalık ve gelişmiş kentidir; bu nedenle birçok soruna sahiptir. Bunlardan en önemlisi ise bugün tüm dünyanın birinci sorunu olan su problemidir. Bu nedenle yetkililer mevcut bütün kaynakları değerlendirmek ve kullanmak amacındadır. Bu çalışmada da mevcut kaynaklardan olan Yıldız (Istranca) Derelerinin durumu incelenmiştir. Ön çalışma olarak Akış ve yağış için gerekli istatistiksel hesaplamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yağış; Akış; İstatistiksel; Istranca Bölgesi; İSKİ.*

ABSTRACT

Increase in the population and expansion in the industrialization continue steadily and if additional water resources are not transferred to Istanbul there might be water shortages in the future. Unfortunately, water intakes from assisting surface reservoirs within the city municipal borders are not riffrenent. Besides, ground water has already been exceedingly exploited and at planes due to pollution they are already last far water usage's for domestic or industrial purposes. Although esırting sizes surface water reservoirs such as Terkos, Büyük Çekmece and Alibeyköy on the European side and Ömerli, Elmalı and Darlık dams on the Asian side have all together about 600 Mm^3 existing total capacity of course, during the course of a year more than this amount is collected and distributed from these size reservoirs. Daily about 1.5 Mm^3 of water is transferred to city by pipe line network. Unfortunately, for the time being it is known that almost 40% of this amount is lost either by leahages from the pipes as by illegal usage. It is wisely decided that for the last 15 years various projects are proposed and most of them are actually completed or under constinction either for increasing the water supply from distant regions or to reduce the leakage. In this study, the statistical parameters about rain fall and surface flow are obtained following the aforesaid faints studies.

Key Words: *Precipitation; Flow; Statistical; Istranca Region; İSKİ.*

1.GİRİŞ

İstasyondaki aylık kurak ve sulak sürelerin istatistiksel özelliklerinin belirlenmesi oradaki su kaynaklarının en iyi plan, tasarım ve işletmesini yapılabilmesinde büyük faydalar sağlar. Bunu görebilmek için istasyonlardaki aylık yağış serilerinin aritmetik ortalama, en büyük değer (max), en küçük değer (min), ortanca değer (median), en sık değer (mod) ve standart sapma (stdev ve stdevp) istatistiklerinin çıkarılarak çizelge halinde sunulması gerekmektedir.

Bu durumda dağılım fonksiyonunun başlıca özelliklerini bir veya birkaç büyüklükle belirlemek istediğimiz zaman dağılımın parametrelerini kullanırız. Bu parametreler dağılımın şu özelliklerinden birini ifade eder:

1. Merkezsel değeri (rastgele değişkenin çeşitli gözlemlerde alabileceği değerlerin çevresinde kümelendiği değeri),
2. Merkezsel değer çevresindeki yayılmayı
3. Olasılık yoğunluk fonksiyonunun çarpıklığını
4. Olasılık yoğunluk fonksiyonunun düz veya sivri oluşunu (Bayazıt, 1991).

Linsley (1970), Chow (1988) ve Bayazıt (1981)' i takiben, bu veriler için k'ıncı mertebeden istatistik moment:

$$m_k = \int_{-\infty}^{+\infty} x_k.p(x).dx \qquad (1)$$

olarak verilebilir. $x = m_1$ noktası etrafında alınan momentlere merkezsel istatistik moment denir. Böylece k'ıncı mertebeden merkezsel istatistik moment:

$$m'_k = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_1)^k.p(x).dx \qquad (2)$$

olur. 1. mertebeden istatistik moment, bir rastgele değişkenin merkezsel değerini gösterir. Bu aritmetik ortalama ile eşdeğer olup beklenen değer adını alır.

$$\mu_x = E(x) = m_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} x.p(x).dx \qquad (3)$$

Dağılımın merkezsel değerini ifade etmek için en çok kullanılan parametre budur. 2. dereceden merkezsel moment olan varyans rastgele değişkenin aldığı değerlerin ortalama değer etrafında yayılmasını ölçer:

$$Var(x) = m'_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu_x)^2.p(x).dx \qquad (4)$$

Varyansın büyük olması değişkenin ortalama çevresindeki yayılmasının büyük olduğunu gösterir.

$$C_v = s_x / \mu_x \qquad (5)$$

Bazı problemlerde sadece ortalama ve standart sapmayı bilmek rastgele değişkenin dağılımı hakkında hüküm vermek için yeterli olur.

$$C_s = m'^3 / s_x^3 \qquad (6)$$

3. mertebeden merkezsel moment olan çarpıklık (skewness), verinin sahip olduğu dağılımındaki simetriden sapmanın bir ölçüsüdür. Normal dağılıma uyan veriler için çarpıklık katsayısı 0' dır. Eğer dağılımın ortalamadan büyük değerleri tarafında daha uzun bir kuyruk var ise bu dağılımın pozitif bir çarpıklığa sahip olduğu söylenir.

Cs=0 ise olasılık fonksiyonu simetriktir, Cs > 0 ise sağa, Cs < 0 ise sola doğru çarpıktır. Çarpıklık bazen Pearson katsayısı ile de ifade edilir.

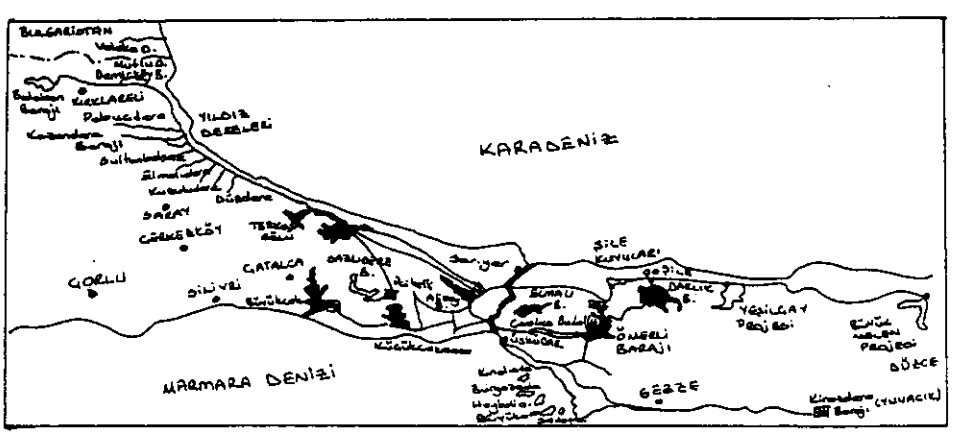
$$C_p = (\mu_x - x_m) / s_x \qquad (7)$$

Örnekteki eleman sayısının büyük olması halinde çeşitli istatistiklerin örnekleme dağılımları normal dağılıma yaklaşır. Ortalamanın örnekleme dağılımının varyansı s_x^2/N , varyansın örnekleme dağılımının varyansı $2\ s_x^2/N$ olur (Bayazıt, Şen ve Avcı, 1991).

2. UYGULAMA

2.1. Yağış

Bu çalışmada çalışılan bölgedeki meteoroloji istasyonlarının listesi Tablo 1.'de verilmiştir. Ayrıca çalışmada ondört yağış istasyonuna ait istatistiksel parametreler aylık olarak elde edilmiştir ve bunlar Tablo 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yıldız (Istranca) Derelerinin konumları (Eroğlu ve Şen, 1995).

Çalışma yerleri yağış alanlarının içinde ve çevresindeki su biriktirme haznelerinin konumları Şekil 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Yıldız (Istranca) bölgesinde çalıştırılan meteoroloji istasyonları (Üçer, 1995).

Sıra No	METEOROLOJİ İSTASYONU ADI	İŞLETEN KURUM	İSTASYON KOTU	GÖZLEM PERİYODU	GÖZLEM SÜRESİ (yıl)
1	Çatalca	DMİ	170	1964-1992	27
2	Terkos	DSİ	15	1962-1992	31
3	Sisliobа	DSİ	40	1966-1991	28
4	Çorlu	DMİ	183	1937-1994	58
5	İğneada	DMİ	20	1950-1990	41
6	Boğazköy	DSİ	90	1965-1993	29
7	Kıyıköy	DMİ	20	1959-1990	33
8	Pınarhisar	DMİ	190	1930-1994	61
9	Demirköy	DMİ	300	1957-1980	24
10	Kırklareli	DMİ	235	1930-1994	53
11	Üsküp	DMİ	300	1965-1981	27
12	Armağan	DSİ	395	1966-1994	29
13	Sergen	DMİ	450	1966-1981	15
14	Dereköy	DMİ	480	1964-1991	29
15	Vize[1]	DMİ	210	1958-1985	28
16	Kofcaz	DMİ	665	1964-1989	25
17	Ayvacık	DSİ	200	1970-1991	25
18	Yukarıhisar	DMİ	395	1967-1994	27
19	Saray	DMİ	140	1957-1981	24
20	Çerkezköy	DMİ	160	1964-1993	28
21	Binkılıç	DSİ	180	1968-1992	26
22	Karacaköy	DMİ	50	1964 -1981	16

2.1.1. Aylık Yağış Verileri ve Tektürlülüğü (Homojenliği)

Çalışma bölgesinde yapılmış olan bütün yağış değerlerinin zaman içinde insandan kaynaklanan bir değişime uğrayıp uğramadıkları tespit edilmelidir. Bunun için "parçalı ortalamalar " ve "gidişler" yöntemleri kullanılmıştır. Her bir yağış verisi üç eşit kısma bölünerek bunların ortalama ve standard sapma değerleri Tablo 2.'de gösterilmiştir. Aynı tablonun dördüncü sütununda ise ortalamalar arasındaki en büyük farklılıkların izafi hataları gösterilmiştir. Bu hataları % 10'dan küçük olması hallerinde o parametre açısından yağış verilenlerinin tek tür yani homojen veya çok tür olduğu sonucuna varılmıştır. Varılan sonuçlar aynı tablonun son sütununda belirtilmiştir.

Tablodanda görüldüğü gibi 19 değer %10'dan büyük, 23 değer ise %10'dan küçüktür. Bunun yanında veri serisi 3 eşit parçaya bölündüğünde elde edilen ortalama (ort.) ve standart sapma (st.sapma) parametreleri farklılıklar göstermektedir budurumda verinin tektür olmadığını kanıtlamaktadır. Aynı verilerin bu sefer gidişler yöntemiyle tektürlülüğün tahkik edilmesi Tablo 3.'de gösterilmiştir. Burada yağış serileri medyan (ortanca değer) seviyesinde kesilerek sulak (fazlalık) ve kurak (eksiklik) devrelerinin sayıları tespit edilmiştir.

Tablo 2. Ortalamalar yöntemi ile tektürlülük.

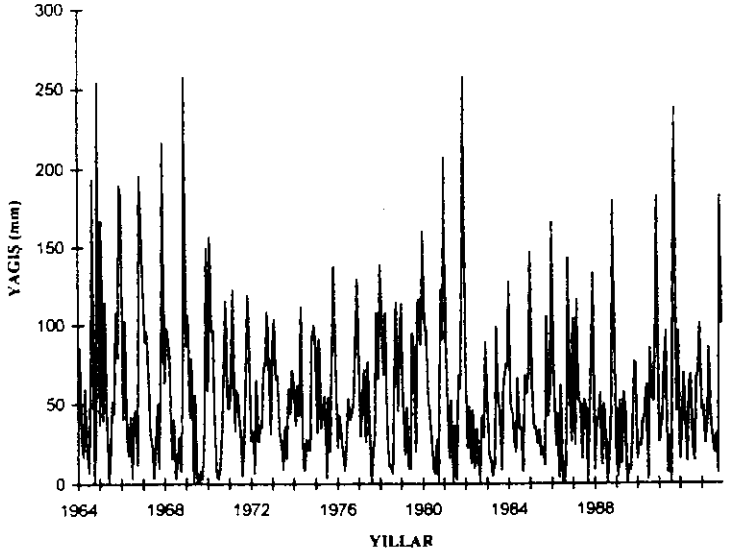
İSTASYON	İLK		ORTA		SON		RELATİF HATA		
ADI	ort.	st. sapma	ort.	st.sapma	ort.	st.sapma	ilk-orta	ilk-son	orta-son
ÇATALCA	60.99	54.08	55.81	44.23	52.47	44.35	8	14	6
ÇERKEZKÖY	47.51	40.10	50.47	36.06	45.39	35.16	6	4	10
ÇORLU	48.92	41.38	46.33	36.66	45.36	35.09	5	7	2
DEMİRKÖY	69.11	56.68	63.98	54.62	67.73	47.34	7	2	6
İĞNEADA	69.07	63.09	66.24	48.57	69.16	58.02	4.1	0.14	4.23
KARACAKÖY	80.32	72.74	72.53	50.76	76.26	52.66	10	5	5
KIRKLARELİ	44.19	35.18	50.97	41.08	33.07	32.35	13	25	35
KIYIKÖY	65.45	60.24	68.68	52.96	67.10	57.22	5	2	2
KOFCAZ	59.75	43.62	61.04	42.05	48.85	37.17	2	18	20
PINARHİSAR	52.50	42.27	52.69	40.98	41.26	28.84	0.4	21.4	21.7
SARAY	58.26	42.59	69.22	51.38	100.72	68.11	16	16	31
SERGEN	75.39	57.13	64.96	38.85	56.30	42.92	14	25	13
ÜSKÜP	55.33	42.71	53.83	40.02	43.98	36.87	3	21	18
VİZE	60.64	53.82	43.11	33.06	39.97	34.58	21	34	17

Tablo 3. Gidişler yöntemiyle tektürlülük

İSTASYON	İSTATİSTİK PARAMETRELER						GİDİŞ SAYISI	
ADI	max	mod	ort.	medyan	min	st.sapma	sulak	kurak
ÇATALCA	258.0	0.00	56.42	45.25	0	47.90	70	70
ÇERKEZKÖY	194.6	35.6	47.79	38.2	0	37.23	65	60
ÇORLU	308.2	33.7	46.87	37.75	0	37.83	126	128
DEMİRKÖY	269.8	41.0	66.94	51.7	0.1	23.07	53	54
İĞNEADA	335.7	26.2	68.15	51.30	0	56.89	49	51
KARACAKÖY	354.6	0.00	76.37	62.35	0.0	59.64	37	36
KIRKLARELİ	232.0	0.00	42.75	33.30	0.0	37.13	155	156
KIYIKÖY	310.6	2.20	67.07	49.95	0.0	56.90	65	68
KOFCAZ	275.0	9.30	56.55	49.30	0.0	41.40	68	67
PINARHİSAR	227.0	36.9	48.82	41.40	0.0	38.23	144	158
SARAY	227.8	-	76.07	58.65	2.0	57.92	15	16
SERGEN	260.9	40.5	65.55	56.85	0.0	47.58	33	40
ÜSKÜP	223.0	0.00	51.05	42.20	0.0	40.25	58	68
VİZE	303.0	0.00	49.61	38.55	0.0	42.43	81	78

2.1.2. Yağışın Zaman Özellikleri

Bir yerdeki su kaynaklarının incelenmesi yapılırken en fazla göz önünde tutulması gereken nokta orada kaynak sağlayan yağışların geçmiş kurak ve sulak devrelerini özelliklerinin bilinmesidir (Şekil 2.). Diğer istasyonlara ait zaman serileri Sırdaş (1996) tez çalışmasında verilmiştir.



Şekil 2. Çatalca istasyonuna ait yağış (mm) zaman serisi.

Ortalama sulak ay yağmuru : Havzanın ardışık olarak en fazla yağış aldığı 2 veya daha fazla aylardaki aylık ortalama yağışa eşittir. Mevcut aylık yağış serilerinin incelenmesi ile en fazla yağış alan ayların ortalaması bulunabilir. Eğer 10 yıl boyunca her bir yılda en fazla yağış Ocak ,Şubat , Ocak ,Ocak ,Ocak ,Şubat ,Şubat ,Ocak ,Ocak ayları ise bunun anlamı ortalama olarak Ocak ve Şubat aylarının daha fazla sıklıkla yağış almaları sebebiyle en fazla yağış alan aylar olarak vasıflandırılması gerekir. Böylece oratalama sulak ay yağmuru olarak da 10 yıl boyunca olan Ocak ve Şubat aylarının yağışlarının ortalaması alınarak bulunur (Tablo 4.).

Ortalama sulak ay yağmuruna benzer olarak yapılan çalışmalarda bu sefer en küçük yağış değerlerinin gözönünde tutulması ile ortalama kurak ay yağmuru hesap edilebilir. Yapılan

çalışmalar sonucunda yukarıda bahsedilen tablolarda en fazla ve en az yağışlı aylar birlikte elde edilmiştir.

Tablo 4. Çatalca meteoroloji istasyonuna ait en fazla ve en az yağışlı aylar ve değerleri.

	EN BÜYÜK		EN KÜÇÜK	
YIL	Yağış (mm)	Ay	Yağış (mm)	Ay
1964	254.6	Aralık	0.0	Ekim
1965	189.8	Aralık	0.9	Haziran
1966	195.8	Kasım	3.7	Temmuz
1967	216.1	Aralık	3.5	Temmuz
1968	257.3	Aralık	3.2	Temmuz
1969	149.2	Aralık	0.0	Ağustos
1970	156.8	Şubat	3.2	Temmuz
1971	122.2	Mart	4.9	Ağustos
1972	108.2	Ekim	6.4	Mart
1973	103.2	Şubat	8.7	Temmuz
1974	111.3	Mayıs	8.0	Temmuz
1975	137.6	Kasım	3.4	Temmuz
1976	129.5	Aralık	8.0	Mayıs
1977	107.5	Kasım	0.0	Ağustos
1978	138.8	Ocak	6.0	Ağustos
1979	116.6	Kasım	9.4	Mayıs
1980	160.6	Ocak	0.9	Ekim
1981	258	Aralık	0.5	Haziran
1992	89.2	Aralık	0.0	Eylül
1983	98.7	Mayıs	4.9	Nisan
1984	127.5	Ocak	7.9	Eylül
1985	147	Ocak	11.6	Eylül
1986	166.5	Ocak	0.0	Ağustos
1987	133.3	Aralık	1.4	Eylül
1988	180.1	Kasım	0.0	Ağustos
1989	76.5	Kasım	0.9	Temmuz
1990	183.2	Aralık	2.8	Temmuz
1991	239	Ekim	0.0	Ağustos
1992	101.1	Aralık	14.1	Nisan
1993	183.4	Kasım	6.6	Eylül

Bir yağış istasyonunda ölçülen yağış yüksekliği zaman içinde önemli değişmeler gösterebilir. Meteorolojik koşulların etkisiyle yağışın yıllık periyodik bileşeni vardır. Bazı bölgelerde yağışların aydan aya büyük değişiklikler gösterdiği, bazılarında ise yıl boyunca oldukça üniform bir dağılım gösterdiği bilinmektedir. Yağışın yıl boyunca değişimi bölgenin su bütçesini etkiler.

Yağışlar yıldan yıla da önemli ölçüde değişebilir. Kurak ve yağışlı yılların dizilişi, akımları düzenleme amacıyla yapılan baraj haznelerinin kapasiteleri üzerinde etkili olur. Istranca bölgesi için yapılan bu tablolardan anlaşılmaktadırki kış aylarında yağış miktarı en

fazla iken yazın ise en değere düşmektedir. Kasım, aralık ve ocak aylarında en büyük yağış değerlerine rastlanmaktadır. Temmuz, ağustos ve eylül aylarında yağış değeri minimuma inmektedir.

2.1.3. Yağışın İstatistik Parametreleri ve Dağılımları

İstasyondaki aylık kurak ve sulak sürelerin istatistiksel özelliklerinin belirlenmesi oradaki su kaynaklarının en iyi plan, tasarım ve işletmesini yapılabilmesinde büyük faydalar sağlar. Bunu görebilmek için istasyonlardaki aylık yağış serilerinin aritmetik ortalama, en büyük değer (max), en küçük değer (min), ortanca değer (median), en sık değer (mod) ve standart sapma (stdev ve stdevp) istatistiklerinin çıkarılarak çizelge halinde sunulması gerekmektedir. Bu çalışmada ondört yağış istasyonuna ait istatistiksel parametreler aylık olarak elde edilmiştir ve bunlar Tablo 5.'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Istranca bölgesinde DMİ'ye ait meteoroloji istasyonları yağış verilerinin aylık istatistiksel değişimleri.

İstasyon Adı	Değişken	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Top.
	ortalama	80.7	62.0	56.4	49.4	36.8	35.7	23.9	28.2	37.6	60.8	88.9	116.9	677.1
	mın	8.7	4.8	6.4	4.9	0.7	0.5	0.9	0.0	0.0	0.0	29.2	26.5	391.7
	max	208.0	166.9	122.2	114.4	111.3	98.7	94.5	85.1	193.8	239.0	195.8	258.0	985.7
ÇATALCA	medyan	71.2	48.1	49.5	43.2	30.6	34.9	17.0	23.3	21.7	55.8	78.0	93.3	673.5
	mod	-	-	-	-	14.1	-	3.2	0.0	44.1	-	-	-	-
	stdev	55.6	40.2	31.9	28.1	26.7	24.8	23.1	25.6	41.9	51.7	45.6	65.0	135.3
	stdevp	54.7	39.5	31.3	27.6	26.3	24.4	22.7	25.2	41.2	50.8	44.9	63.9	133.0
	de.kat	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	1.0	0.9	1.1	0.9	0.5	0.6	0.2
	ortalama	69.7	44.5	45.6	44.0	48.2	46.2	22.5	22.0	26.3	55.0	73.4	76.3	573.5
	mın	8.8	10.2	7.0	8.3	0.0	7.0	1.3	0.0	1.2	0.0	19.8	23.5	430.0
	max	189.9	132.8	109.8	91.0	120.0	159.1	107.7	79.5	147.2	194.6	167.2	179.6	857.9
ÇERKEZKÖY	medyan	59.3	39.3	38.5	39.6	46.5	35.6	14.9	16.5	15.9	44.4	74.2	69.8	550.2
	mod	-	-	-	52.8	-	-	4.5	-	15.1	35.6	37.7	90.1	-
	stdev	50.2	25.9	28.4	23.4	29.0	34.1	23.7	22.8	31.1	41.9	37.5	39.5	102.9
	stdevp	49.2	25.4	27.8	23.0	28.5	33.5	23.3	22.4	30.5	41.1	36.8	38.8	101.0
	de.kat	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	1.1	1.0	1.2	0.8	0.5	0.5	0.2
	ortalama	66.2	49.5	47.2	41.4	46.6	38.2	20.9	22.5	25.5	49.0	74.1	81.5	562.5
	mın	6.1	8.3	7.4	6.9	0.0	0.4	0.4	0.0	0.1	1.1	2.7	10.2	380.8
	max	160.0	128.0	124.0	129.0	140.0	96.4	89.7	308.2	142.9	136.0	187.0	194.0	969.2
ÇORLU	medyan	61.9	43.0	39.2	40.0	45.3	30.5	16.0	9.9	19.1	36.5	66.1	77.7	547.9
	mod	29.5	41.8	16.9	44.5	33.7	55.7	4.2	0.2	0.1	-	50.4	116.0	-
	stdev	38.8	27.7	29.8	24.2	29.6	27.2	21.5	46.0	27.0	32.8	39.7	43.8	118.0
	stdevp	38.4	27.5	29.6	24.0	29.4	26.9	21.3	45.6	26.8	32.5	39.4	43.4	117.0
	de.kat	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	1.0	2.0	1.1	0.7	0.5	0.5	0.2

2.2. Akış

Yeryüzüne düşen yağmur suları, arazinin eğimi istikametinde bir takım su yolları üzerinde akar. Bunlar tabii akış yolları (akarsular) veya suni akış yolları (diren, kanal ve mecralar) olabilir. Meskun bölge drenajında daha ziyade bu ikincisi söz konusu olur. Her iki haldede akan suyun toplandığı bir alan mevcuttur. Bu alan, drenaj alanı, yağış alanı, hidrolojik bölge veya su toplama havzası gibi isimler verilir. Yağış alanı, arazinin en yüksek noktalarını birleştiren bir su ayrım çizgisi ile sınırlıdır. Yıllık akış kayıtlarının, feyazan mevsimi ardışık yıllar arasında bölünmeyecek şekilde değerlendirmek arzu edilir. Bu sebeble 1 Ekim-30 Eylül tarihleri arası su yılı olarak kabul edilir (Muslu, 1993).

Bütün bu çalışmaların sonunda varacak karar noktasında su düzenleme veya biriktirme hazneleri yerlerinin nerelerde olması gerektiği, hazne hacimlerinin ne kadar olacağını ve işletilmeleri esnasında nasıl usullere başvurulacağı sorunlarının cevapları yatmaktadır. Çalışma bölgesinde bulunan akış ölçümü yapan istasyonların konumlarını gösteren harita Şekil 1.'de verilmiştir.

2.2.1. Akışın Zaman Özellikleri

Yıldız dağları regülatörlere ve barajlara ait onaltı tane ortalama aylık verilerden oluşan yirmi yıllık yani 240 aylık akış serileri kartezyen koordinatlarda işaretlenerek zamanla değişimleri incelenmiştir (Şekil 3.). Bu eğriler zamanla akıştaki artma azalışlarını gözler önüne sermektedir. Böylece kolayca 240 ay boyunca nasıl değiştiği artmalar veya azalmalar, kurak veya sulak geçen aylar şeklinde incelenebilmektedir. Zaman serisindeki periyodiklik, trend ve rastgele değişkenle ilgili yorumlar yapılabilir.

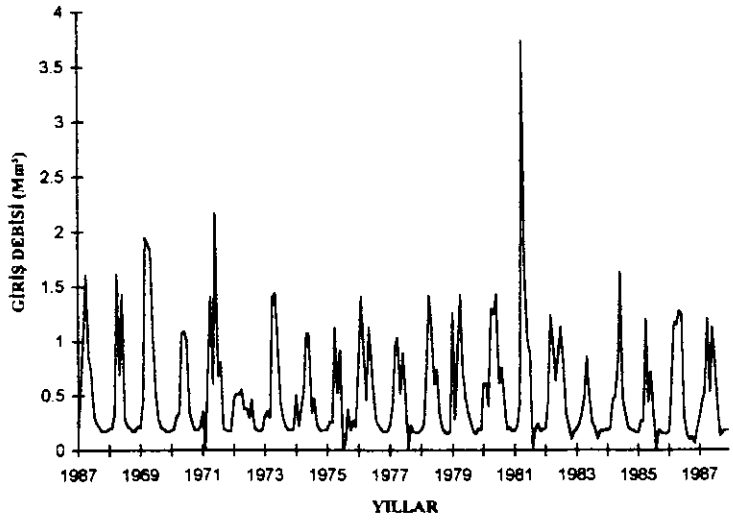
Eksik akış verilerinin tamamlanması, kısa olanların uzatılması veya hiç akım ölçümü bulunmayan yerlere mevcut akım değerlerinin taşınması işlemlerinin tamamlanması gerekir. Çalışma bölgesinde bulunan tesislere ait bu eğriler yardımı ile en kurak aylar ve değerleri ile en kurak yıllar ve değerleri elde edilmiştir ve Tablo 6.'de gösterilmiştir. Bu zaman serilerine ait aylık ve yıllık ortalama değerlerde elde edilmiştir.

Tablo 6. Istranca bölgesindeki barajların ve regülatörlerin en kurak ay ve yıllara ait değerler.

		En Kurak Ay		En Kurak Yıl		Aylık Ortalama	Yıllık Ortalama
DERE ADI	TESİS ADI	Ay	Akım,Yıl (Mm^3)	Yıl	Akım (Mm^3)	Akım (Mm^3)	Akım (Mm^3)
Düzdere	Düzdere Regülatörü	Ağustos	0.06,1986	1983	3.8	0.51	6.19
Kuzulu	Kuzulu Regülatörü	Ağustos	0.13,1985	1983	10.16	1.26	15.18
Çilingos	Çanakçı Regülatörü	Ağustos	0.07,1985	1983	5.24	0.64	7.67
Çilingos	Kovankaya Regülatörü	Ağustos	0.13,1985	1983	14.58	1.78	22.89
Elmalı	Elmalı Regülatörü	Ağustos	0.05,1978	1983	4.52	0.59	7.06
Erikli	Erikli Regülatörü	Kasım	0.01,1977	1972	2.5	0.33	3.97
Sultanbahçe	Sultanbahçe Regülatörü	Ağustos	0.18,1985	1983	13.85	1.71	20.52
Kazan	Kıyıköy 2 Barajı	Ağustos-Eylül	0.49,1965	1983	40.06	5.98	71.82
Pabuç	Kıyıköy 1 Barajı	Ağustos	0.21,1986	1983	24.59	3.76	45.07
Panayırdere	Panayırdere Regülatörü	Ağustos	0.02,1986	1983	2.49	0.39	4.69
Yavuz	Yavuz Regülatörü	Ağustos	0.09,1986	1983	11.33	1.52	18.23
Bulanık	Demirköy Barajı	Ağustos	0.19,1986	1983	21.7	3.36	40.31
Madra	İğneada Regülatörü	Ağustos	0.03,1986	1983	3.96	0.61	7.31
Çavuş	Değirmendere Regülatörü	Ağustos	0.06,1986	1983	6.9	1.06	12.74
Balaban	Balaban Regülatörü	Ağustos	0.14,1983	1983	15.82	2.44	29.27
Balaban	Balaban Barajı	Ağustos	0.31,1983	1983	35.04	5.39	64.63

2.2.2. Akışın İstatistiksel Paremetreleri

Elimizde bulunan mevcut ortalama yirmi yıllık veriler için her bir ayın ayrı ayrı ortalama, en büyük değer (max), en küçük değer (min), ortanca değer (median), en sık değer (mod), standart sapma ve değişim katsayısı gibi istatistiksel parametreler elde edilmiştir (Tablo 7.). Ayrıca bu parametreler akışın zaman serisinden de görsel olarak sezilebilir ve akış verilerinin genel gidişi hakkında bir yargıya varılabilir (Şekil 3.). Akışın zamanla değişimini gösteren bu şekilden anlaşıldığı gibi uzun yıllara ait veriler genellikle düşük değerlerde akış meydana gelmekte, büyük akış değerleri ise daha az görülmektedir. Verilerin dağılım fonksiyonunun normal olmadığı beta veya lognormal olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 3. Düzdere Regülatörü giriş akımları (Mm^3) zaman serisi.

Tablo 7. Istranca bölgesindeki tesislerinin akış (Mm^3) verilerinin istatistiksel parametreleri.

DERE ADI	Paramatreler	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık
	ortalama	0.3	0.4	0.7	1.2	0.9	1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	6.09
	min	0.2	0	0.3	0.3	0.4	0.4	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	3.7
	max	1.3	1.4	1.9	3.7	1.8	2.2	1.1	0.8	0.5	0.2	0.3	0.2	8.92
Düzdere	medyan	0.2	0.3	0.5	1.2	0.9	1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	6
	mod	0.2	0.2	-	1.6	0.9	1.4	0.3	0	0.2	0.2	0.2	0.2	-
	stdev	0.3	0.3	0.4	0.7	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	1.44
	stdevp	0.3	0.3	0.4	0.7	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0	0	0	1.41
	de.kat	1	0.75	0.57	0.58	0.44	0.4	0.6	0.67	0.5	0	0	0	0.23
	ortalama	0.86	1.17	1.72	2.59	2.2	2.39	1.39	1.04	0.63	0.39	0.4	0.39	15.18
	min	0.3	0.49	0.74	1.04	1.13	1.16	0.73	0.44	0.25	0.19	0.13	0.17	10.16
	max	2.78	2.98	3.67	5.45	3.52	3.94	2.6	2.02	1.13	0.7	0.89	0.62	19.31
Kuzulu	medyan	0.5	1.07	1.36	2.69	2.14	2.42	1.25	0.96	0.55	0.39	0.37	0.4	14.98
	mod	0.4	0.51	1.25	3.26	2.49	3.02	-	-	0.54	0.38	0.36	0.36	-
	stdev	0.66	0.64	0.86	0.99	0.66	0.7	0.55	0.43	0.22	0.12	0.18	0.11	2.64
	stdevp	0.64	0.63	0.84	0.97	0.65	0.68	0.53	0.42	0.22	0.12	0.17	0.11	2.58
	de.kat	0.74	0.53	0.49	0.37	0.3	0.29	0.38	0.4	0.35	0.29	0.43	0.27	0.17
	ortalama	0.42	0.57	0.87	1.24	1.1	1.22	0.77	0.53	0.31	0.21	0.19	0.21	7.64
	min	0.15	0.02	0.33	0.31	0.57	0.59	0.44	0.22	0.16	0.1	0.07	0.09	5.3
	max	1.41	1.51	1.86	2.76	1.89	2	1.88	1.02	0.7	0.38	0.4	0.32	9.58
Çilingos	medyan	0.25	0.6	0.74	1.33	1.08	1.23	0.7	0.48	0.28	0.2	0.18	0.2	7.46
	mod	0.2	0.26	0.63	1.65	1.26	1.12	0.51	0.47	0.25	0.21	0.18	0.18	-
	stdev	0.33	0.37	0.39	0.53	0.39	0.36	0.35	0.22	0.13	0.07	0.07	0.06	1.29
	stdevp	0.32	0.36	0.38	0.52	0.38	0.35	0.34	0.22	0.13	0.07	0.06	0.06	1.26
	de.kat	0.76	0.62	0.44	0.42	0.34	0.29	0.44	0.41	0.41	0.34	0.33	0.27	0.17

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yağış verileri ile ortalama yirmi yıllık aylık yani 240 tane değerin örnek fonksiyonları çizilmiştir. Elde mevcut bu veriler yardımı ile yağışın genel gidişi, en fazla ve en az yağışın hangi aylarda görüldüğü, genel serideki en büyük ve en küçük yağışın yani uç (ekstramum) değerlerin ne zaman gözlendiği bu seriler yardımı ile kolayca tesbit edilebilmektedir. Yağış miktarı ihtiyacın üstünde olduğunda sulak, altında olduğu zamanlar ise kurak diye tabir ettiğimiz gidişlerin genel durumu da incelenmiştir. İnceleme yapılan 14 meteoroloji istasyonu için elde edilen zaman serilerindeki sulak ve kuak gidişlerin sayılması sonucu sulak gidişlerin 1019, kurak gidişlerin ise 1050 tane olduğu tesbit edilmiştir.

Yağış alanının akış yukarısına kışın düşen yağışlar bazen kar şeklinde kısa bir süre erimeden kalabilmektedir. Bu nedenle, kış ve ilkbahar mevsimi akımlarında az da olsa karın akıma katkısı vardır. Bölgedeki hidrometri istasyonlarında gözlenmiş taşkınlar kış ve ilkbahar aylarında meydana gelmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda en yağışlı aylar Kasım, Aralık ve Ocak, an az yağışlı aylar ise Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır. Yağış için söz ettiğimiz zaman serileri akış verileri içinde bulunmuştur. Bunlar ortalama 240 aylık yani 20 yıllık verilerdir. Akış verilerinin genel gidişi aylık, mevsimlik ve yıllık değişimler bu zaman serileri yardımı ile kolayca gözlenmektedir. Ayrıca meydana gelebilecek uç (ekstramum) değerlerin yanında belirli bir ihtiyaç seviyesinde kesilen veriden büyük olan sulak veya küçük olan kurak gidişlerin tesbit edilmesi mümkündür. Yukarıda yağış ve akış verileri içinde söz ettiğimiz zaman serileri yardımıyla aşağıda bahsedilen istatistiksel değerler analitik olarakta kolayca tahmin edilebilir. Yapılan incelemeler sonucunda aylık ortalama en büyük akışın 5.98 Mm^3 değeri ile Kazan deresine, yıllık ortalama en büyük akış ise 71.82 Mm^3 değeri ile yine Kazan deresine ait olduğu anlaşılmıştır. Aylık ve yıllık en küçük akım değeri ise 0.33 ve 3.97 Mm^3 değerleri ile Erikli deresine aittir. Bütün 16 dere için akış serilerinin incelenmesi ile en kurak ay Ağustos ve en kurak yıl ise 1983 olarak bulunmuştur. 240 aylık zaman serisi içerisinde en kurak akış 0.01 Mm^3 ile yine Erikli deresine aittir. Bu akım Kasım 1977'de meydana gemiştir. 20 yıllık periyodda en kurak yıllık toplam akış değeri 2.49 Mm^3 olarak 1983 ile Panayırdere'ye aittir. Diğer 15 dereye ait neticeler tez çalışmasında verilmiştir. Böylece herhangi bir amaçla su sağlanmak

istendiğinde bu derelerin mevcut kurak zamanları ve bunun en fazla olduğu yerler tesbit edildiği için bu sonuçlar göz önünde bulundurularak çalışmalara başlanmalıdır.

Çalışmamızda yağış ve akış verilerine ait istatistiksel parametreler bulunmuştur. Bunlar ortalama, en büyük (max) değer, en küçük (min) değer, ortanca (median), en sık (mod), standart sapma (stdevp veya stdev) ve değişim katsayısı gibi parametrelerdir. Bunlar ilerde yapılacak dağılım fonksiyonlarını bulmaya yönelik çalışmalara ışık tutacaktır.

Bütün bu çalışmaların sonunda varacak karar noktasında su düzenleme veya biriktirme hazneleri yerlerinin nerelerde olması gerektiği, hazne hacimlerinin ne kadar olacağını ve işletilmeleri esnasında nasıl usullere başvurulacağı sorunlarının cevapları yatmaktadır (Sırdaş, 1996).

4. KAYNAKLAR

1. Bayazıt, M., Hidroloji. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 270 s, 1981.
2. Bayazıt, M., Z. Şen ve İ. Avcı, Hidroloji Uygulamaları. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 280 s 1991.
3. Chow, V.T., Maidment , D.R. and L.W. Mays, Applied Hydrology. McGraw-Hill., Inc, New York, 1988.
4. Eroğlu, V. ve Şen, Z., İstanbul'un su meselesi ve Çözüm Yolları. İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu 22-25 Mayıs 1995, İstanbul, 1-10, 1995.
5. Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L., Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, Inc., Tokyo, 689 s, 1970.
6. Muslu, Y., Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı .İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 720 s, 1993.
7. Sırdaş, S., "Yıldız (Istranca) Derelerinin Hidrometeorolojik Açıdan İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1996.
8. Şen ,Z., "Yıldız (Istranca) Dağları Derelerinin Kıyıköy-Rezve (Bulgaristan Hududu) arası Hidrolojik Etüdü" (Ara Rapor), İstanbul Büyük Şehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü, İstanbul, 1996.
9. Üçer, "Istranca (Yıldız) Dereleri gelişme kademeleri Hidrolojik ve Hidrolik Etüdleri ile Terkos-İkitelli ile Sazlıdere-İkitelli iletim hattı sisteminde arıtma, depolama,dağıtım etaplarının incelenmesi Ön Rapor", Müşavir Mühendislik A.Ş., Ankara, 1995.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Yıldız (Istranca) Bölgesinde Yagış-Akış Çokgenleri

Sevinç SIRDAŞ[1] ve Zekai ŞEN[2]

[1] İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü,
80626, Maslak-İSTANBUL
sirdas@itu.edu.tr
[2] İTÜ İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı,
80626, Maslak-İSTANBUL
zsen@itu.edu.tr

ÖZET

Yüzeysel su kaynaklarının plan, tasarım ve işletmelerinin yapılmasında en önemli faktör olan akış katsayısının belirlenebilmesi için çok basit ve ilk defa İstanbul bölgesi için uygulanan Yağış-Akış Katsayısı Çokgeni (YAKAÇ) kavramı geliştirilmiştir. Yıldız (Istranca) bölgesindeki dereleri üzerinde kurulmuş olan her bir regülatör için ayrı ayrı geçerli olan uzun yıllara ait yağış ve akış ortalamaları ile akış katsayısı çokgeni grafikleri çıkartılarak gerekli yorumlar yapılmıştır. Çokgen denmesinin sebebi ise böylece elde edilen noktaların bir yılın aylarını izleyecek şekilde ard arda birer doğru ile birleştirilmesi sonunda gelişigüzel çokgenlerin ortaya çıkmasıdır (Şen, 1996). Bu çalışmada olduğu gibi su biriktirme haznelerinin aylık ortalama akış katsayıları ile yıllık global akış katsayıları hesaplanabilir.

Anahtar Kelimeler: *Akış katsayısı; ; Çokgen; YAKAÇ; Regülatör; Yağış; Akış.*

ABSTRACT

On a Cartesian coordinate system the plot of any two different monthly meteorological variables shows a scatter diagram with twelve points. The connection of these points successively by straight lines provide the general appearance of the change between these two meteorological variables. Such scatter diagrams are referred to as the 'Precipitation-Flow Polygons'. These provide valuable means in order to make further interpretations about the rainfall-flow in an area. In general these precipitation-flow polygons are random in appearance but at places they provide rather regular shapes. Such graphics obtained by rising the average values of two variables in a Cartesian coordinate system to indicate a point for common months, are called "Precipitation-Flow Polygon". They are called polygon, because polygons are at random are obtained, when such points will be bound successively by a straight line to follow the months in a year. These polygons are calculated for Yıldız (Istranca) Region.

Key Words: Flow Coefficient; Polygon ; YAKAÇ; Regulator; Precipitation; Flow.

1.GİRİŞ

Su kaynaklarının plan, proje, tasarım, inşaat, işletme ve bakım aşamalarının bilimsel kaidelere göre yapılabilmesinin ilk şartı, havzaya düşen yağışlarının ne kadarının akış haline geçerek biriktirme haznesine ulaşacağının hesap edilmesidir. Bunun için ileri ülkelerin her biri kendi atmosferik, jeolojik, morfolojik, bitki örtüsü ve meteorolojik şartlarını gözönünde tutarak ampirik bir takım formüller veya çizelgeler geliştirilmiştir, (Linsley et al, 1970). Bu formül veya çizelgelerin yerel olduklarına bakılmaksızın maalesef bizim gibi ülkelerde kendisine has çalışmalar yapılmadan tercüme yolu ile bu katsayının değerinin ne olacağı ithal edilmektedir. Bunun sonucu olarak da araştırmacı ve mühendislerimizin yaptıkları çalışmaların çoğunda çarpıklıklar görülmektedir. İşte bu çarpıklıkları giderebilmek ve yaz aylarında su sıkıntısının çekildiği İstanbul su toplama havzalarının yağış sonucu oluşan yüzeysel su akışına olabilecek cevaplarının yerel bilimsel yöntemlerle tespit edilebilmesi için Yağış-Akış Katsayısı Çokgeni (YAKAÇ) kavramı geliştirilerek uygulanmıştır. Burada sunulan yöntem dünyada yapılmış olan önceki çalışmalara benzememektedir. Zira önceki çalışmalarda su toplama havzasının eş yağış eğrilerinin çıkarılmasından ve yüzeysel akış miktarının bilfiil ölçülmesinden sonra akış hacminin bulanarak yağış hacmine bölünmesi sonunda akış katsayısı elde edilmiştir (Şen ve ark., 1995). Buradaki çalışmada ise mühendislik açısından çok pratik olan biriktirme haznesi yakınındaki bir yağış ölçme istasyonundan elde edilen yağış miktarları ile yine o hazneye giren gerçek akış miktarlarının ölçülmesi ile elde edilen kayıtlardan yararlanılmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Yağış - Akış Bağıntıları

Akış katsayılarının aylık değişimini belirlemek için daha önceden Şen ve ark. (1995) tarafından ileriye sürülen aylık akış katsayıları poligonu yöntemi kullanılmıştır.

Yüzeysel su kaynaklarının plan, tasarım ve işletmelerinin yapılmasında en önemli faktör olan akış katsayısının belirlenebilmesi için çok basit ve ilk defa İstanbul bölgesi için uygulanan Yağış-Akış KAtsayısı Çokgeni (YAKAÇ) kavramı geliştirilmiştir. İstanbul civarındaki altı adet biriktirme haznesinin her biri için ayrı ayrı geçerli olan uzun yıllar ortalaması ile akış katsayısı çokgeni grafikleri çıkartılarak gerekli yorumlar yapılmıştır.

Akış Katsayısı : Su kaynaklarının geleceğe yönelik işletilmelerinde en önemli konulardan ilki atmosferde başlayan yağışın ne kadarlık bir kısmının akış haline geçerek bir biriktirme haznesine gireceğini tesbit edilmesidir. Yağış hacminin, H ve yağış yüksekliği, Y ile doğru orantılı olarak izah edilmiştir. Bu doğru orantılılığın küçük toplama havzaları için ' rasyonel (akıllı) formül ' vasıtası ile aynı zamanda lineer olacağı kabulu yapılmıştır. " A " toplama havzası alanı ve " K " da akış katsayısı olmak üzere akıllı formül alışılagelmiş şekilde

$$H = K.A.Y \qquad (1)$$

olarak yazılabilir. Bu formülde tespiti en zor ve akış tahminleri de yanıltıcılığı en fazla olan parametre akış katsayısıdır.

Yağış-Akış-KAtsayısı Çokgeni (YAKAÇ) Diyagramları : Bunun esası yükseklik cinsinden (burada mm) yağış ve akış değerlerinin kartezyen koordinat takımından noktalanmasından sonra ardışık ayları temsil eden noktaların biribiri ile birleştirilmesi sonucunda çıkan çokgene dayanır ve bu çokgene YAKAÇ diyagramı adı verilir (Şen ve ark., 1995).

2.2. Yağış - Akış Çokgenleri (YAKAÇ)

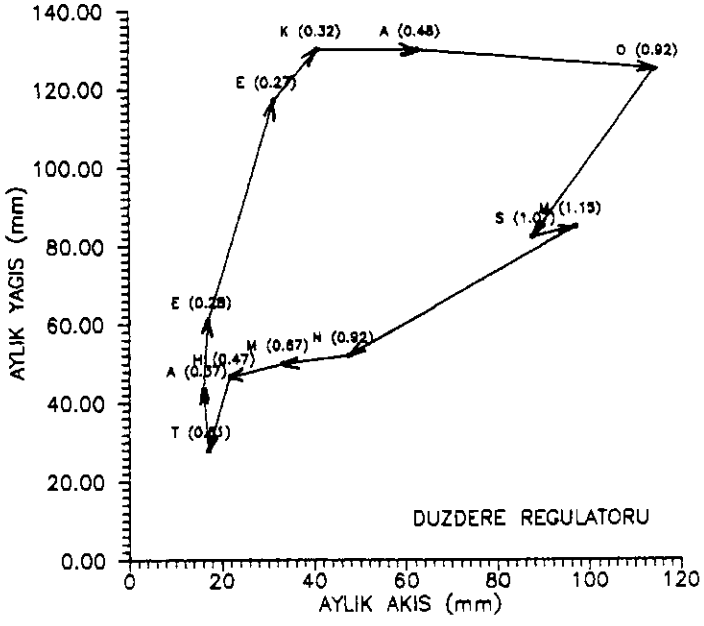
Bunun esası yükseklik cinsinden (burada mm) yağış ve akış değerlerinin kartezyen koordinat takımında noktalanmasından sonra ardışık ayları temsil eden noktaların birbiri ile birleştirilmesi sonucunda çıkan çokgene dayanır. Bu çokgene YAKAÇ diyagramı adı verilir (Şen, Kadıoğlu ve Sırdaş, 1995). Buradaki havza alanlarının yağış değerleri SURFER ile bulunduktan sonra mevcut giriş akışları ile birlikte kartezyen koordinatlara her ay aynı noktaya gelmek suretiyle işaretlenmiştir (Şekil 1.). Buna benzer ve 14 tane regülatöre ait yakaç diyagramları elde edilmiştir (Sırdaş, 1996). Ayrıca elde edilen sonuçlar aşağıdaki Tablo 1.'de verilmiştir.

Böyle diyagramlardan yorumlar yaparak aşağıdaki bilgileri elde etmek mümkündür.

a) İki ay arasındaki oklar yağış ve akışın bir aydan diğerine giderken arttığını veya azaldığını gösterir. Oklar aynı fizikteki bir kuvvetler çokgeninin kendi üzerine

kapanmasına benzer olarak o su toplama havzası için yıl boyunca olan dengesini temsil eder.

b) Her bir okun uzunluğu sadece yağış veya akışın veya her ikisinin birden fazla veya az miktarlarda olduğuna işaret eder.



Şekil 1. Düzdere Regülatörü yağış-akış çokgeni (YAKAÇ).

c) Okların yatay veya düşeye daha yakın olmasında yağışın yarısından fazlasının mı yoksa azının mı akışa geçtiğine işaret eder. Düşeye yakın olan oklar yağışın az bir kısmının akışa geçtiğini, yataya yakın olanları ise yağışın büyük bir kısmının akışa geçtiğini gösterir. Böylece bütün bu noktaları göz önünde tutarak ilk bakışta yağış-akış gidişinin kıyaslamalı olarak aylar arasında nasıl değiştiği hakkında faydalı olan değişik yorumlarda bulunabilir.

d) Akıllı (rasyonel) metodun geçerliliği hakkında bilgi verir. Eğer bütün oklar teorik olarak birbiri üzerine düşerse veya pratik olarak birbirlerinden, mesela %5'lik bir

farklılık gösterirse akıllı metodun uygulanabileceği sonucuna varılabilir. Aksi taktirde her bir ok için akıllı metodun geçerliliği kabul edilebilir. Bu ise sanki global akış katsayısı yerine sonlu farklar şeklinde bir yaklaşım ile detaylı olarak akış katsayısı sorununa yaklaşmak olarak yorumlanabilir.

e) Her YAKAÇ diyagramının bir yükselen kolu olduğu gibi onu aksi istikamette takip eden bir de azalan kolu vardır. Yükselen kollar boyunca olan akış katsayıları azalan kol boyunca olandan daha küçüktürler. Bunun sebebi ise yükselen kol boyunca izafi olarak doygun olmayan zeminin gittikçe doygunlaşması ve yağışların izafi olarak azalmasına rağmen azalan kol boyunca akışa geçen kısmın fazla olmasını gösterir.

f) YAKAÇ'ın çevresi ne kadar uzun olursa o su toplama havzasının yağışı akışa dönüştürme işlemi o kadar uzun süreyi gerektirir (Şen ve ark., 1995).

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geçmiş on yıl boyunca kayıt edilmiş aylık ortalama yağış ve akış yüksekliklerinin kartezyen koordinat sisteminde noktalanması sonucunda elde edilen çokgene YAKAÇ veya açıkça Yağış-Akış-Katsayısı Çokgeni diyagramı adı verilmiştir. Aynı diyagramlar üzerinde her aya ait akış katsayıları da gösterilmiştir. Böylece bir yıl içinde Istranca bölgesinde su temini için kullanılan su biriktirme haznelerinin aylık akış katsayılarının gidiş çokgeni oluşturulmuştur. Buradan aylık ortalama akış katsayıları ile yıllık akış katsayıları elde edilmiştir. Geliştirilen YAKAÇ diyagramları; Istranca bölgesi için yağışların akışa geçmesini temin eden katsayıların elde edilmesinde kullanılır.

Yağış ve akışla ilgili olarak ayrı ayrı yapılan çalışmaların yanında bu iki değişkenin birbirini nasıl etkilediğini gösteren ve hidrometeorolojide oldukça önemli olan akış katsayısının Şen ve ark.'ları (1995) tarafından geliştirilen YAKAÇ yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle inceleme bölgesinde bulunan derelere ait akış katsayıları her bir dere ve ay için ayrı ayrı bulunmuştur. Bu bölge için en büyük akış katsayısı 1.26 ile Mart ayında Erikli deresinde ve en küçük akış katsayısı ise 0.09 ile Eylül ayında Pabuç ve Kazan derelerinde gözlenmiştir. Yine genel olarak akış katsayısının Yıldız bölgesinde kuzeyden güneye doğru gittikçe arttığını söyleyebiliriz. Buda yukarıda da bahsettiğimiz gibi akışın güneyde daha fazla olduğunu ortaya çıkarmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda bu sonuçların göz önünde bulundurulmasında fayda vardır. Bu

katsayının 1'den küçük olması bölgeye düşen yağışın çok azının akışa geçtiğini, 1'den büyük olması ise yağışın büyük bir kısmının akışa geçtiğini ve 1'e eşit olması ise yağan yağmurun tamamının akışa geçtiğini gösterir.

Yıldız (Istranca) dereleri üzerinde kısıtlı sayıda eşelli akım gözlem istasyonu vardır. Bugüne kadar yapılan hidroloji çalışmalarında bu istasyonlar ve çevre havzalardaki diğer istasyonlardan yararlanılmıştır. Üzerlerinde yapı önerilen bir kısım derelerde akım gözlem istasyonları kurulmalıdır. İstanbul için yağış katsayıları ile ilgili ayrıntılı açıklamalar Şen ve arkadaşları (1995) tarafından İSKİ'ye verilen raporda belirtilmiştir.

4. KAYNAKLAR

1. Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L., Applied Hydrology. McGraw-Hiil Book Company, Inc., Tokyo, 689pp., 1970.
2. Şen, Z., Kadıoğlu, M., ve Sırdaş (Satılmış), S., "İstanbul yüzeysel suları için en iyi ve basit işletme kuralları". İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Cilt 1 ve 2, 275, 1995.
3. Sırdaş, S., "Yıldız (Istranca) Derelerinin Hidrometeorolojik Açıdan İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1996.

Tablo 1. Istranca bölgesindeki derelerin yıllık ortalama, en büyük, en küçük ve aylık ortalama, en büyük, en küçük akış katsayıları.

DERE ADI	TESİS ADI	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık	Max	Ort.	Min
Düzdere	Düzdere R.	0.92	1.07	1.15	0.92	0.67	0.47	0.61	0.37	0.28	0.27	0.32	0.48	7.53	1.15	0.63	0.27
Kuzulu	Kuzulu R.	0.67	0.89	0.90	0.87	0.67	0.44	0.42	0.30	0.21	0.23	0.30	0.42	6.32	0.90	0.53	0.21
Çilingos	Çanakçı R.	0.68	0.91	0.87	0.86	0.66	0.42	0.41	0.29	0.22	0.22	0.30	0.41	6.25	0.91	0.52	0.22
Çilingos	Kovankaya R.	0.63	0.85	0.78	0.76	0.60	0.38	0.37	0.27	0.20	0.21	0.28	0.37	5.70	0.85	0.48	0.20
Elmalı	Elmalı R.	0.77	1.03	0.88	1.17	0.70	0.43	0.42	0.32	0.23	0.26	0.33	0.44	6.98	1.17	0.58	0.23
Erikli	Erikli R.	0.84	1.17	1.26	1.03	0.76	0.47	0.45	0.36	0.25	0.28	0.36	0.53	7.76	1.26	0.65	0.25
Sultanbahçe	Sultanbahçe R.	0.71	0.98	0.77	0.81	0.63	0.38	0.39	0.29	0.21	0.24	0.30	0.40	6.11	0.98	0.51	0.21
Kazan ve Pabuç	Kıyıköy Br.	0.47	0.61	0.44	0.45	0.31	0.18	0.17	0.12	0.09	0.11	0.15	0.23	3.33	0.61	0.28	0.09
Panayırdere	Panayırdere R.	0.74	0.95	0.90	0.75	0.54	0.36	0.33	0.21	0.17	0.17	0.26	0.38	5.76	0.95	0.48	0.17
Yavuz	Yavuz R.	0.61	1.05	0.81	0.62	0.44	0.32	0.29	0.18	0.15	0.14	0.23	0.33	5.17	1.05	0.43	0.14
Bulanık	Demirköy Br.	0.44	0.56	0.61	0.46	0.32	0.24	0.21	0.13	0.11	0.10	0.17	0.24	3.59	0.61	0.30	0.10
Madra	İğneada R.	0.65	0.82	0.91	0.68	0.49	0.36	0.31	0.19	0.16	0.15	0.25	0.36	5.33	0.91	0.44	0.15
Çavuş	Değirmendere R.	0.60	0.78	0.86	0.63	0.45	0.34	0.29	0.18	0.15	0.14	0.24	0.34	5.00	0.86	0.42	0.14
Balaban	Balaban R.	0.56	0.65	0.86	0.53	0.38	0.26	0.29	0.23	0.15	0.17	0.26	0.31	4.65	0.86	0.39	0.15
Balaban	Balaban Br.	0.56	0.62	0.83	0.50	0.36	0.24	0.25	0.23	0.16	0.17	0.25	0.30	4.47	0.83	0.37	0.16
	En Büyük	0.92	1.17	1.26	1.17	0.76	0.47	0.61	0.37	0.28	0.28	0.36	0.53	7.76			
Akış Katsayısı	**Ortalama**	0.66	0.86	0.86	0.74	0.53	0.35	0.35	0.24	0.18	0.19	0.27	0.37	5.60			
	En Küçük	0.44	0.56	0.44	0.45	0.31	0.18	0.17	0.12	0.09	0.10	0.15	0.23	3.33			

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Heyelanların Nedenleri ve Orman Alanlarının Heyelan Kontrolundaki Rolü

Murat DEMİR[1] ve Tolga ÖZTÜRK[1]

[1] İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı, 80895, Bahçeköy-Sarıyer-İstanbul
mdemir@istanbul.edu.tr
tozturk@istanbul.edu.tr

ÖZET

Heyelanlar son yıllarda ülkemizde sık olarak gerçekleşen, büyük mal ve can kaybına neden olan doğal bir afettir. Heyelanlar daha çok orman örtüsü tahrip edilmiş olan dik yamaçlarda meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalar ormanların ve ağaçlandırmanın heyelanları önlemede büyük role sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, heyelan nedenleri, heyelan tipleri, heyelanın tahmin edilmesi ve orman alanlarının heyelan kontrolundaki rolü açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Heyelan; Heyelan Nedenleri; Heyelan Tipleri; Heyelan Kontrolu.*

ABSTRACT

Landslides are natural disasters occurring frequently in our country during the recent years causing heavy damages to property and life loss. At most, the landslides, occur at the straight slopes of the hills where the forestation has been destroyed. Studies conducted show that forests and forestation play a great role in prevention of landslides. This study attempts to analyse the causes and types of landslides, shows possible ways of predicting landslides and explains the role that forests play in landslide control.

Key Words: *Landslide; Causes of Landslide; Types of Landslide; Landslide Control.*

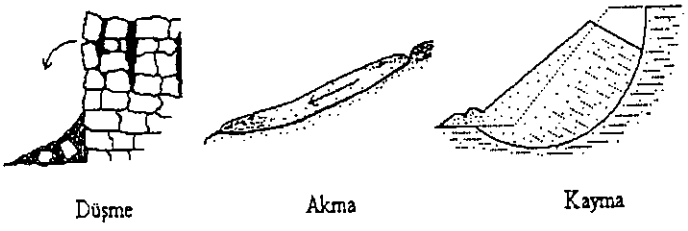
1. GİRİŞ

Jeomorfolojide, karaların tesviyesi sürecinde, çözülme ve bunun sonucunda oluşan materyalin taşınması büyük oranda kütle hareketleriyle mümkün olmaktadır. Kütle hareketleri içinde de heyelanlar, topoğrafyada ve insan hayatında önemli role sahiptir. Heyelanlar son yıllarda ülkemizde sık olarak gerçekleşen, büyük mal ve can kaybına neden olan doğal bir afettir (1). Genel olarak kaya, ayrışmış materyal, toprak ve yapay dolgu gibi malzemenin ya da bunların herhangi bir kombinasyonundan oluşan kütlenin, bulunduğu yerden koparak yamaç aşağısına veya dışarıya (öne) doğru hareketine *heyelan* adı verilmektedir (2).

Bu çalışmada, heyelan nedenleri, heyelan tipleri, heyelanın tahmin edilmesi ve orman alanlarının heyelan kontrolundaki rolü açıklanmaya çalışılmıştır.

2. HEYELAN VE NEDENLERİ

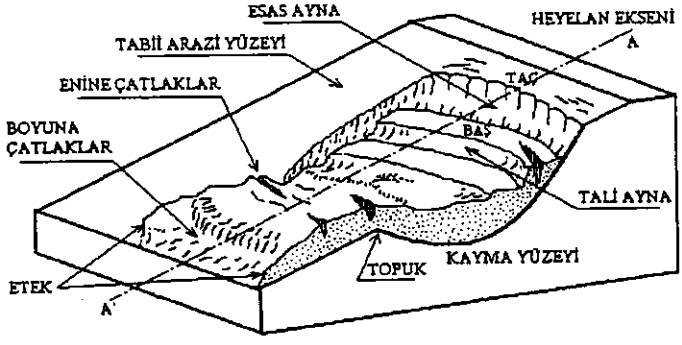
Zeminde, stabilite bozuklukları sonucu bir takım hareketler meydana gelmektedir. Heyelanı da oluşturan bu hareketler düşme, kayma ve akma olarak üç ana grupta toplanabilir (Şekil 1).(3-4). Düşme daha çok kayalık zeminlerde ve kaya şevlerinde rastlanan bir hareket türüdür. Kaya tabakaları kütlesi içindeki birleşim nokta ve yüzeylerindeki zayıflık ve şev eğimleri dolayısıyla belirecek itici ve kaydırıcı kuvvetlerle birleşerek kaya düşmelerine yol açar. Düşmelerin başka bir oluşum nedeni ise yamaç diplerinin akarsu, göl, deniz ve yağmur suyu vb. etkenlerce erozyona uğratılmasıdır (5). Akmalarda ise hareket eden kütlenin hareket biçimi ve içindeki malzemenin aldığı durum ve biçim bir sıvının akışına benzemektedir Bunlar bir kayma yüzeyi üzerinde olmayan hareketlerdir. Kaya parçaları, birikinti maddeleri, çeşitli boydaki granüler malzeme, kil ya da siltler akıntı kütlesini meydana getirmektedirler.



Şekil 1. Heyelanı meydana getiren hareket biçimleri (6).

Akan kütlenin su içeriği, akımın hızına etki etmektedir. Su içeriği çok olan kütle hızlı, az olan daha yavaş akmaktadır. Kaymalarda hareket, bir kayma yüzeyi üzerinde kütlenin kayması ile gerçekleşmektedir. Yani şevlerdeki zemin kütlesi daha altta bulunan bir yüzey üzerinde hareket etmektedir. Kayma yüzeyleri bir eğri yüzey ya da bir düz yüzey olabilir. Kaymalar şev sorunları içinde en önemli grubu oluşturmaktadır (7-8).

Yamaç ve şev terimleri esas itibariyle eğimli arazi parçalarını kapsamaktadır. Ancak, yamaç doğal, şev ise yapay bir oluşumu ifade etmektedir (9). Yamaçlarda, yamaç eğiminin asgariye indiği bölgeye *etek*, şev eğiminin pratik olarak sıfır olduğu noktaya *şev topuğu*, heyelanın en yüksek noktasına *taç*, heyelan sonucu açılan yüzeye *heyelan aynası* adı verilmektedir (Şekil 2) (10).



Şekil 2. Heyelan kısımlarının isimlendirilmesi (4).

Yamaç ve şevlerde görülen bu kütle hareketi ve nedenleri şöyle açıklanabilir (2-11).:

- Yamaç eğiminin fazla olduğu alanlarda heyelan olasılığı artar. Bazı faylar, çok dik eğimler meydana getirerek heyelanları kolaylaştırırlar.
- Heyelanlar genel olarak yağışlı ve zeminin nemli olduğu mevsimlerde meydana gelmektedir. Şiddetli ve devamlı yağmurlar, sel ve taşkınlar, karların erimesi, toprağa bol miktarda suyun sızmasına neden olur. Sızıntı suyunun doğrudan etkisi veya taban suyunu yükselterek dolaylı etkisiyle suya doyan kütle, yer sarsıntısı, hava basıncındaki değişiklikler, ağır bir taşıtın geçmesinden veya madencilik vb. amaçlı patlamalardan oluşan titreşimlerle harekete geçer. Su, doğal şev açısını küçülterek, kütlenin ağırlığını arttırarak ve daha önemlisi sürtünmeyi azaltarak heyelanları kolaylaştırmaktadır.

- Tektonik yapı ile de heyelanlar arasında ilişki bulunmaktadır. Tabakaların yamaç eğimine paralel olması, özellikle bu tabakalar arasında killi bir yüzeyin varlığı heyelanı kolaylaştırmaktadır. Suların sızması sonucunda likit bir duruma geçen kil tabakasının üzerindeki kütleler, yer çekiminin etkisiyle aşağıya doğru kayabilmektedir.
- Zeminin türü de heyelan olasılığını etkilemektedir. Killer ve özellikle kaolinit bakımından zengin formasyonlar heyelana yatkındır. Bunun yanında fliş, marn, tüf gibi depoların yaygın olduğu alanlarda da heyelana sık rastlanır. Buna karşılık kalker ve bazalt gibi kayalarda heyelan nadir görülmektedir.
- Heyelanlara insan faaliyetleri de yol açabilmektedir. İnşaat çalışmaları, koruyucu vejetasyonun yok edilmesi yamacı etkileyen kuvvetler arasındaki dengeyi bozabilmektedir. Yamaçlarda heyelan potansiyelini arttıran insan faaliyetleri arasında şunlar sayılabilir:
    1. İnşaat, kanal ve yol yapımı, madencilik vb. çalışmalarla ortaya çıkan malzemenin yamaç üzerine dökülmesi yamacın ağırlığını arttırmaktadır.
    2. Yol, bina vb. diğer tesislerin yapılması, hem yamaç yükünü hem de yamaca sızan su miktarını arttırmaktadır. Özellikle orman yolları yapılırken yamaçların topuğunda veya yamaç ortasında alt oyulması sonucu yamaç dengesi bozulmaktadır. Yollar heyelanın ana nedeni olabilmektedir.
    3. Fosseptik, sızdırma çukuru, gölet, sulama ağı gibi tesisler, yamaca su sızmasına, dolayısıyla kayma eğiliminin artmasına neden olmaktadırlar.
    4. Duyarlı bir yamacın topuğunda oyulmaya neden olacak bir arazi tesviyesi kaymaya neden olabilmektedir.

3. HEYELAN TİPLERİ VE HEYELANIN TAHMİN EDİLMESİ

Heyelanlar çeşitli biçimlerde sınıflandırılmaktadır. Çok yaygın olarak kullanılan bir sınıflamada heyelan tipleri, yukarıda da açıklandığı üzere kütle hareketinin hakim tipine dayandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre heyelanlar düşme, devrilme, kayma (kaya göçmesi ve arazi kayması) lateral yayılma, akma (toprak akması ve sürünme) ve kompleks olmak üzere altı gruba ayrılmaktadır. Heyelanların hareket hızı 0,06 m/yıl (aşırı ölçüde yavaş) olabildiği gibi 3 m/san'den fazla (aşırı ölçüde hızlı) da olabilmektedir (11).

Heyelanların tahmin edilmesi amacıyla zemin yüzeyi incelemeye alınmaktadır. Zemindeki arızaların belli kombinasyonları, geçmiş bir heyelanı veya yüksek bir heyelan potansiyelini işaret edebilir. Hava fotoğrafları üzerinde hilâl şeklindeki karakteristik izlerden, önceki heyelanlar saptanabilmektedir. Jeoteknik etütlerde de bir yerin eski bir heyelan bölgesi olup olmadığı veya heyelan stabilitesi saptanabilmektedir (11).

4. HEYELAN KONTROLU VE ORMAN ALANLARININ HEYELAN KONTROLUNDAKİ ROLÜ

Heyelanlara karşı aktif ve pasif yöntemlerle mücedele edilmektedir. Pasif yöntem, hiçbir şey yapmayarak kayıplara razı olmak, tehlikeli yöreyi terketmek vb. şeklinde zararı azaltmaya yöneliktir. Aktif yöntemde ise, heyelanın oluşmasına engel olmaya çalışılmaktadır. Bu yönteme örnek olarak heyelan potansiyeli yüksek olan yerlerin açık alan olarak kullanılması, yol köprü gibi tesislerin böyle yerlere yapılmaması, kazı yapılarak heyelan yaratacak yükün azaltılması, drenaj, tahkim tesisleri ve bitki örtüsü oluşturulması sayılabilir (11).

Orman alanlarının heyelan kontrolundaki rolü konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Odunsu bitki örtüsünün heyelan üzerinde etkileri şöyle sınıflandırılabilir (11):

1.*Kök desteği*: Kökler toprak kütlesi içerisindeki kayma zorlanmalarını kökler içindeki gerilme direncine transfer ederek toprağa mekanik olarak destek sağlar.

2.*Toprak rutubetini değiştirme*: Evapotranspirasyon ve intersepsiyon, toprakta rutubetin yaratacağı gerginliği sınırlandırır. Vejetasyon aynı zamanda toprak rutubeti rejimini etkileyen kar erimesinin hızını da yavaşlatır.

3.*Payanda ve kemer etkisi*: Ağaç gövdeleri, toprağa çakılan tahkim kazıkları ya da kenar ayakları gibi çalışarak yamacı destekler ve kayma zorlanmalarını karşılar.

4.*Sürşarj*: Bir yamaç üzerindeki vejetasyonun ağırlığı, bir yandan yamaç yüzeyine paralel doğrultudaki bileşeni ile stabilizasyonu olumsuz yönde etkilerken, bir yandan da yamaç yüzeyine dik doğrultudaki bileşeni ile kaymaya karşı direnci arttırıcı rol oynar.

5.*Köklerin "kama" etkisi*: Kökler toprak ya da anakaya kütlesi içindeki irili ufaklı yarık, çatlak ve boşlukları doldurur, buralarda yarattıkları "kama" etkisi nedeniyle lokal olarak denge kaybına yol açabilirler.

6.*Rüzgâr kuvvetini toprağa aktarma etkisi*: Kuvvetli rüzgârların ağaçlarda yarattığı dönme momenti etkisi yamaca aktarılır ve bu da yamaç stabilitesi üzerinde olumsuz etki yapar.

İlk üç etki yamaç stabilitesini olumlu, dördüncü etki olumlu ya da olumsuz, son iki etki ise olumsuz yönde etkilerler.

Yeni Zelanda'da yapılan bir araştırmayla, *Pinus radiata* ağırlıklı ağaçlandırmaların, düşük frekanslı çok şiddetli siklonik yağışlardan sonra meydana gelen heyelanlar üzerindeki etkileri incelenmiştir (12). Araştırmaya göre 6 yaşından küçük çam plantasyonu altındaki yamaçlarda heyelan yoğunluğu 0,62 heyelan/ha bulunmuştur. Aynı eğim ve toprak koşullarına sahip çayırla kaplı bir yamaçta ise heyelan yoğunluğu 0,68 heyelan/ha'dır. Yani, 6 yaşından küçük çamlar heyelan karşı ancak çayır kadar etkilidirler. 6-8 yaşındaki çam plantasyonu altındaki alanlarda ortalama heyelan yoğunluğu 0,21 heyelan/ha bulunmuştur. Bu orana göre 6-8 yaşındaki çamlar, 6 yaşındaki küçük çamların 3 katı kadar heyelanı önlemiştir. 8 yaşından büyük çamlar ise 0,06 heyelan/ha heyelan yoğunluğu ile daha büyük bir koruma sağlamıştır. Komşu ağaçların köklerinin birbirine girmesi, üst toprak tabakasını güçlendirmiş sığ heyelan gelişimini önlemiştir. Araştırmaya göre köklerin yamacı koruma etkisi 15 yaşa kadar hızlı bir şekilde artmakta, daha sonraki yıllarda artış hızı önemsiz düzeylerde kalmaktadır. Araştırmalar göstermektedir ki dik ve beyelanlı yamaçlarda ağaçlandırma ile 6-8 yaştan sonra toprak stabilitesi sağlanmaya başlamakta ve heyelan yoğunluğu düşük düzeylere inmektedir. Bu sonuç üzerinde heyelanın ana nedenlerinden biri olan topraktaki su fazlasının ağaçlar tarafından evapotranspirasyon ve intersepsiyonla azalması yanında, köklerin heyelan kütlesine mekanik güç kazandırması da büyük oranda etkilidir. Ormanların heyelanı kontrol etme ve önlemede etkili oldukları görülmektedir. Heyelanlı yamaçlardaki ağaçlandırmalarda hızlı gelişen türlerin kullanılması ile hem çalışma kısa sürede sonucunu verecek hem de kısa sürede odun ürünü elde edilebilecektir (1).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Heyelanlar, genelikle dağlık, ormanı tahrip edilmiş, dolayısıyla orman örtüsü altında bulunması gereken dik yamaçlarda meydana gelmektedir. Ormanlar ise heyelanlar üzerinde doğrudan ve dolaylı etkilere sahiptir. Hem oluştuğu alan olarak hem de ormanın önleyici-kontrol edici etkileri nedeniyle heyelanlar, ormancılığın ana konularından biridir. Yamaç ve

şevlerde görülen bu kütle hareketi, genel olarak yağışlı ve zeminin nemli olduğu mevsimlerde meydana gelmektedir. Şiddetli veya devamlı yağmurlar, sel ve taşkınlar, karların erimesi, toprağa bol miktarda suyun sızmasına neden olmaktadır. Sızıntı suyunun doğrudan etkisi veya taban suyunu yükselterek dolaylı etkisiyle suyla doyan kütle, yer sarsıntısı, hava basıncındaki değişiklikler, ağır bir taşıtın geçmesinden veya madencilik vb. amaçlı patlamalardan oluşan titreşimlerle harekete geçebilmektedir. Ayrıca yamaç üzerinde dolgu yapılması, kazılardan çıkan malzemenin yamaca dökülmesi, bina ve diğer yapılar, transport yükü gibi etkiler, yamaç yükünü arttıran ve heyelanı hazırlayan faktörlerdir. Su, doğal şev açısını küçülterek, kütlenin ağırlığını arttırarak ve daha önemlisi sürtünmeyi azaltarak heyelanların gerçekleşmesini kolaylaştırmaktadır. Toprak kaymalarının % 95'inde suyun etkili olduğu hatta birinci derecede rol oynadığı belirlenmiştir. Birçok heyelan, arazinin doğal seyrinin insanlar tarafından bozulması ile gerçekleşmektedir. Bu nedenle, arazinin doğal yapısının değiştirilmesiyle oluşabilecek heyelanların önlenebilmesi için, arazi üzerinde yapılacak çalışmalar sırasında;

- Yamaçlarda yapılacak dolgularla yeraltı su akışının engellenmemesi,
- Oldukça zayıf bir zeminin dolgu ile aşırı derecede yüklenmemesi,
- Yamaçlardaki dolgularla, eğimli tabakaların aşırı derecede yüklenmemesi,
- Stabil olmayan zeminlerde ve kayalık alanlardaki kazıların aşırı derecede yapılmaması,
- Kazı yapmak suretiyle, yumuşak bir zemin üzerinde doğal bir tutucu görevi yapan kalın ve geçirimli zeminin kaldırılmaması,
- Kazı veya dolgu ile yeraltı sularının akış doğrultusunun değiştirilmesi suretiyle sızma basıncının arttırılmaması

gibi hususlara dikkat edilmelidir (8). Yukarıda belirtilen bu hususlara ilave olarak, heyelan olan alanlara bitki örtüsü getirilmesi, yamaç stabilitesini arttırılmasında etkin rol oynamaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Çelik, H.E., "Heyelanların Kontrolunda ve Önlenmesinde Ormanların ve Orman Mühendisinin Rolü", İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 40, Sayı 1, s. 82-87, İstanbul, 1990.

2. Erinç, S., "Jeomorfoloji-I", İ.Ü.Edebiyat Fakültesi Yayın No. 2931, İstanbul.

3. Cook, J.R. ve Younger, J.S., "The Engineering Geology of Road Projects in North Borneo", Planning and Engineering Geology Proceeding of the 22nd Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society, s. 419-428, 1986.

4. Çağlarer, B., "Yol Yapım Tekniği", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No. 259, Ankara, 1986.

5. Withlow, R., "Basics Soil Mechanics", Londra, 1995.

6. Acar, H.H. ve Şentürk, N., "Orman Yol Ağları, Heyelanlar ve Mühendislik Jeolojisi", İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 45, Sayı 3-4, s. 71-84, İstanbul, 1995.

7. Çağlarer, B., "Dolgularda Temel ve Stabilite Konuları", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No. 225, Ankara, 1976.

8. Atalay, F.İ. ve Bekaroğlu, N., "Heyelanlar ve Mühendislik Uygulaması", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, 1973.

9. Düzgün, B., Bozdağ, T., Paşamehmetoğlu, A.G., "Kaya Şevlerinin Duyarlılık Analizlerine Bir Güvenirlik Yaklaşımı", 3.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.169-180, Ankara, 1996.

10. Utku, T., "Teori ve Tatbikatta Heyelanlar", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara, 1975.

11. Görcelioğlu, E., "Peyzaj Onarım Tekniği" Yayınlanmamış Ders Notu, İ.Ü.Orman Fakültesi, İstanbul, 1991.

12. Phillips, C. et al., "Effectiveness of Reforestation in Prevention and Control of Landsliding During Large Cyclonic Storms, Proceedings of 19th IUFRO World Congress, Montreal, Canada, 1990.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Orman Yollarında Suların Drenajı ve Alınabilecek Önlemler

Murat DEMİR[1] ve Tolga ÖZTÜRK[1]

[1] İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı, 80895, Bahçeköy-Sarıyer-İstanbul
mdemir@istanbul.edu.tr
tozturk@istanbul.edu.tr

ÖZET

Yolların ömür ve dayanıklılığını etkileyen zararlı su akımlarını önlemek ve her türlü suyun yol platformundan, en kısa şekilde uzaklaştırılması için yapılan tesis ve önlemlerin tümü, orman yollarının drenajı kapsamına girmektedir. Suların orman yolları üzerindeki bu zararlı etkilerini ortadan kaldırmak için yüzeysel ve yeraltı drenajı olmak üzere iki çeşit drenaj sözkonusudur. Bu bildiride, orman yollarındaki drenaj problemi ve çözüm yolları üzerinde durularak alınabilecek önlemler hakkında bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Orman Yolları; Drenaj; Drenaj Önlemleri.*

ABSTRACT

The prevention of harmful water flows which affects life and stability of roads, as well as all prevention and installations carried out for the purpose of keeping all water flows away from the road platforms in an optimum manner, are all within the scopes of forest roads drainage. To remove these harmful effects of water flows on the forest roads, there are two main types of drainage namely surface and underground drainage. This presentation attempts to provide information on the drainage problem on the forest roads and possible methods of prevention.

Key Words: *Forest Roads, Drainage; Drainage Precautions.*

1. GİRİŞ

Orman yollarının ömrü ve sağlamlığı, yol platformuna gelen suların zararlı etkisinden korunmasına bağlıdır. Bu nedenle gerek yeraltı sularının ve gerekse çevreden yol platformunda dik, verev (eğri) yada paralel akan yüzeysel suların, yol gövdesine zarar vermeden uzaklaştırılması suretiyle güzergah boyunca nakliyatın sürekliliğinin sağlanması önemli bir sorundur (1). Bu nedenle drenaj, bir yol projesinde, yolun yüzeysel ve yeraltı suyuna karşı korunması, güzergah seçiminden kaplama yapımına kadar yani, yol inşaatının başlangıcından sonuna kadar her safhada düşünülmesi gereken bir konudur. Drenaj problemi iyi çözülmemiş bir yolun sürekli olarak büyük bakım ve onarım masraflarını gerektireceği açıktır.

Orman yollarında drenaj, yol platformu ve yol ile ilgili yağış havzasına yağmur, dolu ve kar halinde düşen ve doğal yataklarda akan ya da çukur yerlerde biriken yüzeysel sular ile zemin daneleri arasındaki boşluklarda durgun veya akar halde bulunan yeraltı sularının yola ve çevreye zarar vermeden kontrol altına alınıp uzaklaştırılmasıdır.

Yol platformuna gelen suyun zemini hafif şekilde nemli tutan ve ince taneler arasında kohezyon temin ederek yararlı etki yapan belli bir miktarından fazlası bazı zararlı etkilere yol açmaktadır. Bunlar:

- Yağışlardan sonra meydana gelen yüzeysel sular yol platformunda, dolgu ve kazı (yarma) şevlerinde erozyona neden olmaktadırlar.
- Yol platformu zemini kısmen ya da tamamen su doygun duruma geçtiğinde, yol trafiğinin fazla ve tekrarlı yük altında boşluk suyu basıncı oluşmaktadır. Bunun sonucu zeminin iç sürtünme katsayısı azalarak kayma mukavemeti düşmektedir. Dolayısıyla yolun taşıma gücünde azalma meydana gelmektedir.
- Killi ve siltli toprak malzemesinden oluşan zeminler bünyelerine su aldıklarında büyük hacim değişikliği göstermektedirler. Bu hacim değişikliği sonucu meydana gelen kabarmalar yol üst yapısında kırılma ve dağılmalara neden olmaktadır.
- Yolun kazı (yarma) şevi kesimlerinde, yol platformuna doğru olan yeraltı suyu akımları zeminde kayma yüzeyleri oluşturarak kazı şevi stabilizasyonunu azaltarak heyelanına neden olmaktadırlar. Aynı durum yüksek dolgu şevleri için de sözkonusudur.

- Yol platformunu oluşturan zeminin bünyesinde serbest, kapilar ve absorbe durumda bulunan su donunca önce hacim artması ile yol üst yapısında kırılmalar meydana gelmektedir. Daha sonraki safhada ise hava sıcaklığının artması ile çözülen don, zeminin çamur haline gelmesine neden olmaktadır. Çamur hale gelen zemin trafik etkisi ile yukarıya doğru ilerleyerek yol alt temel ve temel tabakalarının daneli melzemesi içine girerek bunlar arasındaki kenetlenmeyi önler ve böylece taşıma gücünün azalmasına neden olmaktadırlar.

şeklinde sayılabilir (2).

2. ORMAN YOLLARINDA DRENAJ

Orman yollarının ömrü ve faydalı kullanım süresi üzerinde en fazla olumsuz etki sular tarafından meydana getirilmektedir. Suların orman yolları üzerindeki bu zararlı etkilerini ortadan kaldırmak için yüzeysel drenaj ve yeraltı drenajı olmak üzere iki çeşit drenaj önlemi sözkonusudur. Yüzeysel drenajda amaç, yol yüzeyine, banket ve yol şev yüzeylerinin üzerinde sürekli olarak akan suların kontrol alınarak uzaklaştırılmasıdır. Yeraltı drenajında ise zemin cinsi, yeraltı suyunun derinliği, akış yönü ve miktarı ve gibi hususlara göre özel drenaj projeleri hazırlanarak uygulanır. Yeraltı sularına karşı yapılan drenaj önlemleri yüzeysel sulara karşı yapılan drenaja göre çok daha zor olup yeraltı drenajı için standart bir sistem önerisi yapmak çok zordur (3).

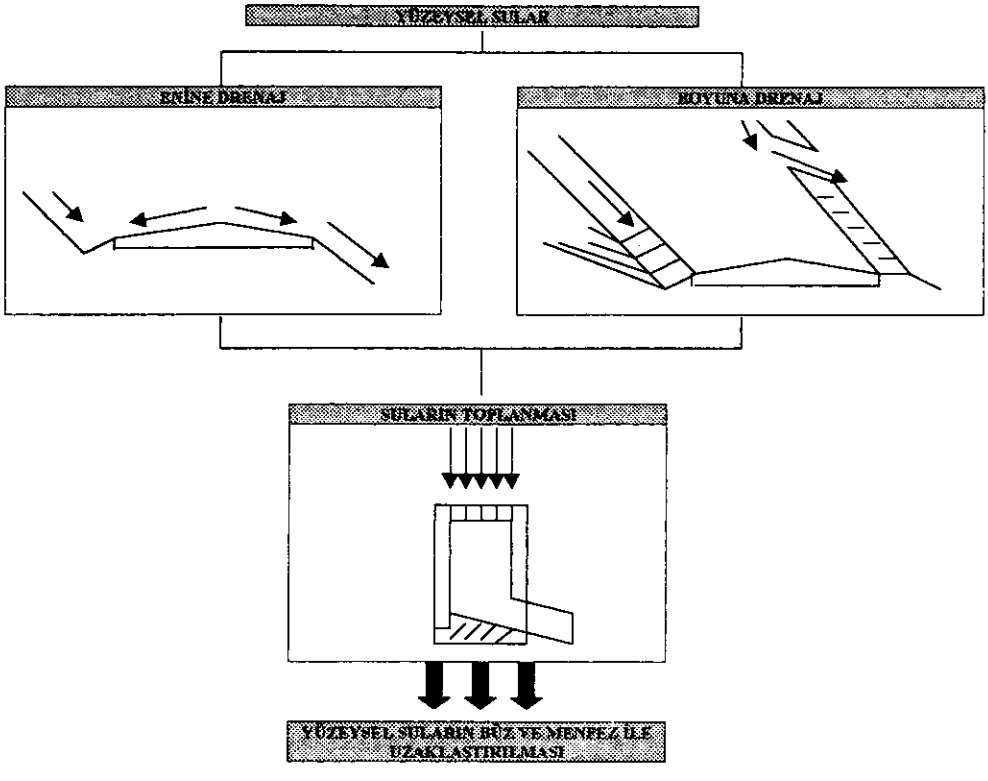
2.1 ORMAN YOLLARININ DRENAJINDA ALINABİLECEK İLK ÖNLEMLER

Orman yollarında suların yukarıda belirtilen zararlı etkilerine karşı alınabilecek önlemlerden birincisi, yol güzergah etüdü sırasında drenaj problemi gözönünde tutularak bir planlama yapılması esastır. Bu şekilde yapılacak bir planlama, daha sonra karşılaşılabilecek sorunları çözümler ya da bazılarının çözümlerini kolaylaştırmış olur. Öncelikle orman yollarının güzergah etüdü sırasında kolaylıkla su altında kalabilecek vadi tabanları yerine yamaçlar ve yeraltı su düzeyinin derinde olduğu alanlar ve arazi bakısı güney olan yamaçlar tercih edilmelidir. Yolun inşaatı sırasında doğal su kaynakları ve yatakları mümkün olduğunca değiştirilmemelidir. Orman yol güzergahlarının geçtiği bölgelerde zemin etüdleri yapılarak bu etüd sonuçlarına göre özel drenaj önlemleri alınması gereken yerler en iyi şekilde belirlenip alınacak drenaj önlemleri tespit edilmelidir. Orman yollarında yüzeysel drenaj için tesis edilecek kenar hendekleri, kafa hendekleri ve menfezlerin yer ve boyutları mümkün olduğunca doğru bir şekilde belirlenmeye çalışılmalıdır. Orman yollarında yol yüzeyine

verilecek enine ve boyuna eğim bölgedeki yağış miktarına ve yolun kaplama tipine göre uygun bir şekilde seçilmelidir.

2.2 ORMAN YOLLARINDA YÜZEYSEL DRENAJ

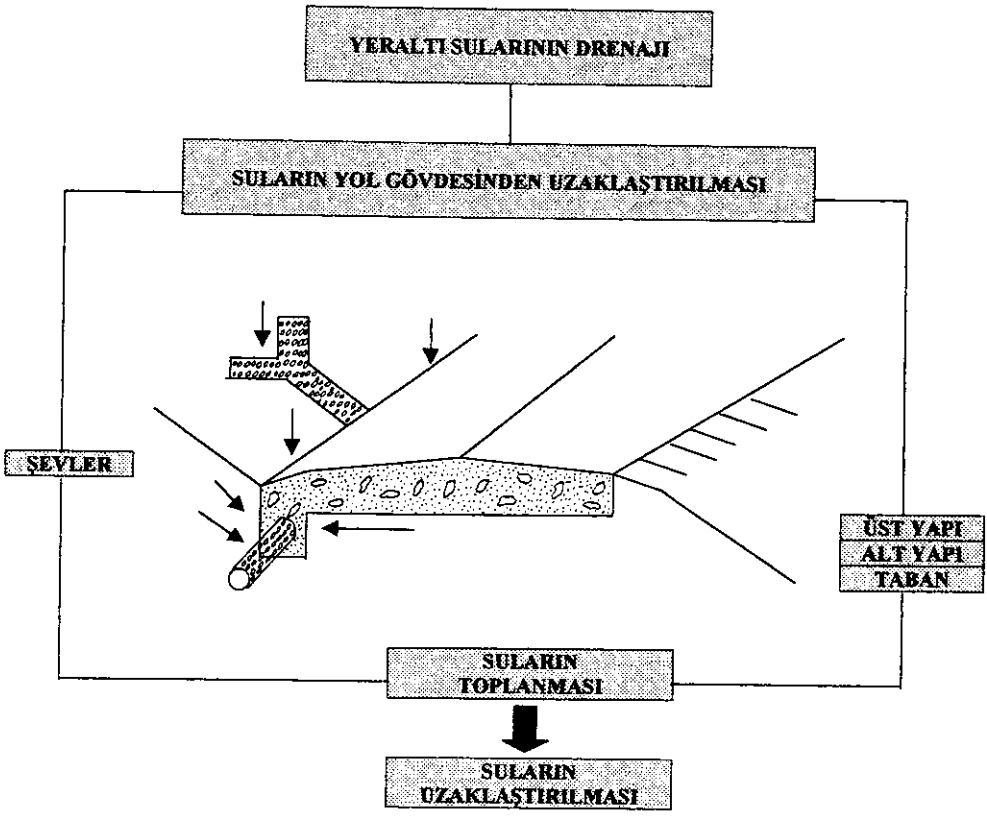
Yol yüzeyine, yol şevlerine ve yolun yakın çevresine düşen yağışlar nedeniyle yüzeysel akışa geçen sular yüzeysel suları oluşturmaktadırlar. Bu suların zararlı etkilerinin ortadan kaldırılması veya en düşük düzeye indirilmesi için hızla yol gövdesinden uzaklaştırılmaları, en yakındaki büz, menfez veya doğal mecralara akıtılmaları gerekmektedir. Yüzeysel suların yol üzerinden uzaklaştırılmaları, bu suların yol yüzeyinden enine olarak toplanıp çevreden gelen sularla birlikte kenar hendekleri boyunca akıtılması ve büzler yardımıyla yolun diğer tarafına aktarılması şeklinde olmaktadır. Yüzeysel suların uzaklaştırılması için yol yüzeyine tek veya iki taraflı enine eğim verilmesi, kenar hendekleri, yüksek dolduru banketleri gibi önlemler yanında yolun yakın çevresine düşen yağışlardan kaynaklanan ve yüzeysel akışa geçen suların zararlı etkilerine karşı kafa hendekleri sözkonusu olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Orman yollarında yüzeysel suların yol platformu üzerinden uzaklaştırılması.

2.3 ORMAN YOLLARINDA YERALTI SULARININ DRENAJI

Orman yollarında yeraltı sularının drenajında amaç, yol yüzeyi altındaki zeminde bulunan suyun yola zarar vermeyecek şekilde kontrol altına alınıp uzaklaştırılmasıdır. Zemindeki su başlıca, serbest ve kapilar olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Serbest suyun uzaklaştırılması uygun dren tesisleri ile kolaylıkla mümkünken zeminde bulunan kapilar suyun tamamen drene edilmesi oldukça zor olmaktadır. Kapilar su, ancak taban suyu düzeyini düşürmek suretiyle yola zarar vermeyecek bir miktara indirilebilmektedir. Orman yollarında yeraltı sularının drenajı ile ilgili olarak alınacak önlemler; yüksek olan ve yola zarar veren taban suyu seviyesinin düşürülmesi, arazinin jeolojik yapısı sonucu kazı şevi tarafından yol gövdesine doğru hareket halindeki yeraltı sularının yola zarar vermeden yolunun kesilerek uzaklaştırılması (karşılama drenleri) ve kazı şevlerinde geniş alanlarda sızıntı sularının toplanarak zararsız duruma getirilmesi şeklinde sıralanabilir.



Şekil.2: Orman yollarında yeraltı sularının drenajı.

2.3.1 YERALTI SULARININ BELİRLENMESİ İÇİN YAPILABİLECEK DRENAJ ETÜDLERİ

Yeraltı sularının drenajında başarılı olabilmek için dren tesislerinin projelendirilmesine geçmeden önce drene edilecek zeminin karakteri ayrıca, yeraltı suyunun derinliği, debisi ve değişimi ile akış yönü ve hızının çok iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla ve yağış mevsimi sonunda yapılabilecek etüdler aşağıda gösterilmiştir (2):

- *Arazi Araştırmaları:* Yolun geçtiği bölgedeki diğer yol ve yapıların incelenmesi sonucu elde edilen bilgilerin toplanması.
- *Zemin Araştırmaları:* Yol gövdesinin oturduğu zeminin yapısını araştırmak amacı yapılan çalışmalar.
- *Sondajlar:* Zemin tabakalarının ve yeraltı sularının durumunu belirlemek amacıyla yapılan çalışmalardır. Sondaj delikleri duruma göre 30 m'ye kadar çıkabilmektedir.
- *Yeraltı Sularının Gözlenmesi:* Sondajların yapılması ve ayrıca kazıların yapılması sırasında yeraltı sularının derinliği, debisi, debinin değişimi, akış yönü ve akış hızı vb. konularda bilgilerin toplanması.
- *Analiz ve Değerlendirme:* Yukarıda yapılan çalışmaların sonucu elde edilen bilgilerin değerlendirilip zeminin ve yeraltı sularının çeşitli özelliklerine en uygun projenin hazırlanması.

3. SONUÇ

Ülkemizde son yıllarda kesilen ve taşınması gereken odun hacminin önemli oranda artışı karşısında, bu materyalin en seri bir biçimde satış depolarına ya da fabrikalara taşınması gerekmektedir. Bu gereği yerine getirmek için yeni ve güçlü taşıma araçlarına ve bu araçlarla taşımayı sağlayabilecek nitelikte yollara ihtiyaç bulunmaktadır. Bilindiği üzere ülkemizde orman yollarının çok önemli bir kısmı kaplamasız toprak yol niteliğindedir. Yine büyük bir kısmı itibariyle hendek, menfez gibi drenaj tesislerinden yoksundur ya da bu tesisler yeterli değildir. Orman yollarının bu durumu her mevsimde trafiğe elverişliliği ve ağır yükleri hızlı bir biçimde taşımayı sağlayamamaktadır (4).

Esas itibariyle orman yollarında trafik yoğunluğu fazla değildir. Trafik yoğunluğu az olan, tesviye edilmiş ve drenaj problemi halledilmiş bulunan bu gibi toprak yollar, bu trafiğin gereklerini karşılamak için yeterli ya da ekonomik düşünceleri haklı göstereceği en yüksek standartta yol olabilirler. Ancak uygun olmayan koşullar altında bulunan orman yolları yoğun olmayan fakat ağır aks yükleri altında hızla bozulmakta, çoğu kez rahatça geçilememekte, kuru iken tozlu ve yaş iken çamurlu ve kaygan olmakta ve özellikle yağışlı mevsimlerde geçit vermemektedirler (5).

Su, orman yollarının en acımasız düşmanıdır. Bu nedenle suyun, yol üzerinde birikiminin dolayısıyla yol gövdesi üzerindeki zararının yerinde alınacak önlemlerle zamanında çözülmesi gerekmektedir. Bu gibi durumlarda başvurulacak en önemli tedbir yolun boyuna eğiminin uygun sınırlar içinde tutulması, yola iyi bir bombe ya da tek taraflı olarak uygun enine eğimin verilmesi, yolun yeterli sayıda ve boyutta büz, menfez vb. enine tesislerle donatılması, yol boyunca kenar hendeklerinin açılması ve bütün bu tesislerin daima temiz ve çalışır bir durumda bulundurulması gelmektedir. Bu ve benzeri önlemlerin tekniğine uygun olarak yerinde ve zamanında alınmaması, orman yollarının kaderini, yolun en acımasız düşmanı olan suyun takdirine terketmektedir (6).

4. KAYNAKLAR

1. Özçelik, N., "Orman Yolu Sanat Yapıları", İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 3047/323, İstanbul, 1982.
2. Umar, F., Yayla, N., "Yol İnşaatı". İ.T.Ü.Rektörlüğü Sayı:1541, ISBN 975-561-027-8, İstanbul, 1994.
3. Bayoğlu, S., "Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları (Orman Yolları)", İ.Ü.Orman Fakültesi Yayın No: 3969/434, ISBN 975-404-430-9, İstanbul, 1997.
4. Aykut, T., "Kastamonu Mıntıkası Orman Yollarında Üst Yapı Tekniği Üzerine Araştırmalar", İ.Ü.Orman Fakültesi Yayın No:2333/238, İstanbul, 1978.
5. Sarman, H., "Amerikan Yol Yapım Usulleri ve Tatbikatı El Kitabı", Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No:15/7, Ankara, 1953.
6. Seçkin, Ö. B., "Orman Yollarında Drenaj", İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Cilt 28, Sayı 1, Syf. 149-165, İstanbul, 1978.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Bitki Örtüsünün Su Üretim Havzalarının Su Verimi Üzerindeki Etkileri

Süleyman ÖZHAN[1] ve Ferhat GÖKBULAK[1]

[1]İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, Bahçeköy 80895-İstanbul

ÖZET

Dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de gelir düzeyinin yükselmesi, nüfus artışı, endüstriyel ve kültürel gelişme suya olan talebin artmasına neden olmaktadır. Bu talebin karşılanmasında mevcut su kaynaklarının ve havzaların verimli biçimde kullanılması ve yönetilmesi başta gelen önlemler arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, araştırmacılar bir havzadaki su üretiminin kalite ve miktar olarak artırılmasına yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Bu yöndeki araştırma konularının en önemlilerinden birisi de havzalardaki bitki örtüsünün su verimini nasıl etkilediğinin saptanmasıdır. Bu konu içerisinde de bitki örtüsünü oluşturan türlerin seçimi ve bitki amenajmanı üzerinde duran araştırmalar önemli bir yer tutmaktadır.

Bu bildirinin amacı, gerek farklı ülkelerde gerekse İ. Ü. Orman Fakültesinde ve özellikle Havza Amenajmanı Anabilim Dalı'nda yapılan çalışmalardan örnekler vererek, su üretim havzalarının yönetiminde bitki örtüsünün işlevini ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: *Havza Amenajmanı; Su Verimi; İntersepsiyon; Su Kalitesi.*

ABSTRACT

Increases in income and in population, and industrial and cultural developments have been causing much more demands for water. To meet these demands, the common idea is to use present water sources effectively and to manage watersheds productively. Many experiments were conducted to improve the water yield in the watersheds. Water yield is affected by mainly climatic factors, soil conditions, physiographic factors, and landuse in the watersheds. Since it is impossible and also expensive to affect or change some of the factors mentioned above, compared to the other factors water yield can be increased easily only by vegetation management.

Alteration of vegetation cover can be either partially or completely depending on sensitivity of soils for erosion and the order of goals of management. Therefore, selection of plant materials to vegetate watersheds seems to be an easy, feasible, and effective method to increase water yield in the watersheds.

In this paper, results of some experiments are presented to show importance and consequences of vegetation cover in the management of watersheds in terms of increasing water yield.

Key Words: *Watershed Management; Water Yield; Intercepsion; Water Quality.*

1. GİRİŞ

Dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de gelir düzeyinin yükselmesi, nüfus artışı, endüstriyel ve kültürel gelişme suya olan talebin artmasına neden olmaktadır. Bu talebin karşılanmasında mevcut su kaynaklarının ve havzaların verimli biçimde kullanılması ve yönetilmesi başta gelen önlemler arasında yer almaktadır. Bu kapsamda, araştırmacılar bir havzadaki su üretiminin kalite ve miktar olarak artırılmasına yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Bu yöndeki araştırma konularının en önemlilerinden birisi de havzalardaki bitki örtüsünün su verimini nasıl etkilediğinin saptanmasıdır.

Bir su havzası, su üreten bir fabrika olarak tanımlanabilir. Bu fabrikada girdi; yağmur, kar, dolu vb. şekillerde havza üzerine düşen yağış, çıktı ise havza çıkışından akan sudur. Bu suyun miktarını, bir başka deyimle su verimini etkileyen faktörler atmosferik etmenler, havza parametreleri ve arazi kullanma biçimi olmak üzere üç ayrı sınıfta toplanabilir. Atmosferik etmenler arasında yağış ve radyasyon su verimi üzerinde en etkili öğeler olarak yer almakta ve su verimi bu iki öğenin bir fonksiyonu olarak da ifade edilmektedir (1). Havanın modifikasyonu gibi bazı özel koşullar yaratma dışında yağış miktarı üzerinde etkili olunamadığına göre bir havzadaki yağış, yani fabrikanın su girdisi değiştirilememektedir. O halde, sabit bir girdiye karşılık bu girdiden elde edilen suyun verimini artırabilmek, ancak fabrikanın yani havzanın parametrelerini ve kullanımını etkilemekle olanaklı görülmektedir. Havzanın parametreleri olarak nitelendirilen coğrafik konum, alan, yükselti, şekil, bakı ve jeolojik yapı değiştirilememekte ve bunların su verimi üzerindeki etkileri sabit kalmakta, toprak ise uygulanan işlemlere bağlı olarak su verimi üzerinde olumlu ya da olumsuz etkide bulunmaktadır. Ancak çok büyük havzalar dikkate alındığında, işlenen toprak alanı sınırlı olduğundan dolayı su miktarı üzerindeki etkisi de kısıtlı olmaktadır.

Bir havzada tarım, orman, mera ve yerleşim alanı başlıca arazi kullanım biçimleri olarak görülmektedir. Söz konusu kullanım biçimlerinin her birisi su verimi üzerinde birbirinden çok farklı miktarlarda etkide bulunmaktadır. Bir başka anlatımla, bir arazinin orman, mera, tarım alanı veya yerleşim alanı olarak kullanılması durumunda üretilen su miktarı birbirinden çok farklı olmaktadır. Bu kullanımlar arasında yer alan orman ise, insanoğlunun yönetimi ile su veriminin artırılmasında en etkili yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim "orman özelliği nasıl olursa" veya "ormanlara hangi biçimde etkide bulunulursa" su verimi artırılabilir ve ne kadar artabilir sorusunu yanıtlamak üzere çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiş bulunmaktadır (2-3).

Aşağıda, su üretim havzalarında bitki örtüsü ve vejetasyon amenajmanının su verimi üzerindeki etkilerine ilişkin araştırma sonuçları verilmek suretiyle bitki örtüsü amenajmanı işlevi ortaya konulacaktır.

2. BİTKİ ÖRTÜSÜ-SU VERİMİ İLİŞKİSİ

Bilindiği gibi, ormanlar birbirinden çok farklı nitelikteki bitki türlerinden oluşur. Bu bitki türleri bazen tek başına yani saf olarak bazen de karışık olarak bir arada yer alırlar. Örneğin, sadece meşe veya kayın ağaçlarının oluşturduğu saf ormanlar bulunduğu gibi meşe-kayın, çam-göknar gibi iki veya daha fazla ağaç cinsinden oluşan ormanlar da bulunmaktadır. Meşe, Kayın, Gürgen vb. bir çok orman ağacı geniş yüzeyli yayvan yapraklara sahip olup bunlara genel anlamda "yapraklı ağaç" denir ve genellikle kışın yaprağını dökerler. Çam, Göknar, Ladin, Sedir vb. gibi bazı ağaçlar da ince, sivri ve sert yapraklı olup "iğne yapraklı" ağaç olarak bilinmekte ve kışın yapraklarını dökmedikleri için devamlı yapraklı kalmaktadır.

Araştırmalar, iğne yapraklı ağaçların oluşturduğu ormanların yapraklı ağaçların oluşturduğu ormanlara göre aynı iklim koşullarında daha az su ürettiklerini göstermektedir. Nitekim Swank ve Douglas (1974) karışık yapraklı ormanla kaplı iki havzanın tamamen saf çam ormanına (white pine) dönüştürülmesiyle yıllık su veriminin hızla azaldığını ve 15 yıl sonunda yılda 200 mm. daha az su üretimi sağlandığını belirlemişlerdir. İğne yapraklı ormanların su tüketiminin fazla olması, bunların tepe tacının daha fazla su depolama kapasitesine sahip oluşu ve dolayısıyla intersepsiyon kaybının fazlalığı, yaprak yüzey indeksinin fazlalığı nedeniyle transpirasyonla daha fazla su kaybedişi, iğne yapraklıların daha uzun süre transpirasyon yapması ve son olarak kar erime zamanını etkilemesi gibi etmenlere dayanmaktadır. Nitekim intersepsiyon yoluyla iğne yapraklı ormanlar yapraklı ormanlara nazaran çok daha fazla su tüketmektedir (4-5) (Tablo 1). Verilerden görüldüğü gibi farklı ağaç türleri aynı koşullar altında bile atmosferden gelen yağış miktarını farklı değerlerde toprak yüzeyine ulaştırmaktadır.

Tablo 1. Bazı ağaç türlerinin intersepsiyon kapasiteleri açısından karşılaştırılması.

Bitki örtüsü	İntersepsiyon miktarı (%)	
Ponderosa çamı	32	(6)
Kavak	16	(6)
Meşe-çam karışık	13	(6)
Meşe baltalığı	16.1	(7)
Karaçam	26	(4)
Kayın	12	(4)
Meşe	13	(4)
Meşe	15.6	(5)
Karaçam	28.3	(5)
Baltalık (meşe+gürgen)	13.8	(5)
Baltalık (meşe+gürgen)	15.3	(8)
Karaçam	39.01	(9)
Radiata çamı	28.05	(9)
Sahil çamı	25.71	(9)
Yapraklı karışık meşcere	22.43	(9)

Farklı bitki türlerinden oluşan ormanların su verimi üzerindeki etkileri konusunda Belgrad Ormanında yapılan bir çalışmada (5), çam meşceresinde su tüketiminin baltalık ve meşe meşcerelerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir ki bunun anlamı çamı yani iğne yapraklı meşcere yapraklı meşcereye göre daha az su üretmektedir (5) (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerin toplam su kaybı miktarlarının karşılaştırılması.

Meşcerevi oluşturan tür	Toplam buharlaşma miktarı (mm/yıl)
Meşe	944.7
Karaçam	985.7
Baltalık (meşe+gürgen)	872.2

3. VEJETASYON AMENAJMANI-SU VERİMİ İLİŞKİSİ

Orman örtüsü su verimi ve rejimi üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Bu etki yeryüzündeki her büyük orman zonunda pratik deneyimler ve bilimsel denemelerle kanıtlanmış bulunmaktadır. Mevcut bilgilerimize göre orman örtüsünün varlığı yıllık su veriminin azalmasına yol açmaktadır. Bu durum eş-havza denemeleriyle ortaya konmuştur (10-11-12-13). Öte yandan yıllık su veriminin artışı ise orman örtüsünün kaldırılmasıyla gerçekleşmektedir. Bu konuda değişik iklim koşullarında yapılan havza denemelerine ilişkin bazı veriler Tablo 3'de görülmektedir (1). Bu verilerden, orman örtüsü tamamen kaldırıldığı takdirde su verimindeki artışın, normal verimin % 40'ı kadar olduğu anlaşılmaktadır. Orman örtüsüne yapılan müdahale sonucu su veriminde görülen bu artış, müdaheleden sonraki ilk yıl

en çok olmakta ve müdehalenin etkisi zamanla azalmaktadır. Çünkü kesimden sonra orman örtüsü ve otsu tabaka tekrar gelişmeye başlamaktadır.

Tablo 3. Orman örtüsüne müdahale sonucu yıllık su verimindeki artış.

Orman tipi	Müdahale miktarı	Normal su verimi (mm/yıl)	Su verimi artış oranı
Karışık yapraklı*	% 100 traşlama	792	% 47
Karışık yapraklı**	% 100 traşlama	607	% 21
Karışık yapraklı	% 50 şerit kesimi	1275	% 31
Duglas göknarı	% 30 traşlama	1448	% 35

* kuzey bakı
** güney bakı

İ.Ü. Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Ana Bilim Dalı tarafından Belgrad Ormanı Orta Dere Yağış Havzasında yapılan benzer bir çalışma meşe, kayın ve gürgenden oluşan ormanla kaplı havzada % 11'lik bir aralamanın, su üretimini uygulamadan hemen sonra artırdığını göstermiştir (3).

Ormanlarla kaplı havzalarda kapalılık derecesindeki azalmanın su verimi üzerindeki etkileri konusunda yapılan bir diğer çalışmada ise, Tablo 4'deki veriler ortaya konmuştur (14). Bu veriler vejetasyon örtüsünün % 10 azaltılmasıyla, iğne yapraklı ormanda yapraklı ormana göre daha fazla su verimi artışı olduğunu göstermektedir. Zira iğne yapraklı orman daha çok su tüketmektedir. Bunun anlamı su tüketiminin azalması oranında su üretiminin artması demektir (15-16-17).

Tablo 4. Vejetasyon aralamanın havzanın su verimi üzerindeki etkisi.

Vejetasyon tipi	Vejetasyon örtüsündeki %10 luk aralamaya karşılık su verimindeki ortalama artış miktarı (mm)
İğne yapraklı+ ökaliptus	40
Yapraklı	25
Çalı	10

Brooks ve arkadaşları (1991) su veriminin, ormanla kaplı alanlarda vejetasyon amenajmanı ile 10-150 mm. kadar artırılabileceğini belirtmektedir.

Vejetasyonun baltalık olarak işletilmesiyle koru ormanı olarak işletilmesi arasında su verimi bakımından baltalık lehine bir fazlalık olduğu görülmektedir (Tablo 2). Bu durum,baltalığın daha az bir yaprak yüzeyi indeksine sahip olması ve kış döneminde yaprağını dökmesi ile

açıklanabilir. Öte yandan, baltalığı oluşturan bitkiler en çok 20 yılda bir tamamen kaldırıldığından bitkilerin su tüketimi en aza inmektedir. Su kıtlığının yaşandığı yörelerde su üretim havzalarındaki vejetasyona, ekolojik koşulların elverişli olması durumunda, bu yönetim biçiminin uygulanması etkin bir yöntem olarak önerilebilir. Ancak, böyle bir uygulamaya gidildiğinde arazinin başka kullanımlara kaydırılmaması için havzada etkin koruma önlemleri alınmalıdır.

Yukarıda yapılan açıklamalar, su üretimini artırmak için havzadaki vejetasyon örtüsünün azaltılması gerektiğini gösterse de; burada belirtilmesi gereken nokta yüzeysel akış miktarının vejetasyonun niceliği ve niteliğine göre değişmesi nedeniyle (6), su üretim havzalarının erozyona maruz kalması, su kalitesinin bozulması ve besin maddeleri kaybı açısından tehlikeli ve riskli durumlarla karşılaşılabilir. Yapılan araştırmalar ormanlardaki kapalılığın azalmasıyla erozyon olgusunun arttığını göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin Oregon Eyaletinde yapılan bir çalışmada (18), yöredeki toprak kaymalarının % 63'ünün ormanların tıraşlama kesimini takip eden ilk üç yıl içinde meydana geldiğini buna karşılık % 8'inin ise tıraşlama kesiminin yapılmasından 11 yıl veya daha fazla süre sonra meydana geldiğini ortaya koymaktadır. İşte bu iki zıt olgu karşısında, Havza Amenajmancıları su verimini yani fabrika çıktısını artıran ancak erozyona imkan vermeyen önlemleri uygulamak suretiyle su talebini karşılama çabalarında bulunmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeryüzünde sürdürülen çeşitli araştırmalar bir havzada vejetasyon tipi veya miktarı değiştirildiğinde yıllık su veriminin değiştiğini ortaya koymaktadır. Genellikle evapotranspirasyonu azaltan değişiklikler su verimini artırmaktadır. Evapotranspirasyon, havzadaki vejetasyonun yapısını ve kompozisyonunu değiştirmek suretiyle azaltılabilmektedir. Bir havzada su üretimi;

1- ormanlar traşlandığında veya aralandığında,
2- derin köklü bitkiler sığ köklü bitkilere dönüştürüldüğünde,
3- yüksek intersepsiyon kapasitesine sahip bitkilerin düşük intersepsiyon kapasitesine sahip bitkilere dönüştürülmesiyle artırılabilmektedir.

Bilinçsiz ve bilimsel dayanağı olmayan, sadece su üretim havzalarında erozyonu önlemek için yapılan ağaçlandırmalar, aşırı intersepsiyon kapasitelerinden dolayı su kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle yağışın olabildiğince en fazla miktarını toprak yüzeyine ulaştırabilecek,

kışın yaprağını döken, seyrek ve gövde ile dik bir açı ile dallanma özelliği olan, düşük bir yaprak yüzeyi indeksine sahip türler tercih edilmelidir.

Su üretim havzalarındaki vejetasyon örtüsünün amenajmanında temel amaç, intersepsiyonla fazla su kaybına sebep olmayacak, fakat aynı zamanda da erozyona yol açmayacak, su kalitesi ve rejiminin bozulmasına neden olmayacak miktarda, toprağa ölü örtü sağlayacak bir vejetasyon örtüsünün bulundurulmasıdır.

5. KAYNAKLAR

1. Lee, R., "Forest Hydrology", Columbia University Press, New York, 1980.
2. Swank, W. T. and Douglas, J. E., "Streamflow Greatly Reduced by Converting Deciduous Hardwood Stands to Pine", Science, 185:857-859, 1974.
3. Balcı, N., Özyuvacı, N. and Özhan, S., "Effects of a Regular Selective Cutting on Streamflow Characteristics of Ortadere Experimental Watersheds in Mature Oak-Beech-Forest Ecosystems Near İstanbul, Turkey", Proceedings of the XI World Forestry Congress, Volume:2, 13-22 October, Antalya, Turkey, 1997.
4. Çepel, N., "Orman Topraklarının Rutubet Ekonomisi Üzerine Araştırmalar ve Belgrad Ormanının Bazı Karaçam, Kayın, Meşe Meşcerelerinde İntersepsiyon, Gövdeden Akış, Toprak Rutubeti Miktarının Sistematik Ölçmelerle Tespiti", Dizerkonca Matbaası, İstanbul, 1965.
5. Özhan, S., "Belgrad Ormanındaki Bazı Meşcerelerde Evapotranspirasyonun Deneysel Olarak Saptanması ve Sonuçların Ampirik Modellerle Karşılaştırılması", İ. Ü. Yayın No: 2906, Orman Fakültesi Yayın No: 311, İstanbul, 1982.
6. Branson, F. A., Gifford, G. F., Renard, K. G. and Hadley, R. F., "Rangeland Hydrology", Society for Range Management, Kendall/Hunt Publishing Company, Iowa, USA, 1981.
7. Balcı, A.N., "Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkanları ve Vejetasyon-Su Düzeni Üzerine Araştırmalar", (İ. Ü. Orman Fakültesi Doktora Tezi, Yayınlanmamış), 1958.
8. Özyuvacı, N., "Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-Su İlişkileri", İ.Ü. Yayın No: 2082, Orman Fakültesi Yayın No:221, 1976.
9. Zengin, M., "Kocaeli Yöresinde Orman Ekosistemlerinin Hidrolojik Ağaçlandırmalar Yönünden Karşılaştırılması", Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Orman Bakanlığı Yayın No:055, Müdürlük Yayın No: 217, Teknik Bülten No:182, İzmit, 1997.

10. Douglas, J. E. and Swank, W. T., "Stream Flow Modification Through Management of Eastern Forests", USDA Forest Service Research Paper SE-94, Asheville, North Carolina, 1972.
11. Douglas, J. E. and Swank, W. T., "Effects of Management Practices on Water Quality and Quantity", Coweeta Hydrologic Laboratory, North Caroline, USDA Forest Service Technical Report NE-13, Proceedings: Municipal Watershed Symposium, Upper Darby, Pa., 1975.
12. Lee, R., "Opportunities for Increasing Water Supplies in the Eastern United States by Vegetation Management", Report to USDA Forest Service, Contract OM-40-0452-7-1008, Wenatchee, Washington, 1977.
13. Anderson, H. W., Hoover, M. D., and Reinhart, K. G., "Forest and water. Effects of Forest Management on Floods. Sedimentation and Water Supply", Forest Service Technical Report PSW. 18, USDA, Berkeley, California, 1976.
14. Brooks, K. N., Ffolliott, P. F., Gregersen, H. M. and Thames, J.L., "Hydrology and the Management of Watersheds", Iowa State University Press, Ames, 1991.
15. Colman, E. A., "Vegetation and Watershed Management", The Ronald Press Co., New York, 1953.
16. Satterlund, D. R., "Wildland Watershed Management", The Ronald Press Co., New York, 1972.
17. Özhan, S., "Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanın Su Verimine ve Su Kalitesine Etkileri Adlı Makaleye İlişkin Bir Açıklama", İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, Cilt: 44, Sayı:3-4, S. 66-76, 1994.
18. Gresswell, S., Heller, D. and Swanston, D. N., "Mass Movement Response to Forest Management in the Central Oregon Coast Ranges", USDA Forest Service Bulletin PNW-84, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Portland, Oregon, USD.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

AĞAÇ KESİMİNİN AKARSU HAVZASINA ETKİSİ
(Logging Effect on Watersheds)

Yrd. Doç. Dr. Anya BUTT[1] ve Arş. Gör. Gönül YAPICI[2]

[1]Fatih Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Büyükçekmece 34900 İSTANBUL
anya@fatih.edu.tr

[2]Fatih Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Büyükçekmece 34900 İSTANBUL
gonulyap@yahoo.com

ÖZET

Türkiye'nin orman kapasitesi bakımından Avrupa ve Orta doğuda önemli bir yeri bulunmaktadır.Gelişmekte olan ulkemizde şehirleşmeninde artmasıyla var olan orman örtüsü azltılmaktadır. Ağaç kesimi (logging) doğal bir kaynaktır ancak bu kesimler sadece var olan kaynağı azltmamakta bunun yanı sıra çevre üzerinde olumsuz etkiler olşturmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin ağaç kapasitesi ve ağaç kesiminin çevreye etkileri üzerinde durulacaktır. Ağaç kesimi doğal dengede özellikle akarsu havzasında oldukça önemli değişiklikler oluşturmaktadırlar. Kerestecilik yönteminin farklılığı da çevrede doğurduğu zararlar üzerinde önemli rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Ağaç Kesimi, Akarsu Havzası, Akarsu Fiziki Yapısı, Sedimet Oranı, Akım*

ABSTRACT

Turkey's forests were among the largest and most diverse forest in Europe and the Middle East. The increasing development and urbanization of Turkey, though, has come at the expense of these forests. The logging of these forests not only reduces our natural resources, but impacts the environment adversely. In this paper, we discuss the capacity of Turkish timber harvests, as well as the implications for riparian environments. Logging often results in increased sediment yields, through the creating of logging roads and the removal of vegetative cover. Runoff characteristics of the region change, creating greater discharges and flood risks. These alter the ecosystems, often detrimentally. We examine the major logging techniques and their impacts and conclude with recommendations for the forestry industry. Proper harvesting techniques should be employed to conserve the Turkish riparian corridors and their associated fauna.

Key Words: *Logging, Riparian Environments, Stream Morphology, Sediment Supply, Discharge*

1. GİRİŞ

Türkiye Orman Bakanlığının 1997 yılı ve FAO'nun 1996 yılı verilerine göre Türkiye orman kapasitesi 20.7 milyon hektardır. Bu orman örtüsünün %51 güzel kalitede iken %49 bozuk karakterlidir. (Tablo 1) Türkiye'de düzenli ve kaçak olarak her yıl 17 milyon m^3 ağaç kesimi kaydedilmiştir. FAO 1996 verileri incelendiğinde Türkiye'de 1.083 milyon m^3 büyüyen stokun mevcut olduğu görülmektedir. Tahminlere göre yıllık verim 19,8 milyon m^3 iken tüketim 17,8 milyon m^3'tür. Yani üretilen kapasite ihtiyaçlar için tüketilmektedir. Ağaç kesimleri her alanda olumsuz etkiler yaptığı gibi akarsu havzasından kesilen ağaçlarında bu havza üzerinde oldukça olumsuz etkisi mevcuttur. Bu çalışmada ağaç ve akarsu arasındaki ilişkiler üzerinde durulup ağaç kesim yöntemlerinin de etkisi üzerinde durulacaktır (1).

Tablo 1: Türkiye orman kapasitesi (OGM. 1997)

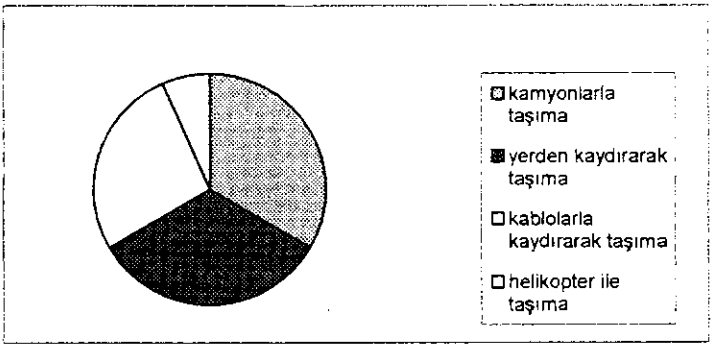
(000 ha.)	İğne yapraklı	Geniş yapraklı	Karışık	Toplam
İyi kalite	5.995	1.415	633	10.588
Bozuk karekterli	3.937	1.178	721	10.155
Toplam	9.932	2.593	1.354	20.743

2. AĞAÇ KESİMİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Ağaç kesimi doğal bitki örtüsü varlığını etkilediği gibi akarsu havzasında da oldukça önemli değişimlere sebep olmaktadır. Bilindiği gibi akarsu havzasında bulunan ağaçlar akarsu ekosistemi üzerinde oldukça etkilidir. Güneş ışınlarının akarsuya ulaşmasında, buharlaşma miktarında, akarsuya ulaşan sediment miktarında, yüzey akış oranında ve akarsu akımı üzerinde etkisi oldukça fazladır. Akarsu havzası bitki örtüsünün dağılışı bitki topluluklarının tür özellikleri havzanın jeolojik evriminde ve yaşanan taşkın olayları üzerinde etkilidir.

Çevre üzerindeki etkisinde fiziki faktörlerin (iklim, jeoloji, toprak vs) etkisi kadar ağaç kesim yöntemi ve taşıma yöntemi de etkilidir. Bu yöntemler; kamyonlarla taşıma, helikopterle taşıma, yerden ağaç kütüklerini kaydırarak taşıma ve kablolardan ağaç kütüklerini kaydırarak taşımadır. Doğal olarak çevreye en az zarar helikopterle taşıma yönteminde kaydedilmektedir. Ancak maliyetinden dolayı ülkemizde çok nadir kullanılmaktadır. Ülkemizde daha ziyade kamyonla taşıma ve kablolarla taşım daha yaygındır. Yapılan incelemeler sonucu çevreye zarar oranının kamyonla taşımacılıkta maksimum değere ulaştığı gözlenmiştir (Grafik 1) .Bu

zararı artıran faktör kamyonun geçtiği toprak yolların zamanla serleşerek yüze suyunun sızmasını engellemesidir. Ayrıca toprak kayması da toprak yolların olduğu alanlarda çok görülür (2).



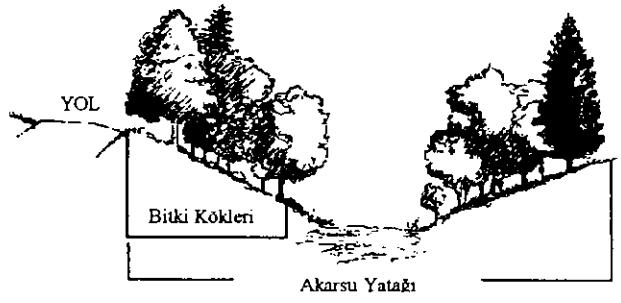
Grafik 1: Ağaç kesim yöntemleri zarar oranları (AGM)

Ağaç kesimini havzaya olan etkisini ölçüm yapıp değerlendirmek oldukça zordur. Kesim yapılan alanlarda büyük sel taşkınları yaşanmaya başlanır ve toplam yüzeysel akış miktarının arttığı görülür. Yağış süresi boyunca büyük miktarda sediment depoları kanallara dolar ve akarsu yük miktarı artar. Yük miktarı arttığı için akarsuyun aşındırma kapasitesi artar, akarsu yatağın derinleştirir ve genişletir. Kanalın genişlemesi sırasında yer yer toprak kaymaları da gözlenir (3).

Ağaç kesimin havzaya olan etkilerini kısaca maddeleştirecek olursak: Bitki örtüsü tahribatı gerçekleşirken bazı türler yok olur, Yüzeysel akış karakteri değişir, Akım değişir, Sel taşkınları artar, Toprak kaymaları artar, Sediment miktarı değişir, Canlılar (örneğin balıklar) zarar görür, Barajlar dolar ve Akarsuyun yatağında yeni adacıklar oluşur

2.1. Havzadaki Bitki Örtüsünün Yok Oluşu;

Ağaç kesimi yapılan alanlarda zaman geçirmeden ağaçlandırma yapmak gerekmektedir. Çünkü bazı türleri zarar görüp yok olabilmektedirler. Bu zararı en aza indirmenin en önemli etkilerinden biride uygun yöntemi seçmektir. Çünkü bazı yöntemler bitki örtüsüne oldukça zarar vermektedir. Kesimden kısa bir süre sonra ağaç kökleri bulundukları alandaki toprağı tutarlar. Ve o bölgedeki toprak kaymasını kısmen engellerler. Ağaç kökleri henüz ortadan kalkmadan yeni fidelerin dikilmesi oldukça önemlidir (Şekil 1).



Şekil 1: Akarsu havzasındaki bitki örtüsünün fonksiyonları

2.2. Akış Karakterinin Değişimi;

Bitki örtüsü ve köklerinin ortadan kalkması ile yağış sonrası oluşan yüzeysel akışın arttığı gözlenir. Oldukça hızlı bir şekilde akışa geçen yağmur suları akarsuyun pik noktasının zamanını etkiler. Beklenmedik bir zamanda maksimuma ulaşmasından dolayı sel taşkınları gözlenir (Şekil 2 ve 3).

2.3. Akım Miktarının Değişimi;

Akım değerinin değişmesinin önemli birkaç nedeni vardır. Ağaç kesimi yapılmadan önce, arazi bitki örtüsü ile kaplı iken yağış sularının bir bölümü bitki tarafından kullanılmakta, bir bölümü toprağa sızmakta ve bir bölümü de buharlaşmaktadır. Geriye kalan bölümü de yüzey suları olarak akarsuya ulaşmaktadır. Ağaç kesiminden sonra ise saha çıplak kalır ve yağış hiç oyalanmadan hemen akışa geçer. Kar erimelerinde de aynı olay görülür, daha çabuk erir ve hızlı bir şekilde akarsuya ulaşır. Bu da zamanla akarsu akım miktarını etkiler (Şekil 2 ve 3).

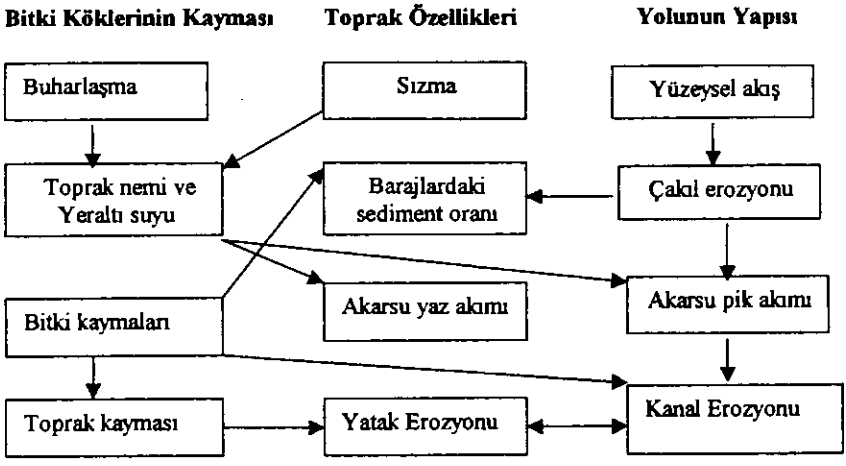
2.4. Sediment Miktarındaki Değişim;

Bir çok orman araştırıcısı ağaç kesiminin özellikle sediment oranı üzerindeki etkisi üzerinde durmuşlardır. Ağaç kesimi yapılan bir sahada kesim yapılmayan alandan 10 kat daha fazla sediment miktarı kaydedilmektedir (4). Bu oluşan sedimentler sığ alanlarda küçük kum depocuklarının oluştuğu gözlenir (Şekil 2 ve 3).

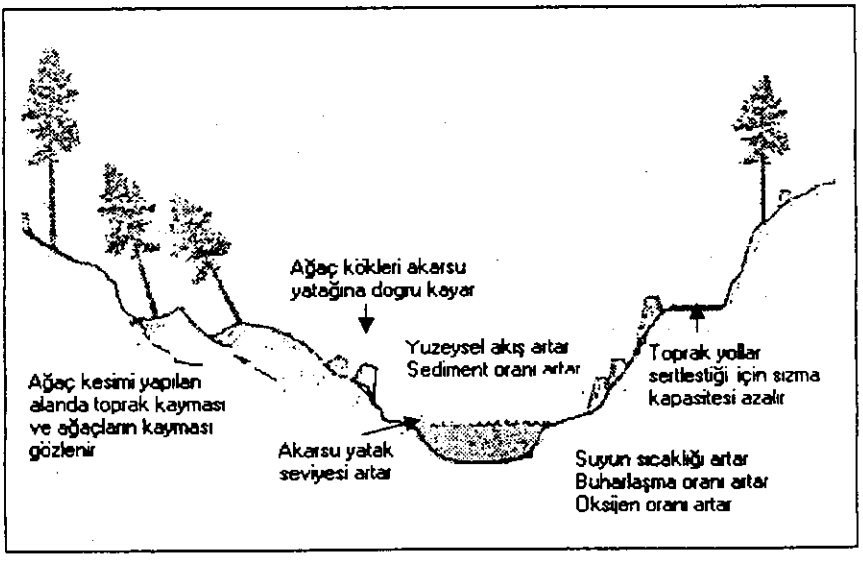
2.5. Canlılar Üzerindeki Etkisi;

Ağaç kesimi yapılan sahanın iklim şartları kısmen değişir, çünkü daha fazla güneşlenirken aynı zamanda daha fazla buharlaşmaktadır. Böylece suyun ekolojik şartları değişir. Sediment oranının artmasıda suyun ekolojik ortamını etkileyen önemli etmenlerden biridir. Akarsu

canlıları bu durumdan zarar görür, özellikle balıklar ve balık yumurtaları yeni ortama alışamaz ve yok olurlar



Şekil 2: Bitki Örtüsü, Toprak Özellikleri ve Yolun yapısının değişimşinin akarsu yatağına etkisi.



Şekil 3: Akarsu yatağındaki oluşumlar

2.6. Barajlar Üzerindeki Etkisi;

Ağaç kesimi yapılan bir alanda herhangi başka bir önlem de alınmadıysa havzaya en yakın barajda sediment oranı artmaya başlar.Baraj su kapasitesinin azalması elektrik üretimi azaltır. İnsanoğlu kendi eliyle kendine zarar vermiş olur (Şekil 4).

Şekil 4: Ağaç kesiminin barajlar üzerindeki etkisi

1- Orman yangını sonucu yok olan agac kalıntıları
2- Ağaç kesimi sonucunda geriye kalan ağaç kök, kütükler akarsuyun yatağına kaymış durumda
3- Korunaksız kalan alanda toprak kayması görülür.
4- Barajlar zamanından önce dolar
5- Akarsu ayatğında yeni adacıklar olusur.

2.7. Akarsuyun Yatağındaki Yeni Yerşekilleri;

Akarsuyun eğimini azaldığı alanlarda yeni yerşekilleri (kum adacıkları) ağaç kesiminden sonra artma gösterir. Bu yeni oluşumlar akışhızını etkiler ve ayrıca akarsu yatağında bulunan bitki örtüsünü etkiler (Şekil 4).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanoğlu hayatını devam ettirmek için kesim için uygun olan ağaçları kesmek zorunda. Bunu yaparken çevreye vereceği zararı minimuma indirmelidir. Ağaç kesiminde kullanılan yöntemi doğru seçmeli. Ormanlarımızda düzenli ağaç kesiminin yapıldığı alanlarda kesim yapılmadan önce onların yerini tutacak yeni ağaçlar dikilmektedir.

TEMA Vakfi'nın araştırmasına göre, Türkiye'de son 40 yılda 2 milyon 607 bin 642 hektar orman azalması yaşanmıştır. Orman yangınları , zararlı böcek ve mantarların yol açtığı doğal yıkımlar, rüzgâr ve kar devirmeleri, yasak ağaç kesme, yerleşme ve tarla açma etkinlikleri, başarısız ormancılık uygulamaları ,altyapı yatırımları (yol, enerji hattı geçirilmesi, baraj vb) orman ekosistemlerinin daralmasına yol açan nedenlerin başında gelmektedir. (5). Bütün bu değişimler orman alanlarının bulunduğu alanlardaki akarsu havzaları üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur.

AGM, TEMA, ÇEVKO gibi kuruluşlar halkı bilinçlendirip ağaç kesimi yapılan arazinin hızlı bir şekilde ağaçlanmasını sağlamalıdır. Aksi taktirde ağaç kesimi yapılan alandan çok rahatlıkla sedimentler akarsuya ulaşarak suyun yapısını ve sedimet oranını değiştirir. Halkı bilinçlendirme noktasında devlet kuruluşlarına ve gönüllü kuruluşlara büyük pay düşmektedir.

Ayrıca Orman endüstrisi kırsal alanda geliştirilmeli, doğru kesim yöntemi imkanları sağlanıp halka bildirmelidir. Bu noktaya devlet ve özel sektör eğilerek bilinçli kesim yapılması sağlamalıdır.

Barajlardaki zararı en aza indirgemek için baraj çevresine özel korunaklı bir alan oluşturulup, gençleştirme amaçlı bir kesim yapılmalıdır. Herkesin de çok iyi bildiği gibi barajların dolması geleceğe yönelik tehlikeler oluşturmaktadır.

Güzel yeşil bir ülkenin mavi akan akarsuları için el ele verelim. Keselim ama yerine yenisini hemen dikelim. Yaşamaya çalışırken öldürmeyelim. Hem akarsuyu hem de ağacı koruyalım.

1.GİRİŞ

Sulama, bitkilerin normal gelişmeleri için ihtiyaç duydukları suyun doğal yağışlarla karşılanamayan kısmının toprağa verilmesi biçiminde tanımlanmaktadır (1). Sulama sistemlerinin amacı ise, bitkinin terleme (transpirasyon) ve toprağın buharlaşma (evaporasyon) yoluyla kaybettiği suyu karşılamaktır (2).

Su bitki sisteminin sürekliliğini sağlayan hemen hemen bütün proseslerin esasıdır. Bitki yapısının büyük kısmını su oluşturur. Nitekim aktif şekilde yaşamını sürdüren bir bitkinin %85-90'ı sudur. Diğer bir ifadeyle su, hem bitki gelişimine yarayan maddelerin fiziksel hareketi, hem de bitki beslenmesine özgü gıdaları oluşturan kimyasal prosesler için gerekli yaşam sürdürme sıvısıdır (3).

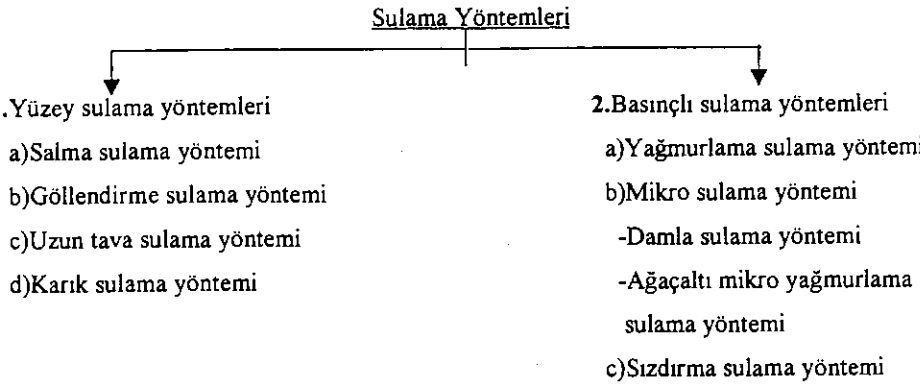
Bitki, suyu doğal yağışlardan karşılayamıyorsa, gerekli olan su ölçülü ve kontrollü bir şekilde bitkiye verilmelidir. Bunun yanında sulama ile çok sıcak havalarda toprak serinletilir, taban taşları yumuşatılır ve ticari gübreler su ile birlikte toprağa verilebilmektedir. Zararlılarla mücadele işlemi için de sulama suyuna gerekli ilaçlar verilerek yan faydalar sağlanabilir.

2. SULAMANIN ÖNEMİ

Sulardan istifade etme imkanları elde edebilmiş toplumlar, devirlerinin en zengin ve ileri medeniyetlerini kurmuşlardır. Sulama, tarihin her devresinde önemini korumuş, medeniyetlerin gelişmesine bağlı olarak sürekli gelişme göstermiştir. Artan ihtiyacı karşılamak için birim alandan elde edilen ürün, arttırılmaya çalışılmıştır. Üretimdeki artma, sulama ve bunun yanısıra gübreleme, toprağın uygun ekimi, sürümü, tarımsal mücadele ve modern teknolojinin uygulanabilmesi ile sağlanabilir. Sulama bunların içinde en etkilisidir. Bugün sulama yapılmaksızın insanların ihtiyacı olan ürünün temini mümkün değildir. Ekonomileri tarıma dayalı ülkelerde, sulama yolu ile ürün artışının sağlanması milli gelirin artışını sağlamaktadır (4).

3. SULAMA YÖNTEMLERİ

Sulama yöntemleri yüzey ve basınçlı sulama yöntemleri olarak ikiye ayrılır (Şekil 1) (1).



Şekil 1: Sulama Yöntemlerinin Sınıflandırılması

3.1 Uygun Sulama Yönteminin Seçilmesi

Sulamaya açık alanlarda, önce koşullara en uygun sulama yöntemi seçilir. Sonra bu yöntemin gerektirdiği sulama sistemi kurulur. Sulama yönteminin seçilmesinde göz önüne alınan faktörler Tablo 1'de gösterilmiştir (1).

Tablo 1: Sulama yönteminin seçimine etkili olan faktörler

Sulama Yönteminin Seçimine Etkili Olan Faktörler						
Su kaynağı ve sulama suyunun özellikleri	Toprak özellikleri	Topoğrafik özellikler	İklim özellikleri	Bitki özellikleri	Ekonomik koşullar	Sosyal ve Kültürel durum
-Su kaynağının cinsi ve uzaklığı -Su kaynağının debisi -Sulama suyu kalitesi -Su maliyeti	-Kullanılabilir su tutma kapasitesi -Su alma hızı -Toprak derinliği ve taban suyu -Tuzluluk ve drenaj koşulları	-Eğim derecesi -Erozyona uygunluk	-Rüzgâr -Sıcaklık -Bağıl nem -Yağış -Don tehlikesi	-Bitki cinsi -Bitki hastalıkları -Özel istekler	-Sulamanın maliyeti -Ürünün değeri	

3.2 Yağmurlama Sulama Sistemi

Geniş çim veya park-bahçe alanlarının sulanmasında rahat, estetik ve etkili bir metod olup, manuel veya otomatik olarak kullanılabilir. Yağmurlama, suyun kaynaktan belli bir basınçla alındığı, kapalı bir sistemle araziye kadar iletildiği ve sonra atmosfere damlacıklar halinde püskürtüldüğü yöntemdir.

Bir yağmurlama sulama sistemini dizayn etmek için bazı esasların bilinmesi gerekir. Bu esaslar şunlardır:

1.Toprağın karakteri (özellikle toprağın gözenekliliği ve su tutma kapasitesi)

2.iklim

–Hakim rüzgâr yönü

-Nemlilik ve yağış karakteristikleri

3.Su temini (kaynağı)

-Kaynak (kuyu, depo, göl, gölet, havuz veya şehir suyu)

-Debi ve basınç

4.Mülk sahibinin istek ve arzuları (2).

3.2.1 Yağmurlama Sulama Sisteminin Kullanılabilirliği

Yağmurlama yöntemi, çok değişik özelliklere ve sistem kapasitesine sahip olduğundan dolayı birçok bitki için sulanabilir nitelikte her toprakta kullanılabilir (5). Yağmurlama yönteminin olanağı, sistemin su uygulama hızının toprağın su alma hızından yüksek olmaması koşulu ile sınırlıdır. Bu sistemde su alma hızının, toprağın su alma hızından yüksek oluşu, suyun toprak yüzeyinde göllenmesine ve erozyona yol açar.

Yağmurlama sulama yöntemi, yaprakların ıslanmasından kaynaklanan hastalıklara duyarlı bitkiler dışındaki tüm bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. Yöntem özellikle, yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmadığı su alma hızı yüksek, hafif bünyeli topraklarda eğimi yüksek ya da dalgalı topoğrafya'ya sahip alanların sulanmasında çok uygundur (1).

3.2.2 Yağmurlama Sulama Sisteminin Yararları

Bu sistemin yararlarını aşağıdaki gibi sıralarsak;

1. Karmaşık bünye ve profile sahip sorunlu veya tesviye yapılamayacak ölçüde sığ toprakların sulanmasında kullanılır.
2. Yeraltı ve yerüstü kaynaklarından alınan suyun küçük miktarda ve sürekli olarak etkin biçimde kullanılmasını sağlar.
3. Erozyona neden olmaksızın dik ve eğimli topoğrafya 'ya sahip alanlar sulanabilir.
4. Derine sızma ile su kaybı az olduğu için drenaj problemini ortadan kaldırır.
5. Az işçi ile kontrollü sulama yapılabilir.
6. Bitki besin maddeleri ve gübreler sulama suyu ile birlikte verilebilir.
7. Geçirimsiz tabakalarda taban suyunu yükseltmeden kontrollü bir sulama yapılabilir.

3.2.3 Yağmurlama Sulama Sisteminin Sakıncaları

1. Rüzgârlı bölgelerde homojen sulama yapılamaz.
2. Tesis masrafları yüksektir.
3. Sulama için gerekli olan basınç enerji sarfını gerektirir.
4. Yağmurlama sulama sistemi tek bir kapasiteye göre projelendirildiğinden sistem elastiki değildir (4).
5. Yüksek sıcaklığa sahip bölgelerde buharlaşma ile su kayıpları artar.
6. Bitki yapraklarında suyun damlacıklar halinde tutulması, bazı bitki hastalıklarına ve yaprak yanıklarına neden olabilir.

3.2.4 Yağmurlama Sulama Sistemi Tipleri

Yağmurlama sulamayı kuruluş ve işletmesine göre üç grupta inceliyebiliriz.

1. Taşınabilir tipler
2. Yarı taşınabilir tipler
3. Sabit tipler

1.Taşınabilir tipler: Bütün sistem yer değiştirebilir. Sistem sabit ya da hareketli bir pompaj ünitesi, hareketli bir ana boru ve lateral boru hatlarından oluşur. Boruların birden fazla konumda kullanılabilmeleri nedeniyle tesis masrafları azdır ama işletme ve bakım masrafları yüksektir.

2.Yarı taşınabilir tipler: Genellikle pompaj ünitesi ve ana boru hattı sabit, lateraller ise hareketli olup yer değiştirebilirler. İlk tesis masrafları taşınabilir tipe göre fazladır, ancak işletme masrafları azdır.

3.Sabit tipler: Sistemi teşkil eden ana boru, pompa, motor ve lateral boru gibi sistemin bütün elemanları sabit olup, yalnız yağmurlama başlıkları gerektiğinde sökülüp, takılabilir durumdadır. İlk tesis masrafları diğerlerine göre fazla olmasına rağmen, işletme masrafları diğerlerinden azdır (4).

3.2.5 Yağmurlama Sulama Sistemi Üniteleri

1.Enerji Gücü: Yağmurlama sulama sistemlerinin çalışabilmesi için bir enerji gücüne gereksinim vardır. Bunlar akaryakıt veya elektrik enerjisinden hareket alan motorlardır.

2.Pompalar: Motordan almış olduğu enerji ile çalışan ve suyu boru sistemleri aracılığıyla sulama elemanlarına ileten santrifüj veya kademeli pompalardır.

3. Borular: Pompalanan suyu, bir basınç altında sulama elemanlarına (sprinkler, pop-up, spray vb) ileten, çeşitli hammaddelerden üretilen (demir, galvaniz, alüminyum, pik, PVC ve PE) borulardır. Günümüzde yağmurlama ve damlama sulama sistemlerinde en yaygın olarak kullanılan PVC (polivinil klorür) ve PE (polyetilen) borulardır.

4. Fittingsler: Sulama sistemlerinde boruların birbirine eklenmesi, yönlendirilmesi ve bağlantılarının yapılmasını sağlayan (flanş, dirsek, TE, redüksiyon, körtapa, prizkolye, kayarmanşon, deve boynu, kuğu boynu vb) ek parçalardır.

5.Yağmurlayıcılar: Springler, pop-up, minispray, püskürtmeli sisleme elemanları sayılabilir. Firmalar tarafından çeşitli tip ve kapasitede üretilen yağmurlayıcı türleri vardır.

6.Yardımcı elemanlar: Klepe, vana, çekvalf, basınç düşürücü, filtre, gübre ve ilaçlama tankları, karıştırıcılar, siklonlar, manometre gibi elemanlardır.

4. SONUÇLAR

Başlangıçta sulama yapılacak alanı, toprak tipi, su kaynağı, drenaj olanakları, su niteliği gibi bütün ayrıntılar düzenli bir şekilde incelenmelidir. Yağmurlama başlığındaki basınç, yapımcı tarafından önerilen çalışma aralığında değilse, alanda su dağılımı genellikle yetersizdir. Bundan dolayı alan üzerindeki bitkiler su yetersizliğinden belli bir sürenin sonunda kuruyarak ölecektir. Bunun yanında sulama süresi iyi bir şekilde hesaplanmazsa, alan fazla sulanacak , böylece hem günümüzde çok değerli olan su israf edilmiş olacak, hem de fazla su verilmesinden dolayı bitkiler solarak ölecektir. Aynı zamanda alana verilen fazla su özellikle eğimli alanlarda erozyona neden olacak, drenaj kanalları ve sert zeminlerin toprak ile dolmasına yol açacaktır. Yeni çim atılmış olan eğimli alanlarda su fazla verildiği takdirde çim tohumları eğim yönünde akarak, çimin düzenli bir şekilde çıkmasını engeller. Ayrıca dikili alanda bulunan yerörtücü, çalı ve ağaçların dip kısımları kazılarak köklerinin ortaya çıkmasına neden olur. Bu olumsuz durumların hepsi hem suyun fazla kullanılarak israf edilmesine, hem de peyzaj alanlarında lüzumsuz olarak maliyet artışlarına sebeptir.

Sonuç olarak, yağmurlama sulama sisteminin uygulanmasındaki başarı ve optimum yararın sağlanması, yağmurlama sulama sistemini; sulanacak alana ilişkin koşullara uygun biçimde projelenmesi, tesis edilmesi ve projede belirtilecek kullanım ilkelerine göre işletilmesine bağlıdır. Bu çalışmalar yerine getirilmediğinde, yağmurlama sulama sisteminin uygulanmasıyla, diğer yöntemlere oranla beklenen yarar sağlanamaz (6).

5. KAYNAKLAR

1. Erözel, A.Z., Güngör, Y., Yıldırım, O., "Sulama", A.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No. 1443/424, Genel Ders Kitabı, Ankara, 1996.

2. Seçkin, Ö.B., "Park ve Bahçe Sulama Sistemleri", İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 39, Sayı 2, Sayfa 48-64, İstanbul, 1989.

3. Seçkin, Ö.B., "Peyzaj Uygulama Tekniği", İ.Ü.Orman Fakültesi, Yayın No. 4105/453, İstanbul, 1998.

4. Kızılkaya, T., "Sulama ve Drenaj", T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Matbaası, D.S.İ. Genel Müdürlüğü, Anakara, 1998.

5. Kanber, R., "Sulama", Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No. 174/52, Adana, 1997.

6. Korukçu, A., Yıldırım, O., "Yağmurlama Sistemlerinin Projelenmesi", A.Ü. Ziraat Fakültesi, Kültürteknik Bölümü, Ankara, 1981.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

GAP'TA SULAMA VE SULAMA SORUNLARI

Bahri ÇEVİK ve Mahmut ÇETİN

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330, Balcalı-Adana
mcet64@mail.cu.edu.tr

ÖZET

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Türkiye'nin en büyük entegre projesidir. Projenin amacı, mevcut ve potansiyel kaynaklardan en iyi şekilde yararlanarak, bölgenin ekonomik ve sosyal kalkınmasını sağlamaktır. Projede, tarım setörü ve bu sektör içerisinde su kaynaklarının geliştirilmesi ağırlıklı bir yer almaktır. Fırat ve Dicle akarsu havzalarının aşağı bölümleri esas su kaynaklarını oluşturmaktadır. Bölgede 1995 yılından itibaren Şanlıurfa ve Harran ovaları sulamaya açılmıştır. Ancak, sulamanın getireceği yararlar yanında, fazla ve hatalı sulamanın yol açtığı çeşitli sorunlar da şimdiden ortaya çıkmaya başlamıştır.

Bildiride, sulamadan kaynaklanan, erozyon, drenaj ve tuzluluk sorunlarıyla birlikte; etkin su dağıtımı ve kullanımı; tarımın modernizasyonu; teknoloji seçimi ve kullanımı; ekonomik özendirme ve kurumsal yapının modernizasyonu gibi sulama ile çok yakından ilişkisi olan hususlar irdelenmiş; sorunların çözümüne yönelik öneriler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: GAP Projesi; Sulama; Tarım; Drenaj; Tuzluluk.

IRRIGATION IN THE GAP AREA AND ITS PROBLEMS

ABSTRACT

The Southeastern Anatolian Project, called GAP in Turkish, is the most promising and integrated land and water development project in Turkey. The lower parts of the basins of Euphrates and Tigris rivers supply mainly the region with the water for all kinds of usage. With the completion of the development of the project in 2010, 1.7 million hectares of land will be irrigated, and additionally 27 billion kWh of hydroelectric energy will be generated annually. It is expected that the project will highly improve the social and economic structure of the region.

Irrigation, with the water diverted from Atatürk Dam, was started in Şanlıurfa and Harran Plains, in 1995. As it is well known, there are many advantages of irrigation, contrary to the fact that it causes some problems such as erosion, drainage and salinity if no measurements are taken. In this study, after being reviewed briefly the project, characteristics of great irrigation projects, problems of the irrigated lands in the region were presented and probable solution proposals of the problems were given.

Keywords : Southeastern Anatolian Project; Irrigation; Agriculture; Drainage; Salinity.

1. GİRİŞ

GAP, Türkiye'de Cumhuriyet döneminin en büyük projesidir. GAP aynı zamanda tarım, sanayi, eğitim, sağlık, ulaşım ve diğer sektörleri de kapsayan *"entegre projeler"* demetidir. Projenin temel felsefesi; ekonomik, sosyal ve fiziksel alt yapının düzenlenmesi ile mevcut ve potansiyel kaynaklardan en verimli biçimde yararlanmak ve bölgenin kalkınmasını sağlamaktır. Projede, Fırat ve Dicle akarsu havzalarının aşağı bölümleri esas su kaynaklarını oluşturmaktadır. Fırat üzerinde 7, Dicle üzerinde 6 olmak üzere GAP 13 alt projeden oluşmaktadır. Proje ile 22 adet baraj, 19 adet hidroelektrik santralı ve 1.7 milyon hektar tarım arazisinin sulanmasını sağlayacak sulama ve drenaj kanallarının inşaası öngörülmektedir. Anılan santraller tamamlandığında, yılda 27 milyar kWh enerji üretilecektir (1, 2).

Projenin koordinasyonunun sağlanması ve yönlendirilmesi, *T.C. Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı*'nca yapılmaktadır. Halen *Atatürk Barajı*'ndan tüneller vasıtasıyla alınan sulama suyu ile 2000 yılı itibariyle *Şanlıurfa ve Harran ovalarında* yaklaşık 130 bin hektar alan sulanmaktadır. Toplam yatırım tutarı 32 milyar ABD doları olup, projenin 2010 yılında tamamlanması beklenmektedir.

Tarım sektörü proje içerisinde en ağırlıklı bölümü oluşturmaktadır. Sulama ise, tarımın bir lokomotifi ve itici gücüdür. Sulama, tarımsal üretimin ve verimin artırılmasında, diğer tüm etkenler içerisinde ön sırada yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin tamamlanmasından sonra, kuru tarımdan sulu tarıma geçişte yılda 2-3 ürün alınabileceği, tarımla ilgili endüstrinin gelişerek bölgede istihdam olanağı yaratacağı, bölge dışına göçlerin önleneceği ve sonuç olarak bölge halkının yaşama düzeyinin yükseleceği beklenmektedir.

Bu bildiride, GAP'ta şimdiye kadar yapılan uygulamaların ışığı altında, sulama ve sulamayla ilgili konularda ortaya çıkan sorunlar ve bunlara ilişkin alınması gerekli önlemler irdelenmektedir.

2. BÜYÜK SULAMA PROJELERİNİN KARAKTERİSTİKLERİ

Büyük sulama projelerinin temel karakteristikleri, sulamanın etkinliğini artırıcı bir rol oynayan, dolayısıyla verimin ve çiftçinin net gelirinin artırılmasında önemli etkileri bulunan arazi toplulaştırması, kırsal yerleşimin yeniden düzenlenmesi, arazi tesviyesi, sulama, drenaj ve ulaşım sistemleri gibi temel fiziksel tesislerin ve hizmetlerin hep birlikte planlanması ve

uygulanmasıdır.

Büyük sulama projelerinde projede yer alan kurum ve kuruluşlar; etüt, plan ve proje aşamalarında çiftçinin eğitimi, donatımı ve örgütlenmesi; hasat edilen ürünlerin pazarlanması ve ekonomik özendirme (mali destekleme politikaları) gibi, bir zincirin halkalarını oluşturan ve biribiriyle yakın ilişkisi bulunan tüm çalışmalarda etkin bir işbirliği ve düzenlemeye mutlaka gereksinim duymaktadırlar. Bu işbirliği ve düzenlemelerde, kuruluşlar arasında kendine özgü bir takım sorunlar çıkabileceğini öngören bazı ülkeler, proje yönetimini tek bir otoriteye bağlamanın yararları olacağını düşünmüş ve böyle uygulamışlardır. Örneğin, ABD'de Tennesse Vadisi Otoritesi böyle bir organizasyondur.

GAP gibi, yabancı ülkelere örnek olarak takdim edilen büyük bir projenin, geniş ve objektif açıdan bakıldığında bazı eksiklerinin bulunduğu ve uygulamalarda da çeşitli sorunlarla karşılaşıldığı görülmektedir (3).

3. GAP'TA SULAMA VE SULAMA İLE İLGİLİ DİĞER ÇALIŞMALARDA ORTAYA ÇIKAN SORUNLAR

3.1. Projenin Yönetiminden Kaynaklanan Sorunlar

GAP'ta tarım sektörü ve bu sektör içerisinde yer alan sulama dikkate alınacak olursa, temel sorun, projenin yürütülmesindeki çok başlılıktır. Konuyla doğrudan ilgili kuruluşlar; GAP İdaresi, DSİ, Köy Hizmetleri, Tapu ve Kadastro Müdürlüğü, Tarım Reformu, Tarım Müdürlüğü ve Ziraat Bankası'dır. Sayısı yediyi bulan bu kurum ve kuruluşlar ayrı ayrı bakanlıklara bağlı olup, bakanlıklarının talimat ve genelgeleri doğrultusunda strateji ve politikalarını uygulamaktadırlar. Her ne kadar projenin koordinasyonundan ve yönlendirilmesinden *GAP İdaresi* sorumlu ise de, fiziksel yatırımların ve diğer hizmetlerin yerine getirilmesi, yukarıda sözü edilen kuruluşların görevleri arasındadır. GAP İdaresinin bu kuruluşlar üzerinde temelde yaptırıcı bir işlevi yoktur. GAP İdaresi, bu kuruluşlarla kendisi arasındaki ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerinin düzenlenmesinden ve işbirliğinin gerçekleştirilmesinden sorumlu görünmektedir. Ancak, bu her zaman kolay olmamaktadır. Anılan kurum ve kuruluşların personel, araç-gereç, ödenek ve zamanlama gibi her biri diğerinden farklı yapı ve işleyişe sahip olmaları nedeniyle, bu çalışmalar olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (3).

3.2. Aşırı Sulamadan Kaynaklanan Sorunlar

Kuru tarımdan sulu tarıma geçerken, çiftçilerin en önemli zaafiyeti, *aşırı su kullanmaya eğilimli* olmalarıdır. Sulama şebekesinin tamamının henüz sulamaya açılmaması nedeniyle, sulama suyunun fazla oluşu da, aşırı sulamayı özendiren etkenlerden biri olmaktadır.

GAP'a özgü bir diğer durum da, şebekenin inşaatı biter bitmez, sulama *işletmesinin sulama birliklerine* hemen devredilmesidir. DSİ'nin teknik yardım ve desteğine karşın; *Sulama Birliği* yönetiminin *"ne zaman ve ne kadar"* su verileceği konusundaki deneyimsizlikleri, yeterli teknik personel istihdamındaki güçlükler, bakım-onarım için gerekli makina-ekipman yetersizliği, arazi tesviyesinin henüz yeterli düzeyde yapılmamış olması, aşırı su kullanımına neden olan etkenler olarak gösterilebilir. Aşırı su kullanımının yol açtığı önemli sakıncalar şunlardır.

3.2.1. Erozyon Sorunu

Sulu tarım arazilerinde, özellikle salma sulama yapılan ve eğimi % 1-2'yi geçen alanlarda, tesviye de yapılamadığı için, *toprak erozyonu* meydana gelmektedir. Bu durum nedeniyle, *verimli üst toprak katmanı* aşınıp taşınmakta; bitki besin maddelerini de beraberinde götürmektedir. Toplayıcı drenlere gelen kirli su, ana drenaj kanallarına boşalmaktadır. *Ana drenaj kanalları*, taşıdığı toprak materyali nedeniyle, çamur renginde bir nehir gibi akmaktadır. Bu kanallar ulusal sınıra dayandığı için, o civarda büyük ölçüde toprak birikimi olmakta; kanal temizliği ve toprak taşınması gibi mali bir külfet de getirmektedir (3).

3.2.2. Drenaj ve Tuzluluk Sorunları

Sulamada iyi kalitede 2. sınıf sulama suyu kullanılmakla birlikte, sulama suyunda ve toprak profilinde her zaman az veya çok, çeşitli eriyebilir tuzlar bulunabilmektedir. Bunlar içerisinde klor ve sodyum, toprakların tuzlulaşmasına ve alkalileşmesine neden olan başlıca tuzlardır. Bölgede tarım arazilerinde taban suyu henüz derinlerde bulunsa da, kurak ve yarı kurak iklim koşullarında, yıllık yağışın 300-450 mm dolayında bulunması ve tarla içi drenaj sistemlerinin henüz planlamada bile yer almaması, toprak profilinde birikecek tuzun, alt katmanlara yıkanmasına engel olan doğal etkenler olarak görülmektedir. Öte yandan, henüz tarla içi drenaj sistemlerinin uygulanamaması, taban suyunun yükselmesine ve drenaj sorununa neden olabilecektir.

Drenaj ve tuzluluk sorunu bulunan topraklarda bir süre sonra bitki yetiştirilmesinin mümkün olmayacağı, bunların sonradan ıslah edilmesinin de çok pahalıya mal olabileceği, ıslah edilseler bile toprakları eski verim potansiyeline geri döndürmenin hemen hemen mümkün olmayacağı bilinen gerçeklerdir. Benzer durum, bölgede *Akçakale Yer Altı Sulama Projesinde* ortaya çıkmış, tarla içi drenaj sistemlerinin bulunmayışı ve yağışların yetersizliği nedeniyle bu

arazilerde tuzluluk ve yer yer alkalilik sorunları belirlendiğinden, bir kısım topraklar tarımsal açıdan kullanılamaz duruma gelmiştir (3, 4, 5).

4. GAP'TA SULAMAYA İLİŞKİN SORUNLAR İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

GAP entegre sisteminin ekonomik boyutunda, proje alanının sergilediği olağanüstü ekolojik üretim potansiyeli nedeni ile *"tarımın modernizasyonu"* büyük önem taşımaktadır. Çünkü; projenin kırsal toplumun refahının maksimizasyonuna yönelik daha yüksek üretim ya da gelir düzeyine ulaşma hedefi ancak ve ancak "tarımın modernizasyonu" ile gerçekleştirilebilecektir. Projenin başarı, ya da başarısızlığı büyük ölçüde bu noktada düğümlenmektedir (6).

GAP gibi büyük fedakarlık ve harcamalarla gerçekleştirilen projelerde, *"fiziksel alt yapının"* tarımsal üretim süreci ile yeterince entegre edilemediği durumlarda, *sulama alt yapısının* ekonomiye yarar yerine, iç ve dış borçlanmayı arttıran önemli yükler getirdiği günümüzde artık tartışmasız kabul edilen bir olgudur.

GAP sulama alt yapısının tarımsal üretim süreci ile yüksek verimli bir tarım sisteminin gerçekleştirilmesine yönelik *"entegrasyon"*un *"etkin su dağıtımı ve kullanımı"* ile *"tarımın modernizasyonu"* olmak üzere iki temel sorunu vardır (6, 7, 8).

4.1. Etkin Su Dağıtımı ve Kullanımı

GAP'ta etkin su dağıtımı ve kullanımının gerçekleştirilmesinde işletme ve bakım-onarım hizmetleri ile arazi toplulaştırması, arazi tesviyesi, tarım arazisi yollar, tarla içi sulama ve drenaj çalışmalarından oluşan sulama development, sulama uygulamaları ve proje alanında çiftçi örgütlenmesini içine alan *"sulama destek hizmetleri"* büyük önem taşımaktadır. Bu hizmetler, tekniğine uygun olarak yerine getirilmediği takdirde, *planlı su dağıtımı, erozyon ve tuzluluk* gibi temel sorunların çözümlenemeyeceği bilinmelidir.

4.2. Tarımın Modernizasyonu

GAP tarımının, yüksek verimli bir tarım sisteminin gerçekleştirilmesine yönelik modernizasyonunda ise çözümlenmesi gereken öncelikli sorunlar; (a) teknoloji seçimi ve kullanımı, (b) girdi sağlama ve kullanımı, (c) ekonomik özendirme ve (d) kurumsal yapının modernizasyonu biçiminde özetlenebilir. Söz konusu öncelikli sorunlar aşağıda açıklanmıştır.

4.2.1. Teknoloji Seçimi ve Kullanımı

Bilindiği gibi *teknoloji*, bilimsel araştırmalar sonucunda elde edilen *üretken bilgiler topluluğu* olarak tanımlanır. Bugün ileri ülkelerde gerçekleştirilen verimlilik artışı, büyük ölçüde teknolojik gelişme ile sağlanmaktadır. O bakımdan, günümüzde teknolojinin görünmeyen bir üretim faktörü olarak kabul edilmesi görüşü büyük ağırlık kazanmıştır.

Projenin öngörülen tarımsal amaçları, ancak GAP sulamalarında ileri teknoloji kullanımının benimsenip yaygınlaştırılması ile mümkündür. Bu konuda uğranılacak başarısızlığın ülkemize getireceği maddi ve manevi kayıp her türlü tahminin üzerinde olacaktır. Uygulamada pek çok ülke bu konuda ders alınması gereken acı deneyimler geçirmiştir.

GAP'ta tarımın modernizasyonunda yeni teknolojiler belirlenirken, bunların üretken, yöre koşullarına ve işletme yapılarına uygun olması; çevreyi kirletmemesi, doğal kaynakları koruması, girdileri ekonomik kullanması ve bölge tarımını 21.yüzyıla hazırlaması gibi faktörlerin gözönüne alınması zorunludur.

Tarımın *yöresel koşullara* büyük ölçüde bağımlı olması nedeni ile, öbür ülkelerde geliştirilen teknolojilerin aynen transferi tarımsal üretim sorunlarına çoğu kez çözüm getirememiştir. Öncelikle gelişmiş ülkelerin tarım teknolojisi, bu ülkelerin nispeten zengin kaynak koşullarına göre geliştirilmiştir. O bakımdan, GAP alanında bitkisel ve hayvansal üretimde uygulanacak teknolojilerin, yörenin koşullarında geliştirilmesi ve ithal edilecek teknolojilerin ise yeterli adaptasyondan geçirilmesi fevkalade önemlidir.

4.2.2. Ekonomik Özendirme

Bilindiği gibi, tarımda çiftçiyi üretime yönlendiren büyük itici güç *özendirme ve pazar*dır. O bakımdan, GAP tarımında üretim hedef ve miktarlarının belirlenmesinde iç ve dış pazarların istekleri göz önüne alınarak üretimin buna göre yönlendirilmesi temel ilke olmalıdır (6, 7, 8).

4.2.3. Kurumsal Yapı

GAP tarımının etkinlik sorununun çözümlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken bir başka önemli konu da *kurumsal yapının modernizasyonu*dur. Uygulamada teknolojik gelişme yanında, çoğu kez kurumsal yapının ihmal edildiği görülür. Oysa demode bir kurumsal yapı

üzerine verimli bir tarım sistemini kurmak mümkün değildir. Proje alanında kurumsal yapının modernizasyonunda üzerinde durulması gereken en önemli konular *(a) toprak-insan ilişkilerinin düzenlenmesi, (b) kredi, (c) araştırma, (d) eğitim ve yayım*dır (6, 7, 8).

(a) Toprak-İnsan İlişkilerinin Düzenlenmesi: Bilindiği gibi, üretim potansiyeli yüksek bölgelerde sulama projelerinin gerçekleştirilmesi, özellikle toprak mülkiyet dağılımının da bozuk olduğu durumlarda kırsal alanda gelir dağılımının daha da bozulmasına neden olmaktadır. O bakımdan, büyük boyutlarda para harcanarak gerçekleştirilen GAP sulamalarında, toprak-insan ilişkilerinin etkin bir biçimde düzenlenmesi, yatırımların yararının daha geniş bir tabana yayılması ve toprak değerinin artışına dayalı spekülatif kazançların önlenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Halen proje alanında bir mülkiyet sınırlaması bulunmadığından, toprağın değer kazanmasından ya da üretim değerinin artmasından sağlanan sulama yararları daha çok belirli ellerde toplanacak ve bölgede zaten *bozuk olan gelir dağılımını* daha da bozacaktır. O bakımdan 3083 sayılı *Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Kanun*'un GAP'ta etkin bir biçimde uygulanması projenin başarısında büyük önem taşıyacaktır.

(b) Kredi: Bilindiği gibi Türkiye'de doğa ve işgücü *tarımsal üretim faktörleri* arasında miktar bakımından ön sırayı almakta; buna karşılık, sermaye ise yeterli bir düzeyde bulunmamaktadır. O bakımdan GAP sulamalarında yüksek verimli bir tarım sisteminin gerçekleştirilmesinde, anılan bu sermaye eksikliğinin uygun koşullarda sağlanan kredi ya da başka yollarla giderilmesine olanak verecek bir kurumsal yapının gerçekleştirilmesi zorunlu olmaktadır.

(c) Araştırma: Kurumsal yapının modernizasyonuna ilişkin üzerinde durulması gereken bir diğer nokta da, *tarımsal araştırmalar*dır. Bilindiği gibi, günümüzde tarımsal verim, yeni teknolojiler üreten bilimsel ve teknik kapasitenin geliştirilmesine giderek artan oranda bağımlı olmaktadır. Teknolojik gelişmenin en büyük dayanağı ise, tarımsal araştırmalardır. Tarımsal sorunlara çözüm getiren alternatif teknolojilerin büyük ölçüde proje alanının kendi koşullarında üretilmesi, ithal edilecek teknolojilerin ise yeterli adaptasyondan geçirilmesi zorunludur. O bakımdan, GAP sulu tarım alanlarında sağlam bir araştırma sistemi ve kurumsal yapının kurulması, bunun uygulama ile bütünleştirilmesi büyük önem taşır.

(d) *Eğitim ve Yayım:* Tarımsal araştırma, eğitim ve yayım üçgeninin son halkası yayımdır. Üretilen yeni teknolojilerin hızla çiftçiye iletilmesi, benimsetilmesi ve kullanımının sağlanması yayım hizmetlerinin temel amacıdır. Proje alanında büyük yatırımlarla gerçekleştirilen sulama alt yapısının etkili bir biçimde kullanılması, iyi yetişmiş insan gücü ister. O bakımdan, sulu tarım alanlarında üretken teknolojinin özümsenmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması, tarımın modernizasyonunda kader tayin edici bir faktördür. Bu durum özellikle çiftçinin genel eğitim düzeyinin çok düşük ve sulu tarıma yabancı olduğu GAP koşullarında daha da büyük önem taşımaktadır. Sulamanın ve sulama ile uygulanabilir hale gelen yeni teknolojilerin çiftçilere tanıtılması ve teknoloji uygulayımının öğretilmesi, çiftçinin yeni teknolojileri benimsemeye motive edilmesi, kendi üretim ortam ve amaçlarına göre en uygun teknoloji kullanımına ilişkin işletmecilik bilgi ve becerilerinin kazandırılması, proje alanında bugünkünden daha etkin bir eğitim-yayım örgütünün kurulması ile gerçekleştirilebilir (4).

Bu konuda Çukurova'da *Aşağı Seyhan Ovası* sulama projesinde uzun yıllar uygulanan *Çiftçi Eğitim Servisi (ÇES)* modelinin başarılı olduğu görüşünden hareketle, GAP'ta da benzer bir modelin gerçekleştirilmesinin, üretimle ilgili sorunların çözümlenmesinde yararlı olacağı dikkate alınmalıdır (4).

5. SONUÇ

GAP alanı ülkemizde nüfus-kaynak dengesi ve ekolojik özellikleri açısından oldukça geniş bir gelişme potansiyeline sahip bulunmaktadır. GAP'ın, bölge halkının refahının yükseltilmesi, gelir dağılımının düzenlenmesi, istihdam yaratma vb. yönlerden ülke kalkınmasına olan katkısının en üst düzeye çıkarılması zorunludur. Bu nedenle; projenin, programlanan takvim uyarınca inşaatı sürdürülmekte olan su depolama, enerji ve sulama tesislerinden oluşan fiziksel alt yapısı yanında, yukarıda açıklanan önlemlere de yer verilmesi ülke kaynaklarının rasyonel kullanımında büyük önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. BKİ, "GAP-Güneydoğu Anadolu Entegre Kalkınma Projesi", Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Bölge Kalkınma İdaresi, Ankara, 1995.

2. DSİ, "Güneydoğu Anadolu Projesi-GAP", Yıllık Ajanda, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1996.
3. Çevik, B., "GAP'ta Sulama ve Sulama Sorunları", TEMA Toprak Tuzlulaşması Danışma Toplantısı, Bildiri, 7 Ekim, 1998, Şanlıurfa.
4. Çevik, B., Tekinel, O., "Sulama Şebekeleri ve İşletme Yöntemleri", Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: A-74, Adana, 2000.
5. Çevik, B., "GAP'ın Görünmeyen Sorunları", MİLLİYET Gazetesi, İstanbul, 13 Eylül, 1986.
6. Balaban, A., "GAP-Güneydoğu Anadolu Projesi, Olanaklar ve Sorunlar", A.Ü.Ziraat Fakültesi, Ankara, 1989.
7. Çevik, B., "GAP'ta Sulama Yönetimi ve Tarımın Modernizasyonu", MİLLİYET Gazetesi, Sayı: 16081, İstanbul, 18 Ağustos,1992.
8. Balaban, A., "GAP Sulamaları", Ziraat Mühendisliği III.Teknik Kongresi, s. 749-760, Ankara, 1989.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Ekolojik Tarımda Bitkilerle Atıksu Arıtım Tekniğini Kullanma Olanaklarının Araştırılması

Prof. Dr. Oya ZEREN[1,2] Arş. Gör. Yağmur UYSAL[1] Arş. Gör. Hüdaverdi ARSLAN[1]
Çev. Müh. Ela CANEL[1] Çev. Müh. Emel D. AVCI[1]

ozeren@mersin.edu.tr yuysal@mersin.edu.tr harslan@mersin.edu.tr
[1] Mersin Üniversitesi Mühendislik Fak. Çevre Müh. Böl. Çiftlikköy - MERSİN
[2] Mersin Üniversitesi Erdemli Meslek Yüksekokulu Erdemli - MERSİN

ÖZET

Tarımsal sulama amacıyla atıksuların yeniden kullanımı, çok eskiye dayanmaktadır. Suya olan talebin artması nedeniyle arıtılmış atıksularla sulama özellikle kurak bölgelerde su tasarrufunu sağladığı gibi, atıksuların yeniden kullanımı, su kaynaklarının planlanması ve geliştirilmesinde önemli bir bileşen durumundadır. Bugün, tarım alanlarının sulanmasında arıtılmış atıksuların kullanılması sonucu, atıksudaki mevcut besleyici maddelerin bolluğu nedeni ile özellikle hiçbir kimyasal maddenin kullanılmadığı ekolojik tarım siteminde tarımsal alanda gübre kullanımında da tasarrufa gidilmiş olacaktır. Bu çalışmada yüzen su bitkilerinden su mercimeği (*Lemna minor* L.)'nin atıksulardan bazı nutrientlerin giderimindeki etkinliği ve arıtılan bu atıksuların sulama suyu olarak kullanıldığında ekolojik tarıma olan katkısı araştırılmıştır.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, su mercimeğinin atıksu arıtımında NH_4-N ve PO_4-P parametreleri gideriminde başarılı olduğu, ayrıca elde edilen arıtılmış suyun sulama suyu kriterlerine uygun olduğu ve ekolojik tarımda kullanılmasının yararlı olduğu kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelime: *Ekolojik Tarım; Atıksu Arıtımı; Su Mercimeği*

ABSTRACT

The reuse of waste water for the irrigation have been made for several years. Because of increasing the demand to water, the irrigation with treated waste water provides conservation of water sources especially in arid zones. Besides it is an important factor in the planning and developing of them. Today, by the use of treated waste water which contains nutrients for the irrigation will decrease the demand to fertilizers. In the present paper, the nutrient removal efficiency of the floating plant (*Lemna minor* L.) from waste water and the contribution of treated wastewater to ecological agriculture when it is used for irrigation have been investigated.

From the results of this study, we suggested that duckweed is very effective in the removal of NH_4-N and PO_4-P from the waste water is suitable for criteria of irrigation and useful in the use of ecological agriculture.

Key Words: *Organic Farming; Wastewater Treatment; Duckweed*

1. GİRİŞ

Tarım alanları bakımından büyük bir potansiyele sahip ülkemizde, ekonomimizin temel kaynağını da tarım oluşturmaktadır. Endüstriyel devrimin ardından yoğun tarım uygulamalarıyla en yüksek düzeylerde verime ulaşılmıştır. Yoğun girdi kullanılan tarım sistemleri sadece maliyeti yükseltmemiş, su kirliliği, toprak erozyonu, pestisit kalıntıları, hastalık ve zararlıların pestisitlere dayanıklılık kazanması gibi sorunlara da yol açmıştır.

Bitkisel üretimin artırılması ve birim alandan daha fazla ürün alınması için yapılan gübreleme, dengesiz ve gereğinden fazla yapılması durumunda çeşitli problemleri de beraberinde getirmektedir. Özellikle son yıllarda gerek tarımsal ilaçların, gerekse gübrelerin bilinçsizce kullanımı bitkisel üretimde artış yerine kalitesiz ve insan sağlığını tehdit edecek ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (1). Agro-ekosistemlerden toprağın derinlerine sızan fosfat ve nitrat tatlı su kaynaklarına ulaşabilmektedir. Bu da insan, evcil hayvan ve yaban hayatı açısından ciddi problemlere yol açmaktadır. Ayrıca kimyasal tarım ilaçları toprakta birikmekte ve bitki sağlığını olumsuz yönde etkileyerek sistemin ekolojik dengesini bozmaktadır.

Son yıllarda modern tarımın yarattığı kirliliği önlemek için çevreye dost, kaliteli ürün elde edilen bir alternatif tarım tekniği olan organik tarım, (ekolojik tarım) uygulanmaya başlanmıştır. Ekolojik tarım; ekolojik sistemde hatalı uygulamalar sonucu kaybolan doğal dengeyi yeniden kurmaya yönelik olup esas itibarıyla sentetik kimyasal ilaçlar ve gübrelerin kullanımını yasaklamasının yanında, organik ve yeşil gübreleme, münevebe, toprağın muhafazası, bitkinin direncini arttırma, parazit ve pradötörlerden yararlanmayı tavsiye eden, bütün bu olanakların kapalı bir sistemde oluşturulmasını talep eden, üretimde miktar artışını değil ürünün kalitesini amaçlayan bir üretim sistemidir (2).

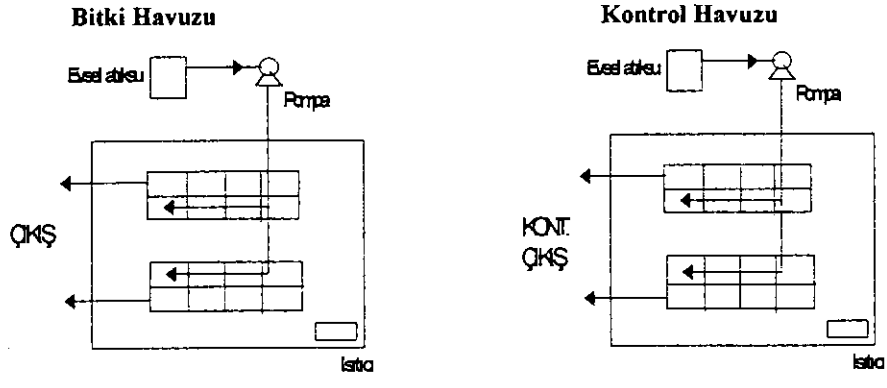
Son yıllarda dünyanın pek çok yerinde, artan nüfusla birlikte, geleneksel kaynaklardan su kullanımındaki artış ve bunun beraberinde getirdiği su kaynaklarında azalma problemi, insanoğlunu yeni su kaynaklarını araştırmaya teşvik etmiştir (3). Özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda, kullanma ve sulama amaçlı tüketim için su ihtiyacındaki büyük artış nedeniyle atıksuları potansiyel su kaynakları halinde düşünmek zorunlu hale gelmiştir (4).

Arıtılan atık suların özellikle tarımsal sulamada yeniden kullanılması, bir yandan ekolojik problemleri çözmesi, bir yandan çevre kirliliği sorunların azaltması, bir yandan da su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde, alternatif bir su kaynağı oluşturması bakımından oldukça kullanışlı bir yöntemdir. Bunun yanı sıra, sulama amacıyla kullanılan atıksular, yüksek besin maddesi içerikleri nedeniyle tarımsal faaliyetlerde kimyasal gübreye olan ihtiyacı da ortadan kaldıracaktır.

Evsel ve endüstriyel atık suların arıtılması için son yıllarda geliştirilen pek çok yöntemin yanında, özellikle iklimi sıcak ve güneşlenme süresinin uzun olduğu yörelerde yüzen su bitkilerinin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır (5,6,7). Bu sistemlerin yapım ve işletim maliyetlerinin düşük olması, herhangi bir kimyasal madde ya da mekanik teçhizata gerek olmayışı, tamamen doğal mekanizma ile çalışması ve buna ilave olarak evsel atıksu gibi besin maddesince zengin bir ortamda, organik yükün proteince zengin bitki biyokütlelerine dönüşmesi nedeniyle hayvan yemi yapımında ve biyogaz üretiminde yararlanabilmesi önemli avantaj sağlamaktadır (8,9,10).

2. YÖNTEM

Deneyde kullanılan düzeneğin şematik olarak görüntüsü Şekil 1' de verilmiştir. Düzenek 40x40x20 cm boyutunda 2 eşit bölmeden oluşan bir adet kontrol havuzu ile 60x30x15 cm ve 50x20x15 cm boyutlarında iki adet bitki havuzundan oluşmaktadır. Deneysel çalışma sisteme giriş suyunda, kontrol ve dinlendirme havuzunda ve bitki havuzlarında yürütülmüştür.



Şekil 1. Çalışma Düzeneği Krokisi

Deneyin yapıldığı kontrol ve dinlendirme havuzları hacimleri 2 ve 4 günlük alıkonma sürelerinde sırası ile 5.5 ve 11.5 L, bitki havuzlarının hacimleri ise 6 ve 12 L olup bunlardan biri diğerine açılan küçük bölümden oluşmuştur. Evsel atık su ayarı yapılabilen peristaltik pompa ile havuzlara basılmıştır. Ayrıca bitkilere aydınlatmak için üç adet fleurosans lamba kullanılmıştır. Bu lambaların bitki yüzeyinde aydınlatma şiddeti 1850 luxtür, lambalar bir timera bağlanarak, geceleri sönmeleri, gündüzleri ise yanmaları sağlanmıştır.

2.1. Çalışmada Kullanılan Yüzer Su Bitkisi *Lemna minor L.*

Su Mercimeği türleri dünyanın her yerinde yaygın olarak bulunan küçük, yüzen su bitkileridir ve nutrient içeriği zengin tatlı sularda, su yüzeyini bir tabaka halinde kaplayarak gelişirler. Bu bitkiler *Lemnaceae* familyasına ait bitkilerdir. Su mercimeği türleri çiçek açan bitkilerin en küçük, en basit ve en hızlı çoğalan türleridir. Sadece birkaç mm. genişliğinde yaprakları ve genellikle 1 cm' den kısa iplikçikler halinde kökleri vardır.

Çalışmada kullanılan Su Mercimeği (*Lemna minor*), Erdemli Kocahasanlı mevkiindeki durgun tatlı su ortamından alınmıştır. Alınan Su Mercimekleri laboratuvara getirilmiş ve sabit akışlı ve sıcaklık kontrollü pilot havuz sistemine konulmuştur. Sistemin dengeye gelmesi için 10-15 gün beklendikten sonra, deneylere başlanmıştır.

Erdemli/Kocahasanlı mevkiindeki durgun tatlı su ortamından alınan Su Mercimeği bitkileri laboratuvar ortamına getirilip, akış kontrollü havuz sistemine yerleştirildikten sonra, analizlere başlanmıştır. Sistemin giriş suyu, kontrol ve bitki havuzu çıkış sularında NH_3-N, PO_4-P, NO_3-N ve NO_2-N parametreleri belirli aralıklarla incelenmiştir (11). Sistemde giriş suyunun debisi 120 mL/h olarak sabit bir değerde korunmuştur.

Havuza giren suyun havuzdan çıkıncaya kadar havuzda kaldığı süre olan hidrolik alıkonma süresi deneylerin yapıldığı kontrol havuzu bölmelerinde 2 ve 4 gün olarak alınmıştır. Aynı şekilde kontrol havuzundan çıkan sular bitki havuzlarında da eşit sürelerde 2 ve 4 gün' lük bekletme sürelerinde alıkonulmuştur.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma süresince yapılan genel gözlemlerde bitki havuzunun ilk gözlerinde bitkilerin daha canlı olduğu ve daha fazla ürediği tespit edilmiştir. Bunun nedeni bu bölgede daha fazla besin maddesi olmasıdır.

Alıkonma süresi 2 gün olan kontrol havuzunda NO_2-N giderim verimi %2,1-6,5 arasında; alıkonma süresi 4 gün olan havuzda ise $N0_2$-N giderim verimi % 10-16 arasında değişmiştir. İçinde bitkilerin bulunduğu, alıkonma süresi 2 gün olan havuzda NO_2-N giderim verimi %80-87 arasında; alıkonma süresinin 4 gün olduğu havuzda NO_2-N giderimi ise %82-89 arasında değişmiştir (Çizelge 1).

Alıkonma süresi 2 gün olan kontrol havuzlarında PO_4-P değerleri ve giderim verimi Çizelge 2'de görüldüğü gibi, kontrol havuzlarında 2 günlük alıkonma süresinde giderim verimi % 3.0-5.9 arasında değişmiştir. Alıkonma süresi 4 gün olan kontrol havuzunda ise giderim verimi % 5.4-12 arasında değişmektedir. Bitki havuzlarında ise 2 günlük alıkonma süresinde PO_4-P giderim verimi %38-53 arasında; 4 günlük alıkonma süresinde ise % 59-78 arasında değişmektedir.

NO_3-N giderim verimi 2 günlük alıkonma süresinde kontrol havuzunda % 0-0.9; 4 günlük alıkonma süresinde % 0.7-36 olarak; içinde bitkilerin bulunduğu havuzlarda ise 2 günlük alıkonma süresinde NO_3-N giderim verimi % 7.2-26 arasında; 4 günlük alıkonma süresinde ise NO_3-N giderim verimi %14-15 arasında değişim göstermiştir.

Kontrol havuzlarında 2 günlük alıkonma süresinde NH_3-N giderim verimi %1,1-4,4 arasında; 4 günlük alıkonma süresinde ise giderim verimi %6,1-9,6 arasında değişmiş, içinde bitki bulunan havuzlarda ise 2 günlük alıkonma süresinde %81-88 arasında; 4 günlük alıkonma süresinde ise %90-95 arsında giderim verimi elde edilmiştir.

Yapılan çalışma; kontrol havuzunda PO_4-P, NO_3-N, NO_2-N ve NH_3-N giderimi olduğunu ancak bunun kimyasal dönüşüm tepkimelerinden kaynaklanan ve çok düşük verimle gerçekleştiğini göstermiştir. Elde edilen analiz sonuçlarında, alıkonma süresindeki artışın arıtma verimliliğini arttırdığı görülmüştür. Ancak bitki çoğalması konusunda yapılan analizlerde, 4 günlük alıkonma

Çizelge 1. Alıkonma süreleri 2 ve 4 gün olan kontrol ve bitki havuzları çıkış suyunda NO_2-N değerleri (mg/L)

Tarih	Giriş	Kontrol Havuzları				Bitki Havuzları			
		2 gün	% Verim	4 gün	% Verim	2 gün	% Verim	4 gün	% Verim
21.03.2000	0.0441±0.0014	0.0427±0.0021	3.2	0.0394±0.001	10	0.0072±0.001	83	0.0047±0.002	88
24.03.2000	0.0429±0.0014	0.0401±0.0010	6.5	0.0381±0.002	11	0.0052±0.000	87	0.0039±0.004	89
04.04.2000	0.0451±0.000	0.0431±0.0004	3.8	0.0390±0.014	18	0.0071±0.007	82	0.0044±0.004	85
07.04.2000	0.0416±0.004	0.0396±0.0010	2.1	0.0309±0.000	10	0.0071±0.007	80	0.0040±0.000	82
11.04.2000	0.0441±0.001	0.0421±0.0020	2.7	0.0359±0.000	11	0.0079±0.002	81	0.0049±0.001	85
17.04.2000	0.0429±0.000	0.0408±0.0010	2.6	0.0375±0.012	12	0.0070±0.002	82	0.0045±0.004	87
01.05.2000	0.0448±0.002	0.0742±0.0070	4.9	0.0394±0.000	14	0.0081±0.001	83	0.0045±0.004	86
03.05.2000	0.0417±0.001	0.0401±0.0020	3.8	0.0351±0.002	16	0.0070±0.000	80	0.0041±0.001	88
09.05.2000	0.0421±0.000	0.0397±0.0010	3.6	0.0340±0.002	14	0.0079±0.003	83	0.0035±0.007	88
11.05.2000	0.0401±0.001	0.0382±0.0000	3.9	0.0331±0.003	15	0.0076±0.000	81	0.0040±0.002	84

Çizelge 2. Alıkonma süreleri 2 ve 4 gün olan kontrol ve bitki havuzları çıkış suyunda PO_4-P değerleri (mg/L)

Tarih	Giriş	Kontrol Havuzları				Bitki Havuzları			
		2 gün	% Verim	4 gün	% Verim	2 gün	% Verim	4 gün	% Verim
14.03.2000	4.2487±0.130	4.1017±0.102	3.5	3.9884±0.000	6.1	1.9615±0.034	53	0.8541±0.124	78
21.03.2000	3.3437±0.00	3.2197±0.000	3.7	3.1101±0.071	6.9	1.9141±0.210	40	1.2143±0.021	60
24.03.2000	3.3119±0.214	3.1114±0.134	5.9	3.0021±0.130	9.3	1.9012±0.000	38	1.2001±0.114	60
14.04.2000	3.4019±0.12	3.2118±0.012	5.5	3.0141±0.014	6.1	1.8617±0.110	43	1.2301±0.124	59
17.04.2000	3.4342±0.121	3.2918±0.141	4.2	3.0414±0.121	12.0	1.9417±0.000	41	1.1918±0.020	63
20.04.2000	2.9437±0.341	2.8117±0.154	3.1	2.6440±0.000	6.2	1.7118±0.121	44	0.9970±0.124	61
23.04.2000	3.1719±0.031	2.9114±0.111	3.0	2.7391±0.000	6.1	1.9019±0.140	40	0.9719±0.012	62
26.04.2000	3.007±0.00	2.9917±0.091	3.0	2.7718±0.710	5.4	1.8816±0.010	41	0.9917±0.016	64
31.04.2000	2.937±0.109	2.8117±0.171	3.2	2.6514±0.020	6.1	1.7316±0.214	47	0.9974±0.000	61

süresinde bitki gelişiminin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bitki biyokütle miktarı, alıkonma süresinin 4 gün olduğu havuzda daha yüksek bulunmuştur. Arıtılan bitki havuzu çıkış suları azot ve fosfat yönünden Türk Çevre Mevzuatı'na göre I. kalite sulama suyu olup, tarımda sulama amaçlı kullanılabilir. Böylece hiçbir kimyasal maddenin kullanılmadığı organik tarım anlayışı içinde, yine hiçbir kimyasal kullanılmadan yapılan atık su arıtım sisteminin en az masraf ve doğaya zarar vermeden kullanılması mümkün olacaktır. Ancak arıtılan ve sulama amaçlı kullanılacak olan bu suların mutlaka diğer kriterlerine de dikkat edilmelidir.

Su bitkisi sistemlerinde azot gideriminde her ne kadar bitki tarafından alınma büyük rol oynasa da, azot gideriminde en önemli faktör nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonlarıdır. Bu dönemde fosfor giderimi ise, bitki tarafından alınma, mikrobiyal giderim, kimyasal çökelme ve sediman üzerine adsorbsiyonla gerçekleşir. Ancak havuz derinlikleri az olduğu için anoksik ortam oluşmamış ve denitrifikasyon reaksiyonu gerçekleşmemiştir. Havuz içindeki aerobik ortam nedeniyle nitrifikasyon reaksiyonları gerçekleşmiş ve NO_3-N değerleri çıkış sularında yüksek olmuştur. Analiz sonuçlarında görüldüğü gibi alıkonma süresinin uygun olduğu havuzlarda arıtma verimliliği daha yüksektir. Bu değerler yüzen su bitkilerinden Lemna minor. L'nin atıksulardan besi maddesi gideriminde oldukça başarılı olduğunu arıtılan sulardaki azot ve fosfat içeriklerinin sulama suyu kriterlerindeki değerlere uyduğu için bitkisel arıtımın yapıldığı sular sulama suyu olarak kullanılabileceği, özellikle gerek atıksudaki nutrient içeriği gerekse biyokütle yönünden ekolojik tarımda kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

4. KAYNAKLAR

1. Boniardi, N., Vatta, G., Rota, R., Nano, G., Carra, S. 1994. Removel of Water Pollutants By *Lemna gippa*. The Chemical Engineering Journal, 54, B41-B48.
2. İlter, E. Ve Altındişli, A., 1994. Ekolojik Tarımın Temel İlkeleri + Verim Aylık Dergisi,Yıl 1, (5): 5-6.
3. Oron, G.,1994. Duckweed Culture For Wastewater Renovation and Biomass Production. Agricultural Water Managemrnt, 26,27-40.
4. Mandi, L. 1994. Marrakesh Wastewater Purification Experiment Using Vascular Aquatic Plants *Eichhornia crassipes* and *Lemna gippa*. Water science and Technology, 28, 10 ,177-181.

5. Bayhan, H., Akça, L., Altay, A.,Şakar,S. 1996. "Yüzen Su Bitkileri İle Atıksulardan Nutrient Giderimi", Tarım-Çevre İlişkileri Semp. (13-15 Mayıs1996,Mersin) Bild., ME.Ü. Müh.Fak. 589-598.
6. Uysal, Y., Zeren, O., 1998. "Investigation of Removal Nutrient by Aquatic Plant (***Lemna minor*** L) in Wastewater System in Içel Provinces", Fourth International Symp. On Waste Management Problems in Agro-Industries. (23-25 September, 1998 İstanbul), 91-97.
7. Zeren, O., Uysal, Y., Arslan, H., Canel, E. ve Bodur, M., 2000. Atıksu Arıtım Sistemlerinde Su Mercimeği (*Lemna Minor* L.)' Nin Etkinliğinin Araştırılması. I. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Semp. Bild. ODTU Çevre Müh. Böl. Sf. 375-379.
8. Cully, D. D., Rejmankova, E., Ket, J., Frye, J. B., 1981. Production Chemical Quality and Use of Duckweeds (Lemnaceae) In Aquaculture, Waste Management and Animal Feeds. J. World Maniculture Soc., 12, 27-49.
9. Oron, G., De-vegent, A., Porath, D. 1987. The Role of the Operation Regime In Wastewater Treatment With Duckweed. Water Science and Technology, 19, 97-105.
10. Oron, G., De-vegent, A., Porath, D. 1988Nitrogen Removal and Conversion By Duckweed Grown On Wastewater. Water Research, 22, 2, 179-184.
11. APHA 1985. "Standard Methods For The Examination Of Water and Wastewater", American Public Health Assication, American Water Works Assication and Water Pollition Control Federation, 16th ed., Washington, DC, 1268.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Türkiye Su Havzaları Tarım Arazilerinde Erozyon Sorunu ve Toprak-Su Muhafazası Yönünden Alınması Gerekli Önlemler

Bahri ÇEVİK[1] ve Fatih TOPALOĞLU[2]

[1]Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Bölümü, 01330, Yüreğir-Adana
munlu@mail.cu.edu.tr
[2]Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Bölümü, 01330, Yüreğir-Adana
ftopal@mail.cu.edu.tr

ÖZET

Türkiye yabancı bilim adamları tarafından "erozyon müzesi" olarak gösterilen bir ülke konumuna düşmüştür. Bu ürkütücü, düşündürücü ve hazin tablonun oluşumunda, Anadolu ekosistemi üzerindeki yüzyılların ihmali yatmakta, erozyon, büyük bir şiddetle ve acımasızlığıyla, başta ormanlar olmak üzere, otlak olarak kullanılan meralarda ve toprak işlenerek tarım yapılan eğimli arazilerde her geçen yıl daha büyük boyutlarda tahribatını sürdürmektedir. Bildiride, su havzaları tarım arazilerinde erozyonun oluşumuna neden olan etmenler, erozyonun yararları ve erozyonla mücadelede alınması gerekli önlemler irdedelenmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Su erozyonu, Toprak-su koruma*

ABSTRACT

Turkey's condition in terms of erosion is expressed as "erosion museum" by foreign scientist. This frightening situation has been resulted from hundreds years of negligence on Anatolian ecosystem. Erosion with its great intense and unforgiving has been sustaining its damage in big amounts year by year especially in forests, pastures, tilled lands that have slope. In this paper, it was investigated that factors causing water erosion in watersheds used as agricultural lands, destruction of erosion and necessary prevention for fighting with erosion.

Key Words: *Water erosion, Soil-water conservation*

1. GİRİŞ

Erozyon, çeşitli organik ve inorganik maddelerden uzun zamanda oluşmuş toprak materyalinin, çeşitli güçler tarafından oluştukları yerden başka yere taşınarak yığılmasıdır. Toprakların oluşum sürecinden itibaren meydana gelen bu "doğal erozyon" un yanında, toplumların göçebe hayatından yerleşik düzene geçmeleri ve toprağı işlemeye başlamaları ile, bir başka deyişle, insan faaliyetlerinin etkisiyle oluşan "hızlandırılmış erozyon", doğa

dengesinin bozulmasında önemli bir etken olmuştur. Erozyon, insan ekolojisi ve ekonomisi bakımından; telafisi güç birçok sakıncalara neden olmaktadır. Erozyonun etki alanlarını, ormanlar, meralar ve işlenerek kullanılan tarım arazileri oluşturmaktadır.

Su ve rüzgar erozyonu olarak ortaya çıkan bu sorunu önleme konusu ilk defa 1937 yılında kabul edilen 3116 sayılı Orman Kanunu kapsamında yer almış ve çalışmalar ormanlarla sınırlı kalmıştır. Erozyonla mücadele çalışmalarına yoğun bir şekilde 1950 yılından sonra DSİ ve TOPRAKSU Genel Müdürlüklerinin kurulmasıyla başlanmış, planlı kalkınma döneminde, 1963 yılından itibaren, bu çalışmalar yaygınlaşmaya başlamıştır (1).

Bu bildiride, su havzalarında toprak işlemeli tarım yapılan arazilerde mevcut erozyon sorunu ele alınarak, bu sorunun boyutları, nedenleri ve erozyona karşı alınması gerekli önlemler irdelenmiştir.

2. TÜRKİYE TARIM ARAZİLERİNİN MEVCUT ÖZELLİKLERİ

Türkiye' nin yüzölçümü yaklaşık 77,8 milyon hektardır. Türkiye yüzölçümünü büyük ölçüde ormanlar, çayır-meralar ve toprak işlenerek tarım yapılan araziler oluşturur. Bunlara çıplak kaya ve molozlar, ırmak yatakları, kıyı kumulları, yerleşim alanları ve nihayet su yüzeyleri de eklenmelidir.

Bu dağılım içerisinde tarım arazileri 27,7 milyon hektardır. Ancak bu alanın son yıllarda çeşitli nedenlerle 28,5 milyon hektara yükseldiği tahmin edilmektedir. Buna göre Türkiye' nin üçte birinden fazlası işlenerek tarım yapılan arazi kullanımına ayrılmıştır. Çayır-mera, orman-funda ve çalılık alanla birlikte bu rakam yaklaşık olarak 73 milyon hektara (%94) yükselmektedir.

2.1. Arazi Kabiliyet Kullanım Sınıflamasına Göre Türkiye Toprakları

Tarımsal kullanım açısından Türkiye toprakları çok değişik kullanım özellikleri göstermektedir. Topraklardaki erozyon, drenaj ve toprak derinliği gibi verimi etkileyen faktörlerin durumu göz önüne alınarak yapılan arazi kullanma kabiliyeti (AKK) sınıflaması sekiz gruba ayrılır (Çizelge 1). Bu sınıflamada ilk dört sınıf, işlenerek tarım yapılmasına, kültür bitkileri, çayır-mera, orman ve doğal hayat için uygun koşullara sahiptir. Bunlardan en karlısı işlemeli tarım olduğundan, bu dört sınıfa giren araziler tarım için en uygun araziler kabul edilmektedir. Geriye kalan arazilerin ise erozyon, drenaj ve toprak derinliği bakımından

sahip oldukları olumsuzluklara paralel olarak yetenekleri azalmakta ve kullanılış biçimleri de değişmektedir. Örneğin bunlardan V, VI ve VII. sınıf araziler orman ve mera olarak kullanılmaya elverişli olup çok nadir durumlarda ve toprak-su koruma önlemleri almak koşulu ile işlenerek tarımda kullanılabilirler. VIII. sınıf ise hiç bir kullanıma uygun olmayan; ancak doğal hayata terkedilebilen arazilerden oluşmaktadır (2).

Çizelge 1. Arazi kullanma kabiliyeti sınıflamasına göre Türkiye topraklarının dağılımı

Arazi Kullanma Şekli		Alan (ha)	% Oranı	Toplam Alan (ha) ve % Oranı
İşlemeye Elverişli	I	5.012.537	6,5	
	II	6.758.702	8,8	26.546.585
	III	7.574.330	9,9	%34.6
	IV	7.201.016	9,4	
İşlemeye Elverişsiz	V	165.547	0,2	46.692.633
	VI	10.238.533	13,3	%60,9
	VII	36.288.553	47,3	
Tarıma Elverişsiz (Doğal Hayat)	VIII	3.455.513	4,5	3.455.513 %4.5
GENEL TOPLAM				76.694.731 %100.0

2.2. Türkiye' de Erozyonun Boyutları

Ülkede su ve rüzgar erozyonu; yoğunluğu, dağılım alanlarının büyüklüğü ve ortaya koyduğu tehlikeli boyutları nedeniyle önemli birer sorun olmuştur. Su ve rüzgar erozyonu işlemeye elverişli tarım topraklarının sırasıyla %60 ve %1.2' sinde etkili olmaktadır (Çizelge 2 ve 3). Tüm Türkiye toprakları dikkate alındığında bu değerler sırasıyla %86 ve %0.60 olmaktadır. Ancak rüzgar erozyonu sorunlu alanların son yıllarda %0,65' e çıktığı belirlenmiştir (3).

Çizelge 2. Su erozyonu sorun alanlarının dağılımı

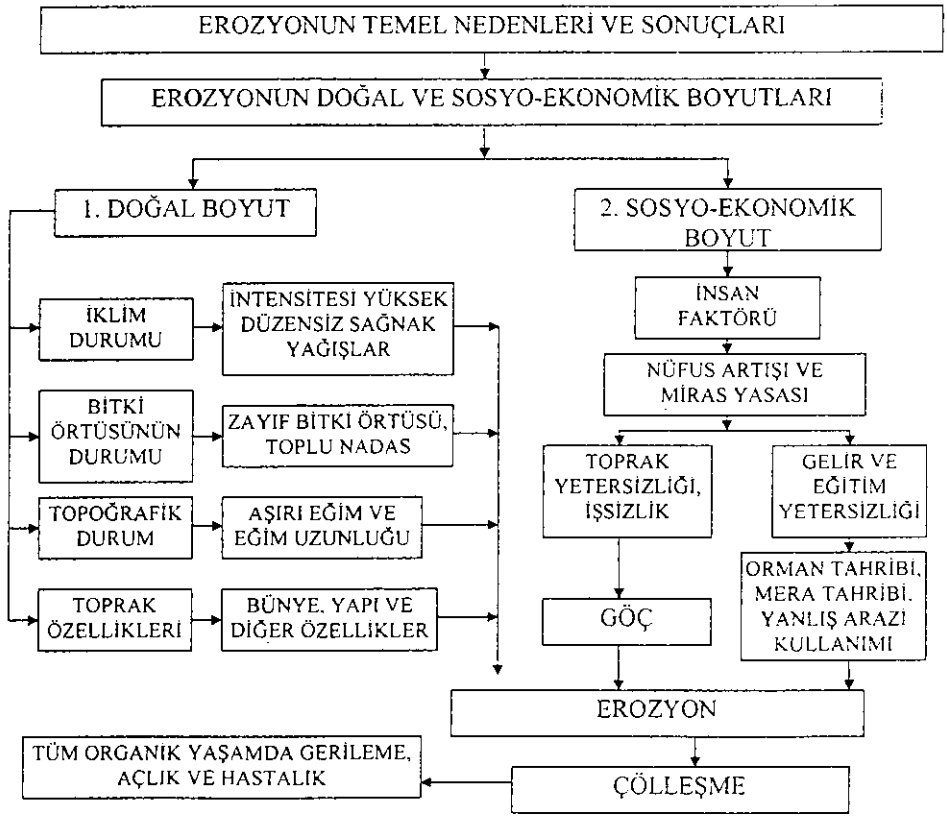
Erozyon Sorunun Şiddeti	Arazi Kullanma Kabiliyeti Sınıfları							%
	II	III	IV	V	VI	VII	Toplam (ha)	
Hafif	-			-			5.611.892	7,22
Orta Erozyon	13.780.260			1.812.490			15.592.750	20.04
Şiddetli Erozyon	2.077.265			26.527.668			28.334.933	36,42
Çok Şiddetli Erozyon	1.930			17.364.533			17.366.463	22,32
TOPLAM	15.859.455			45.704.691			66.906.038	86.00

Çizelge 3. Rüzgar erozyonu sorun alanlarının dağılımı

Erozyon Sorunun Şiddeti	Arazi Kullanma Yeteneği Sınıfları							%
	II	III	IV	V	VI	VII	Toplam (ha)	
Hafif	159.259			6.405			165.664	0.21
Orta Erozyon	168.460			62.581			231.041	0.30
Şiddetli Erozyon	2.439			61.946			64.385	0.08
Çok Şiddetli Erozyon	-			4.823			4.823	0.01
TOPLAM	330.158			135.755			465.913	0.60

3. TÜRKİYE TARIM ARAZİLERİNDE EROZYONUN DOĞAL VE SOSYO-EKONOMİK BOYUTLARI

Türkiye' de erozyonun oluşmasında, Şekil 1' den de görülebileceği üzere, iklim özellikleri, topoğrafya, toprak ve bitki örtüsünün durumu gibi doğal koşullar başlıca etmenler olarak gösterilmekte ise de, erozyonun hızlanmasında esas, insan faktörünün içinde olduğu sosyo-ekonomik koşullardır. Aşağıda erozyonun doğal ve sosyo-ekonomik boyutları açıklanmıştır.



Şekil 1. Erozyonun temel nedenleri ve sonuçları

3.1. Erozyonun Doğal Boyutları

İklim ve Bitki Örtüsü : Yağış, rüzgar vb. iklim özellikleri erozyon üzerinde çok etkilidirler. Yağışın türü, şiddeti, süresi ve mevsimlere dağılışı; rüzgarın ise hızı ve zamanı erozyon oluşumunu doğrudan belirler. Türkiye' nin %90' lık bölümünün kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahip olması nedeniyle, nadasa bırakılan veya zayıf bitki örtüsünün olduğu aeğimli razilerde, ilkbahar ve erken yazda düşen intensitesi yüksek düzensiz sağnak yağışlar veya Konya Kapalı Havzası'nda olduğu gibi, hızı yüksek rüzgarlar erozyona neden olmaktadır.

Topoğrafik Durum: Su erozyonunda sırasıyla arazinin eğimi, eğim uzunluğu ve su toplama havzasının büyüklüğü ve şekli gibi topoğrafik özellikler önemli ölçüde etkilidir. Türkiye topraklarının çeşitli eğim derecelerine göre dağılımı Çizelge 4' te verilmiştir. Bu arazilerden %6 eğime kadar olanları tarıma elverişli oldukları halde hafif önlemlerle, %6-20 eğime sahip dik arazilerin kısmen veya tamamen erozyona karşı önlem almak suretiyle işlemeli tarıma uygun oldukları görülmektedir. Eğimi %20' den yüksek olan çok dik ve sarp arazilerin mera veya ormana terkedilmesi gerekmektedir (3).

Çizelge 4. Türkiye topraklarının eğime göre dağılımı

Eğim (%)	Tanımı	Dağılımı (ha)	Dağılımı (%)	Açıklama
0	Düz	5.358.952	7.07	Tarıma Elverişli
0-2	Düze Yakın	4.346.145	5,73	Tarıma Elverişli
2-6	Hafif	8.476.067	11,18	Tarıma Elverişli
6-12	Orta	10.514.253	13,87	Kısmen ve Önlemle Tarıma Elverişli
12-20	Dik	10.747.597	14,17	Kısmen ve Önlemle Tarıma Elverişli
20-30	Çok Dik	13.368.866	17,63	Mera ve Ormana Elverişli
+30	Sarp	23.015.669	30,35	Mera ve Ormana Elverişli
TOPLAM		75.827.549	100.0	-

Toprak Özellikleri : Toprağın yapısı, bünyesi, organik madde ve su içeriği, yoğunluğu gibi fiziksel özelliklerinin yanında kimyasal ve biyolojik özellikleri de erozyonun oluşumunda etkilidirler. Toprak derinliği, eğimle birlikte işlemeli tarımı kısıtlayan en önemli etkendir. Arazilerin yaklaşık %40' ı işlemeli tarıma uygun olmayan 0-20 cm derinliktedir (Çizelge 5). Sığ topraklar bazı bitki türlerinin yetiştirilmesine elverişli olabilirler. Ancak, toprak derinliğinin az olması, hem erozyonun nispi zararını artırmakta hem de toprağın su depolama

kapasitesini azaltarak, yüzey akışların artmasını teşvik etmektedirler. Orta ve daha derin topraklar ise her türlü tarıma elverişlidir.

Çizelge 5. Türkiye topraklarının derinliğe göre dağılımı

Derinlik Sınıfı	Derinlik (cm)	Dağılımı (ha)	Dağılımı (%)	Açıklama
Derin	>90	11.308.114	15,45	Tarıma Elverişli
Orta Derin	50-90	9.299.614	12,70	Tarıma Elverişli
Sığ	20-50	23.696.973	32,36	Bazı Bitki Türleri
Çok Sığ	<20	28.908.455	39,49	Tarıma Elverişsiz
TOPLAM		73.213.156	100,00	-

3.2. Sosyo-Ekonomik Boyut ve İnsan Faktörü

Ülkede hızla artan nüfusun, kırsal kesimdeki etkileri içerisinde; miras yoluyla tarım arazilerinin giderek parçalandığı ve zaten çoğunlukta olan küçük tarım işletmelerinin bir ailenin geçimini sağlayamayacak kadar daha da küçülmesine neden olduğu bilinmektedir. Bu durum kentlere göçü hızlandırmakla birlikte, kırsal alanda kalanların da kendilerine geçim kaynağı bulmak amacıyla ormanları ve meraları çeşitli şekillerde tahrip etmelerine, tarıma açmalarına neden olmaktadır. Bu sakıncalı çabaların temel nedenlerinin, gelir ve eğitim yetersizliğinden kaynaklandığı söylenebilir. Bir yandan mutlak orman ve mera olması gereken arazilerin toprak işlemeli tarıma açılması, öte yandan eğimli tarım arazilerinde erozyona karşı hiçbir önlem alınmadan ekim-dikim yapılması, erozyonun şiddetlenmesine ve sonuçta çölleşmeye neden olabilecektir.

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında, su havzaları tarım arazilerinde ortaya çıkan insan faktörünün etkileri şöyle sıralanabilir: (a) Tarım arazilerinin yetenek sınıflandırmasına uygun olarak kullanılmaması, orman ve mera olması gerekli bir bölüm arazide halen işlemeli tarım yapılması, (b) tarım arazilerinde özellikle II-IV. sınıflarda erozyona karşı önlem alınmadan tarım yapılması, alınan önlemlerin ise nokta projeler halinde olması ve yaygınlaştırılamaması, (c) kuru tarımda geniş tarla gruplarının, örtü bitkisiz nadasa bırakılması, (d) tarımda uygun tipte pullukların kullanılmaması, (e) yem bitkilerinin nöbetleşmeye konulmaması, (f) erozyona karşı mücadelede kırsal toplumun etkin veya yaygın bir yayım hizmetiyle bilinçlendirilmemesi, (g) konu ile ilgili kamu kuruluşları arasında etkin bir işbirliği ve koordinasyonun sağlanamaması, (h) tarım arazilerinin artan nüfus baskısı ve miras yoluyla

çok küçük parçalara bölünmesi ve dağınık olması nedeniyle, büyük ölçüde erozyon önlemleri almaya uygun olmamasıdır.

4. EROZYONUN NEDEN OLDUĞU ZARARLAR

Tarım arazilerinde ortaya çıkan erozyon zararları şöyle sıralanabilir : (a) toprağın en verimli üst katmanları bitki besin maddesiyle birlikte taşınmaktadır, (b) toprakların su tutma kapasiteleri azaldığından toprak verimliliği ve su kaynakları azalmaktadır, (c) kontrolsuz yüzey akışlar taşkınlara neden olduğundan, aşağı tarım arazileri su altında kalmakta ve taşınan materyalle örtülmektedir, (d) taşkınlar ayrıca, yol, köprü, kanal, sanayi ve yerleşim yerlerini tehdit ederek can ve mal kaybına neden olmaktadır, (e) barajlar, göller, kısmen akarsular, taşınan materyalle dolmakta, özellikle barajların ömrü kısalmaktadır.

Sonuç olarak erozyon, tarım arazilerinin elden çıkmasına, üretimin azalmasına, kırsal toplumun fakirleşmesine; bazende yerleşim yerlerinden başka yerlere göç etmelerine neden olduğundan, sosyo-ekonomik boyutlarıyla da ülkenin önemli bir sorunu olma niteliğini sürdürmektedir.

5. SU EROZYON KONTROLU AMACIYLA ALINMASI GEREKLİ ÖNLEMLER

Türkiye, erozyon sorununa çözüm bulunabilmesi için gerekli olanakların pek çoğuna sahip bir ülkedir. Eksik olan, politikacısıyla, aydınıyla,halkıyla erozyon sorununun bir yaşam ve varlık sorunu olduğu bilincinde bulunmayışımızdır. Bu ülkenin insanları olarak görevimizin, bir yerde, gelecek kuşaklara verimli ve bakımlı topraklar devretmek gerektiğini unutmuş olmamızdır.

Erozyonla mücadelede alınacak bilimsel ve teknik önlemler, ülkemizde de yeteri kadar bilinmektedir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce"Toprak Koruma Ana Planı" hazırlanmıştır (3). Buna göre; Türkiye' de işlenerek tarım yapılan yaklaşık 27,7 milyon hektar arazinin 22,6 milyon hektarında kuru tarım yapılmaktadır. Kuru tarım yapılan bu arazilerin 17,6 milyon hektarı I-IV. sınıf araziler; geriye kalan 5 milyon hektarı V-VII. sınıf arazilerden oluşmaktadır. Bu duruma göre; 5 milyon hektar arazinin en az 4 milyon hektarının mera ve orman olarak kullanılması; II, III ve IV. sınıf arazilerde ise sınıf yükseldikçe artan yoğunlukta erozyona karşı koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir.

Orman, mera ve çalı gibi kullanışların yaklaşık 4.8 milyon hektarı I-IV. sınıfta yer almaktadır. I-III. sınıflardaki araziler daha çok yükseltilerde orman ve mera bütünlüğünü bozacak yerlerde ve küçük parçalar halindedir. Bu nedenle erozyonu önleme açısından bu arazilerin işlemeye alınmaması gerekmektedir. IV. sınıf araziler ise kesinlikle sürekli örtü altında kalmalıdır. Önemli olan bu planın uygulamaya konulmasını sağlayacak ortamın hazırlanmasıdır.

Su erozyonu kontrolu amacıyla alınması gerekli önlemler birbirini tamamlayıcı nitelikteki çalışmaları gerektirir. Buna göre; (1) herşeyden önce toprakların yetenek sınıflarına uygun olarak kullanılmasını sağlayacak özendirici ve zorunlu önlemler alınmalıdır. (2) çiftçileri erozyon konusunda bilinçlendirmek amacıyla yaygın bir yayın hizmeti düzenlenmelidir, (3) konu ile ilgili kuruluşlar arasında etkin bir işbirliği anlayışı gerçekleştirilmelidir, (4) su erozyonunun kontrolünde toprak yüzeyine düşen yağmur damlasını tutarak enerjisini dağıtmak ve yüzey akışları önlemek amacıyla; (a) toprak yüzeyini yıl boyunca bitki ile örtülü bulundurmaya çalışmak, (b) tarım arazilerinde tesviye eğrili sürüm, ekim ve dikim yapmak, (c) şeritsel ekim yöntemiyle bitki yetiştirmek, (d) arazilerin eğimine ve yağış koşullarına bağlı olarak seçilecek tarla tipi veya seki teraslar uygulanmalıdır.

Hızla artan kırsal nüfusun, orman, mera ve tarım arazileri üzerindeki baskısını azaltmak; tarımsal sanayii kırsal alana yönlendirmek; erozyonla mücadelede yalnız ağaçlandırmanın yeterli olmayacağını bilerek, orman, mera ve tarım arazilerinde yapılacak uygulamaları, entegre bir anlayışla havza geliştirme düzeyinde planlamak; kamuyu bilinçlendirmek; bu amaçla eğitim ve yayım hizmetlerini Türkiye genelinde yaygınlaştırmak için biliçli bir devlet politikasının temeli oluşturulmalıdır. Bu politikalar kapsamında "Toprak Koruma Kanunu" nun en kısa zamanda yürürlüğe konulması yapılacak mücadelede olumlu bir etmen olacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Çevik, B., "Toprak ve Su Koruma Mühendisliği", Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 226, Ders Kitapları Yayın No: A-71, 155s., 1999.
2. Akalan, İ., "Toprak Oluşu, Yapısı ve Özellikleri", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:356, A.Ü. Basımevi, 1968.
3. Akyürek, İ., ve ark., "Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması" (Toprak Koruma Ana Planı), KHGM, Ankara, 1987.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Sulama Sisteminin Analizi

Z. Fuat TOPRAK

İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim Dalı 80626, Maslak- İstanbul
fuattoprak@turk.net

ÖZET

Bu çalışmada, sulama sisteminin özellikleri araştırılarak bir analizi yapılmış ve bu analiz sonucu sulama sisteminin bir akış şeması çizilmiştir. Söz konusu analiz yapılırken *sulama*, *sistem* ve *sulama sistemi* terimlerinin tanım ve özelliklerine değinilmiş, her sistemde olduğu gibi sulama sisteminin de girdi veya girdilerinin, sistem operatörünün ve çıktı veya çıktılarının olduğu gerçeğinden hareketle bunların neler olduğu ve birbiri ile ilişkilerinin nasıl olduğu araştırılmıştır. Benzer şekilde genel olarak sisteme etki eden faktörler, söz konusu faktörlerin etkisinin nasıl ve ne ölçüde olduğu, ana sistem ile alt sistem arasındaki ilişkiler ile ana sistem ile alt sistemlerin doğal su dolaşım sistemi ile alış-verişi araştırılmıştır. Sulama sistemine bu tarz bir yaklaşımla, sulama çalışmalarının, etüt, plan-proje, inşaat ve işletme olmak üzere tüm aşamalarında, gerek uygulama gerekse eğitim alanında ilgiliye rehberlik etmesi açısından faydalı olabilme amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Sulama, Sistem, Analiz*

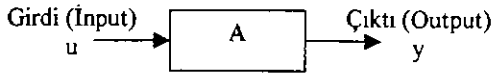
ABSTRACT

In this study, irrigation systems have been analyzed and finally drawn as a flowchart. First, the terms *irrigation, system* and *irrigation system* have been defined. Then the properties of the irrigation system have been investigated. Just as all systems, irrigation systems have input(s), output(s) and operator; also, have a main system and various sub systems. However, there are several factors affecting the system and some relationships exist between the main system and the sub systems. Similarly there are logical relationships between the system and the natural hydrologic system. The purpose of this study is to provide an easy guidance for researchers who are interested in application and education of irrigation engineering.

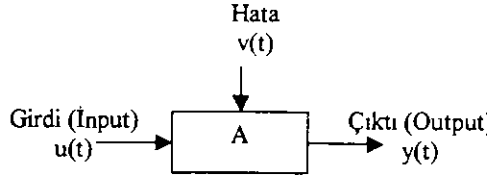
Key Words: *Irrigation, System, Analysis*

1. GİRİŞ

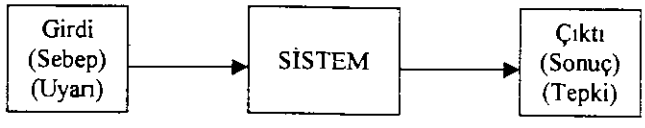
Bilindiği üzere *sulama*, tarımsal bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun, yağışlarla karşılanamayan kısmının, toprağın verimlilik ve yapısına zarar vermeden, ihtiyaç duyduğu zaman ve miktarda toprağa verilerek suni olarak karşılanmasıdır. Ya da kısaca; "sulama, genel olarak bitkinin yetişmesi için gerekli nemi tamamlamak amacıyla suyun toprağa uygulanması olarak tanımlanır."[1] *Sistem* ise hayatımızın hemen her alanında kullandığımız bir terimdir: *"Ekonomik Sistem"*, *"Eğitim Sistemi"*, *"Sağlık Sistemi"*, *"Elektrik Sistemi"*, *"Siyasi Sistem"*, *"Sulama Sistemi"* vb. O halde nedir *sistem*? Literatürlere bakıldığında, farklı disiplinlerden bilim adamlarının, anlam itibari ile hemen hemen aynı fakat ifade tarzı olarak birbirinden biraz farklı tanımlamalara gittiği görülür. [2-7] Bu çalışmada ise *sistem*, "belli bir zaman referansı içerisinde madde, enerji veya enformasyon türü bir girdi, sebep veya uyarıyı, yine madde, enerji veya enformasyon türünde bir çıktı, sonuç veya tepkiye dönüştüren, gerçek veya kavramsal, bir yapı, cihaz, şema veya prosedür"[2], ya da kısaca, "bir biri ile irtibatlı unsurların oluşturduğu, bir veya birden fazla girdiyi bir ya da daha fazla çıktıya dönüştüren bir bütün"[3] olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Girdisi u ve çıktısı y olan bir A sisteminin diyagram şeklinde gösterimi [4]



Şekil 2. Girdisi u(t) ve çıktısı y(t) ve hata v(t) olan bir dinamik sistem [5]



Şekil 3. Sistem, girdi veya girdilerden çıktı veya çıktıları üretir [3]

Buna göre; sistemleri genel olarak, girdi ve çıktı sayısı ve türü, sistemin suni (man-made) veya doğal (natural), kapalı (closed) veya açık (open), lineer veya nonlineer, deterministik veya probabilistik oluşu, zamana bağlı değişip değişmediği, hafizasının olup olmaması veya sınırlı veya sonsuz oluşu gibi özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür.

2- SULAMA SİSTEMİNİN ANALİZİ

Sulama sistemi, sulama suyunu kaynağından alıp bitkinin etkili kök bölgesine getirdikten sonra kullanımdan artan suyu sulama alanından uzaklaştıran bir sistemdir. O halde, sistem, sürekli olarak sulama suyunu (girdiyi) alabileceği bir ortamın oluşturulması, başka bir ifade ile doğal su kaynağının ihtiyaca göre düzenlenmesi ile başlar. Böylece sulama suyu (girdi), su kaynağının düzenlenmesi sistemi (ki bu sistem, sulama sisteminin bir alt sistemi olup yerine göre baraj, bağlama, sondaj, su alma yapısı bazen arıtma tesisi veya bir taban eşiği olabilir) ile sisteme alınır, daha sonra uzak ve büyük sulama alanlarına iletmek üzere ana iletim sistemine (ki bu sistem de ana sulama sistemin bir alt sistemi olup yerine göre tünel, büyük kanal, büyük çapta cebri borular vb. tesisler olabilir), oradan da daha küçük sulama alanlarına iletmek üzere ikincil iletim sistemine (benzer şekilde bu da bir alt sistem olup ana kanal, cebri boru, yedek ve tersiyer kanallar vb. daha az kapasiteli iletim tesisleri) verir. Böylece sistem içinde ve sistem operatörü tarafından sulama alanına kadar getirilen sulama suyu (girdi), görevi sulama suyunu bitkinin etkili kök bölgesine vermek olan su uygulama sistemine (kolayca tahmin edileceği gibi bu da yine ana sulama sisteminin bir alt sistemi olup yerine göre kapalı veya açık su uygulama metot ve tesisleri olabilir) verilir. Sulama tamamlandıktan sonra kullanılmış fazla suyu, bitkinin etkili kök bölgesinden uzaklaştırmak üzere drenaj alt sistemi devreye girer. Yerine göre açık (kanal, kuyu) veya kapalı (dren veya galeri) şeklinde olabilen drenaj sistemi sulama sisteminin bir çıktısı olarak, kullanılmış fazla sular tekrar doğal ortama verilir. Sistemin diğer bir çıktısı ise, sistemin işletilmesi sonucu elde edilen ürün veya ürünlerdir. Görüldüğü gibi sulama sisteminin, altı alt sitemi olup bu alt sistemler aynı zamanda sistemin de aşamalarıdır. O halde ileride şematik olarak ta verileceği gibi, sulama sistemi her sistem gibi alt sistemlere (sub systems) hatta daha küçük unsurlara (parçalara =components) ayrılabilmektedir.

Sistem, suni (man-made) bir sistem olup, operatörü veya yapısı bilinmektedir. Bununla birlikte sistem, hidrolojik dönüşüm sisteminin bir alt sistemidir. Ayrıca sistem, doğa kanunları

(fizik kanunları, hava, iklim, toprak, su vb.) etkisinde olması nedeniyle sistemi boyutlandırırken bazı kabulleri yapmak gerekir. Örneğin, buharlaşma, derine sızma, sürtünme vb. kayıplar ile kullanım hatasından kaynaklanan kayıpların oranlarının, bitki su ve bitki sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi, aydınlanma oranı, ortalama sıcaklıklar, ortalama güneşlenme süreleri gibi parametrelerin hesaplanması sırasında bazı ihmal ve kabullerin yapılması zorunludur. Dolayısıyla sistemin çıktı veya çıktılarının, doğal sistemlere nazaran daha kolay tahmin edilebilmesi ile birlikte %100 tahmini güçtür.

Sulama sistemi nedensel bir sistem (causal system) olarak değerlendirilebilir. Zira, sistem operasyonlarının tümü sebep-sonuç ilişkisine dayandığı bilinir.

Sistemin hem yapısı hem de girdisi doğa olayları ve fizik kanunlarının etkisinde olduğundan zamanla değişmesi söz konusudur. Dolayısıyla, sistemi zamanla değişen (time variant) bir sistem olarak değerlendirmek mümkündür.

Sistemin herhangi bir andaki çıktısı sadece o andaki girdiye bağlı olsaydı o zaman sistem hafızasız olurdu ki böyle bir durum sulama sistemini anlamsız kılardı. Benzer şekilde, sistemin herhangi bir andaki çıktısı o ana kadarki tüm girdilere bağlı olsaydı o zaman da sistem sonsuz hafızalı olurdu. Oysa sistemin herhangi bir andaki çıktısı belli bir zaman dilimindeki girdilerden etkilenmektedir. O halde Sulama sistemi sonlu hafızalı (finite memory) bir sistem şeklinde ele alınabilir.

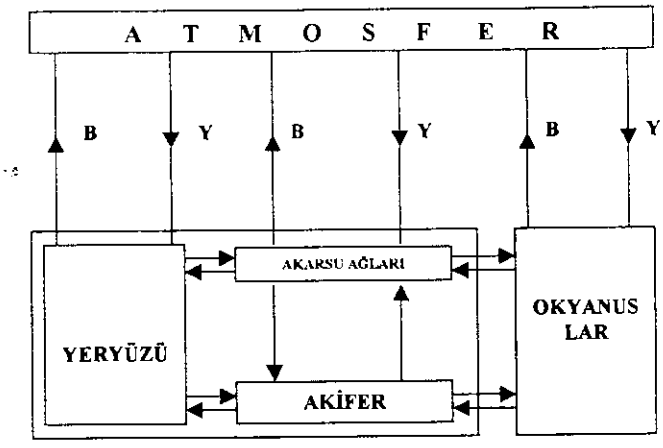
Sulama sisteminde sürekli bir enerji ve madde alışverişi olduğundan açık bir sistem olarak bilinir.

Sistemin kendisi doğa kanunlarının etkisinden tecrit edilemediğinden ancak bazı ihmal ve kabuller yapıldığı taktirde sistem lineer olarak kabul edilebilir.

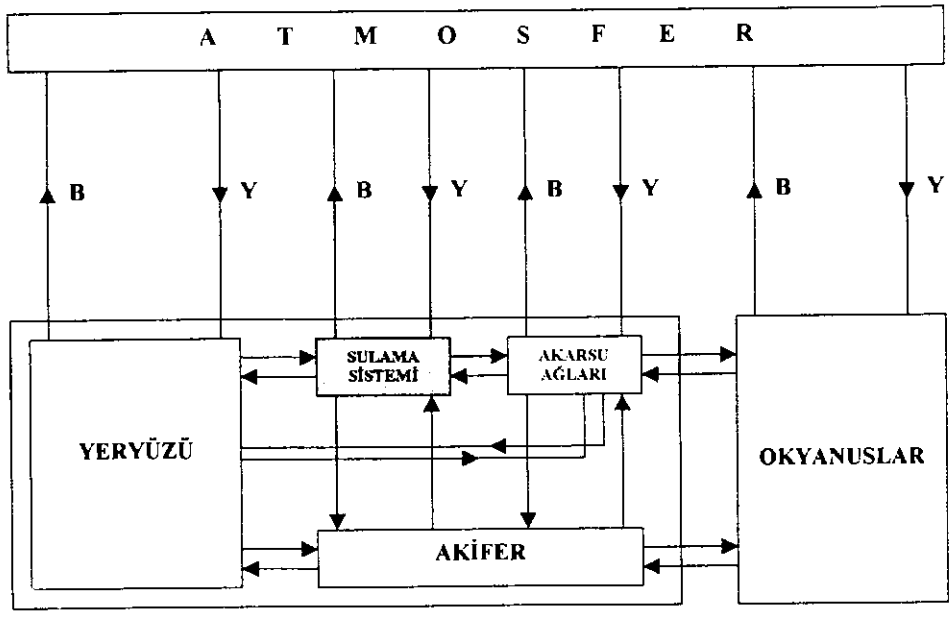
Şu ana kadar, sulama sisteminin dile getirilen özellikleri ana sistem için geçerli olup alt sistemler kendi başlarına ele alındığında, farklı özellikler gösterebilir.
Sitemin diğer önemli bir özelliği de, ihtiyaca göre bazı aşamalarının (bazı alt sistemlerinin), atlatılabilmesidir. Örneğin, su kaynağının yakınında bulunan bir sulama alanı için, sulama sisteminin birer alt sistemi olan birincil hatta ikincil iletim sistemlerine ihtiyaç olmayabilir. Fakat bu durum, sisteme bu yaklaşım tarzımızı değiştirmez. Çünkü bu durum, tıpkı bir fizik

olayını temsil eden bir denklemin, şartlara göre bazı parametrelerinin sıfıra eşit olduğu bir duruma benzemektedir.

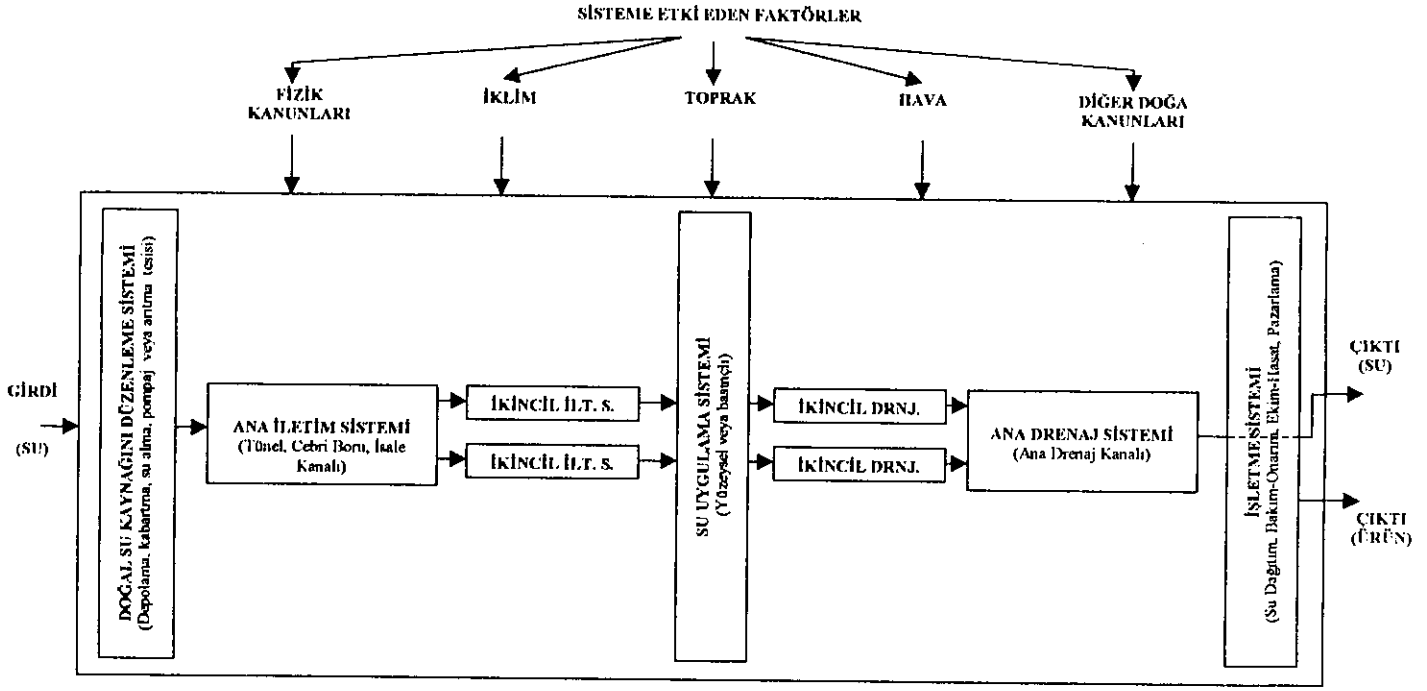
Şimdi de sulama sistemini temsili diyagramlarla ifade etmeye çalışalım:



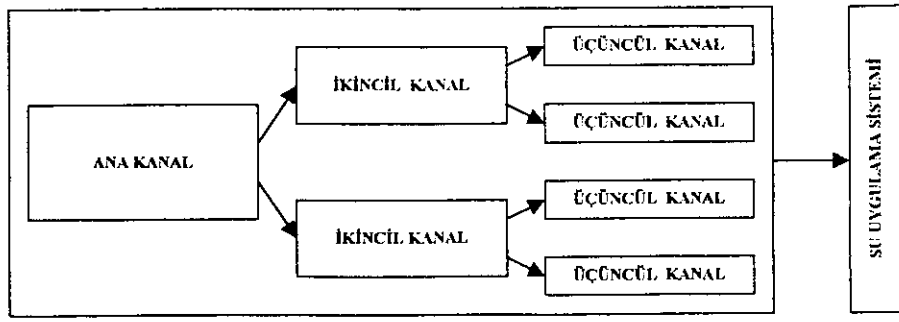
Şekil 4. Kapalı hidrolojik çevirim diyagramı [3]



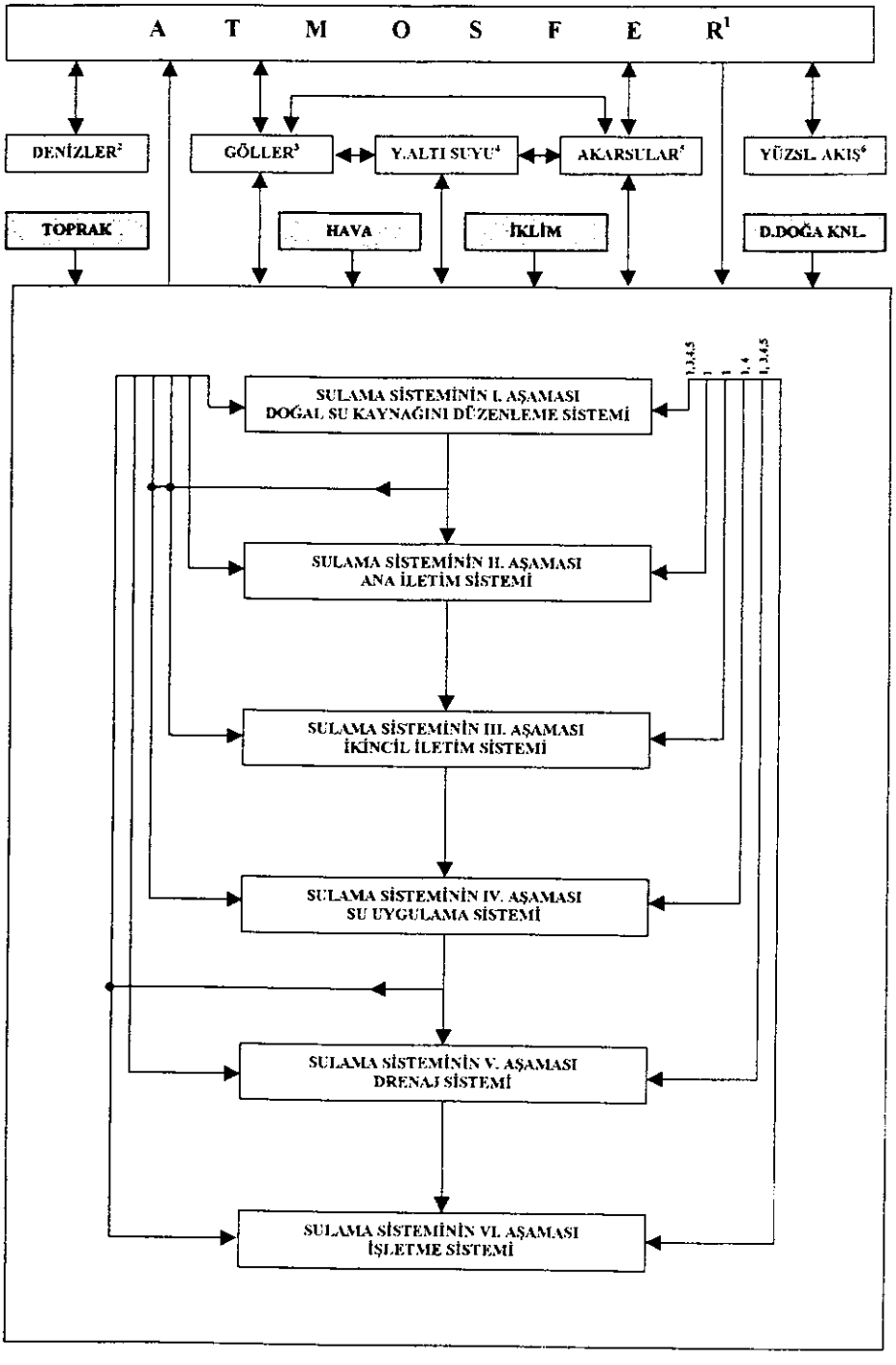
Şekil 5. Sulama sisteminin doğal hidrolojik sistem içindeki yeri



Şekil 6. Sulama sisteminin alt sistemleri, girdi-çıktıları ve sisteme etki eden faktörler



Şekil 7. Bir sulama sisteminde, bir alt sistemin unsurları (componenets)



Şekil 8. Sulama sisteminin temsili akış diyagramı

Diyagramda (*Şekil 8*), soldaki oklar alt sistemlerin birbiri ile ilişkisini, sağdakiler ise sulama sisteminin alt sistemleri ile doğal su dönüşüm sistemi arasındaki ilişkileri göstermektedir. Denizlerden ve yüzeysel akıştan sulama yapma maliyetinin yüksek olması nedeniyle sulama sistemi için girdi kaynağı olarak ele alınmamıştır. Ayrıca şekil daha fazla karışmasın diye sadece sulama sistemi ile ilişkisi bulunan yer altı suyu, göl ve akarsular arasındaki ilişkiler gösterilmiştir.

3- SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile, sulama sisteminin doğal su dönüşüm sistemindeki yerini, sistemin nerden başlayıp nerde bittiğini, sistemin tüm girdilerini, sisteme etki eden faktörleri ve bu faktörlerin hangi aşamalarda ve ne ölçüde sisteme etki ettiğini görmek mümkündür. Görüldüğü üzere sulama sistemine bu tarz bir yaklaşım, sistemin, kolay anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, hem sulama çalışmalarının tüm aşamalarında (ön etüt, plan-praje, inşaat ve işletme) ve hem de eğitim alanında ilgililere faydalı olacağı düşünülmektedir.

4- KAYNAKLAR

1. Vaughn, E.Hansen, Consulting Engineer Vaughn Hansen Associates Salt Lake City, Utah State University, Logan, Utah and Orson, W. Israelsen Late Emeritus Professor, Civil and Irrigation Engineering, Utah State University, Logan, Utah and Glen, E. Stringham, Professor of Agricultural and Irrigation Engineering Utah State University, Logan, Utah, "Irrigation Principles and Practices", Utah State University, Logan, Utah,1980.
2. Dooge, J.C.I., "Lineer Theory of Hydrologic Systems", United States Department of Agricultural, 1973.
3. Müftüoğlu. R.F., "Analysis of Hydrologic Systems", ITÜ, İstanbul.
4. Zadeh, L. A., Department of Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkely, "System Theory", 1969.
5. Soderström, T., Automatic Control and Systems Analysis Group Department of Technology, Uppsala University, Uppsala, Sweden and P. Stoica, Department of Automatic Control Polytechnic Institute of Bucharest, Bucharest, Romania " System Identification", 1988.

6. Mc Millan, University of Colorado and Gonzalez, Michigan State University, "Systems Analysis", 1973.
7. Andrew, P. Sage and James L. Melsa, Information and Control Sciences Center, Institute of Technology, Southern Methodist University, Dallas, Texas, 1971.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

ATIKSU ARITMA SİSTEMİ OLARAK KULLANILAN YAPAY SULAK ALANLARIN YAPIM KRİTERLERİ VE ADANA BÖLGESİ İÇİN UYGUNLUGUNUN İNCELENMESİ

Zeynep ZAİMOĞLU * Ahmet YÜCEER*

*Çukurova Üniversitesi Müh Mim Fak Çevre Müh Böl Balcalı ADANA zeynepz@mail.cu.edu.tr

ÖZET

Yapay sulak alanlar doğal sulak alan sisteminde var olan olguları taklit etmek üzere dizayn edilen ve atıksuların kirleticilerden arındırılmasında diğer araçların yanında sulak alan bitkilerini, toprakları ve de bunların mikroorganizmalarını kullanan sistemlerdir. Bu bağlamda yapay sulak alanlar çok çeşitli canlıları da cezbederek yaban hayatına yataklık edebilmektedir. Yapay sulak alanların en etkin ve yaygın olduğu kullanım alanı evsel atık suların iyileştirilmesidir. Ancak yapay sulak alanların su arıtımı ve taşkın kontrolüne yönelik olarak kullanılmaları da mümkündür . Gelişmiş ülkelerde özellikle Amerika Birleşik Devletlerin de mekanik arıtma tesislerinin işletme ve bakım masraflarının fazla olması nedeni ile evsel atık suların arıtımında yapay sulak alanlar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmanın amacı mekanik tasfiyeden geçmiş atık suların yapay sulak alanlarda değerlendirilme yollarının aranmasıdır. Çalışma da ayrıca yapay sulak alanların oluşturulması için gerekli genel kriterler ve yapay sulak alan oluşturulması bakımından Adana bölgesinin uygunluğu tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sulak Alan, Evsel Atık Suların Arıtılması,

ABSTRACT

Constructed wetlands are designed systems that imitate the existing facts in natural wetlands and use the wetland crops, soils and micro-organism beside the other facilities to treat wastewaters. As a matter of fact, wetlands attract countless kind of wildlife and can be very appropriate habitat for them. treatment of domestic wastewater is the most common and effective use of constructed wetlands. But the use of constructed wetlands to clean the water and to control the flood is relatively new. Recently, using constructed wetlands for the purpose of the treatment of domestic wastewater has been very common in developed countries, specially in the United States of America, because of the expensiveness of the operating and maintenance of the mechanical treatment systems. In Turkey, initial investment and maintenance costs of the domestic wastewater treatment systems are relatively high..

The purpose of this study is to investigate the ways of using the water which treated by mechanical systems, in the constructed wetlands. In this work, general building criteria for the constructed wetlands and also suitability of constructed wetlands to Adana district is discussed.

Key Word: Constructed Wetland, Wastewater Treatment,

1. GİRİŞ

Yapay sulak alanlar, doğal sulak alan sisteminde var olan olguları taklit etmek üzere dizayn edilen ve atık suların kirleticilerden arındırılması olayında diğer araçların yanında sulak alan bitkilerini toprakları ve de bunların mikroorganizmalarını kullanan bir sistemdir. Diğer doğal biyolojik arıtma sistemlerinde olduğu gibi sulak alan arıtım sistemleri de ek bazı yararlar sunabilecek kapasitededirler. Yapay sulak alan teknolojisinin uygulanması ile sağlanan atık suların yeniden kullanımı ve ıslahı olayı ayrıca sulak alan doğal yaşamı ve çevresel zenginliklerini oluşturmak veya geliştirmek için de bir fırsattır.

Yapay sulak alan teknolojisi, sulak ortamlarda doğal olarak oluşan çeşitli biyolojik olgular yardımıyla su kalitesini iyileştirir. Kısaca, suda yaşayan bitkilerdeki ve topraktaki mikroorganizmalar, atık sudaki organik materyali ve besin maddelerini sulak alanlardaki çok çeşitli canlı varlıkların yaşam kaynağı olan besin türüne dönüştürürler. Bunun yanında bitkiler,atık sularda mevcut olan azotun, fosforun ve diğer besinlerin alınmasında aktif rol oynarlar. Halen sadece Amerika Birleşik Devletlerinde 500 adet atık su ve yağış suyu sulak alanının inşaatı devam etmektedir (Randal,1997) Amerika Birleşik Devletlerinde bu teknoloji büyük ölçüde benimsenmiş olup gittikçe artan bir düzeyde uygulanmaktadır.(Craig,1999)

Bu teknoloji arid, semiarid ve tropikal iklim bölgelerinde uygulanabilmektedir. Yapay sulak alan projeleri çoğunlukla büyüklük şekil ve lokasyon açısından geniş bir yelpaze sergileyebilmektedir.

İstenilen biçimde aplikasyonları yapılarak usulüne uygun olarak inşa edildiklerinde yapay sulak alanlar, evsel ve endüstriyel atık sulardaki ve yağış sularındaki pek çok kirleticiyi etkin bir biçimde bertaraf edebilirler (Craig,1986). Sulak alanlar özellikle BOİ , suda asılı zerrecikleri, nitrojen, fosfor, hidrokarbonlar ve hatta metaller gibi kirleticileri bertaraf etme olayında oldukça etkilidirler. Bakım ve işletmelerinin düzenli olarak yapılmaları durumunda, yapay sulak alanlar, etkili ve de güvenilir bir su arıtım teknolojisidir(Moshiri,1993).

Bu bağlamda yapay sulak alanlar oluşturularak evsel, tarımsal, atık sular ve maden drenajından sağlanan atık sulardaki kirliliğin düzeyinin düşürülmesine çalışılmaktadır. Bu amaçtan yola çıkarak yapay sulak alanlar projelendirilmektedir (Roberts, 1994).

Yapay sulak alan teknolojisi uygulanması ile sağlanan atık suların yeniden kullanımı ve ıslahı olayı ayrıca sulak alan doğal yaşamı ve çevresel zenginlikler oluşturmak veya geliştirmek için de bir firsatta sunmaktadır. Yapay yada doğal sulak alandaki su arıtım işlevi, şehirsel bir atık su arıtım tesisindeki işlevlerin hemen hemen aynısından ibarettir(Adamus, 1990).

Bu çalışmanın amacı mekanik tasfiyeden geçmiş evsel atık suların yapay sulak alanlarda değerlendirilme yollarının aranmasıdır. Çalışma da ayrıca yapay sulak alanların oluşturulması için gerekli genel kriterler ve yapay sulak alan oluşturulması bakımından Adana bölgesinin uygunluğu tartışılmıştır.

Bu çalışmada Adana bölgesi yalnızca bir örnekleme olarak kullanılmıştır.

ARITIM SİSTEMLERİ OLARAK YAPAY SULAK ALANLAR

Gelişmiş ülkeler, özellikle A.B.D, doğal bir arıtma sistemi planlamaya çalışmış, ve sonuçta yapay sulak alanlar oluşturarak birtakım atık suları arıtmayı başarmışlardır. Yapay sulak alanların en etkin kullanımı kuşkusuz ki evsel atık suların iyileştirilmesidir. Bununla beraber Yapay sulak alanların su arıtımı ve taşkın kontrolüne yönelik kullanımı da oluşmuştur. Evsel atık suların bünyesinde bulunan organik maddelerden yararlanılması için modeller geliştirilmektedir. Ayrıca A.B.D.'de kömür madenlerindeki çıkış sularının da sulak alanlarda kullanıldığı bilinmektedir(Moshiri,1993).

Yapay bir sulak alan, genellikle toprak veya çakıl gibi bir materyal ile doldurulmuş, çoğunlukla satüre koşullara dayanıklı bitkilerle bitkilendirilmiş, fazla derin olmayan çanak bir arazidir. Sisteme mikroorganizma yönünden bakacak olursak Bir sulak alan: su ,zemin ,yapraklı bitkiler veya yosunlar, ile genellikle dökülen bitki yapraklarının oluşturduğu katılar, böcek larvaları ve kurtçuklarla başta bakteriler olmak üzere bir dizi mikroorganizmanın karmaşık bir kombinasyonudur.

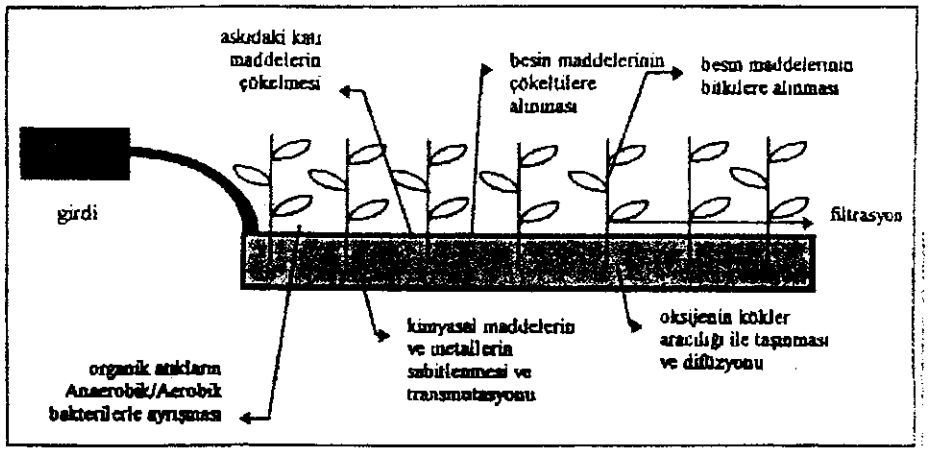
Sulak alan oluşturulurken özellikle kurak bölgelerde ve kullanılabilir suyun limit noktasına ulaşmış olduğu toplumlarda yapay sulak alan sistemi yolu ile suyun tekrar kullanılabilmesi ,suyun muhafazası ve yaban hayatı habitatı oluşturması faydaları göz önüne alınmaktadır.
Uygun yer seçimi dizayn ve bakım, yönetim çalışmaları sonucunda yapay sistemler ekolojik fonksiyonları ve güzel görüntüleri ile doğal sulak alanlara rakip oluşturabilmektedir.

YAPAY SULAK ALAN TEKNOLOJİSİ VE BİRLEŞENLERİ YER SEÇİMİ

Yapay sulak alanların ilk arazi inceleme çalışmalarında % 6 dan daha az bir eğime sahip olan alanlar belirlenmelidir (Katlec 1996).

İsabetli bir yer seçiminde arazinin, sulak alanların atık sularının cazibe ile sulak alana girmelerine ve sulak alanları terk etmelerine olanak sağlayabilmesi, toprak yapısı , çevresel kaynaklar, arkeolojik ve tarihsel yapılar içermemesi, yakın yörelerdeki yaşama etkisi tarımsal atık sularda söz konusu olduğu gibi koku ve haşerat problemlerine karşı yaşam alanlarından olabildiğince uzakta inşaa edilmesi gibi faktörler göz ardı edilmemelidir. Sulak alanların oluşturulmasında en kısıtlayıcı faktör ihtiyaç duyulan arazi miktarıdır.

Bunun dışında bir arazinin yapay sulak alan inşaatı için uygunluğu alt toprak katmanlarına, tehlikeli ve endemik habitatın varlığına, arazi kullanım ve mülkiyet durumuna bağlıdır. Ayrıca geçirgenlik durumu ile bu durumun taban suyunun korunumundaki ilişkisi, önemli kısıtlardan bir diğeridir. Aşırı geçirgen topraklar infiltrasyon yolu ile taban suyunun kirlenmesine ve sulak alan vejetasyonunun desteklenmesine uygun olmayan hidrolik koşulların gerçekleşmesine sebep olur. İnfiltrasyon ölçüm metotları olarak (Hansen 1980) tanımlanan yöntemlerle beraber sulak alan çalışması için öngörülen sulak alan sahası üzerinde bir minyatür pilot sulak alan yapılarak doğru su dengesi değerlerinin belirlenmesi en sağlıklı yöntem olarak anılabilir.



Şekil 1. Yapay Sulak Alanlarda Genel Arıtım Şeması.(Kural, 1995)

Başka bir araziyi kullanma koşulları olmadığı zaman toprağın üst katmanını geçirimsiz hale getirecek çözümler uygulanmalıdır. Bu çözümler arasında en ekonomik olanı ise yakındaki diğer sulakalanlar dan dip taranması yolu ile çıkarılmış olan materyaldir. Ancak bu materyalin kirleticiler ve istenmeyen maddeler içermediğinin belirlenmiş olması gerekir((Ewel 1984).

VEJETASYON SEÇİMİ

Yapay sulak alanlar için suda yetişen bitkiler çok önemlidir. Suda yetişen bitkiler tarafından gerçekleştirilen fotosentez olayı sudaki çözünmüş oksijen miktarını yükseltir. Suda yetişen bitkiler alt katmanın stabilizasyonunu sağlar, karbon, besin ve iz elementlerini bünyesine alarak dokularında değerlendirir. Ayrıca atmosfer ve sediment arasındaki göz transferini sağlar, yüzeysel bitkileri kullanarak alt katmanlara giren oksijen mikro alanları oluşturur. Yapay sulak alanlarda genellikle çabuk büyüyen bitkiler yetiştirilir.

Bir alana her türlü atıksu veya normal suyun ilave edilmesi, oradaki biolojik koşulları değiştirir. Yapay sulak alanlar habitatı çoğunlukla, sazlıkla değiştirirler. Yok olan havza habitatının çevresel değerleri, proje planlaması sırasında mutlaka dikkate alınmalıdır. Pekçok yapay sulak alan projesi için, yöreye özgü biolojik koşullar önemli bir teknik kısıtlama göstermezler (Mitsch 1993).

Yapay sulak alan oluşturma çalışmalarında kullanılacak bitkilerin yerel bitki örtüsünden seçilmiş olması önemli bir ayrıntıdır. Çeşit seçimi yapılırken bu bitkilerin hem su arıtımı hem de yaban hayatı habitatı fonksiyonları göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca bitkilerin çeşitli su derinliklerine, çeşitli topraklara ve ışık durumlarına adaptasyon sağlama yetenekleri de dikkate alınmalıdır.

MİKROORGANİZMA VE CANLI HAYATI

Yapay sulak alanların temel fonksiyonlarından biriside mikroorganizmalar aracılığı ile gerçekleştirilir. Mikroorganizma deyince ilk akla gelen bakteriler mayalar ve funguslardır. Mikrobiyal transformasyonların bazıları serbest oksijene gereksinim duyan aerobik bazıları

ise serbest oksijenin olmaması durumunda faaliyet gösteren anaerobik yapıdadır. Bunun dışında ise iki koşulda da yaşamlarını sürdürebilen bakteri türlerinin olduğu bilinmektedir. Yapay sulak alanlar değişik türdeki hem omurgalı hem de sürüngen hayvanlar için bir yaşam ortamı oluştururlar.(Hilton,1993)

Her ne kadar su kalitesi açısından omurgalılar en büyük öneme sahipse de yapay sulak alanlar çok sayıdaki hem karada hem de suda yaşayabilen canlılar için çekici bir yaşam yeri olmaktadır. Sonuçta yapay sulak alanlar birer arıtım yapıları iseler de bulundukları yerin estetiğini ve görünümünü iyileştirmek sureti ile habitat oluştururlar.

ARITILACAK OLAN SUYUN KARAKTERİZE EDİLMESİ

Arıtılacak olan atık suyun miktarı ve arıtım zamanlaması, dizayn aşamasında ele alınması gereken en önemli hususlar. İster şehirsel ister endüstriyel ister yağış sularından kaynaklanan akışlar olsun çoğunlukla mevsimsel değişimler sergilerler. Sulak alanlar fonksiyonlarını bu değişken hidrolik koşullar altında sürdürmek durumunda olduğu için bu değişimlerin başlangıçta dikkate alınması gerekir.

ADANA BÖLGESİ İÇİN UYGUNLUGUN İNCELENMESİ

Adana Bölgesi için yapay sulak oluşturulması yolu ile evsel atık suların arıtılması düşünüldüğünde ilk bakışta topografya incelenmelidir. Daha önce de belirtildiği gibi bu tarz projelerde en büyük kısıtlayıcı faktör ihtiyaç duyulan arazi miktarıdır. Ancak Adana bölgesinde 113.000 ha alan, tarıma elverişli olmayan alan olarak nitelendirilmektedir. Bu miktarın 81.000 ha olan kısmının VIII. sınıf arazi olduğu bilinmektedir.(Gültekin, 2000) Adana yöresinde topografya ve arazi varlığı bakımından bir sorun yaşanmayacağı açıktır. Yapay sulak alan oluşturma çalışmalarında diğer bir kısıtlayıcı faktör ise vejetasyon seçimi ve o bölgenin yerel bitkilerinin uygunluğudur. Çukurova bölgesi bu açıdan da çok şanslı bir bölgedir. Yapay sulak alanlarda yoğun şekilde kullanılan *Juncus, Cyperus, Paspalum, Umbellatus. ,Phragmittes,*gibi bitkiler yörenin doğal bitki örtüsünde zaten yer almaktadır (Altınayar, 1988). Yapay yada doğal sulak alanların kuşlar ve diğer hayvanlar açısından çekici bir yaşam alanı olduğu bilinmektedir. Çukurova bölgesi özellikle Adana yöresi göçmen kuşlar açısından da çok önemli bir konaklama alanıdır. Özelikle Adana, Tuzla bölgesinde ülkemiz için nadir bulunan flamingo kuşları bile yaşamaktadır . Ayrıca Adana iline komşu

olan Hatay ilimizde havaalanı yapılması konusunda göçmen kuşların rotası üzerinde olduğu için tartışmalar vardır. Yapay sulak alan oluşturulması ile kuşlar doğal yöntemlerle bu alana çekilmiş olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarih boyunca sulak alanlar yararsız hatta, hastalıklı, mikrop taşıyıcı böcekler ve timsahlarla dolu bölgeler olarak kabul edilmişlerdir (Dugan,1990). Ne var ki bu yazıda verilmeye çalışıldığı üzere sulak alanlar doğal yaşam için çok değerli ekosistemler olmalarının yanında insanlar için de çok önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Şu anda dünyamız artık kaynakların sonsuz olmadığı ve sistemlerin ancak sürdürülebilir olduğu koşulda yaşayabileceği bir döneme girmiştir. Bu bağlamda sulak alanlar hem çok çabuk bir şekilde yok olan doğal hayat hem de temiz ve kullanılabilir suyun tükenmesi anlamında çok önemlidirler (Karul,1995). Bu nedenle insanoğlu kuruttuğu sulak alanların yerine yenisini koymaya çalışmaktadır.
Doğanın akıllıca kullanımı hem doğanın hem de insanın yararına işleyecektir. İster arıtım amaçlı, ister su havzası yönetiminde kullanılsın, sulak alanlar ve sucul bitkiler daha sürdürülebilir sistemlerin ve daha sürdürülebilir bir yaşamın geliştirilmesine yardımcı olabilmektedir.

Günümüzde gelişmiş ülkeler insanoğlunun ekosisteme verdiği zararı fark ederek bu zararı telafi etme yoluna gitmekte ve aynı zamanda çoğul fayda sağlamanın yollarını aramaktadır İşte bu noktada yapay sulak alanlar arıtım sistemi olması ve ekosisteme kazandırdıkları ile ilk akla gelen yöntemlerden biridir.

Ülkemizde özelliklede Adana yöresinde böyle bir çalışmanın sağlayacağı faydaları düşünmek bile heyecan verici olabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. **Adamus,P,.Brant,.K 1990** İmpacts on quality of inlandWetlands Of The U.S.A U.S EPA Enviromental Research Labaratory.EPA /600/3-90/073, U.S.A

2. **Altınayar. G, 1988.** Su Yabancı Otları D.S.İ Basımevi Müd Ankara Türkiye.
3. **Campbell, C. Ogden, M, 1999.** Constructed Wetlands in the Sustainable Lanscape Wiley NY,U.S.A

4. **Campbell, Ç, 1986** Aquatic Systems İn Wastewater Treatment Thesis, Universty Of Washington,U.S.A
5. **Dugan, P, 1990** Sulak Alanların Korunması, Güncel Konular Üzerine bir İnceleme, DHKD, İst, Türkiye
6. **Kadlec,R , 1996.** Treatment Wetlands. Boca Raton, FL:CRC .U.S.A
7. **Karul, C, 1995** Çevre ve Mühendis, T.M.M.O.B Çevre Mühendisleri Odası Yayın Organı, Sayı : 6 Ankara, Türkiye
8. **Mitsch, W. Gasselink G, 1993.** Wetlands. New York: Van Nostrand Reinbold U.S.A
9. **Moshiri,G.**1993. Costructed Wetlands For Water Quality Improvement, Lewis Publishers Florida U.S.A
10. **Ewel, K.C. Odum, H.T, 1984.** Cypress Swamps. Gainesville: University of Florida U.S.A
11. **Gültekin , U, 2000** Gap çevre kongresi bildiri kitapçığı Urfa, Turkiye
12. **Hansen,V.E.,Israelsen O.W. Stringham, G.E. 1980.** Irrigation Principles and Practices. 4th Edition. New York: U.S.A
13. **Randal, R, 1997.** Constructed Wetland Treating More, Arizona Water Resources, Volume 6, No. 1 U.S.A
14. **Roberts, P, 1994.** Sustainable Design.Lanscape bArchitecture, January , U.S.A

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Kayısı Tarımında Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Yaş Belirleme

[1] H. Yıldırım, [1]S. Elitaş, [1]M.E. Özel, [1]E.Alparslan, [1]M.Dağcı,
[1]Y.G. Gürbüz, [1]H.Özen, [2]İ.Küçükkaya

[1]*Tübitak-MAM, BTAE, Uzay Teknolojileri Grubu, P.K. 21, 41470, Gebze, Kocaeli.*
[2]*T.C.Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Gen. Müd., Ankara.*

ÖZET

Ülkemizde *kayısı* gibi ekonomik değeri yüksek bazı karakteristik ürünlerin yaygınlaştırılması ve ilgili etkinliklerin izlenmesi, uzun vadede gerçekleşecek tarımsal gelişim açısından çok önemlidir. Çok geniş alanlarda bu konuda yapılacak planlamalar, hem maliyet, hem zaman, hem de doğruluk açısından sadece yersel ve klasik yöntemlerle desteklenememektedir. Bu bildiride, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan bir mikro-havzada (Kumludere, Malatya), ilk adımda kayısı bahçelerinin güncel durumu; farklı mevsimlere ait uydu görüntülerinden kontrollü sınıflandırma analizleriyle ortaya çıkarılmıştır. Ağaçların yüzeyi kaplama ve yeşillik durumunun bitki indisi (BI) değeriyle ilgili olduğu bilinmektedir. Böylece, havzanın kayısı örtüsü ve BI dağılımı arasındaki ilişki, arazi çalışmalarıyla belirlenen test alanlarının değerlendirilmesiyle incelenmiştir. Yüksek BI değerlerinin yaşlı, düşük değerlerin ise genç kayısı ağaçlarına karşılık geldiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak; belirlenen aralıklara göre gruplandırılan .BI değerleri havzadaki kayısı ağaçlarının yaş dağılımının haritalanmasında kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım; Uzaktan Algılama; Eğitimli Sınıflandırma; Bitki İndisi.

ABSTRACT

For the agricultural improvement in the long-term, it is very important to generalize some characteristic crops like *apricot*, which have economical value for our country and to monitor the related developments. For the cost, time and accuracy reasons, planning of very large areas can not only be supported by the field studies and other classical methods. In this paper, at the first step, present status of the apricot orchards of a micro-watershed in Eastern region of Turkey are extracted by the supervised classification analysis of the satellite images of different seasons. It is known that coverage and greenness of the trees on the land is related to the vegetation index (VI) value. So, the relationship between the apricot cover and the distribution of the vegetation index (VI) of the watershed is examined by the support of the test areas obtained from the field studies. High vegetation index values are found out to correspond to the older and the lower ones to the younger trees. As a conclusion, VI values are grouped according to the determined thresholds to map the ages of the apricot trees in the watershed.

Key Words: Agriculture; Remote Sensing; Supervised Classification; Vegetation Index.

1.GİRİŞ

Ülkemizde *kayısı* gibi ekonomik değeri yüksek bazı karakteristik ürünlerin yaygınlaştırılması ve ilgili etkinliklerin izlenmesi, uzun vadede gerçekleşecek tarımsal gelişim açısından çok önemlidir. Çok geniş alanlarda bu konuda yapılacak planlamalar, hem maliyet, hem zaman, hem de doğruluk açısından sadece yersel ve klasik yöntemlerle desteklenememektedir. Bu noktada Uzaktan Algılama'nın önemini vurgulamak gerekmektedir.

Bu bildiride, Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan bir mikro-havzadaki kayısı bahçelerinin yaş dağılımının uydu görüntülerinden haritalanmasının mümkün olup olmadığı üzerinde durulmuştur. İlk adımda, uydu görüntülerinden havzadaki kayısı bahçelerinin güncel dağılımı kontrollü sınıflandırma analizleri ile elde edilmiştir. Ağaçların yüzeyi kaplama ve yeşillik durumunun bitki indisi (BI) değeriyle ilgili olduğu bilinmektedir. Böylece; havzanın BI dağılımı bulunmuş ve bu değerlerin, arazi çalışmalarıyla kaydedilen test alanlarıyla karşılaştırılmasının ardından, kayısı ağaçlarının yaş durumuna karşılık gelecek bir gruplamanın mümkün olduğu görülmüştür. Son adımda; gruplanan BI değerleri, havzadaki kayısı yaş durumunu gösteren bir harita olarak sunulmuştur.

2. KAYISI TARIMINDA YAŞ BELİRLEME ANALİZLERİ

Çalışmanın ilk adımında, 'poligonlar' olarak belirlenmiş olan 'kayısı test alanları' ve poligonların taşıdığı diğer bilgiler kullanılarak sınıflandırmaya gidilmiştir. Arazi çalışmalarında yerel uzmanlarca, 'yaşlı', 'yoğun', '6-8 yaşlarında', 'genç' ve 'seyrek' gibi nitel özelliklere dayanan sınıf imzaları oluşturulmuş ve bunlara dayanarak uydu görüntüsünde 'eğitimli sınıflandırma' yapılmıştır. Fakat, mevcut sınıflandırma algoritmaları ile kayısı ağaçlarında farklı yaş gruplarının birbirlerine önemli ölçüde karıştığı gözlenmiştir [1,2]. Bunun yerine, havzadaki genel kayısı dağılımı test alanlarının özniteliklerine bağlı kalınmadan bulunduktan sonra, bu dağılımın ağaçların yaşa bağlı olarak arazi yüzeyini kaplama ve yaşlılık durumuna karşılık gelen 'bitki indisi' değerleri gruplandırılarak bu problemin çözümüne gidilmiştir. Aşağıda bu yöntemle yapılan çalışma detaylı olarak anlatılmaktadır.

2.1 Kayısı Örtüsünün Belirlenmesi

Kumludere'de kayısı bahçelerinin güncel durumu, farklı mevsimlere ait uydu görüntülerinden kontrollü sınıflandırma analizleriyle ortaya çıkarılmıştır.

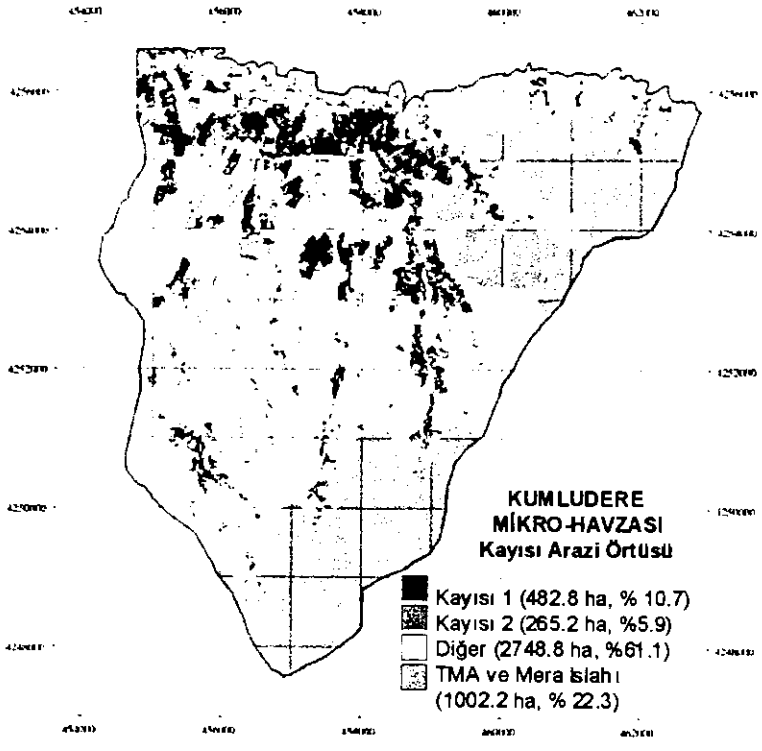
Çalışmalarda; 20.Mayıs.1999 ve 20.Ekim.1999 tarihlerine ait 23m çözümlemeli multi-spektral (çok renkli) IRS 1C/1D LISS3 ve 6m çözümlemeli pankromatik (siyah-beyaz) IRS 1C/1D Pan uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntülerin sırasıyla, geometrik düzeltmesi yapılmış ardından, 'Ana Bileşen Dönüşümü'yle ('Principal Component Analysis') Mayıs ve Ekim dönemine ait çok renkli ve yüksek çözümlemeli uydu görüntüleri elde edilmiştir. Böylece, kontrollü sınıflandırma çalışmalarında kullanılacak uydu görüntüleri hazır hale gelmiştir [3].

Arazide görüntü haritaları üzerine kaydedilen test alanları sayısallaştırılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Poligon haline getirilen birçok alan, uydu görüntüleri üzerine aktarılarak, hem Ekim ve hem de Mayıs görüntülerinin kontrollü sınıflandırmasında kullanılacak olan imza dosyaları elde edilmesinde kullanılmıştır. Bu aşamada farklı yaş gruplarından oluşan kayısı bahçeleriyle ilgili genel olarak şunlar gözlemlenmiştir.

- **Ekim görüntüsünde;** kayısı bahçeleri, hasat edilmiş ve sürülmüş tarlalardan, otsuz mera ve diğer arazi türlerine ait alanlardan kolayca ayırt edilebilmektedir. Fakat, yeni tesis edilen kayısı bahçeleri toprak üzerinde örtücü bir yüzey yaratamadığından, Ekim görüntüsü tüm kayısı bahçelerinin ortaya çıkarılmasında yeterli değildir.
- **Mayıs görüntüsünde;** büyük ve henüz fidan şeklinde bulunan tüm kayısılar ayırt edilebilmektedir. Fakat büyük ağaçlardan oluşan yeşil ve çok yoğun bir dokusu olan kayısıların Ekim görüntüsünde çok daha net olarak ortaya çıktığı görülmüştür. Fidansı bir yapıda olan yeni tesis kayısılar ise Mayıs ayında bu tür bahçelerin tabanında oluşan otsu bir yapıdan dolayı ayırt edilebilmiştir.

Böylece; Ekim görüntüsünden kolayca elde edilen kayısı sınıfının Mayıs görüntüsünden maskelenmesine, Mayıs görüntüsünden de yeni tesis kayısıların elde edilmesine karar verilmiştir. Son adım olarak, 'En Çok Benzerlik' ('Maximum Likelihood') yöntemiyle kontrollü sınıflandırma analizleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma analiziyle belirlenen alt sınıflar birleştirilerek havzanın güncel arazi örtüsü durumu elde edilmiştir. Ekim ayı

görüntüsünden 482.8 ha (havzanın % 10.7'si) olarak belirlenen kayısı alanlarına ('Kayısı 1'), Mayıs ayı görüntüsünden elde edilen 265.2 ha (havzanın %5.9'u) alan eklenmiş ('Kayısı 2') ve böylece toplam kayısı alanları 748.0 ha (havzanın % 16.6'sı) olarak belirlenmiştir. Daha sonra, kayısı alanları görüntülerden maskelenerek havzadaki kayısı bahçelerinin genel dağılımı elde edilmiştir. Şekil 1.'de havzadaki kayısı bahçelerinin dağılımı gösterilmektdir.



Şekil 1. Kumludere'de Kayısı Bahçelerinin Genel Dağılımı

2.2 Bitki İndisi Dağılımının Elde Edilmesi

Bitki örtüsünün mevsimsel değişimini belirlemek amacıyla yapılan *bitki indisi* (BI) analizi oldukça standart bir yöntemdir. Bitkiler, 'yakın-kızıl-ötesi' bantta yüksek bir yansıma değerine sahip olmalarına karşın, 'görünür-kırmızı' bantta soğurulmakta, dolayısıyla diğer arazi örtü türlerine göre daha düşük yansıma değeri vermektedirler. IRS uydularının LISS-3 görüntülerinde, yakın-kızılötesi 3. bant, görünür-kırmızı ise 2. banttır. Bitkilerin kendi karakterlerini belirginleştiren bu özellikden yararlanılarak geliştirilen 'normalleştirilmiş fark

bitki indisi' (NFBI), bitki varlığını ve sağlığını belirlemekte kullanılmaktadır. Bu parametre, LISS uydu görüntüleri için aşağıda belirtilen şekilde kullanılmakta ve bitkilerin varlığı/yokluğu konusunda bir gösterge oluşturmaktadır:

$$NFBI = \frac{Bant_3 - Bant_2}{Bant_3 + Bant_2}$$

NFBI değerleri, denklemden de açıkça görüleceği gibi, (-1,1) aralığında değerler alacaktır. Bunlardan (-1,0) 'bitki yok' aralığını, (0,1) ise 'bitki var' aralığını tanımlamaktadır [4].

Bu çalışmada gerçekleştirilen BI analizindeki amaç, kayısı ekili alanlardaki bitki durumunu belirlemek olduğu için; havzada yeşil dokunun daha canlı olduğu 20.Mayıs.1999 tarihli ham LISS-3 (25m çözümlemeli) uydu görüntüsü kullanılmıştır. Diğer bir deyişle; Mayıs döneminde tüm ağaçların yeşil ve en yüksek gürlükte olduğu göz önüne alınmıştır. Daha sonra, nicel bir değerlendirme için 'sürekli' ('continuous') yapıda olan BI değerleri gruplanarak derecelendirilmiştir. Bu şekilde yorumlanabilen havzadaki BI dağılımı Tablo 1. ve Şekil 2.'de verilmektedir.

Tablo 1. Kumludere Mikro-havzası'nda Mayıs ve Ekim Ayları Bitki İndisi Dağılımları

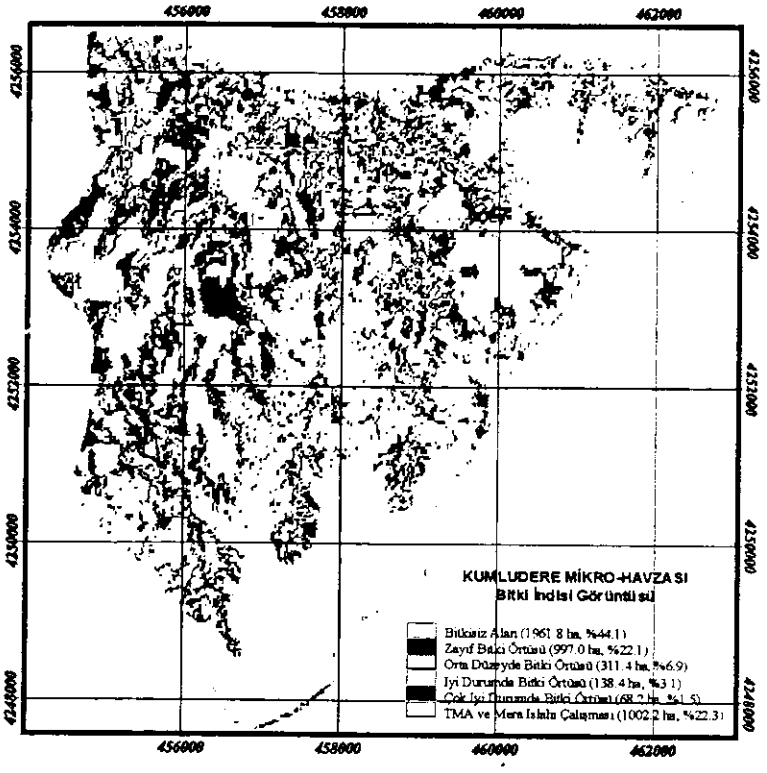
Sınıf No	Bitki Durumu	NFBI Aralığı	20.Mayıs.1999	
			Ha	%
0	Bitkisiz Alan (BA)	< = 0	1981.8	44.1
1	Zayıf Bitki Örtüsü (ZBÖ)	0.001 - 0.131	997.0	22.1
2	Orta Düzeyde Bitki Örtüsü (ODBÖ)	0.132 - 0.262	311.4	6.9
3	İyi Durumda Bitki Örtüsü (IDBÖ)	0.263 - 0.394	138.4	3.1
4	Çok İyi Durumda Bitki Örtüsü (ÇIDBÖ)	0.395 - 0.525	68.2	1.5
TMA ve Mera Islahı Çalışması			1002.2	22.3
GENEL TOPLAM			***4499.0***	***100.0***

Havzanın BI dağılımı, kayısı örtüsünün dağılımına göre maskelendikten sonra yaş analizine altlık olacak 'sürekli' yapıdaki görüntü hazır hale gelmiştir.

2.3 Bitki İndisi Değerlerinin Gruplandırılması

Arazi çalışmalarında yerel uzmanlarca, subjektif biçimde belirlenmiş olan 'yaşlı', 'yoğun', '6-8 yaşlarında', 'genç' ve '10 yaşından büyük' gibi nitel özelliklere dayanan test alanlarından yapılan geneleştirme çalışmalarından sonra kayısıların ancak 'yaşlı/yoğun', 'orta yaş/sık' ve 'genç/seyrek' olarak temel yaş gruplarına ayrılabileceğine karar verilmiştir. Bu şekilde düzenlenen test alanlarına ait Mayıs ayı 'ortalama bitki indisi (OBI)' değerleri hesaplanarak,

yaş gruplarına ait bir çeşit sınıf imzaları oluşturulmuştur. Kullanılan test alanlarına ait değerlendirmeler Tablo 2.'de verilmektedir.



Şekil 2. Kumludere'de Mayıs Ayı Bitki İndisi Dağılımı

Tablo 2.'de verilen ortalama BI değerlerine göre 'yaşlı/yoğun', 'orta yaş/sık' ve 'genç/seyrek' aralık değerleri belirlenmiştir. Son adımda, Mayıs ayı BI görüntüsü bu aralık değerlerine göre gruplandırılarak Şekil 3.'de verilen kayısıların yaş dağılımı haritası oluşturulmuştur. Havzada yaş analiziyle ortaya çıkan dağılım Tablo 3.'de verilmektedir.

Tablo 3.'de gösterildiği gibi, Kumludere Mikro-havzası'nda 3-7 yaş arasında bulunan 'genç/seyrek' ve 7-10 yaş arasında bulunan 'orta yaş ve sıklıkta'ki kayısı gruplarının, kayısı içinde alan olarak % 80 oranı ile 'yaşlı/yoğun' (>10 yaş) grubunun alanının hemen hemen dört misli üstündedir. Burada ulaşılan sonuç göstermektedir ki, *1990'ların başından beri yöre*

halkı kayısı dikimine yönlendirilmiş ve bunun sonucunda kayısı bahçeleri büyük oranda artmıştır.

Tablo 2. Kumludere Mikro-havzası'nda Yaş Analizi İçin Kullanılan Test Alanlarına ait Ortalama Bitki İndisi Değerleri

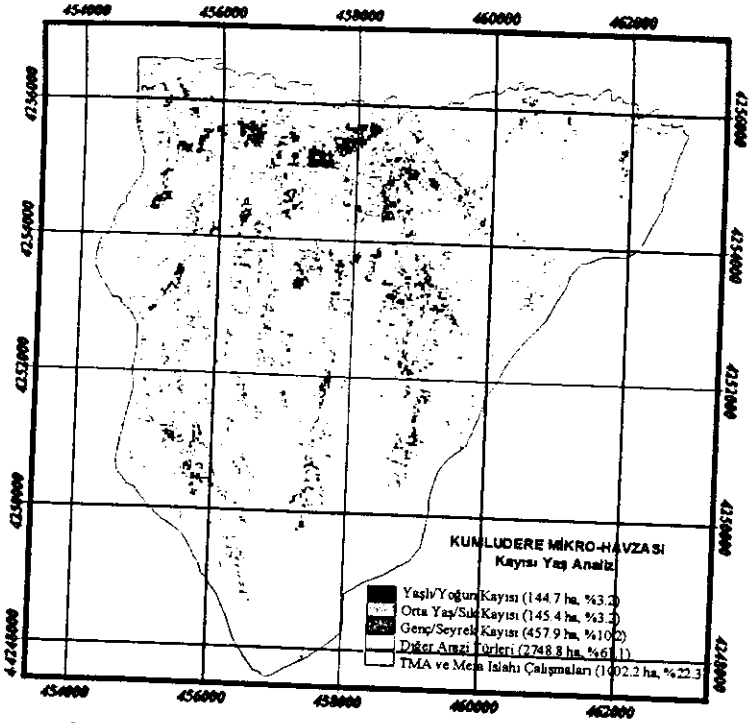
No	TEST ALANLARI ÖZNİTELİĞİ		20.Mayıs.1999 Ortalama BI
1	YAŞLI/YOĞUN	1	0.479
2		2	0.465
3		3	0.343
4		4	0.297
5		5	0.236
6	ORTA YAŞ /SIK	1	0.193
7		2	0.152
8		3	0.137
9		4	0.133
10	GENÇ /SEYREK	1	0.071
11		2	0.069
12		3	0.053

Tablo 3. Kumludere Mikro-havzası'nda Kayısı Yaş Analizi Sonuçları

SINIF	ÖZELLİKLER			ALAN		
	Yaş	Toprak Yüzeyini Örtme Oranı	Mayıs 1999 BI Aralığı	Ha	%	% (Kendi içinde)
Yaşlı/Yoğun	>10	%70-100	> 0.24	144.7	3.2	19.4
Orta-Yaş/Sık	7-10	%40-70	0.13 - 0.24	145.4	3.2	19.4
Genç/Seyrek	3-7	%10-40	< 0.13	457.9	10.2	61.2
Toplam Kayısı Alanı				***748.0***	***16.6***	***100.0***
Diğer Arazi Türleri				2748.8	61.1	
TMA ve Mera Islahı Çalışmaları				1002.2	22.3	
GENEL TOPLAM				***4499.0***	***100.0***	

3.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'de tarımla ilgili kurum ve kuruluşlarının, çiftçileri yönlendirmek ve belirli ürünleri yaygınlaştırmak anlamında yaptığı çalışmaları belli sürelerle kontrol edebilmesi ve gerektiğinde yeni önlemler alabilmesi için uydu görüntülerine dayalı düzenli bir izleme sisteminin oluşturulması gerekmektedir. Yaklaşık 4500 ha olan bir mikro-havzada kayısı tarımı için gerçekleştirilen bu çalışma, 10 sene periodunda yeni ekilen kayısı ağaçlarını ortaya çıkarmıştır [5]. Bu tür çalışmaların ülkemiz açısından stratejik olan diğer tarım ürünleri için il bazında ya da belirli tarım alanları altlık alınarak gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3. Kumludere'de Kayısı Yaşı Belirleme Analizi Sonuçları

4.KAYNAKLAR

1. 'Örnek Mikro-havzalarda Uzaktan Algılama ile Rehabilitasyon Takibi' DSRP-B Proje Sonuç Raporu, TUBİTAK-MAM, Gebze, Mart 2000.
2. 'Örnek Mikro-havzalarda Uzaktan Algılama ile Rehabilitasyon Takibi' DSRP-A Proje Sonuç Raporu, TUBİTAK-MAM, Gebze, Şubat 1999.
3. ERDAS IMAGINE, Erdas Field Guide, 4.Edition, 1997.
4. 'Applied Remote Sensing', C.P.Lo., Longman Scientific and Technical, 1986.
5. Kumludere Mikro Havzası Bilgi Dosyası, 1998, Orman Bakanlığı AGM Özel Yayını

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Marjinal Tarım Alanlarının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleriyle Belirlenmesi

[1] H. Yıldırım, [1]S. Elitaş, [1]M.E. Özel, [1]E.Alparslan, [1]M.Dağcı, [1]H.Özen, [1]A.S.Dönertaş, [2]İ.Küçükkaya

[1]TÜBİTAK-MAM, BTAE, Uzay Teknolojileri Grubu, P.K.21 41470, Gebze, Kocaeli
[2]T.C.Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Gen. Müd., Ankara.

ÖZET

Bu bildiride, Doğu Anadolu'da genelde tarım yapılan Kumludere mikro-havzası'nda, uygun olmayan arazi koşullarında verimsiz tarım yapılan alanlar olarak tanımlanan "marjinal tarım" alanlarının, uydu görüntüleri ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak belirlenmesi anlatılmaktadır. Çalışmanın ilk adımında, havzanın tarımsal açıdan güncel durumu; ayrı mevsimlere ait uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırması yapılarak ortaya çıkarılmıştır. Böylece, havzanın genel güncel görünümü elde edilmiştir. Daha sonraki adımda ise, havzanın "güncel arazi örtüsü sınıfları"nın, "ürünlerin potansiyel yetiştirmeye/ekime uygunluk sınıfları"na olan dağılımı bulunmuştur. Ürünlerin hiçbir şekilde potansiyel uygunluk sınıfına dahil olmayan alanları, "marjinal alanlar" olarak ele alınmıştır. Son adımda, marjinal alanların hangi tarımsal kriterlerden etkilenerek ortaya çıktığının belirlenebilmesi için, havzanın toprak ve topoğrafik özellikleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : *Mikro-havza; Tarım; Uzaktan Algılama; Marjinal Alan; Coğrafi Bilgi Sistemleri*

ABSTRACT

In this paper; by using satellite images and geographical information systems technologies, marginal agricultural fields are determined in Kumludere Micro-watershed in Eastern Anatolia, where unproductive cultivation is practiced in inconvenient terrain conditions. At the first step of this study; present agricultural status of the watershed is determined by supervised classification of the satellite images acquired in different seasons. Hence, current land cover classes in the watershed are obtained. Then, they are evaluated against the "potential suitability classes of crop types". The fields belonging to none of the suitability classes are determined as "marginal fields". As the last step; comparison analysis with the soil and topographic properties are carried out to determine which criteria marginal fields emerged from.

Key Words : Micro-watershed; Agriculture; Remote Sensing; Marginal Field; Geographical Information Systems.

1.GİRİŞ

Tarıma elverişli olmayan alan ve koşullarda yapılan verimsiz tarım etkinlikleri, '***marjinal tarım***' olarak adlandırılmaktadır. Çiftçilerin bilinçlendirilmesi ve ekonomik değeri yüksek tarım pratiklerine yönlendirilmesi amacıyla yapılacak bölgesel planlama çalışmalarında,

güncel marjinal-tarım eğilimlerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tür geniş tarım alanlarını kapsayan çalışmalarda, sadece arazi çalışmalarıyla yapılan gözlemlere dayanan klasik yöntemler yerine, uydu görüntülerine dayalı bir izleme ("monitoring") yöntemi, belirli bir bölgelerdeki tarım geleneklerinin anlaşılması açısından en etkili yöntemdir. Çalışma alanlarına ait arazi modellerinin, uydu görüntülerinden elde edilecek bilgi ve veriyle birlikte ele alınması ise coğrafi bilgi sistemleri kullanımının gereğini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmada önce, Kumludere Mikro-havzasındaki tarım alanları uydu görünütüleriyle yapılan analizlerle bulunmuş; sonra bu alanlar, tarım ürünlerine ait potansiyel yetişme/gelişme alanlarıyla coğrafi bilgi sistemleri ortamında karşılaştırılarak marjinal tarım yapılan alanlar belirlenmiştir. Son adımda, bu alanların ortaya çıkış sebebi olan toprak ve topografik özellikler üzerinde durulmuştur.

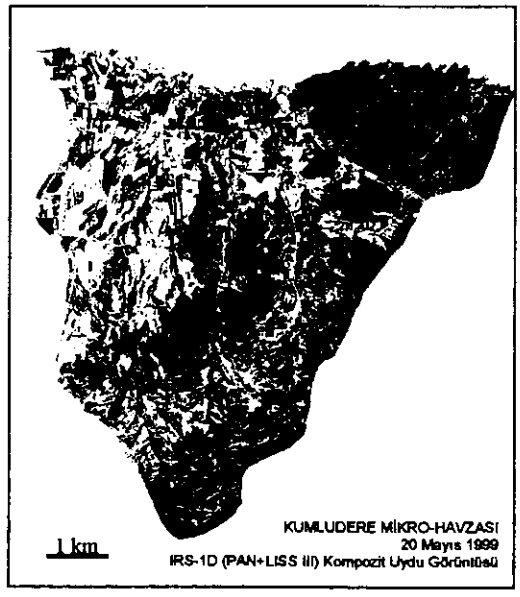
2.ÇALIŞMA ALANI

Kuzeyde Karakaya Barajı'na (Malatya) kıyısı bulunan Kumludere Mikro-havzası'nda (4499ha) iki köy bulunmakta ve bu köylerde yaklaşık 750 kişi yaşamaktadır. Yöre halkı geçimini, çok yaygm olan buğday, kayısı ve yaygın olmayan sebze tarımından sağlamaktadır.

3. HAVZADA MARJİNAL TARIM ALANLARININ BELİRLENMESİ

3.1 Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Diğer Veriler

Tarımsal amaçlı izleme ve değerlendirme çalışmaları için; söz konusu mikro-havzayı içeren uydu görüntüleri, mümkün olduğunca ilkbahar ve sonbahar tahıl ekim/hasat takvimine uygun tarihlerde seçilmeye çalışılmıştır. Bu görüntüler Tablo 1.'de verilmektedir. Ayrıca, Eylül ve Ekim 1999 boyunca çeşitli arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, havzayı karakterize eden arazi örtü türlerine ait test alanları kaydedilmiştir. Havzanın Temmuz 1998 görüntüsüyle ilgili yapılan çalışmalarda, Malatya Tarım İl Müdürlüğü (TM) ve Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Müdürlüğü (AEM) ile ilişkiye geçilmiştir. Kumludere-mikro Havzası'nda yetişen tarım ürünleri ve meraların 'potansiyel yetişme/gelişme alanları' ve bu alanların elde edilmesinde kullanılan 'arazi kullanım kabiliyet sınıfları (AKKS)' ve 'eğim' katmanları



Şekil 1. Kumludere Mikro-havzası, Malatya

havzada TÜBİTAK ve Orman Bakanlığı-AEM Daire Başkanlığı koordinasyonunda yapılan başka bir çalışmadan alınmıştır [2,4].

Mayıs, Ekim ve Temmuz ayı görüntülerinin geometrik düzeltilmesi yapıldıktan sonra pankromatik ve multi-spektral görüntülerden 'Ana Bileşen Dönüşümü'yle ('Principal Component Analysis', PCA), çalışmaya altlık olan renkli ve yüksek çözümlemeli kompozit görüntüler oluşturulmuştur. Örnek olarak; Mayıs ayı kompozit uydu görüntüsü Şekil 1.'de verilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri.

Görüntü No	Uydu	Görüntü Türü	Görüntü Tarihi	Yersel Çözümleme	Bant Sayısı
Görüntü 1A	Amerikan Landsat 5	TM	4.Temmuz.1998	30m	7
Görüntü 1B	Hindistan IRS-1C	PAN	16.Temmuz.1998	6m	1(s/b)
Görüntü 2A	Hindistan IRS-1D	LISS-3	20.Mayıs.1999	23m	4
Görüntü 2B	Hindistan IRS-1D	PAN	20.Mayıs.1999	6m	1(s/b)
Görüntü 3A	Hindistan IRS-1C	LISS-3	20.Ekim .1999	23m	4
Görüntü 3B	Hindistan IRS-1C	PAN	20.Ekim .1999	6m	1(s/b)

3.2 Havzanın Bitki Örtüsü Özelliklerinin Belirlenmesinde Zaman Faktörü

Kompozit uydu görüntülerinin incelenmesinin (IRS 1C/1D bantları kombinasyonu 4 3 2) ardından, havzayı genel olarak karakterize eden arazi örtüsü türlerinin; *kayısı, tarım alanları, sebze bahçeleri, meralar, ağaçlandırma alanları (meşe vb.), dere içi bitki örtüsü (kavak, ceviz, söğüt ve dut gibi), doğal meşe* ve *çıplak alanlar* olduğu belirlenmiştir. Aşağıda tarımsal önem taşıyan bu sınıflar hakkında uydu görüntülerinden elde edilen bilgiler verilmektedir:

1. Kayısı : Ekim görüntüsünde az otlu ve çıplak alanlardan kolaylıkla ayırt edilen çok yoğun yeşil dokusu olan kayısı bahçelerine ***'kayısı 1'*** sınıfı denilmiştir. Ekim ayındaki kadar örtücü

bir yüzey yaratmayan yeni tesis kayısı bahçelerini temsil eden sınıf ise ***'kayısı 2'*** sınıfıdır. Bu sınıf, fidansı kayısı ağaçlarının bulunduğu arazilere özgü Mayıs ayındaki otsu bir yapıdan belirlenebilmiştir. Bu iki sınıfın birleşimi toplam 'kayısı' alanlarını temsil etmiştir.

2. Tarım : Havzada genelde buğday ekimi yapılmaktadır. ***'Buğday'***, Mayıs ayında yeşil ve 40-50cm boylanmış, Ekim ayında ise hasat edildiğinden dolayı ***'anız'*** durumundadır. Fakat tarım alanları, atıl bırakılmış ***'otlu'*** ve nadasa bırakmak ya da buğday/sebze ekimi yapmak için ***'sürülü'*** diğer alanlardan da oluşmaktadır. Tüm 'buğday/anız', 'sürülü' ve 'otlu' alanları ***'tahıl alanları'*** olarak ele alınmıştır. Mayıs ayında sürülen ***'sebze'*** bahçeleri ise Mayıs ayında sürülü alanlar olup Ekimde hasat edilmiş durumdadır. Bu nedenle; sebze bahçelerinin henüz hasat edilmemiş olduğu Temmuz 1998 ayı görüntüsü esas alınmıştır. Bu yılda çok yaygın olarak yapılan karpuz ekimi havzada yapılan sebze tarımını örneklemek üzere analizlerde kullanılmıştır.

3. Mera : Çıplak veya zayıf bitki örtülü mera ve otlak niteliğindeki alanlardır. ***'Mera'***lar, Ekim ayında çıplak bir yapıda olduklarından, Mayıs ayı görüntüsünden elde edilen mera alanları analizlerin temelini oluşturmuştur.

Havzadaki 'çıplak alanlar', ağaçlandırma alanları ve dereiçi bitki örtüsü alanları içeren 'ağaçlı alanlar' ve 'baraj kıyısı' gibi sınıflar 'diğer arazi türleri' adı altında birleştirilmiştir. Ayrıca Malatya ili AEM tarafından yapılan 'Toprak Muhafaza Ağaçlandırması (TMA) ve mera ıslahı çalışması' sınıfı havza görüntüsünden maskelenmiştir.

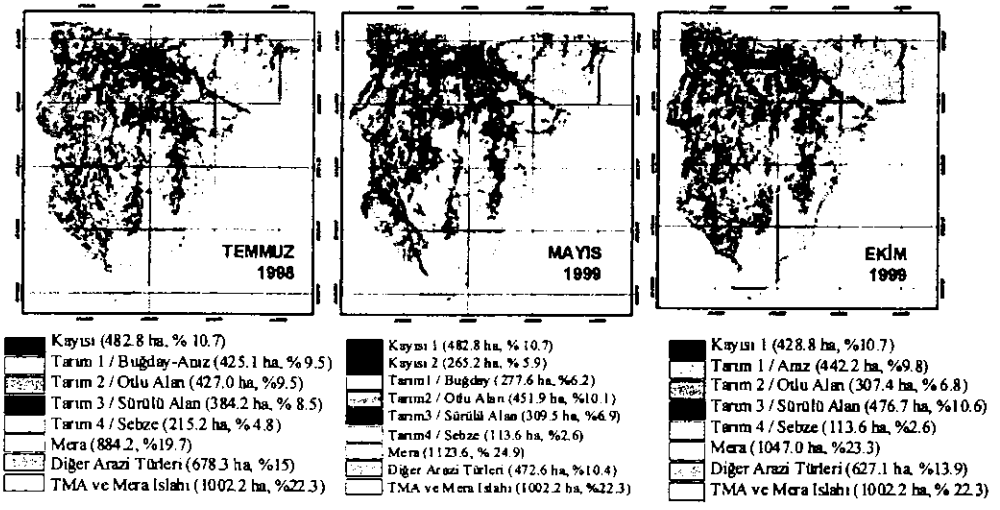
3.3 Havzada Güncel Durum Analizi

Sınıflandırma çalışmalarında, 'kayısı 1', dere içi bitki örtüsü ve doğal meşe sınıflarının, Mayıstan Ekime değişmeyen sınıflar olduğu kabul edilmiştir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak, Ekim 1999 görüntüsünden kolayca elde edilen bu sınıfların, Mayıs 1999 görüntülerinden 'maskelenmesine', yani bu görüntüde yokmuş gibi 'sınıflandırma dışı' bırakılmasına karar verilmiştir. Böylece, özellikle Mayıs 1999 görüntüsünde spektral yansıması birbirine çok yakın olan 'yeşil-buğday' ile 'yaşlı-kayısı' sınıflarının karışması önlenmiş ve dere içi bitki örtüsü'yle doğal meşe sınıflarının elde edilmesinde de kolaylık sağlanmıştır. Ekim ayında hasat edilmiş olan 'sebze' alanlarının, Mayıs ayında sürülü diğer nadas alanlarına dahil olacağından bu sınıfın da Ekim görüntüsünden elde edilmesine karar verilmiştir. Birçok alt sınıftan oluşan imza dosyalarının elde edilmesinin ardından; "En Çok Benzerlik" ("Maximum Likelihood") yöntemiyle eğitimli sınıflandırma analizi yapılmıştır. Sınıflandırma analizi sonucunda belirlenen alt sınıflar, Tablo 2.ve Şekil 2.'de verilen ana sınıfları ortaya çıkaracak

biçimde birleştirilmiştir. Böylece, Kumludere Mikro-havzası'nın tarımsal özelliklerini ortaya çıkaran güncel arazi örtüsü sınıfları belirlenmiştir. Sonuçlar, yörede çalışmalarını sürdüren Malatya TM ve AEM'nün kontrolünden geçmiştir.

Tablo 2. Kumludere Mikro-havzası'nda Tarımsal Değeri Bulunan Sınıfların Dağılımı

SINIF NO	SINIF Sınıfların Üretildiği Uydu Görüntüsü (E:Ekim, M: Mayıs, T: Temmuz)	ALAN					
		Ekim 1999		Mayıs 1999		Temmuz 1998	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
1	Kayısı 1 (E)	482.8	10.7	482.8	10.7	482.8	10.7
2	Kayısı 2 (M)	-	-	265.2	5.9	-	-
Toplam Kayısı Alanı		***482.8***	***10.7***	***748.0***	***16.6***	***482.8***	***10.7***
3	Tarım1 / [Buğday (M,T) / Arız (E,T)]	442.2	9.8	277.6	6.2	425.1	9.5
4	Tarım2 / Otlu Alan (E,M,T)	307.4	6.8	451.9	10.1	427.0	9.5
5	Tarım3 / Sürülü Alan (E,M,T)	476.7	10.6	309.5	6.9	384.2	8.5
Toplam Tahıl Alanları		***1226.3***	***27.2***	***1039.0***	***23.2***	***1236.3***	***27.5***
6	Tarım4 / Sebze (E,T)	113.6	2.6	113.6	2.6	215.2	4.8
7	Mera (E,M,T)	1047.0	23.3	1123.6	24.9	884.2	19.7
8	Diğer Arazi Türleri	627.1	13.9	472.6	10.4	678.3	15.0
9	TMA ve Mera Islahı Çalışması	1002.2	22.3	1002.2	22.3	1002.2	22.3
GENEL TOPLAM		***4499.0***	***100.0***	***4499.0***	***100.0***	***4499.0***	***100.0***



Şekil 2. Kumludere Mikrohavzası Sınıflandırılmış Uydu Görüntüleri

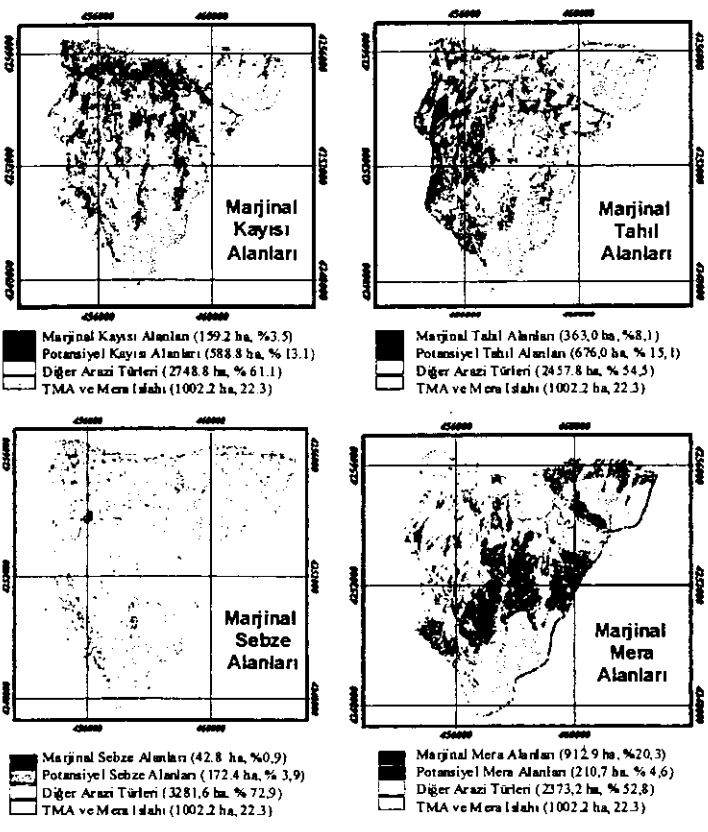
3.4 Marjinal Tarım Etkinliklerinin Ortaya Çıkarılması

Tablo 2.'de verilen sınıfları içeren görüntülerden, güncel 'kayısı yetiştirme alanları', 'tahıl ekim alanları' , 'sebze ekim alanları' ve 'mera alanları'nı içeren maskelenmiş yeni görüntüler elde edilmiştir. Daha sonra bu görüntüler, havza için üretilmiş olan tarıma uygunluk

dereceleri içeren "potansiyel yetişme/gelişme alanları" ile CBS ortamında karşılaştırılmıştır (Tablo 3.) (Potansiyel alanların oluşmasında kullanılan faktörler AKKS, toprak derinliği, eğimi ve yükseklikltir) [3,4,5].

Tablo 3. Kumludere Mikro-havzası'nda Güncel Marjinal Alanlar

Ürün \ Alan	Marjinal Alanlar		Potansiyel Alanlar		Toplam Alan	
	Ha	*Yüzde*	Ha	*Yüzde*	Ha	*Yüzde*
Kayısı	159.2	*21.3*	588.8	*78.7*	748.0	*100.0*
Tahıl	363.0	*34.9*	676.0	*65.1*	1039.0	*100.0*
Sebze	42.8	*19.9*	172.4	*80.1*	215.2	*100.0*
Mera	912.9	*81.2*	210.7	*18.8*	1123.6	*100.0*



Şekil 3. Kumludere Mikro-havzası Marjinal Tarım ve Mera Alanları

'Overlay' analizler sonucunda; potansiyel uygun alanlar dışında kalan 'marjinal kayısı', 'marjinal tahıl', 'marjinal sebze' ve 'marjinal mera' alanları olarak maskelenmiştir. Tablo 3.'den anlaşılacağı gibi Kumludere Mikro-havzası'nda yapılan kayısı tarımının yaklaşık

%20'si marjinal olarak görünmektedir. 1998 sonbaharında ekilen Mayıs 1999'da yeşil bir doku veren buğday tarlalarıyla birlikte anız ve atıl olarak bekletilen tarlalardan oluşan 'tahıl alanları'nın %35 gibi büyükçe bir bölümü tarım için elverişli değildir. 1998 yılında havzanın %5'inden daha az bir alanda yapılan sebze tarımının ise %40'dan fazlası verimli olmayan alanlar üzerinde bulunmaktadır. Genelde kendi kendine bir gelişim içinde ve yer yer tarım alanlarının içinde bulunan mera alanlarının %80'ni marjinal olarak ortaya çıkmaktadır.

3.5 Marjinal Tarım Alanlarının Toprak ve Topografik Özelliklerinin Analizi

Son adımda, marjinal alanların hangi tarımsal kriterlerinde etkilenerek ortaya çıktığının belirlenebilmesi için, havzanın 'AKKS' ve 'eğim' gruplarıyla CBS ortamında karşılaştırmalara gidilmiştir. Bu karşılaştırmalarda, toprak derinliği ve yükseklik kriterlerinin marjinal alanların ortaya çıkışında belirleyici olmadığı anlaşılmış dolayısıyla bu kriterler analizlere dahil edilmemiştir. Tüm marjinal tarım alanları için AKKS kriteri 6 ve 7'dir. Marjinal alan eğim kriteri ise; kayısı için %30'dan, sebze için %20'den ve tahıl için %12'den büyük eğim grubu alanlarından oluşmaktadır. Ürün türlerine göre elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir :

1. Marjinal Kayısı Alanları (159.2 ha): Bu alanların % 95'inin (151.6 ha) AKKS değeri 6 ve 7'ken, sadece % 3'ü (3.9 ha) '%30'dan büyük' eğim grubu içinde kalmaktadır. Bu durum, *marjinal kayısı tarımının, düşük kaliteli toprağa yapılan ekimden kaynaklandığını* göstermektedir.

2. Marjinal Tahıl Alanları (363.0 ha): Bu alanların % 69'unun (250.5 ha) AKKS değeri 6 ve 7'ken, %60'ı (216.4ha) '%12'den büyük' eğim grubu içinde kalmaktadır. Bu durum, *marjinal tahıl alanlarının hem düşük kaliteli hem de eğimli alanlara yayıldığını* göstermektedir.

3. Marjinal Sebze Alanları (42.8 ha) : Bu alanların % 95'inin (40.5 ha) AKKS değeri 6 ve 7'ken, %18'i (7.7 ha) '%30'dan büyük' eğim grubu içinde kalmaktadır. Bu durum, *marjinal sebze tarımının, düşük kaliteli toprağa yapılan ekimden kaynaklandığını* göstermektedir.

Mera alanlarında ise durum biraz farklıdır. Marjinal mera kriterlerinden AKKS değeri, 1-4 arasında değişiyorken eğim değeri '%60'dan büyük'dür. Havzada %60'dan büyük eğimli alan bulunmadığı için bu kriter de diğer kriterlerle (toprak derinliği ve yükseklik) birlikte analizlerde dikkate alınmamıştır. Marjinal mera alanlarının (912.9 ha) %74'ünün (679.1 ha) AKKS değeri 1-4 arasında değişmektedir. Bu durum, kaliteli topraklar üzerindeki zayıf bitki örtülü olan doğal mera alanlarının, aslında tarım alanı niteliği taşıdığını göstermektedir.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, bir mikro-havzanın güncel durumu uydu görüntüleriyle belirlenerek, havzada yetişen tarım ürünlerinin 'potansiyel yetişme/ekim modeli'ne göre marjinal tarım alanları CBS yöntemleriyle ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca; marjinal alanların ortaya çıkış sebeplerinin belirlenebilmesi için bu alanların AKKS ve eğim grubu özelliklerine göre dağılımları bulunmuştur. Burada marjinal alanlar için toprak ve topografik kriterler dikkate alınmıştır. Tahıl alanlarında nadaslama sisteminin uygulanıp uygulamadığı ise ayrı bir marjinallik kriteri olarak ele alınabilir. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak objektif yaklaşımlarla elde edilen bu sonuçlarda, havzanın sulama altyapısı ya da havzanın sosyal yapısı gibi diğer bazı kriterlerin havza planlama aşamasında; kullanılan modele dışardan katılarak çalışmamızın geliştirilmesi mümkündür. Fakat, bu tür çalışmalarda farklı görevler üstlenen kurum ve kuruluşların ortak bir yapı altında bilgi alışverişinde bulunabilmesi ve kendilerini sürekli yenilemeleri gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Kumludere Mikro Havzası Bilgi Dosyası, 1998, Orman Bakanlığı AGM Özel Yayını
2. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları, 'Malatya İli Arazi Varlığı', İl Rapor No 44, Genel Yayın No 759, Ankara 1984.
3. 'Örnek Mikro-havzalarda Uzaktan Algılama ile Rehabilitasyon Takibi' DSRP-B Proje Sonuç Raporu, TUBİTAK-MAM, Gebze, Mart 2000.
4. 'Örnek Mikro-havzalarda Uzaktan Algılama ile Rehabilitasyon Takibi' DSRP-A Proje Sonuç Raporu, TUBİTAK-MAM, Gebze, Şubat 1999.
5. Yıldırım, ve diğerleri, "Bir Mikro-havza'nın Tarım Ürünlerinin Yetişme/Gelişme Potansiyelinin UA ve CBS ile Belirlenmesi", Türkiye Su Kongresi, İstanbul, 2001.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Bir Mikro-havza'nın Tarım Ürünlerinin Yetişme/Gelişme Potansiyelinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi

[1] H. Yıldırım, [1]S. Elitaş, [1]M.E. Özel, [1]E.Alparslan, [1]M.Dağcı,
[1]Y.G.Gürbüz, [1]H.Özen, [2]İ.Küçükkaya,

[1]TÜBİTAK-MAM, BTAE, Uzay Teknolojileri Grubu, P.K.21 41470, Gebze, Kocaeli
[2]T.C.Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Gen. Müd., Ankara

ÖZET

Bu çalışmada; Doğu Anadolu'da bulunan Kumludere Mikro-havzası'nın (4499ha) güncel tarımsal çeşitliliği göz önüne alınarak, havzada 'kayısı ve diğer meyve', 'sebze' ve 'tahıl' ürünlerine ait potansiyel tarım alanları, coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri kullanılarak ortaya çıkarılmıştır. Havza gelişimi açısından önemi bulunan 'mera' ve 'ağaçlandırma' alanları da analizlere dahil edilmiştir. Potansiyel yetişme/gelişme alanlarının belirlenmesinde toprak özellikleri ('arazi kullanım kabiliyet sınıfı', 'toprak derinliği') ve topografik ('yükseklik' ve 'eğim') kriterler temel alınmıştır. Uydu görüntüleri ise güncel tarımsal eğilimlerin belirlenmesinde ve kriterlerin değerlendirilmesinde yol gösterici olmuştur. Bu şekilde ortaya çıkan model havzaya uygulanarak, sözü geçen tarım ürünleri, mera ve ağaçlandırma alanlarının havzada yetişme/gelişme potansiyelinin alansal dağılımı bulunmuştur. Yapılan analizlerde, havzada ekonomik değeri olan kayısı tarımına öncelik verilmesi gerektiği, tahıl ve sebze ekiminin de geliştirilmeye açık olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Mera gelişimi ve ağaçlandırma çalışmalarının ise belirlenen potansiyel tarım alanları dışında tutulması gerektiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler : *Mikro-havza; Tarım; Coğrafi Bilgi Sistemleri; Uzaktan Algılama; Topoğrafya; Toprak Özellikleri.*

ABSTRACT

In this study, potential 'apricot and other fruits', 'vegetable' and 'wheat' areas of Kumludere Micro-catchment in Eastern Anatolia are obtained by geographical information systems, considering the present agricultural diversity of the catchment. 'Meadows' and 'reforestation' areas which have importance for the development of the catchment are also included in the analysis based upon topographic criteria (slope and elevation) and soil properties (soil-use capability class and soil depth). Satellite images guided us in determining the present agricultural practices and assessing the criteria. Applying this model, areal distribution of potential apricot, vegetable, crop, meadow and reforestation is found. As a conclusion, priority should be given to apricot agriculture which has an economical value in the region and sowing wheat and vegetable should be encouraged. It is also understood that meadow reservation and reforestation activities should take place outside newly emerging (potential) agricultural fields.

Key Words : *Micro-catchment; Agriculture; Geographical Information Systems; Remote Sensing; Topography; Soil Properties.*

1.GİRİŞ

Tarımsal gelişimin uzun vadede planlanması ve istenmeyen güncel uygulamaların boyutlarının ortaya çıkarılması için, tarım alanlarında sağlıklı ve ağırlıklı şekilde tarımı

yapılan ürünlerin yanı sıra alternatif diğer türlerin yetiştirme/ekim koşullarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri hem makro hem de mikro düzeyde bu tür analizlerin yapılması için en uygun teknolojidir. Uzaktan algılama ise, tarım alanlarının durumunun ortaya çıkarılarak CBS'ye güncel veri sağlaması açısından önemlidir.

Bu bildiride, Kumludere Mikro-havza'sında, ekonomik değeri bulunan tarım ürünleri ve havza gelişimi açısından önemi bulunan mera ve ağaçlandırma alanlarına ait yetişme kriterleri temel alınarak, bu arazi türlerine ait potansiyel alanlar belirlenmiştir.

2.ÇALIŞMA ALANI

Kuzeyde Karakaya Barajına ait uzunca kıyısı bulunan havza, 4499 ha olup üçgenimsi bir yapıdadır. Kuzeyden güneye doğru 700 m'den 1250 m'ye düzenli bir yükseliş içinde bulunan havzada yerleşim yeri olarak iki köy bulunmakta ve yaklaşık 750 kişi yaşamaktadır. Yörede yıllık toplam yağış 393mm, maksimum sıcaklık 34° ve minimum sıcaklık -25°'dir. Havzanın 1002 ha'lık bir bölümünde "toprak muhafaza ağaçlandırması (TMA)" ve "mera ıslahı" çalışmaları sürdürülmektedir [1]. Çok yaygın olan tarım alanları, genel olarak kayısı bahçeleri ve buğday ekimi yapılan geniş tarlalardan oluşmaktadır. Geriye kalan alanlar, genel olarak, boş tarım alanları ve denetimsiz gelişen meralardan oluşmaktadır.

3. HAVZA ÜRÜNLERİNİN YETİŞME POTANSİYELİNİN BELİRLENMSİ

3.1 Kullanılan Veriler

Havzada belirli ürünlere ait yetişme potansiyeli bulunan alanların ortaya çıkarılmasında; topografik paftalar ve toprak haritaları temel alınmıştır. Uydu görüntüleri ise havzada mevcut coğrafi ve tarımsal yapının anlaşılması için gerekli altlığı oluşturmuştur. Aşağıda bu verilerden kısaca bahsedilmektedir.

a. Toprak haritaları : TOPRAK-SU Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan Malatya Arazi İl Varlığı'yla birlikte yayınlanan 1:100.000 ölçekli toprak haritaları [2] sayısallaştırılmıştır. Çok çeşitli toprak özelliklerini içeren lejanttan "arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKKS)" ve "toprak derinliği" bilgilerini içeren iki veri katmanı üretilmiştir.

b. Topografik paftalar : HGK tarafından üretilen standart 1:25 000 ölçekli haritalar sayısallaştırılarak "yükseklik", "eğim" ve "bakı" katmanları oluşturulmuştur.

c. Uydu görüntüleri : Tahıl ekim/hasat takvimine uygun olan 20.Mayıs.1999 ve 20.Ekim.1999 tarihli IRS-1C Pan (6x6m) ve LISS-3 (23x23m) verilerinden oluşan 4 görüntülük bir set

kullanılmıştır. Pankromatik ve multi-spektral görüntüler IHS dönüşümünden geçirilerek Mayıs ve Ekim ayına ait iki ayrı kompozit görüntü oluşturulmuştur. Bu görüntüler yaklaşık 1:25 000 ölçekli bir haritanın detayını içermektedir.

d. Havza bilgi dosyası : Malatya Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolu Müdürlüğü tarafından hazırlanan bu dosya ve ekinde verilen havza haritası, yöre hakkında çeşitli fiziksel, sosyal ve tarımsal düzeyde teknik bilgiyi içermektedir [1].

3.2 Kriterlerinin Belirlenmesi

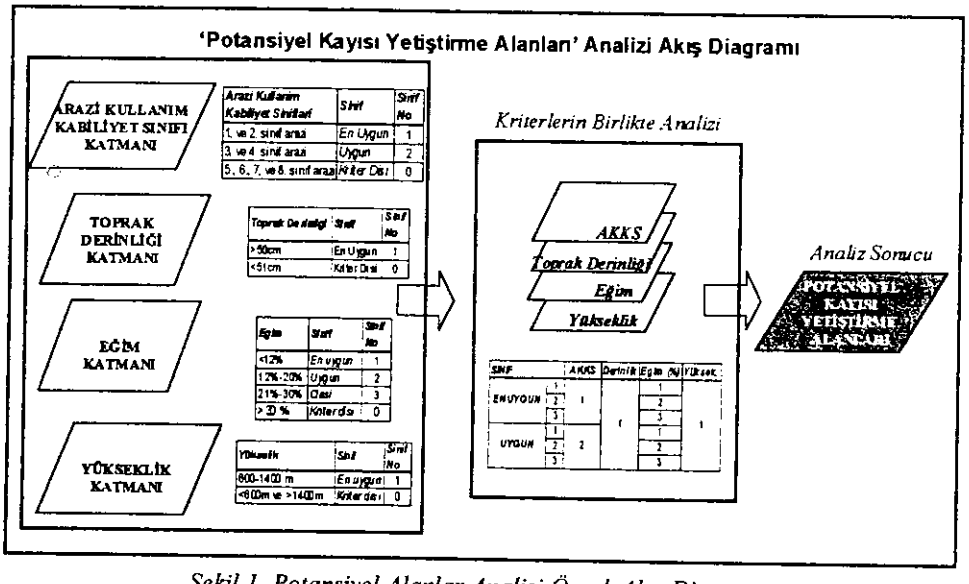
Güncel uydu görüntüleri ve arazi çalışmalarında, havzada ağırlıklı olarak 'kayısı', 'buğday' ve az miktarda 'sebze' tarımı yapıldığı görülmüştür. Ayrıca havzada, kontrol altında geliştirilen 'mera' ve 'ağaçlandırma' alanlarının, tarımı geliştirme ve marjinal tarımı önleme yönünde olumlu bir etki yarattığı bilinmektedir. Böylece, ilk adımda, bu arazi türleri hakkında potansiyel durumun belirlenmesine karar verilmiştir.

Daha sonra, 'AKKS', 'toprak derinliği' özellikleri ve 'eğim', 'yükseklik' ve 'bakı' kriterlerini içeren '*potansiyel yetişme/ekim alanları*' modeli teorik olarak oluşturulmuştur. Sözü geçen ürünlerin ve bitki örtüsü türlerinin potansiyel dağılımı, güncel uydu görüntüleri üzerinde verimli olarak bilinen yetişme/ekim alanlarıyla karşılaştırılmış ve bu incelemeler sonucunda; kullanılan modelde bazı kriterlerin tekrar ele alınması gerektiği anlaşılmıştır. Bu çalışmaların ardından, Kumludere Mikro-havzası'na ait yeni bir 'bitki örtüsü ve ürün türleri yetişme/ekim kriterleri' tablosu elde edilmiştir. Bu tablo Tablo 1.'de ve örnek olarak, 'kayısı ve diğer meyve' modeline ait uygulamanın akış diagramı Şekil 1.'de verilmektedir. Yeni modelin üretilmesinde; havzanın göz önüne alınan özellikleri şunlar olmuştur [3]:

a) Havzanın 550m gibi dar bir yükselti kuşağı içinde bulunması ve küçük bir alan kaplamasından dolayı, kaplanan alanın ortak meteorolojik şartlar (bitki yetiştirme dönemi, yıllık ortalama yağış ve sıcaklık) içinde olduğu kabul edilmiştir.
b) Uydu görüntüleri incelendiğinde, havzada ani yükseklik farklarından oluşan gölge etkisi (topografik ya da rölyef etkisi) gözlenmemiştir. Böylece, sadece potansiyel meyve ve sebze alanlarının seçimi için önerilen 'bakı' kriteri (güneydoğu) dikkate alınmamıştır.

Tablo 1. Kumludere Mikro-havzası'nda Ürün Türleri Yetişme/Ekim Kriterleri

TÜRLER / ÖZELLİKLER	Kayısı ve Diğer Meyveler	Sebze	Tahıl	Ağaçlandırma	Mera
Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı	1-2 : En uygun 3-4 : Uygun	1-2 : En uygun 3-4 : Uygun	1-2 : En uygun 3-4 : Uygun	5-6-7	6-7
Toprak Derinliği (cm)	>50 cm	>50cm :En uygun 20-50 cm:Uygun	>20 cm	>50 cm	<20 cm
Eğim (%)	<%12 : En uygun %12-20 : Uygun % 21-30: Olası	<%6 : En uygun % 6-12 : Uygun % 13-20 : Olası	< %8 : En uygun %8-12 : Uygun	%30-60	< %60
Yükseklik (m)	600-1400 m	600-1400 m	600-1700 m	<1700 m	>600 m
Bakı	*Her yön uygun. Güney-Doğu Tercih edilir.*	*Her yön uygun.Güney-doğu Tercih edilir.*	*Her yön uygun.*	*Her yön uygun.*	*Her yön uygun.*



Şekil 1. Potansiyel Alanlar Analizi Örnek Akış Diagramı

c) Kumludere'de, yaklaşık 600m rakımı bulunan Karakaya Baraj Gölü kıyısı boyunca, yaygın olduğu gözlenen çok verimli kayısı bahçeleri bulunmaktadır. Bu durumun, göl kıyısından kaynaklanan ve havza geneline yayılan nispi nem oranı ile ilgili olduğu anlaşılmıştır. Böylece, meyve, tahıl ve sebze tarımı için 750m olarak bilinen kuramsal yükseklik sınırının 600m'ye çekilmesine karar verilmiştir. Böylece kayısı (diğer meyveler) ve sebze için 600-1400 m, tahıl için 600-1700 m olarak ortaya çıkan yükseklik kuşağı; baraj kıyısı boyunca halihazırda yapılan ve çok verim alınan kayısı bahçeleri ve tahıl ekilen tarlaları da kapsamıştır.

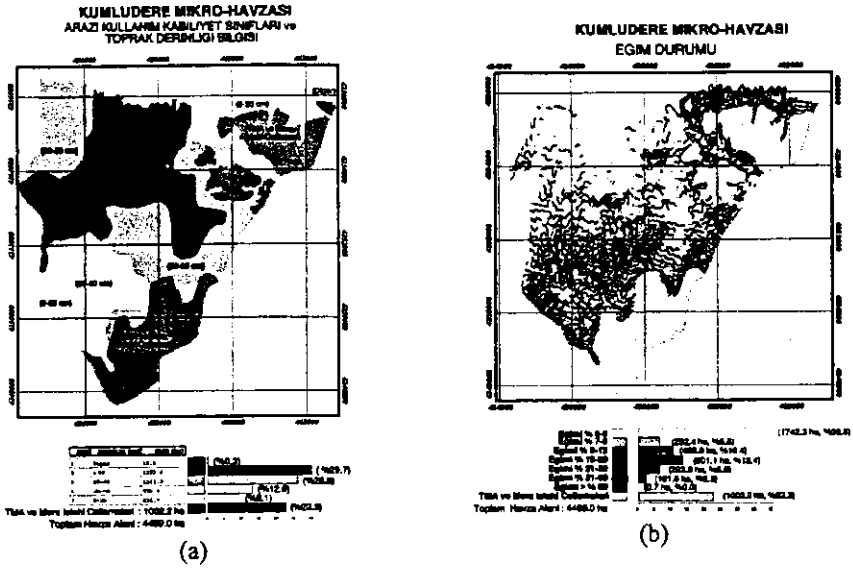
d) Toprak derinliği kriterlerinde TOPRAKSU'nun hazırladığı standart toprak haritaları kullanılmıştır. Bu haritalarda; 'büyük toprak grubu' (BTG) özelliği, 'toprak derinliği' ve 'eğim' alt-özelliklerinin bir kombinasyonudur. Bu nedenle önceklikle BTG özelliği sorgulanarak, toprak derinliği bilgisine ulaşılabilmiştir. Ayrıca, potansiyel yetişme/ekim modelinde derinlik için verilen alt ve üst sınırlar, kullanılan bu standart toprak haritalarına bağlı olarak düzenlenmiştir [2].

e) Potansiyel alanların belirlenmesinde sırasıyla, AKKS, toprak derinliği, eğim ve yükseklik kriterleri esas alınmıştır. Bu durum, potansiyel alanların, 'en uygun', 'uygun' ve 'olası' sınıfları ve bunların alt-sınıflarından oluşan derecelendirmenin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. (Tablo 1., Şekil 1.)

Tablo 1. incelendiğinde eğim üst sınırının, kayısı için %30, tahıl için %12 ve sebze için de %20 olduğu görülmektedir. Yükseklik ve AKKS açısından bu üç tür için benzer kriter aralıkları tanımlanmıştır. Toprak derinliği kriterlerinde, meyve ağaçları için sadece derin toprak (>%50), sebze ve tahıl için orta ve derin (20-50cm, >50cm) topraklar tanımlanmıştır. Bu durumda, tarım ürünlerinin birbiri arasındaki en belirleyici özelliğin eğim olduğu görülmektedir. Mera ve ağaçlandırma için çok eğimli (%0-60) ve düşük arazi kullanım kabiliyeti sınıflı (5-7) tarım dışı alanların kullanılması amaçlanmıştır.

3.3 Potansiyel Yetişme / Ekim Alanlarının Bulunması

Tablo 1.'de verilen kriterlerin her biri kayısı, tahıl, sebze, ağaçlandırma ve mera için oluşturulan modellerde ayrı ayrı tanımlanmış ve ardından bir seri 'overlay' analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerle ortaya çıkarılan sonuç katmanlar, kriterlerin her bir kombinasyonuna karşılık gelen sınıflardan ('en uygun', 'uygun', vb.) oluşturulmuştur. Modelin uygulanmasında kullanılan AKKS, toprak derinliği ve eğim veri katmanlarının genel yapısı ise Şekil 2.'de verilmektedir. Havza ürün türleri ve bitki örtüsüne ait '*potansiyel yetişme/ekim alanları*'nın toplu değerlendirmesi Şekil 3.'de ve Tablo 2.'de verilmektdir.



(a) (b)

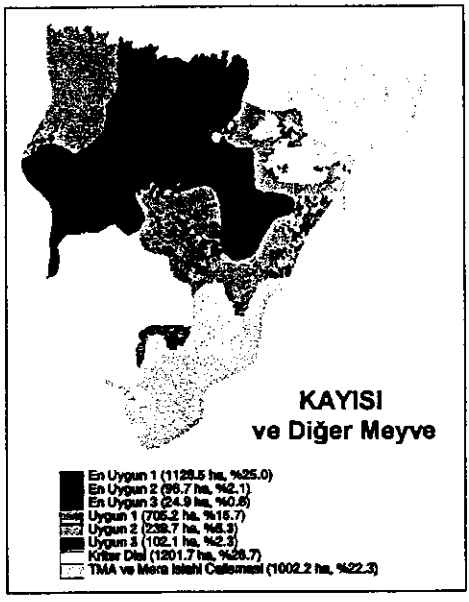
Şekil 2. Kumludere Mikro-havzası'nın Toprak Özellikleri (a) ve Topografik Yapısı (b)

Tablo 2. Kumludere Mikro-havzası Ürün Türleri ve Bitki Örtüsünün Potansiyel Yetişme / Ekim Alanları

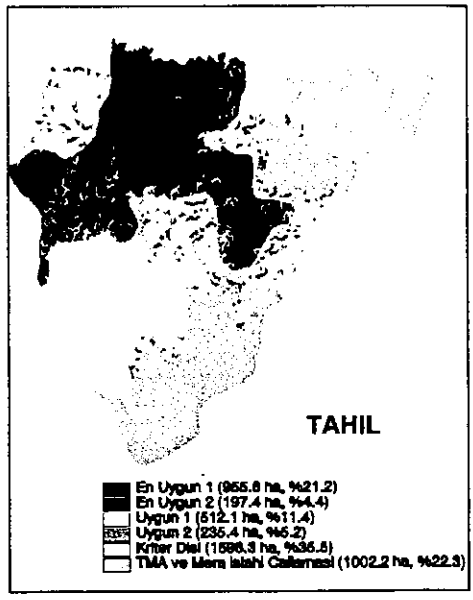
Ürün Türü	Toplam Potansiyel Alanlar	Alan (Ha)	Yüzde (%)	Toplam
KAYISI	'En Uygun' ve 'Uygun'	2296	51	4499 ha (%100)
	Kriter Dışı	*1201*	*27*	
	TMA ve Mera Isl.	*1002*	*22*	
SEBZE	'En Uygun' ve 'Uygun'	2165	48	4499 ha (%100)
	Kriter Dışı	*1332*	*30*	
	TMA ve Mera Isl.	*1002*	*22*	
TAHIL	'En Uygun' ve 'Uygun'	1901	43	4499 ha (%100)
	Kriter Dışı	*1596*	*35*	
	TMA ve Mera Isl.	*1002*	*22*	
AĞAÇLAN-DIRMA	En Uygun	0	0	4499 ha (%100)
	Kriter Dışı	*3497*	*78*	
	TMA ve Mera Isl.	*1002*	*22*	
MERA	En Uygun	472	10	4499 ha (%100)
	Kriter Dışı	*1025*	*68*	
	TMA ve Mera Isl.	*1002*	*22*	

Tablo2.'de görüldüğü gibi; havzada toplam potansiyel kayısı (ve diğer meyve) alanı 2296 ha (%51) kadardır. Yine aynı şekilde, toplam potansiyel sebze ekim alanları 2165 ha (%48) ve tahıl alanları 1901 ha'dır (%65). Potansiyel mera alanları 472ha (%10) olarak, kayda değer bir dağılım göstermemiş ve ağaçlandırmaya ayrılması gereken hiç bir alan ortaya çıkmamıştır.

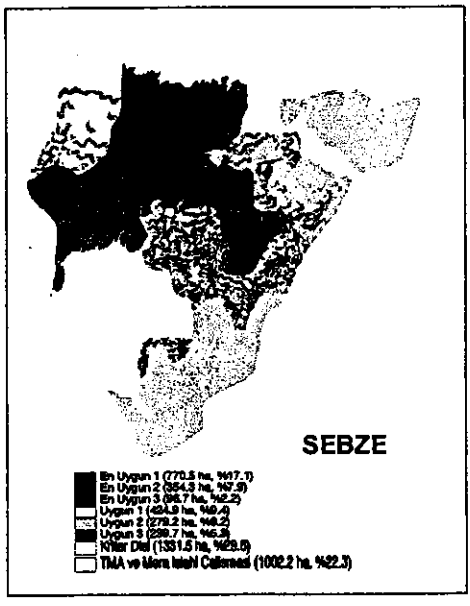
Sonuçlar, havzanın meyve, sebze ve tahıl tarımına çok uygun olduğunu, mera ve ağaçlandırma çalışmalarının söz konusu bölge dışında tutulması gerektiğini göstermektedir.



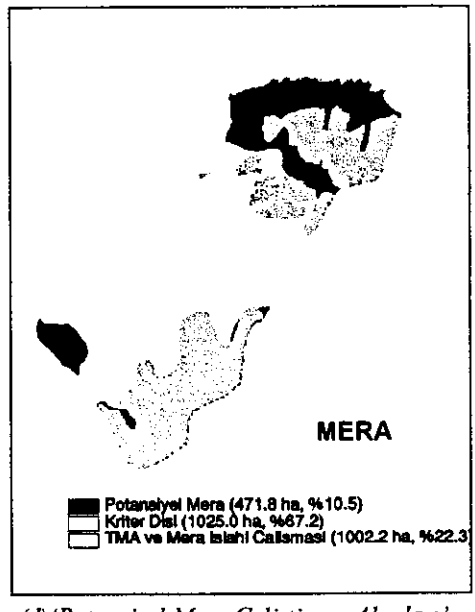
(a) 'Potansiyel Kayısı ve Diğer Meyve Yetiştirme Alanları'



(b) 'Potansiyel Tahıl Ekim Alanları'



(c) 'Potansiyel Sebze Ekim Alanları'



(d) 'Potansiyel Mera Geliştirme Alanları'

Şekil 3. Kumludere Mikro-havzası Potansiyel Yetişme/Gelişme Alanları

(Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Müdürlüğü tarafından 1992 yılında başlatılan mera ıslahı ve TMA çalışmaları için ayrılan alanlar analize sokulmamıştır [4]). Bu durum, havzanın az

eğimli ve yüksek kaliteli olan toprak özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak; yörenin en karakteristik ürünü olan 'kayısı'nın yaygınlaştırılması gereği anlaşılmıştır. Bölgede yaşıyan halkın bu konuda yönlendirilmesiyle, yöre ekonomisinin güçleneceği ve bölgesel bir kalkınmanın gerçekleşeceği kesindir.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada seçilen bir mikro-havzanın tarımsal potansiyeli ve havza gelişimi açısından önemi bulunan mera ve ağaçlandırma çalışmaları için uygun alanlar, UA ve CBS yöntemleri ile belirlenmiş ve belirlenmiştir. Bu alanların belirlenmesinde kullanılan kriterler, önce kuramsal olarak ele alınmış fakat havzada yapılan mevcut tarım etkinlikleri göz önüne alınarak modeller kurulmuştur. Yapılan analizlerde, havzada ekonomik değeri olan kayısı tarımına öncelik verilmesi gerektiği, tahıl ve sebze ekiminin de geliştirilmeye açık olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Havzadaki potansiyel meyve, tahıl ve sebze alanları her tür için ayrı ayrı ele alınmış ve potansiyel alanlar arasında bir seçime gidilmemiştir. Havzanın fiziksel özelliklerinin yanı sıra, bölgedeki tarla ve bahçelerin sulama durumu ya da yöre halkının tarımsal gelenekleri gibi bazı teknik ve sosyal konuların da, tarım alanlarında tür ayırımına gidilmesi açısından önemli olduğu bilinmektedir. Ayrıca unutulmamalıdır ki, CBS çalışmalarına altlık olan veri kalitesi tüm çalışmanın niteliğini belirleme özelliğine sahiptir. Bu nedenle, ülkemizdeki veri/bilgi üreten kurumların çalışmalarını güncel tutmaları ve bu kurumların çalışmalarına belirli standartlar getirmeleri gerekmektedir.

5.KAYNAKLAR

1. Kumludere Mikro Havzası Bilgi Dosyası, 1998, Orman Bakanlığı AGM Özel Yayını
2. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları, 'Malatya İli Arazi Varlığı', İl Rapor No 44, Genel Yayın No 759, Ankara 1984
3. 'Örnek Mikro-havzalarda Uzaktan Algılama ile Rehabilitasyon Takibi' DSRP-B Proje Sonuç Raporu, TUBİTAK-MAM, Gebze, Mart 2000
4. 'Örnek Mikro-havzalarda Uzaktan Algılama ile Rehabilitasyon Takibi' DSRP-A Proje Sonuç Raporu, TUBİTAK-MAM, Gebze, Şubat 1999

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

TAŞKIN FREKANS ANALİZİ PAKET PROGRAMININ ANTALYA EXTREM YAĞIŞLARINA UYGULANMASI

Özgür KİŞİ, Fatih ÜNEŞ ve T. Mustafa CENGİZ
İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80626, Maslak/İSTANBUL
kisio@itu.edu.tr, unes@itu.edu.tr, tcengiz@itu.edu.tr

ÖZET

Ülkemizde uzun süreli yağış verileri yeterli miktarda bulunmamaktadır. Bu sebeple taşkın zararlarının önlenmesi için gerekli olan taşkın frekans analizlerinin sağlıklı bir şekilde yapılması gerekir. Bu çalışmada, taşkın frekans analizi ile ilgili daha önce hazırlanmış olan ve çeşitli istatistik metotların uygulanabilmesini sağlayan bir paket programı kullanılmıştır.

Paket programı, Devlet Meteoroloji İşleri(DMİ)'nden alınan 24 saatlik Antalya ekstrem yağışlarına uygulanmış, yağış şiddet-süre-tekerrür ilişkileri elde edilmiş ve en uygun dağılım fonksiyonları belirlenmiştir. Ayrıca bu program, Devlet Su İşleri tarafından hazırlanmış "Türkiye Maksimum Yağışlar Frekans Atlası" ndan alınan 5 dakikalıktan 24 saatliğe kadar Antalya maksimum yağış serilerine uygulanmış ve bulunan sonuçlar DSİ'nin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Taşkın; Frekans analizi; Yağış şiddet-süre-tekerrür.*

ABSTRACT

In our country, long period precipitation data are not available. For that reason, flood frequency analysis that is very important for being protected from flood's damage should be made carefully. In this study, a software computer program prepared before that is concerned with flood frequency analysis and can be applied to different statistical methods was used.

This software program has been applied to Antalya 24 hour maximum precipitation that is taken from State Meteorology Works(DMİ). Precipitation intensity-duration-return period relationships has been found and the most suitable distribution functions have been determined. Furthermore, this program has been applied to Antalya maximum precipitation from 5 minute to 24 hour that is provided from "Turkiye Extreme Precipitation Frequency Atlas" and the results are compared with the results of State Hydraulic Works(DSİ).

Key Words: *Flood: Frequency Analysis; Precipitation intensity-duration-return period.*

1. GİRİŞ

Su yapılarının yanlış tasarlanması büyük ekonomik ve insan kayıplarıyla sonuçlanabileceği için çoğu yapının proje debileri genellikle 1000 veya 10000 yıl gibi uzun tekerrürlere sahiptirler. 5 veya 10 yıl gibi küçük tekerrürler için taşkın büyüklüklerindeki farklılıklar farklı ihtimal dağılım modelleri arasında çok küçük olabilmelerine rağmen, büyük tekerrürlü olaylar için birbirlerinden sezilebilir sapma eğilimine sahiptirler. Bu yüzden iki farklı metot için bulunan 1000 yıllık taşkın büyüklüğü için değerlerin ikiye katlanması nadir değildir. Bunun yanısıra, ekonomik şartların projelerin uygulanmasını zorlaştırdığı günümüz koşulları gereğinden büyük emniyetli su yapılarının yapılmasına imkan vermediğinden, proje taşkınlarının doğru tahmini büyük önem kazanmıştır.

Bundan dolayı daha gerçekçi ve mantıklı ihtimal dağılımlarının tanımlanması ve parametre tahmin metotlarının belirlenmesi daha fazla önem taşımaktadır. Çünkü, bulunan proje taşkınlarının değerlerindeki büyük farklılıklar su yapısının fiyatında aşırı artışlara sebep olacaktır. Diğer bir yandan dizayn debilerinin eksik hesaplanması, başlangıçta yatırım yapanların lehine görünmekle birlikte, daha sonra gelecekte bir zaman insan kayıplarıyla birlikte büyük taşkın hasar maliyetlerine sebep olabilir. Büyük tekerrürlü taşkınları mümkün olduğunca mantıklı bir şekilde önceden tahmin etmek hidrolojik dizaynda bu yüzden son derece önemlidir.

Günümüz teknolojisinin sunmuş olduğu imkanlarla uygun ihtimal dağılımları ve parametre tahmin metotlarının belirlenmesi için çeşitli paket programları hazırlanmıştır. Bu çalışmada Haktanır(1990) tarafından hazırlanmış paket programı(1) ilk olarak DMİ' den alınan 24 saatlik Antalya ekstrem yağışlarına uygulanmış, yağış şiddet-süre-tekerrür ilişkileri elde edilmiş ve en uygun dağılım fonksiyonları belirlenmiştir. İkinci olarak program, "Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası" ndan alınan 5 dakikalıktan 24 saatliğe kadar Antalya maksimum yağışlarına sırasıyla uygulanmış ve 14 ayrı seriden elde edilen sonuçlar DSİ' nin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

2. PARAMETRE TAHMİN METOTLARI

Parametrelerin tahmini için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Parametre tahminlerinin tarafsız olması(yani beklenen değerin toplum değerine eşit olması) ve etkin olması(yani toplum değerinden farkların karelerinin toplamının en küçük olması) istenir. Ancak tarafsız ve etkin

tahminler veren bir yöntem bulmak genellikle mümkün olmaz (2). Bu nedenle çeşitli tahmin yöntemleri kullanılır. Bu çalışmada;

- Momentler(Mom) yöntemi,
- Maksimum olabilirlik(ML) yöntemi ve
- İhtimal ağırlıklı momentler(PWM) yöntemi(3) kullanılmıştır.

Momentler yöntemi uygulanması kolay olmasına rağmen örnek bilgilerin tümünü kullanmaz ve özellikle 3 parametreli dağılımlarda, Maksimum Olasılık(ML) tahmini kadar etkili değildir (4).

Bununla birlikte ML metodu, hesaplama zorluğuna rağmen, bugünlerde çok hızlı işleyen bilgisayarlardan dolayı metodun uygulanması sorun teşkil etmemektedir. Bu metodun özellikle uzun örnekler ($n \geq 50$) için diğer çoğu parametre tahmin metotlarından daha iyi olduğu bilinir.

İhtimal dağılımları için yeni bir alternatif parametre tahmin yöntemi olarak Greenwood ve arkadaşları(1979) tarafından önerilen ihtimal ağırlıklı momentler metodunun, parametrelerinin tahmininde örnek serilerdeki mümkün aykırı değerlere daha tutarlı olduğu görülmüştür (5). Bunun yanısıra, İhtimal Ağırlıklı Momentler(PWM) metodunda, işlemlerin yapılabilirliği Maksimum Olasılık(ML) metodunkine göre daha basittir (6).

3. DAĞILIM FONKSİYONLARI

3.1 Üç Parametreli Log-Normal Dağılımı(LN3)

x rastgele değişkenine, y = lnx şeklinde logaritmik bir dönüşüm uygulandığında dönüştürülmüş y değişkeninin dağılımı normal ise x'in dağılımına Log-Normal denir. Bu dağılımda x sadece pozitif değerler alabilir. LN3 dağılımı için olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}.a.(x-c)}\cdot\exp\left[-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-c)-\ln b}{a}\right]^2\right] \qquad (1)$$

şeklinde yazılır. Burada a,b ve c dağılımın parametreleridir. Toplam dağılım fonksiyonu ise;

$$F(x=Q_T)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}.a}\int_c^{Q_T}\frac{1}{(x-c)}\cdot\exp\left[-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-c)-\ln b}{a}\right]^2\right]\cdot dx \qquad (2)$$

şeklindedir. Burada Q_T, T yıllık tekrarlanma periyoduna sahip taşkın veya yağış pikidir (6).

3.2 Gumbel Dağılımı

Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda yazılmıştır.

$$f(x) = \alpha.\exp[\exp(-\alpha(x-\beta)) - \alpha(x-\beta)] \tag{3}$$

Toplam dağılım fonksiyonu ise,

$$F(x) = \exp[\exp(-\alpha(x-\beta))] \tag{4}$$

şeklindedir. Burada α ve β dağılımın parametreleridir (7).

3.3 Genel Ekstrem Değer(GEV) Dağılımı

Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{b} \cdot \left[1 - a \cdot \left[\frac{x-c}{b}\right]\right]^{(1/a-1)} \cdot \exp\left[-\left[1 - a\left[\frac{x-c}{b}\right]\right]^{(1/a)}\right] \tag{5}$$

Toplam dağılım fonksiyonu;

$$F(x) = \exp\left[-\left[1 - a\left[\frac{x-c}{b}\right]\right]^{(1/a)}\right] \tag{6}$$

şeklinde yazılır. GEV dağılımı hakkında ayrıntılı bilgi NERC(1975) ve Hosking(1985)'de bulunabilir (8-9).

3.4 Log-Logistic(LL) Dağılımı

Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdadır.

$$f(x) = \left[\frac{(x-c)}{b}\right]^{\frac{1}{a}} \Bigg/ \left[a.(x-c)\left[1 + \left[\frac{(x-c)}{b}\right]^{\frac{1}{a}}\right]^2\right] \tag{7}$$

Toplam dağılım fonksiyonu şöyle yazılır.

$$F(x)=\frac{1}{\left[1+\left[\left(x-c\right)/b\right]^{\frac{1}{a}}\right]} \tag{8}$$

Log-Logistic dağılımının taşkın frekans analizi için uygulaması ilk olarak Ahmad ve arkadaşları(1988) tarafından yapılmıştır (10).

3.5 Pearson 3 ve Log-Pearson 3(P3 ve LP3)

3 parametreli Gama Dağılımı olarak da bilinen Pearson 3 dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x)=\frac{1}{b^{a}\Gamma(a)}\cdot(x-c)^{a-1}\cdot e^{-(x-c)/b} \qquad x\geq c \tag{9}$$

şeklindedir. Burada Γ(a) fonksiyonu tam Gama Fonksiyonu olarak bilinir (7).

Değişkenin logaritmasının Pearson tip 3 dağılımına uyması halinde Log-Pearson tip 3 dağılımı uygulanabilir. Log-Pearson 3 için olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda yazılmıştır.

$$f(x)=\frac{\left[\frac{\ln x-c}{b}\right]^{a-1}\cdot\exp\left[-\left[\frac{\ln x-c}{b}\right]\right]}{b\cdot x\cdot\Gamma(a)} \tag{10}$$

Toplam dağılım fonksiyonu ise;

$$F(x=Q_T)=\int_{e^{c}}^{Q_T}f(x)\cdot dx \tag{11}$$

şeklindedir (11).

4.PAKET PROGRAMININ ANTALYA EKSTREM YAĞIŞLARINA UYGULANMASI

Yukarıda belirtilen bütün parametre tahmin metotları ve dağılım fonksiyonlarını kullanarak, yağış şiddet-süre-tekerrür ilişkilerini eğrisel olarak veren, bu dağılımların uygunluk testlerini yapan, Haktanır(1990) tarafından hazırlanmış olan paket programı, Devlet Meteoroloji

İşleri(DMİ)'nden alınan (1950-1995) 46 yıllık 24 saatlik ekstrem Antalya yağış datalarına uygulanmıştır.

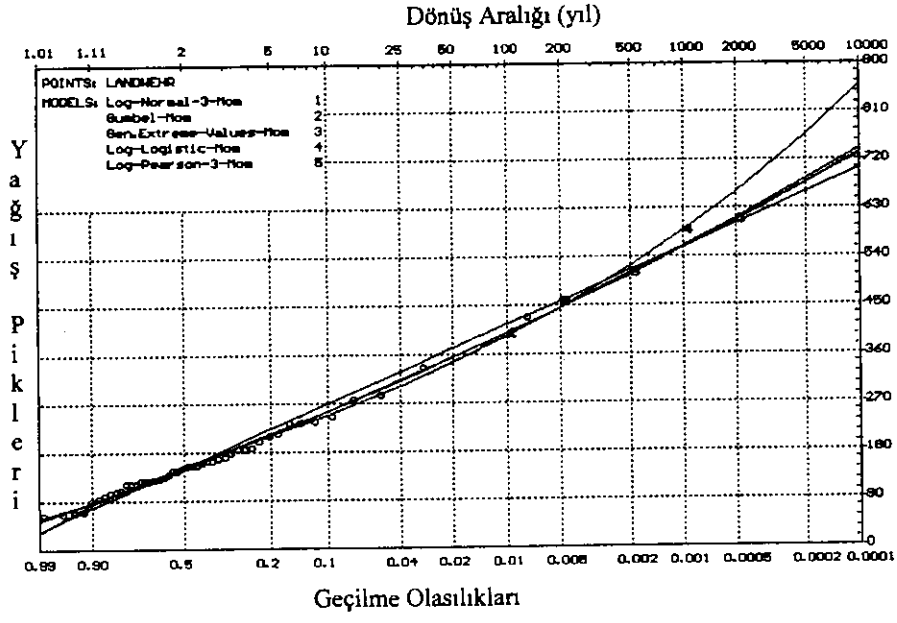
24 saatlik yağışların analizinde, LN3, Gumbel, GEV, LL, P3 ve LP3 dağılımlarından sırasıyla momentler(Mom), Maksimum Olasılık(ML) ve İhtimal Ağırlıklı Momentler(PWM) parametre tahmin yöntemleri kullanılarak yağış şiddet-süre-tekerrür ilişkileri elde edilmiş ve ayrı ayrı şekiller üzerinde gösterilmiştir(Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3). 5 dakikalıktan 24 saatliğe kadar toplam14 seriye uygulanan uygunluk testlerinden Chi-2 testi sonuçlarının özeti Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Antalya ekstrem yağış serileri için Chi-2 uygunluk testi sonuçlarının özeti

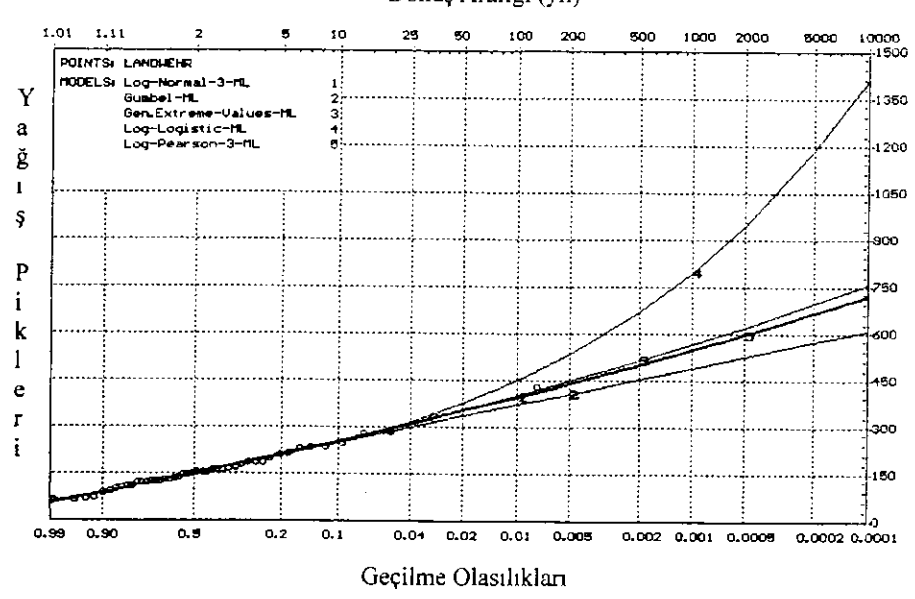
MODEL:	No.of having Av.pr¾60%	No.of having Av.Pr¾80%	No.of having Av.Pr¾90%
Gumbel-Mom	4	7	9
Gumbel-ML	4	4	6
Gumbel-PWM	4	5	8
Lg-Logis-Mom	4	8	13
Lg-Logis-ML	4	13	14
Lg-Logis-PWM	4	12	14
P3-MOM	3	5	8
P3-ML	3	4	7
P3-PWM	3	5	7
LP3-Mom	7	12	12
LP3-ML	7	12	12
LP3-PWM	7	12	12
LN3-Mom	3	6	6
LN3-ML	7	12	13
LN3-PWM	7	11	13
GEV-Mom	3	11	13
GEV-ML	3	8	13
GEV-PWM	3	8	12

Şekil 1 de LN3, Gumbel, GEV, LP3'ün Landwehr plotlama formülü(11) ile işaretlenmiş noktalara daha uyumlu olduğu görülmektedir. Şekil 2'de ise LN3, GEV ve LP3'ün noktalara en iyi uyduğu, LL dağılımının ise yukarı doğru aşırı sapma gösterdiği görülmektedir. Yine Şekil 3'te LN3, GEV ve LP3'ün noktalara en iyi uyduğu görülmektedir.

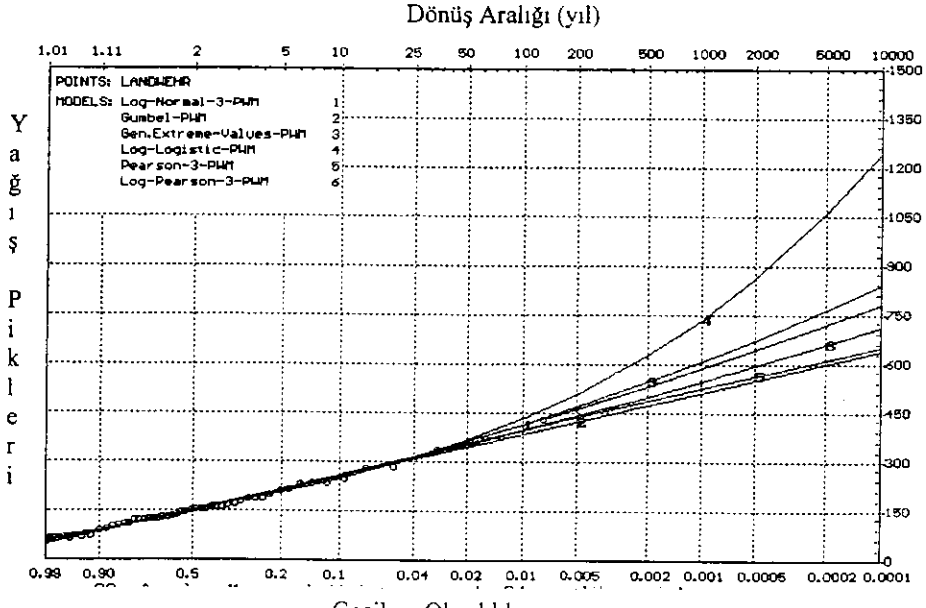
Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlasından alınan çeşitli süreli Antalya ekstrem yağışlarına yukarda anlatılan dağılımlar çeşitli parametre tahmin yöntemleri kullanılarak uygulanmış ve uygunluk testlerinden(Chi-2, Kolmogorov-Smirnov, Cramer von Mises) geçirilmiştir. Yine ayni kaynaktan alınan DSİ'nin sonuçlarıyla en belirgin fark 60 dakikalık ve 8 saatlik yağışlarda gözlenmiştir. DSİ'nin kullandığı programa göre en uygun dağılım LP3-Mom bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan paket programı ile üç çeşit parametre tahmin yöntemine göre çözüm yapılmış ve LP3-ML veya LP3-PWM'nin LP3-Mom'a göre daha uyumlu olduğu gözlenmiştir(Şekil 4 ve 5). Test sonuçlarına göre LP3-ML, 60 dakikalık ve 8 saatlik yağışlar için %60 güven aralığını geçmiş, LP3-Mom ve LP3-PWM geçememiştir.



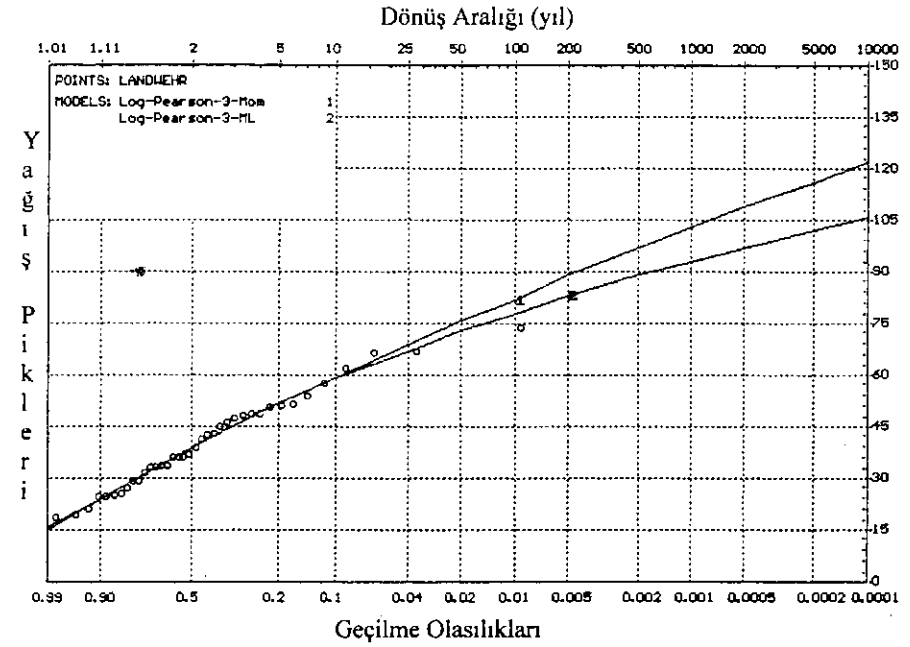
Şekil 1. Momentler(Mom) metodu kullanılarak elde edilmiş çeşitli dağılımların frekans eğrileri ve Antalya 24 saatlik ekstrem yağışlarının şiddet-süre-tekerrür ilişkileri.



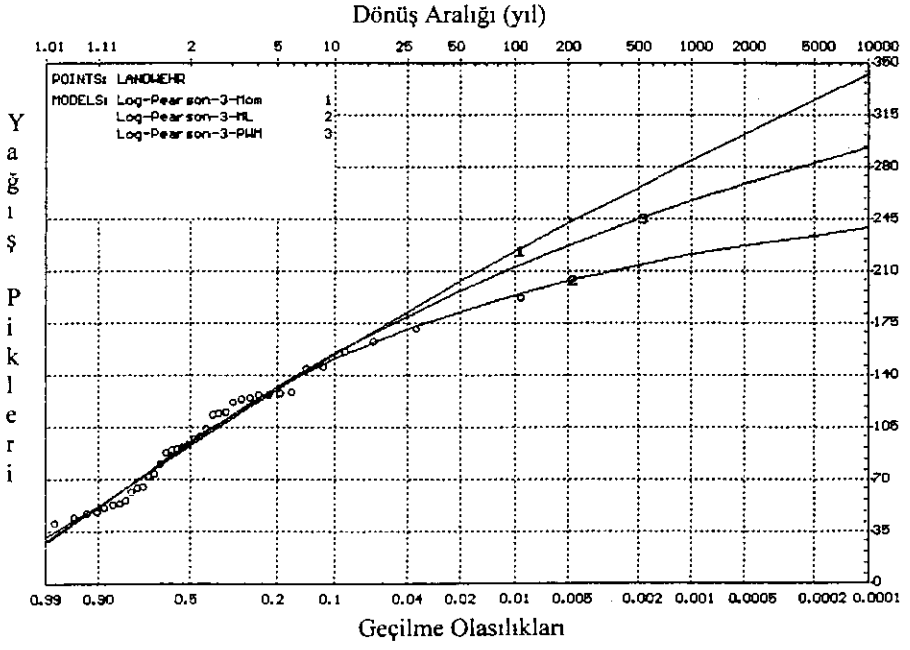
Şekil 2. Maksimum Olasılık(ML) metodu kullanılarak elde edilmiş çeşitli dağılımların frekans eğrileri ve Antalya 24 saatlik ekstrem yağışlarının şiddet-süre-tekerrür ilişkileri.



Şekil 3. İhtimal Ağırlıklı Momentler(PWM) metodu kullanılarak elde edilmiş çeşitli dağılımların frekans eğrileri ve Antalya 24 saatlik ekstrem yağışlarının şiddet-süre-tekerrür ilişkileri.



Şekil 4. Antalya 60 dakikalık ekstrem yağışlarının şiddet-süre-tekerrür ilişkileri.



Şekil 5. Antalya 8 saatlik ekstrem yağışlarının şiddet-süre-tekerrür ilişkileri.

5. SONUÇLAR

Şekil 1,2 ve 3 incelendiğinde Antalya 24 saatlik maksimum yağışlarına en uygun dağılımların Log-Normal 3(LN3), Genel Ekstrem Değer(GEV) ve Log-Pearson 3(LP3) olduğu görülmektedir.

Chi-2 uygunluk testi sonuçlarına bakıldığında da Antalya ekstrem yağışlarına en çok uyan dağılımların LP3, LN3 ve GEV olduğu, Gumbel ve P3 dağılımlarının ise iyi olmadığı görülmektedir.

Log-Logistic ve Gumbel Dağılımı'nın sapmalar neticesi uyumsuzluk gösterdiği fakat Gumbel'ın Log-Logistic'e göre daha uyumlu olduğu görülmektedir.

Şekil 4 incelendiğinde, grafik üzerinde de LP3-ML'in LP3-Mom'a göre noktalara daha uyumlu olduğu görülmektedir. Şekil 5'te ise LP3-ML'in diğerlerine göre daha iyi olduğu açıktır. LP3-PWM her ne kadar test sonucu %60 güven aralığını geçemese de LP3-Mom'dan daha iyi olduğu söylenebilir.

6. KAYNAKLAR

1. Haktanır, T. ve Ardıçlıoğlu, M., "Taşkın Frekans Analizi için Paket Programı", II. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, 1998.
2. Bayazıt, M., "İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri", İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı, İstanbul, 1996.
3. Haktanır, T., "Self-determined probability-weighted moments method and its application to various distributions", Journal of Hydrology, 194, 180-200, 1997.
4. Matalas, N.C. and Wallis, J.R., "Eureka! It fits a Pearson type 3 distribution", Water Resour. Res.9(2), 281-289, 1973.
5. Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. and Wallis, J.R., "Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form", Wat. Resour. Res. 15(5), 1049-1054, 1979.
6. Haktanır, T., "A presentation about flood frequency analysis", Cukurova University, Adana, Turkiye, 1998.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Akarsu Yataklarında Taşkın Ötelenmesine Pürüzlülük Katsayısının Etkisi

Hüsnü DEMİRPENÇE

S.D.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32260, ISPARTA

husnu@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Taşkın ötelenmesi, taşkın dalgası bir akarsu veya baraj gölünde ilerlerken, taşkın dalgasının debi, hız ve yüksekliğinin tahminidir. Bu çalışmada, akarsu yataklarının taşkın ötelenmesine pürüzlülük katsayısının etkisi incelenmiştir. İncelemede dinamik ötelenme metodu ve bu metotda temel denklemler olarak bir boyutlu Saint-Venant denklemleri esas alınmıştır. Bu denklemlerin çözümünde ağırlıklı dört noktalı kapalı sonlu farklar şeması kullanılmıştır. Sürtünme etkilerini ifade etmek için Manning formülü kullanılmıştır. Manning pürüzlülük katsayısını (n) ifade etmek için üç model dikkate alınmıştır: Bir enkesitte n katsayısının derinlikle değişimi, kesitten kesite n katsayısının değişimi,tüm ötelenme mesafesi boyunca sabit n katsayısı. Bu üç model için, mansap akarsu yatağında çeşitli mesafelerde taşkın hidrografları, taşkın seviye ve debileri hesaplanmıştır. Sonuç olarak, bu üç modele göre bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Taşkın Ötelenmesi, Pürüzlülük Katsayısı, Manning Formülü*

ABSTRACT

Flood routing is prediction the changing magnitude and celerity of a flood wave which propagates through a river or reservoir. In this study, the effect of roughness coefficient on flood routing was investigated. The study is based on the complete one-dimensional Saint-Venant equations and dynamic flood routing method. A weighted four-point implicit finite difference scheme is used to obtain solutions of these equations.

Manning formula was used for the evaluation of frictional effects. In evaluating n, three models were taken into consideration: The variation of n with depth of a given section, the variation of n from section to section, the constant n for all routing reach. For these three models, flood hydrographs, flood levels and discharges have been computed at various distances along the downstream channel. Finally, the results of the computations for these there models are compared with each other.

Key Words: *Flood routing, Roughness coefficient, Manning formula*

1. GİRİŞ

Akarsularda, akarsu yatak kapasitesini aşan debilerin gelmesi ile oluşan taşkınlar tarım arazileri ve yerleşim merkezlerinin sular altında kalmasına, çeşitli yapıların yıkılması veya hasar görmesine, can kaybına sebep olabilir. Taşkın kontrolü çalışmaları taşkınların sebep oldukları bu kayıpların ve zararların önlenmesi veya azaltılması amacıyla yapılan bir dizi çalışmadır. Bu çalışmanın bir bölümü olan taşkın ötelenmesi ile, taşkın dalgasının zamana bağlı olarak değişimi, yani herhangi bir anda akarsuyun herhangi bir kesitindeki taşkın dalgasına ait hidrolik büyüklükler (su seviyesi, hız ve debi) belirlenmeye çalışılır.

Bu taşkın dalgası akarsu yatağında mansaba doğru ilerlerken değişime uğrar. Bu değişim taşkın dalgasının geçtiği kısmın suyu depolama özelliklerine ve akarsu yatağının pürüzlülük özelliklerine bağlı olarak az veya çok olabilir. Bir akarsu kesimine giren ve çıkan taşkın hidrografları karşılaştırıldığında, akım yönünde ilerledikçe maksimum debinin azaldığı, maksimum debiye erişme süresinin ise arttığı görülür.(1)

Bu çalışmada, doğal akarsu yataklarında taşkın ötelenmesine Manning katsayısının etkisi incelenmiştir. Ötelenme metodu olarak dinamik dalga modeli kullanılmıştır. Dinamik dalga modeli; Saint-Venant denklemleri olarak bilinen süreklilik ve momentumun korunumu denklemlerinin, başlangıç ve sınır şartları dikkate alınarak çözümü esasına dayanmaktadır.

2. TEMEL DENKLEMLER

Akarsu yataklarındaki taşkın dalgasının sebep olduğu akımda su yüzeyindeki değişimler büyük yatay mesafeler boyunca meydana geldiği için bir boyutlu serbest yüzeyli tedrici değişken akım olarak kabul edilmektedir. Saint-Venant denklemleri olarak da adlandırılan kütlenin ve momentumun korunumu denklemleri, bu çalışmada kullanılan temel denklemlerdir. Bu denklemlerden kütlenin korunumu (süreklilik) denklemi (Denklem 1) ve momentumun korunumu denklemi (Denklem 2) aşağıdaki formda kullanılmıştır.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2 / A)}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial h}{\partial x} + S_f\right) = 0 \quad \text{.....(2)}$$

Bu denklemlerde; x = akarsu uzunluğu, t = zaman, A = akış enkesit alanı, Q = akış debisi, q = kanalın birim genişliğine giren veya çıkan yanal debi, g = yerçekimi ivmesi, h = akış yüksekliği, S_f = sürtünme eğimi'dir.

Çalışmada kullanılan bu temel denklemler dinamik taşkın ötelenme metoduna uygulanmıştır. Akarsu yatağının eğiminin küçük olması ($<10^{-3} - 10^{-4}$) ve akıma ters yönde yayılan kabarma etkilerinin (baraj hazneleri, yan kollar, köprüler v.b) bulunması halinde yerçekimi ve sürtünme kuvvetlerinin yanında basınç ve atalet kuvvetleri de önem taşıyacağından momentum denklemindeki bütün terimleri göz önüne almak gerekir. Buna dinamik dalga modeli adı verilir. Bu model, teorik olarak bir boyutlu taşkın ötelenme metotları içerisinde en hassas olanıdır ve özellikle baraj yıkılması sonucu meydana gelen taşkınların modellenmesinde daha uygundur. (2)

3. TEMEL DENKLEMLERİN ÇÖZÜM METODU

Süreklilik ve momentumun korunumu denklemleri olarak tanımlanan Denklem 1 ve 2'nin analitik çözümleri olmadığından, ancak nümerik metotlarla çözülebilmektedir. Bu çalışmada dinamik ötelenme metodu seçilmiş olup, kullanılan temel denklemlerin çözümünde ise ağırlıklı dört noktalı kapalı sonlu farklar metodu kullanılmıştır.

Kapılı sonlu fark metodunda Saint-Venant denklemlerinin çözümü bir zaman çizgisi boyunca (akarsu yatağının x ekseni boyunca) bütün noktalarda aynı zamanda olmak üzere, bir zaman çizgisinden diğerine ilerler. Bundan dolayı kapalı sonlu fark şemasında yatay eksen boyunca N adet ağ noktasına aynı anda uygulanan Saint-Venant denklemlerinden 2N denklemli bir cebrik denklem takımı elde edilir.(3)

Ağırlık katsayısı $\theta = \frac{\Delta t'}{\Delta t}$ olmak üzere ve K herhangi değişkeni göstermek üzere M noktasındaki zamana ve mesafeye bağlı türevler aşağıdaki fark ifadeleri ile verilmiştir.

$$\frac{\partial K}{\partial t} \cong \frac{\frac{1}{2}(K_i^{j+1} + K_{i+1}^{j+1})}{\Delta t} - \frac{\frac{1}{2}(K_i^j + K_{i+1}^j)}{\Delta t} \quad \text{.....(3)}$$

$$\frac{\partial K}{\partial x} \cong \frac{\theta(K_{i+1}^{j+1} - K_i^{j+1})}{\Delta x} + (1-\theta)\frac{(K_{i+1}^j - K_i^j)}{\Delta x} \quad \text{.....(4)}$$

M noktasında türevi alınmayan büyüklükler ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$K \cong \frac{\theta\,(K_i^{j+1} + K_i^{j+L})}{2} + (1-\theta)\frac{(K_i^j + K_{i-1}^j)}{2} \quad \text{.....(5)}$$

(3) , (4) ve (5) denklemleri, Saint-Venant denklemlerinde (1 ve 2 denklemi) yerine yazılırsa aşağıdaki fark denklemleri elde edilir:

$$\theta\left[Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1} - q_i^{j+1}\Delta x_i\right] + (1-\theta)\left[Q_{i+1}^j - Q_i^j - q_i^j \Delta x_i\right] +$$

$$\left(\frac{\Delta x_i}{2.\Delta t_i}\right)\left[(A_0)_i^{j+1} + (A)_{i+1}^{j+1} - (A)_i^j - (A)_{i+1}^j\right] = 0 \quad \text{.....(6)}$$

ve,

$$\left(\frac{\Delta x_i}{2.\Delta t_i}\right)\left(Q_i^{j+1} + Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^j - Q_{i+1}^j\right) + \theta\left[(Q^2/A)_{i+1}^{j+1} - (Q^2/A)_i^{j+1} +\right.$$

$$\left. g.\overline{A}_i^{j+1}.\Delta x_i + \left(h_{i+1}^{j+1} - h_i^{j+1} - S_{f_i}^{j+1}\Delta x_i\right)\right] + (1-\theta)\left[(Q^2/A)_{i+1}^j -\right.$$

$$\left.(Q^2/A)_i^j + g.\overline{A}_i^j\left(h_{i+1}^j - h_i^j + \overline{S}_{f_i}^j.\Delta x_i + {}_i\right)\right] = 0 \quad \text{.....(7)}$$

(6) denklemi süreklilik denklemine (denklem 1'e) eşdeğer dört noktalı sonlu fark denklemi, (7) denklemi ise hareket denklemine(denklem 2'ye) eşdeğer fark denklemidir. J indisli bütün terimler bilinen olup,

a) Başlangıç şartından (Saint-Venant denklemlerinin ilk olarak uygulandığı t = 0 anında bütün düğümler için h ve Q arasındaki ilişkiden)
b) Saint-Venant denklemlerinin ilk evvelki adındaki çözümünden elde edilirler. Diğer terimler çözümden bağımsız olarak belirlenen ve bilinen büyüklüklerdir. Böylece (6) ve (7) denklemlerinde sadece bilinmeyen olarak $Q_i^{J+1}, Q_{i+1}^{J+1}, h_i^{J+1}$ *ve* h_{i+1}^{J+1} kalır.

Denklem takımında dört bilinmeyen ve sadece iki denklem mevcut olduğundan çözümü mümkün değildir. Çözüm bölgesinde akarsu boyunca N kesit dikkate alınırsa, sonlu fark denklemleri N-1 noktada yazılırsa, 2N-2 denklem elde edilir. Bilinmeyen sayısı 2N olduğundan, birisi menba sınırında, diğeri mansap sınırında önceden belirlenmiş sınır şartları, lineer olmayan denklem takımının çözümü için gerekli ilave iki denklemi temin eder. Menba sınır şartı bir debi hidrografi, mansap sınır şartı ise seviye-debi ilişkisi (anahtar eğrisi) olabilir.

2N denklemden meydana gelen 2N bilinmeyenli lineer olmayan denklem takımı Newton-Raphson metodu uygulanarak çözülmüştür. Hesaplamalar 2N adet bilinmeyen için deneme değerlerinin belirlenmesiyle başlar. Deneme değerlerinin denklem takımında yerine yazılmasıyla 2N adet fark değeri elde edilir. Deneme değerleri gerçek değerlere yakınsadığı zaman çözümler arasındaki fark, yakınsaklık değeri olarak bilinen ε değerinden daha küçük ise yakınsaklık elde edilir.(3)

4. PÜRÜZLÜLÜK KATSAYISI

Dinamik taşkın ötelenme modelinde kullanılan denklemlerden momentumun korunumu denklemindeki S_f sürtünme eğimi, Manning denklemiyle tanımlanmıştır:

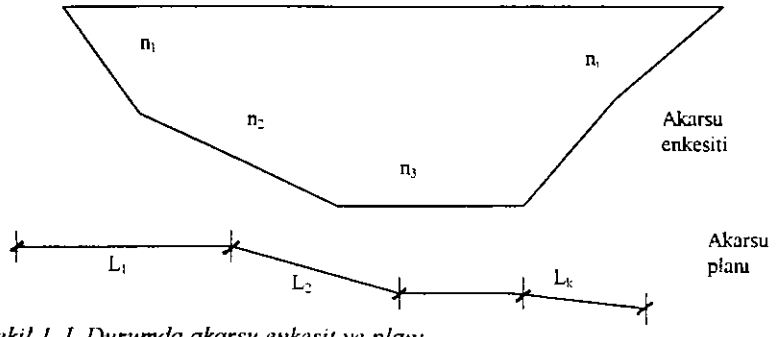
$$S_f = \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} \quad \text{.....(8)}$$

Bu denklemdeki n pürüzlülük katsayısı, taşkın dalgasının mansap akarsı yatağında ötelenmesine önemli ölçüde etkide bulunmaktadır. Manning formülünün uygulanmasındaki en büyük güçlük, n pürüzlülük katsayısının doğru olarak belirlenmesidir. Bunun için pürüzlülüğe etki eden faktörler bilinmeldir. Bu faktörler arasında yüzey pürüzlülüğü, bitki durumu, kanal boyunca enkesit şekil ve boyut değişimleri, kanaldaki eğrilikler, akarsu tabanındaki birikme ve oyulmalar, köprü ayakları, su seviyesindeki değişimler, askıdaki madde ile yatak yükü sayılabilir. (4)

Manning pürüzlülük katsayısının belirlenmesi için bir yöntem, literatürde çeşitli kanal tipleri için belirlenen tablolardan yararlanmak veya özellikleri benzer olup, pürüzlülük değeri belli olan akarsuların pürüzlülük değerlerinden tahmin yapmak sayılabilir. Diğer bir yöntem ise; enkesit özellikleri, eğimi ve hız veya debi ölçümleri olan kesitlerde Manning formülünden yararlanarak n pürüzlülük katsayıları hesap edilebilir.(5)

Bütün bu metotlarda genellikle dikkate alınan akarsu parçaları için tek bir n değeri belirlenmektedir. n değeri akarsu boyunca kesitten kesite değişebileceği gibi, bir enkesit içerisinde değişiklik gösterebilir. Çünkü bir enkesitte su seviyesi zamanla değişik değerlerde ve bitki durumu farklı olabileceği için buna bağlı olarak da pürüzlülük katsayısı değişir. İşte bu çalışmada Manning pürüzlülük katsayısının (n) üç farklı durumu için dinamik metotla taşkın ötelenmesi yapılmıştır:

a) I.DURUM :Akarsu yatağının kesiti farklı olan her bir kesiminde kesitin taban ve şevlerinde farklı ve gerçek n değerlerinin alınarak ($n_{gerçek}$)

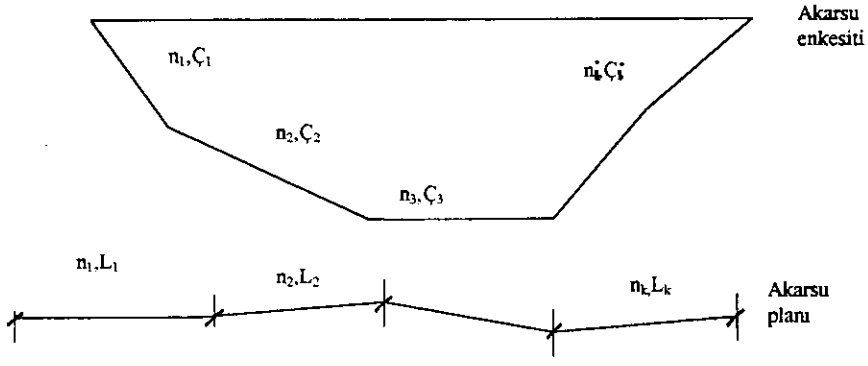


Şekil 1. I. Durumda akarsu enkesit ve planı

b) II: DURUM: Akarsu yatağının her bir kesiminde pürüzlülüğü tanımlayan bir n değerini alarak: (kesitten kesite n katsayısının değişimi) Bu durumda (a) şıkkında akarsu taban ve şevleri için belirlenen n değerleri ve ıslak çevre değerlerinden yararlanarak her bir akarsu kesimi için tek bir pürüzlülük katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.($n_{ağırlıklı\ ortalama}$)

$$n_k = \frac{\sum_{i=1}^{i} Ç_i\, n_i}{\sum Ç_i} \quad \text{.....(9)}$$

Burada Ç ıslak çevreyi, i bir enkesit içerisinde pürüzlülüğü farklı olan ıslak çevre sayısını k ötelenme mesafesinde pürüzlülükleri farklı olan akarsu kesimi sayısını ifade etmektedir.



Şekil 2. II. Durumda akarsu enkesit ve planı

c) III DURUM : Akarsu yatağının ötelenme işlemi gerçekleştirilen bölümünde tek ve sabit bir n değerini alarak: Bu durumda (b) şıkkında bulunan pürüzlülük değerleri ve akarsu yatağı kesimlerinin uzunluklarından yararlanarak, akarsu yatağının tümü için tek bir n değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.(n_{sabit})

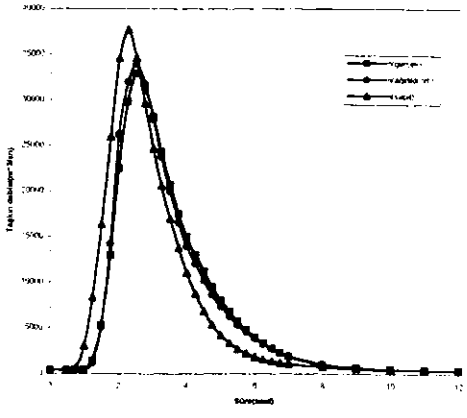
$$n_{sabit} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_j L_j}{\sum L_j} \quad \text{.....(10)}$$

Bu formülde L_j , pürüzlülük katsayıları farklı olan akarsu kesimlerinin uzunluğunu , n_j ise bu akarsu kesimlerindeki pürüzlülük katsayılarını göstermektedir.

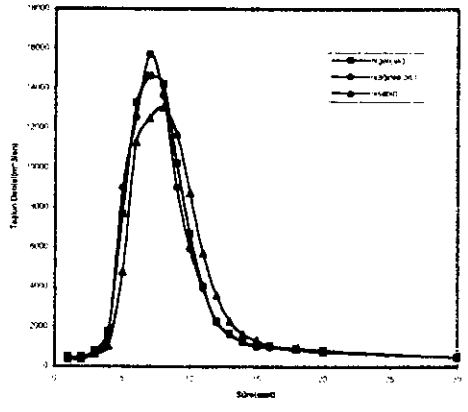
5. SONUÇLAR

Manning pürüzlülük katsayısının yukarıda tanımlanan üç farklı durumu için taşkın ötelenmesi probleminin matematik modeli kurulmuş ve bu durumlarda akarsuyun 8.km, 26.km ve 69.km'leri için elde edilen taşkın hidrografları sırasıyla Şekil 3, 4 ve 5 de sunulmuştur. Dikkate alınan bu üç farklı durumda akarsuyun ötelenme mesafesi boyunca maksimum debinin değişimi Şekil 6 'de, maksimum debiye erişme süresinin mesafeye bağlı olarak değişimi Şekil 7' de gösterilmiştir.

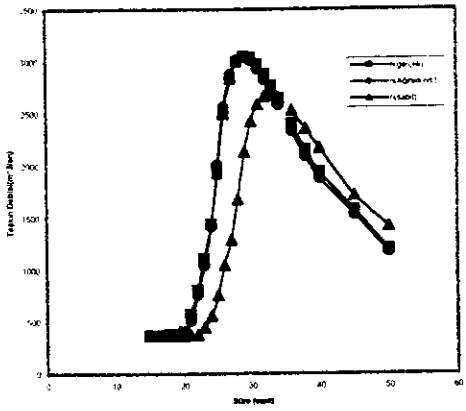
Şekil 3'den $n_{ağırlıklı\ ortalama}$ ile $n_{gerçek}$ durumlarında hidrografın yükselen ve alçalan kollarında taşkın debisinde önemli farklılıkların olmadığı, sadece pik debide % 3,3' lük bir fark olduğu görülmektedir. n_{sabit} durumunda ise hidrografın yükselen kolunda diğer durumlara göre daha büyük taşkın debileri gözlenirken, alçalan kolunda daha küçük taşkın debileri elde edilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, $n_{ağırlıklı\ ortalama}$ ve $n_{gerçek}$ durumlarında hidrografın yükselen ve alçalan kollarında büyük farklılıkların olmadığı, pik debilerde ise % 4,2' lik fark olduğu belirlenmiştir. n_{sabit} durumda ise gerek hidrografın alçalan gerekse yükselen kollarında, diğer iki duruma göre % 17-56 oranında farklı taşkın debileri elde edilmiştir.



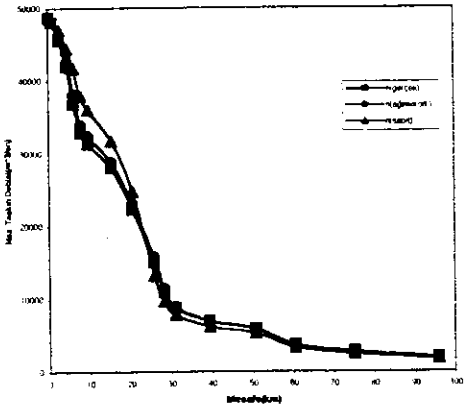
Şekil 3 .X=8 km'de Manning katsayılarına göre taşkın hidrograflarının değişimi



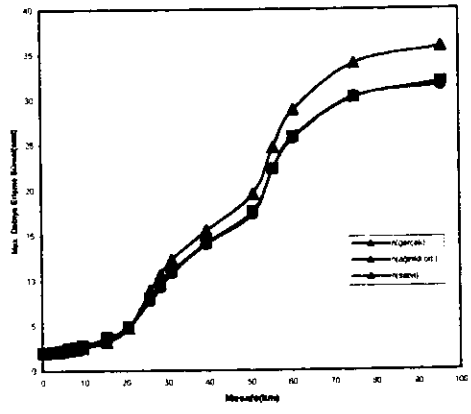
Şekil 4 .X=26 km'de Manning katsayılarına göre taşkın hidrograflarının değişimi



Şekil 5. X=69 km'de Manning katsayılarına göre taşkın hidrograflarının değişimi



Şekil 6.Maksimum taşkın debilerine Manning katsayısının etkisi



Şekil 7. Maksimum debiye erişme süresine Manning katsayısının etkisi

Şekil 5' deki taşkın hidrograflarından, $n_{gerçek}$ ve $n_{ağırlıklı\ ortalama}$ durumlarında taşkın hidrograflarında çakışma gözlenmiş, buna karşılık n_{sabit} alınması halinde taşkın debilerinde çok büyük farklılıklar olduğu gözlenmiştir.

Şekil 6 'da ise ötelenme mesafesinin 25 km'sine kadar n_{sabit} durumu en büyük taşkın debilerini verirken, bu mesafeden sonra $n_{gerçek}$ halinde maksimum taşkın elde edildiği görülmektedir. Her üç durumda taşkın debilerinde 0-30 km'er arasında önemli farklılıklar varken, (% 5-15) bu mesafeden sonra taşkın debilerinin birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir.

Şekil 7' de ise, her üç maksimum debiye erişme süresinin , ötelenme mesafesinin ilk 25. km'sinde değişmediği, bu mesafeden sonra ise özellikle n_{sabit} durumu ile diğer iki durum arasında maksimum debiye erişme süresinin % 10-12 arasında farklılık gösterdiği görülmektedir.

Sonuç olarak, akarsu yataklarında dinamik metotla taşkın ötelenmesinde pürüzlülük katsayısının üç farklı durumu için taşkın debilerinde ve maksimum debiye erişme sürelerinde önemli farklılıklar elde edilmiştir. Akarsu yatağının tümü için tek ve sabit bir pürüzlülük katsayısının seçilmesi maksimum taşkın debilerinde ve maksimum debiye erişme sürelerinde önemli hatalara sebep olmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Ağıralioğlu, N. ve Erkek, C., " Su Kaynakları Mühendisliği ", Beta Basım Yayım, İstanbul, 1993.
2. Bayazıt, M., " Hidrolojik Modeller ", İnşaat Fakültesi Matbaası, İ.T.Ü., 1998.
3. Fread, Danny L., " Theoretical Development of Implicit Dynamic Routing Model ", Report HYRO-18, Hydrologic Research Laboratory, Maryland, 1978.
4. Kung, Chen Shan., " Uncertainty in Dam Break Flow Simulation ", Nordic Hydrology, 20,p.249-256, 1989.
5. Fread, Danny L., " Some Limitations of Dam-Breach Flood Routing Models ", ASCE Fall Convention, St.Louis, Missouri, 1981.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Türkiye Su Kongresi
Su Yüzü Profili Hesabına Örnek Uygulama

Tansel YILMAZ[1] ve H. Yaşar KUTOĞLU[2]

[1]İnşaat Mühendisi, Ahmet Rasim Sokak No: 16,
06550 Çankaya-Ankara
[2]Meteoroloji Y.Müh. ve Hidroloji Müh., Ahmet Rasim Sokak No: 16,
06550 Çankaya-Ankara

e-posta: suyapi-f@tr.net

ÖZET

Ülkemizin Batı ve Doğu Karadeniz coğrafi bölgelerinde vukubukan taşkınların kontrolü için tasarlanan taşkın koruma tesislerinin mühendislik hidrolojisi çalışmaları kapsamındaki su yüzü profili hesaplarının örnek olarak Filyos Çayı havzası taşkın koruma projesine uygulanması aşağıda açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mühendislik Hidrolojisi, Taşkın, Taşkın Koruma, Proje Taşkın Debisi, Emniyetli Yatak Kapasitesi, Hidrometri, Eğim-Alan Metodu, Su Yüzü Profili, Örnek Uygulama

SUMMARY

The computation of the water surface profiles in the engineering hydrological studies of the flood protection projects for the control of the floods occuring in the western and eastern Black Sea geographical regions, is explained as a case study applied to the "Filyos River Basin Flood Protection Project".

Key Words: Engineering Hydrology, Flood, Flood Protection, Design Flood Discharge, Safety Channel Capacity, Hydrometry, Slope-Area Method, Reservoir, Water Surface Profile, Case Study

1. GİRİŞ

Doğal dengenin giderek bozulması sonucu, son yıllarda taşkınlar daha sık vukubulmaktadır. Ülkemizde, örneğin Batı ve Doğu Karadeniz coğrafi bölgelerindeki Mayıs 1998 ve Temmuz 1991 tarihi taşkınlar gibi bir çok tarihi taşkından söz edilebilir. Doğal afetlerden sayılan bu tarihi taşkınların can ve mal kaybına neden olduğu bilinmektedir. Özellikle Karadeniz bölgesindeki taşkınlar geniş alanları kaplayan uzun süreli cephesel ve orografik yağışlardan oluşmaktadır. Bu bölgedeki taşkın zararlarını en aza indirgeyebilmek için yapılan yatak düzenleme çalışmaları (duvar, sedde gibi) ile taşkın korumanın kalıcı olmadığı Karadeniz bölgesinde ve Filyos Çayı havzasındaki uygulamalardan görülmüştür.

Filyos Havzası 1984, 1991 ve 1998 yıllarında ardarda taşkına uğramış ve önemli sayıda can kaybı ve maddi zarar meydana gelmiştir. 13 300 km²'lik bu havzada taşkın problemini kalıcı önlemlerle çözmek amacı ile "Filyos Havzası Taşkın Koruma Projesi Revizyonu Mühendislik Hizmetleri" adı altında bir taşkın projesi DSİ tarafından ele alınmış bulunmaktadır. Firmamıza 1999 yılında ihale yolu ile verilen ve öncelikli amacı taşkın koruma olan böyle bir havza bazında taşkın projesi ilk kez çalışılmaktadır.

Filyos Taşkın Projesinin mühendislik hidrolojisi çalışmaları kapsamında tarafımızdan yapılan su yüzü profili hesaplarına ait örnek uygulama aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

Taşkınların zararlarını en aza indirgeyebilmek için inşa edilecek taşkın koruma tesislerinin; yatak düzenlemesi, derivasyon, baraj veya sel kapanı gibi, mühendislik hizmetlerinde taşkın alanları boyunca akarsu yataklarının emniyetli yatak kapasitelerinin ve proje taşkın debisinin su yüzü profilinin hesaplanmasının önemi açıktır. Ülkemizde taşkın koruma tesislerinin mühendislik hizmetleri, inşası ve işletilmesi işleri 6200 sayılı yasa ile Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğüne verilmiştir. DSİ taşkın koruma projelerinde korumanın önemine göre 2 ila 500 yıl arasında yinelenmeli pik debileri kullanmaktadır. Filyos havzası örneğinde taşkın koruma 500 yıllık yinelenmeli pik debilere göre yapılacak ve Q_{1000} debisi hava paysız yataklardan zarara neden olmadan geçecektir.

Filyos havzasında proje taşkın debisi belirlenirken taşkını oluşturan yağışın tüm havzada aynı zamanda başladığı, havzanın tamamının etkisi altına aldığı varsayılmıştır. havzada vukubulan 21 Mayıs 1998 tarihli taşkının fırtına yağış analizleri sonuçları bu varsayımı ile uyumludur.

Akarsu yatak kapasitesi, akarsuyun ana yatağında kesitin tam dolu olarak (hava paysız, siime) etrafına zarar vermeden taşıyabileceği debi'dir.

Emniyetli Yatak Kapasitesi (Q_E) aynı kesitin belli bir hava payı veya emniyet payı ile taşıyabileceği debiyi ifade etmektedir. Emniyetli yatak kapasitesi hidrometrik ölçümler veya topoğrafik ölçümlerle hesaplanabilirse de en yaygın kullanılanı ikincisidir.

Taşkın kontrol ve koruma projelerinin mühendislik hidrolojisi çalışmaları aşağıdaki konuları içerir:

- İklim ve su kaynakları, Baraj ve HES yerlerinde Su Temin Değerleri,
- Rezervuar İşletme Çalışmaları
- Proje Taşkınları Hesabı (yinelenmeli pik debiler ve hidrografları ile toplam hacimleri, taşkın ötelemesi, tarihi taşkınlar)
- Sediment ve Su Kalite Etüdü
- Akarsuların Emniyetli Yatak Kapasitesinin ve Proje Taşkın Debilerinin Su Yüzü Profili Hesabı

2. SU YÜZÜ PROFİLİ HESABI İÇİN GEREKLİ BİLGİLER

Filyos Çayı havzasında taşkın kontrol ve korumanın 500 yıl ve 1000 yıl (hava paysız) yinelenmeli pik debilere göre yapılacağına, DSİ yetkilileri tarafından karar verilmiştir. Filyos Çayı ana kollarının çeşitli yinelenmeli proje taşkın debileri hesaplanmış ve elde edilen değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu debiler sentetik birim hidrograf veya pik debi gözlem dizilerinden noktasal (NTFA) veya bölgesel (BTFA) taşkın frekans analiz yöntemi ile hesaplanmıştır. Tablo 1'den görüldüğü gibi Filyos Çayı havzası 5 adet alt yağış alanına bölünmüş olup bu doğal alanlardaki hidrometeorolojik faktörler oldukça üniformdur. Taşkın hidrolojisi çalışmaları üniform özelliklere sahip 5 adet alt yağış alanında yapılmış ve sonuçların süperpozisyonu ile tüm havzanın hidrolojik sürekliliği sağlanmıştır.

Filyos Çayı havzasındaki taşkın koruma alanları ve proje formülasyonunda önerilen depolamalı taşkın koruma tesislerinin (baraj, selkapanı) yerleri Şekil 1'deki şemada gösterilmiştir. Bu havzada mevcut depolamalı tesis olarak yalnız Devrek Çayı membasındaki off-stream tipi Gölköy Barajı 1970 yılından beri işletmededir.

Devrek Çayının membasındaki sulama amaçlı Gölköy Barajı'nın doğal yağış alanı 8.5 km^2 olduğundan bu depolamanın Devrek ilçesi civarındaki kesimlerin taşkınlarına etkisi ihmal edilmiş ve Gölköy Barajı mansabındaki akım gözlem istasyonlarının pik debi gözlem değerleri doğal kabul edilmiştir.

Filyos Çayı havzasında emniyetli yatak kapasitesinin ve su yüzü profillerinin hesaplanmasında Manning formülü ve standart adım yöntemi uygulanmıştır, bu yöntemler su kaynakları mühendisliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Standart adım yönteminin Soğanlı, Araç, Yenice, Devrek ve Filyos Çayı yataklarının taşkın alanlarındaki (Şekil 2) belirli kesimlerine uygulanabilmesi için gerekli hidrolojik ve hidrolik veri ve bilgiler arazi çalışmalarından elde edilmiştir. Araziden toplanan bilgiler kullanılarak HEC-RAS bilgisayar programının verifikasyonunun (doğrulama) ardından debi ve su yüzü profil hesapları aynı bilgisayar programı ile yapılmıştır. Hesaplanan debi ve su yüzü profillerine göre taşkın koruma alanlarının membasındaki depolama tesislerinin yerlerine (Şekil 1) ve taşkın sönümleme düzeyine karar verilmiştir.

Filyos havzasında taşkınların kontrolü için öncelikle teknik ve ekonomik bakımdan membada elverişli olan yerlerdeki depolamalarla taşkınların sönümlenmesi ve böylece kalıcı taşkın korumanın daha başarılı olacağı ilkesi benimsenmiştir.

Taşkınların korunacağı alanlardaki akarsu yatakları boyunca enkesitlerde emniyetli yatak kapasiteleri (Q_E) hesaplanmıştır. Bu değerler Q_{1000}, Q_{500}, Q_{100}, Q_{50} ve Q_{25} proje taşkın debileri ile karşılaştırılmış ve Q_E değerlerinin yetersiz olduğu görülmüştür. Ardından mutasavver memba depolamalarının 1000 ve 500 yıllık taşkın hidrograflarına göre taşkın kontrolü amaçlı işletme çalışmaları yapılmış ve depolamalardan çıkış debileri ($Q_Ç$) taşkın koruma alanlarına taşınarak (Tc gecikme zamanına göre) ara alanların pik debileri ile süperpoze edildikten sonra emniyetli yatak kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Filyos Çayı havzasının Q_{1000} ve Q_{500} proje taşkın debisi için $Q_Ç$ değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Örnek olarak yalnız Yenice Çayı'nın Yenice ilçesi civarındaki taşkın koruma alanı boyunca uygulaması aşağıdaki bölümlerde açıklanmış ve taşkın koruma için önerilen memba depolama tesislerinin yapılması durumunda Q_{1000} ve Q_{500}'lük proje taşkınların kontrol edilebileceği alternatifi kesinlik kazanmıştır.

3. VERİ TOPLAMA

Filyos Çayı havzasında veri toplama işleri, en kritik taşkın alanları olan Karabük ili civarı, Balıkısık beldesi ve Yenice ilçesi civarı, Çay HES yeri mansabından Devrek Çayı sonuna

kadar olmak üzere üç ayrı taşkın alanında (Şekil 1) yürütülmüştür. İlk aşamada Karabük ili civarı tek başına ele alınmış ve ikinci aşamada Balıkısık, Yenice ve Devrek civarındaki taşkın alanlarının veri toplama işleri tamamlanmıştır. Çaycuma ilçesi ve civarındaki Aşağı Filyos taşkın alanının bu tür verileri daha önce DSİ XXIII Bölge Müdürlüğü tarafından toplanmıştır.

Şekil 1'deki krokide gösterilen taşkına maruz alanlar (Devrek, Karabük, Yenice, Balıkısık ve Aşağı Filyos) Filyos Çayı havzasındaki en kritik bölgelerdir. Aslında Devrek Çayı boyunca Mengen ve Gökçesu ilçeleri Yenice Çayı mansabındaki Gökçebey ilçesi ve diğer kesimlerde de taşkına maruz alanlar mevcuttur. Ancak bu aşamada Şekil 1'de en kritik taşkın alanları olarak gösterilen yerler için taşkın koruma önlemleri düşünülmüştür. Bu alanlardaki taşkınlar genellikle akarsu yatak kapasitelerinin yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır ve bu durum membalarında taşkınları sönümleyecek depolama tesislerinin inşasını gerekli kılmaktadır. Böylece su seviyeleri ve pik debiler daha düşük değerlere sahip olacak ve Devrek, Karabük, Yenice, Balıkısık ve Filyos Çayının Devrek kavuşum yeri ile Karadeniz arasındaki kısmında taşkın zararları en aza indirilecektir.

Membadaki taşkın kontrolu ve koruma amaçlı depolama tesislerinin boyutlandırılması için akarsuların taşkın alanları boyunca toplanan verileri kullanılarak emniyetli yatak kapasiteleri ve proje debilerinin su yüzü profilleri HEC-RAS programı ile hesaplanmıştır.

Yenice Çayı'nın Yenice ilçesi civarındaki enkesitleri Şekil 2'de belirtilmiş olup enkesit bilgileri (köprülerde röleve+enkesit) ile Yenice kolu üzerindeki 1336 no'lu AGİ'nin EİE'den temin edilen debi ölçümleri, anahtar eğrisi, enkesitler gibi verileri kullanılarak HEC-RAS programının verifikasyonu yapılmış ve enkesitler için n pürüzlülük katsayıları hesaplanmıştır. Enkesitler 18~23 Temmuz 2000 günleri arasında harita mühendislik firması tarafından alınmış ve bu sürede 1336 AGİ'den ve belirli röperlerden su seviyeleri belirlenmiştir. Yenice Çayında tespit edilen su yüzü kotlarından en memba ve en mansap kesitler arasında akarsu yatakları boyunca gerçek su yüzü profilleri çizilmiştir. Ayrıca Haziran 2000 başında Filyos Çayı Havzasında taşkınların vukubulduğunun medyadan öğrenilmesi üzerine Su-Yapı teknik elemanları 5-7 Haziran 2000 tarihlerinde en kritik taşkınların olduğu Karabük, Yenice ve Devrek kesimlerine gitmiş ve muvakkat kazık (MK) prensibine göre bazı enkesitlerde o andaki taşkın su seviyelerini belirlemiş ve ortalama hız, ıslak kesit alanı ve debileri tahmin etmiştir. 1314 (Soğanlı Ç.), 1333 (Araç Ç.), 13-37 (Eflani Ç.), 1349 (Araç Ç.), 13-41 (Yenice Ç.), 1336 (Yenice Ç.), 1346 (Devrek Ç.) ve 1335 (Filyos Ç.) no'lu AGİ'lerde o andaki su

seviyeleri ve taşkının izinden en yüksek su seviyeleri (daha önceki günlerde vuku bulmuş) tesbit edilmiştir. Bu teknik gezi sırasında taşkın durumunu gösteren fotoğraflar çekilmiş, ayrıca video kamera ile de o andaki taşkın durumu tespit edilmiştir. 5-7 Haziran 2000 ve daha sonraki teknik gezilerimizde AGİ'lerde belirlenen eşel seviyeleri ve debileri Tablo 2'de verilmiştir. Teknik gezilerimizin raporlarında fotoğraflarla birlikte arazide yapılan gözlemler de yayınlanmıştır.

4. SU YÜZÜ PROFİLİ HESABI

Yenice Çayı'nın Yenice ilçesi boyunca alınan enkesit ve su yüzü bilgilerinden yararlanılarak Manning formülü, eğim-alan yöntemi ve HEC-RAS bilgisayar programı ile her enkesit ve her koldaki enkesitlerin başlangıç ve sonu arasındaki kısmı için ortalama n=0.031 hesaplanmıştır. Akarsu yataklarının pürüzlülük katsayısı, n, aşağıda açıklanan Manning formülü ve analitik yöntemle (eğim-alan) hesaplanmıştır.

Manning formülü :

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

üniform akım için geliştirilmiştir.

Q : debi, m^3/s
n : pürüzlülük katsayısı
A : Islak kesit, m^2
S : Enerji çizgisi eğimi

Bu bağıntıdan hesaplanan ortalama n değeri 0.031'dir.

Enerji çizgisi sürtünme kayıplarına göre düzeltilerek Manning formülü üniform olmayan akımlar için de kullanılır. bu durumda iki enkesit için enerji denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$(h_1 + h_{v1}) = (h_2 + h_{v2}) + (h_f)_{1,2} + k\,(\Delta h_v)_{1,2}$$

Bir akarsu yatağının iki enkesitine ait hidrolik karakteristikler bilinirse, n, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir. analitik veya eğim-alan yöntemi olarak bilinen bu bağıntı enerji denkleminden elde edilmiştir.

$$n = \frac{1}{Q}\sqrt{\frac{(h + h_v)_1 - (h + h_v)_2 - k\,(\Delta h_v)_{1,2}}{L_{1,2} / Z_1\, Z_2}}$$

Bu formülde;

Q : debi, m^3/s

h : su yüzü kotu, m

h_v : hız yüksekliği, $(= \alpha \frac{V^2}{2g})$, m

h_f : sürtünmeden dolayı enerji kaybı (enerji denklemi)

g : Yerçekimi ivmesi

k : kesit katsayısı

α : Hız katsayısı

L : Kesitler arası uzunluk, m

Z : nK

K : Taşıma kapasitesi $= \frac{1}{n} AR^{2/3}$

A : Islak kesit alanı, m^2

R : Hidrolik yarıçap, m

1, 2 : 1 ve 2 no'lu kesitler

Δh_v : Hız yüksekliği farkı

Enerji denkleminin uygulanması deneme yanılma ile yapılır, membadaki enkesitte su yüzü kotu tahmin edilir ve bu enkesitin hidrolik karakteristikleri belirlenerek su yüzü kotu hesapla bulunur, iki değer eşit oluncaya kadar hesaplara devam edilir, bu yöntem standart adım yöntemi olarak bilinir.

Değişik tarihli gerçek su yüzü profilleri için bu bağıntıdan belirli enkesitler arasındaki ortalama n = 0.031 hesaplanmıştır.

Pürüzlülük katsayısı, n değerleri hesabında yararlanılan debi değerleri ana yatak kapasitelerini aşmadığından taşkın yatağı için ayrıca n değeri hesaplanmamıştır.

Yenice Çayı'nın taşkın alanlarındaki ana yatak ve taşkın yatağı için Nehir Hidroliği", "Hidroloji" ve "Hidrolik" kitaplarındaki tablolarda verilen n değerlerinden ve $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5$ formülünden hesaplanan ortalama değerler ana yatak için n = 0.030 ve taşkın yatağı için n = 0.100 dür ve daha önce hesaplanan ortalama n = 0.031 değeri ile uyumludur.

Araç ve Yenice Çayı'nın Yenice ilçesi boyunca alınan enkesitlerin Tablo 5'deki emniyetli yatak kapasitesi, Q_E değerleri (Bölüm 5'te açıklanmıştır) ile birlikte incelenmesinden elde edilen sonuçlar aynı tabloda verilmiştir.

Sonuç olarak Yenice Çayı'nın yüksek su seviyelerinde (emniyetli yatak kapasitesi ve proje taşkın debisinin seviyeleri) kullanılabilecek ortalama n değerleri n = 0.031 alınmıştır. Proje debileri Q_{500}, Q_{100} gibi, Q_E debilerinin su seviyeleri üzerindeki seviyelerde ana yataktan taşkın yataklarına taşacak ve taşkın yataklarında hız çok düşük olacaktır., bu nedenle taşkın yataklarında n = 0.100 alınmıştır.

Önerilen pürüzlülük katsayısı, n = 0.031 ve n = 0.100 değerleri ve Q_{100}, Q_{500}'lük pik debilerin Yenice Çayı boyunca alınan enkesitler arasında su yüzü profilleri HEC-RAS bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Bu hesaplar, 1336 no'lu AGİ'nin anahtar eğrisi yardımı ile kontrol edilmiş ve su yüzü profili hesaplarında kullanılan n değerlerinin gerçeğe yakın olduğu belirlenmiştir. HEC-RAS ile hesaplanan su yüzü seviyeleri eşel enkesitleri için Tablo 3'de verilmiştir. Q_{500} ve Q_{100}'e karşı gelen su yüzü kotları, 1336 AGİ eşelinden ve anahtar eğrisinden Tablo 3'de verildiği şekilde bulunmuştur.

Bu şekilde aynı enkesitler için elde edilen su yüzü seviyelerinin arasındaki farklar Tablo 3'den görüldüğü gibi oldukça küçüktür ve kabul edilebilir sınırlar içindedir ve su yüzü hesaplarında kullanılan n değerleri (0.031 ve 0.100) yeterli ve güvenilirdir. Bu n değerleri kullanılarak Yenice kolunun mansaptaki enkesitinin su seviyesi – debi (h~Q) bağıntısına ait değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

5. HEC-RAS BİLGİSAYAR PROGRAMI

Su yüzü profili hesaplarında kullanılan HEC-2 programının grafik yönden geliştirilmesinin ardından HEC-RAS serisi olarak kullanıma sunulmuştur. HEC-RAS programı doğal veya suni kanallardaki tedrici değişken akımlar için su yüzü profilini hesaplar, köprü, menfez gibi yapılar da modellenebilir.

Su yüzü profilleri bir kesitten diğerine aşağıdaki enerji denkleminin ardışık (iteratif) işlemlerle çözümünden hesaplanır, bu işlemler standart adım yöntemi olarak bilinir.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Burada;

Y_1, Y_2 = enkesitlerdeki su derinliği

Z_1, Z_2 = ana yatak kotları

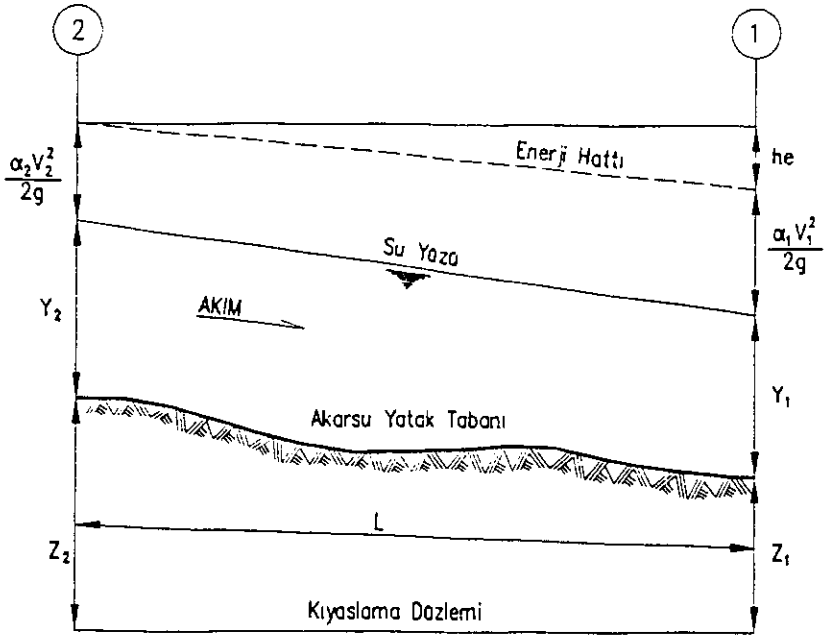
V_1, V_2 = ortalama hızlar

α_1, α_2 = ağırlıklı hız katsayıları

g = yerçekimi ivmesi

h_e = enerji yük kaybı (sürtünme ve eddy kayıpları)

Enerji denklemlerindeki terimler aşağıdaki şekil üzerinde gösterilmiştir.



(h_e) aşağıdaki ifadede verildiği gibi sürtünme ve daralma-genişleme kayıplarından oluşur.

$$h_e = L\bar{S}_f + C\left|\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right|$$

Burada;

L = debi ağırlıklı yatak parçası uzunluğu

$\bar{S}_f$ = iki kesit arasındaki temsili sürtünme eğimi

C = genişleme veya daralma katsayısı (enerji hattı eğimi)

(L) aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$L = \frac{L_{lob}\,\bar{Q} + L_{ch}\,\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\,\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}}$$

Burada;

L_{lob}, L_{ch}, L_{rob} = Enkesitler arası uzaklıklar, sıra ile sol sahil taşkın yatağı, ana yatak ve sağ sahil taşkın yatağı akımları için uzaklıklar

$\bar{Q}_{lob}$, $\bar{Q}_{ch}$, $\bar{Q}_{rob}$ = Enkesitler arasında sıra ile sol sahil taşkın yatağı, ana yatak ve sağ sahil taşkın yatağı debilerinin aritmetik ortalaması

(S_f) her enkesit için aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2$$

Burada;

$K = \frac{1}{n} AR^{2/3}$ (taşıma kapasitesi)

A = kesit alanı

R = Hidrolik yarıçap

HEC-RAS programı ile kararlı tedricen değişik bir boyutlu akımlar için su yüzü profili aşağıdaki sırada hesaplanır:

(i) Bilinen su kotuna göre (memba veya mansap) kesitin K, $\alpha \frac{V^2}{2g}$ gibi hidrolik karakteristikler hesaplanır.

(ii) Diğer kesit için su yüzü kotu tahmin edilir (memba veya mansap enkesitinde) ve K ve $\alpha \frac{V^2}{2g}$ değerleri hesaplanır.

(iii) Bir önceki sırada (ii) hesaplanan değerler kullanılarak $\bar{S}_f$ ve h_e hesaplanır.

(iv) İkinci kesitin su yüzü kotu hesaplanır.

(v) Tahmin edilen su yüzü kotu (ii) ile hesaplanan su yüzü kotu (iv) karşılaştırılır, aralarındaki fark 0.003 m veya daha küçük oluncaya kadar aynı işlemler tekrarlanır.

6. HEC-RAS PROGRAM ÇÖZÜMLERİ

Yenice Çayı'nın Yenice ilçesi civarındaki ana yatak enkesitlerinde n = 0.031 alınarak hava paylı ve hava paysız Q_E değerleri HEC-RAS ile hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir, her iki kesimdeki taşkın yataklarında n = 0.100 alınmıştır.

Yenice Çayı'nın Yenice ilçesi civarındaki taşkın alanı için doğal duruma göre Tablo 4'de verilen proje taşkın debileri, Q_{25}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{500}, Q_{1000}'in enkesitlerdeki su yüzü kotları ve su yüzü profilleri hesaplanmış ve taşan enkesitler belirlenmiştir. Ardından bu taşkın alanındaki Yenice Çayı kesiminde mevcut köprü kaldırılarak ve yatakları derinleştirilerek Q_E değerlerinin arttırılması alternatifi de incelenmiştir. Bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

a) Mevcut ve Doğal Durum

Mevcut ve doğal duruma göre HEC-RAS programı ile hesaplanan su yüzü profilleri ve ana yataktan taşma kotları Yenice ilçesi civarı için Şekil 3'de gösterilmiştir, hesap sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Yenice ilçesi civarı için Şekil 3'deki su yüzü profilleri ile Tablo 5'deki Q_E değerlerine göre ana yataktan taşacak enkesitler aynı tabloda belirtilmiştir, bu kesimdeki Yenice köprüsünün Q_E değeri 500 yıllık proje taşkın debilerinden büyüktür.

Yenice Çayı'nın taşkın alanındaki en küçük Q_E değeri ve yinelenmesi aşağıda verilmiştir.

En Kritik Enkesit	Emniyetli Yatak Kapasitesi, Q_E (m^3/s)	Yinelenme, T (yıl)
km : 8+127	602	< 10

Q_E'den büyük taşkın pik debilerinin aşılması riskini azaltmak ve Q_E değerini kısa süreli önlem olarak Q_{25}, Q_{50} ve/veya Q_{100} düzeyine çıkarmak için aşağıdaki (b) ve (c) paragraflarında açıklanan yatak ıslah çalışmaları yapılmalıdır. Uzun süreli taşkın koruma önlemi ise bu taşkın alanlarının membalarındaki mutasavver depolama tesislerinin (Şekil 1) inşa edilmesi sonucu Q_{500} ve Q_{1000} debilerinin kontrolunun sağlanmasıdır.

b) Köprülerin Kaldırılması – Yükseltilmesi

Yenice Çayı üzerinde Yenice taşkın alanındaki köprünün (enkesit no: 8, km 8+502) kiriş altı kotuna göre Q_E (= 2400 m³/s) değeri 500 ve 1000 yıl yinelenmeli pik debilerden büyük olduğundan kaldırılması düşünülmemiştir. Ancak Filyos Çayı'nın diğer kollarındaki bazı köprülerin, örneğin Karabük ili boyunca Araç kolu üzerindeki altı köprünün mevcut durumdaki kapasiteleri 100 yıllık debiyi geçirmeye yeterli değildir. Halbuki bu köprülerin mevcut durumda en düşük kiriş altı kotlarından 100 yıllık debi geçebilecek şekilde olmaları gerekirdi. Bu durumda yataktaki dolmanın (örneğin 1333 no'lu AGİ enkesitinde ≅ 150 cm'lik dolma tespit edildi) neden olduğu söylenebilir, ancak köprülerin projelendirilmesi sırasında hidrolojik verilerin yetersizliği de diğer bir etken olabilir.

c) Yatak Derinleştirmesi – Genişletilmesi – Sedde

Yenice taşkın alanında bu tür yatak ıslah çalışmaları uygulanamaz. Ancak Yenice Çayı'nın bu taşkın alanı boyunca her iki sahilinde ve aşağıda belirtilen kesimlerinde belirli bir yinelenmeye göre, örneğin 25 yıl yıl gibi kısa süreli önlem olarak taşkın koruma duvarı ve/veya sedde inşa edilebilir.

Yenice Çayı'nın aşağıda belirtilen kesimlerinde taşkın duvarı inşa edilerek ancak 25 yıllık taşkın pik debilerine ($Q_E = Q_{25}$ = 995 m³/s) karşı Yenice yerleşimi korunabilir.

Mevcut durumdaki en küçük Q_E (m³/s)	Taşkın Duvarı İnşa Edilecek Kesim		Duvarın inşasından sonra Q_E (m³/s)	Açıklama
	Sağ sahil	Sol sahil		
627 ~ 940	km 10+525 ila 10+823 arası	Yok	995	Enkesit No 16, 17, 18 arasında sağ sahil boyunca taşkın duvarı inşası gerekir
600 ~ 800	Enkesit No 4 ila 8 arasında taşkın duvarı mevcut	Enkesit No 4 ila 8 arasında taşkın duvarı mevcut	995	Taşkın duvarları yükseltilerek ancak $Q_E = Q_{25}$ sağlanabilir

7. ÖNLEMLER

Yukarıda açıklanan kısa vadeli önlemlerle (taşkın duvarı inşası ve yükseltilmesi) Yenice taşkın alanı Yenice Çayı'nın 25 yıllık taşkınlarına karşı korunabilir. Bu taşkın alanının Q_{500} taşkınlarına karşı korunması ise ancak membada önerilen depolama tesislerinin (Şekil 1) inşasından sonra mümkün olur. Bu tesislerin inşasından sonra Q_{500} değerleri ötelenerek

NOT:

Filyos Çayı havzasındaki Mayıs 1998 taşkınının EİE tarafından 1335, 1336, 1314, 1333, 1346 (13-44 DSİ), 1334, 1319 no'lu akım gözlem istasyonlarında hesaplanan pik debilerinin (tüm istasyonlarda 21.05.1998 günü vuku bulmuştur) ve fırtına yağmurunun yinelenmeleri aşağıdaki gibidir.

- Devrek kolu üzerindeki 1346 (13-44), 1334, 1319 no'lu AGİ'lerinin pik debileri 500~1000 yıl yinelenmelidir.
- Soğanlı kolundaki 1314, araç kolundaki 1333, Yenice kolundaki 1336 ve Filyos kolundaki 1335 no'lu AGİ'lerin pik debilerinin yinelenmeleri 100 yıldan küçüktür.
- Mayıs 1998 taşkınını oluşturan 48 saat süreli fırtına yağmurunun yinelenmesi 100 yıldan küçüktür.

Bu duruma göre Filyos Çayı havzasının taşkın koruma projelerinde esas alınan Q_{500} ve/veya Q_{100} yinelenmeli pik debiler 21.05.1998 tarihindeki pik debi değerlerinden büyüktür. Ancak Devrek kolu için Q_{100} değerleri Mayıs 1998 taşkınınkilerden küçük kalmaktadır.

8. KAYNAKLAR

1. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, "HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual", Water Resources Consulting Services, California, USA, 1997

2. Cudworth, Arthur G., "Flood Hydrology Manual", U.S. Department of Interior Bureau of Reclamation, 1989

3. Linsley, Franzini, Freyberg, Tchobanoglous, "Water Resources Engineering", McGraw-Hill, Inc., New York, USA, 1992

4. Henderson, F.M., "Open Channel Flow", The Macmillan Company, New York, USA, Collier-MacMillan Limited, London, 1966

5. Yanmaz, M.A., "Applied Water Resources Engineering", M.E.T.U. Press Publishing Company, Ankara, 1997

6. Linsley, R.K., Kohler M.A., Paulhus, J.L.H., "Hydrology for Engineers", McGraw-Hill Book Company, London, England, 1988

7. Beyazıt, M., "Hidroloji", İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü, İstanbul, 1997

8. Wanielista, M., Kersten, R., Eaglin, R., "Hydrology, Water Quantity and Quality Control", John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1997

9. Usul, N., "Engineering Hydrology Lecture Notes", M.E.T.U. Civil Engineering Department, Ankara, 1999

10. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, "Design of Small Dams", United States Government Printing Office, Denver, Colorado, USA, 1987

11. Kutoğlu, H.Yaşar, "Uygulamalı Hidrolik ve Hidroloji", Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1980

Tablo 1 - Filyos Çayı Havzasındaki Taşkın Koruma Yerleri ve Proje Taşkın Pik Debileri

Sıra No	Akarsu Adı	Taşkın Koruma Alanı	Yağış Alanı km²	Q_{1000}, m³/s		Q_{500}, m³/s		Doğal Durum			Hesaplama Yöntemi
				Doğal durum	Memba tesisi var, Qç	Doğal durum	Memba tesisi var, Qç	Q_{100}, m³/s	Q_{50}	Q_{25}	
1	Devrek Çayı	Devrek ilçesi içi ve civarı	2927.5	698	208	641	190	510	451	394	NTFA
		Çay Barajı ve HES yeri	2553.5	639	63	587	46	467	413	361	NTFA ve $Q = CA^{0.667}$
		Devrek Çayı sonu	3218.5	747	346	686	299	545	482	421	NTFA ve $Q = CA^{0.667}$
2	Soğanlı Çayı	Karabük ili içi	5102.0	953	456	888	403	738	681	617	NTFA
3	Araç Çayı	Karabük ili içi	2843.0	1019	174	918	158	684	569	466	NTFA
4	Yenice Çayı	Karabük ili	7945.0	1994	641	1824	578	1428	1253	1080	NTFA ve $Q = CA^{0.667}$
		Balıkısık yerleşimi ve civarı	8310.0	2055	1070	1876	926	1471	1194	957	BTFA, $Q = CA^{0.667}$
		Yenice ilçesi içi ve civarı	8804.0	2316	1112	2076	962	1518	1241	995	Snyder
5	Filyos Çayı	Devrek ile Yenice çaylarının kavuşumu	12327.7	3434	1436	3148	1286	2484	2180	1890	BTFA
		Mansabı (sonu)	13291.7	3620	1436	3318	1296	2618	2297	1992	BTFA

Tablo 2 - Filyos Çayı Havzasında Ölçülen Su Seviyeleri ve Debiler

Akarsu Adı ve Enkesit	Tarih		Eşel Su Seviyesi (m)	Debi (m^3/s)	
	Gün	Saat			
Soğanlı Çayı 1314 AGİ	05.07.2000	15:30	102	16.71	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	29.06.2000	20:30	105	17.36	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	06.06.2000	11:30	266	237.00	Debi anahtardan bulundu
	06.06.2000	11:30	263	234.49	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	05.06.2000	18:30	310	320.00	Debi anahtardan bulundu
	04.06.2000	-	360	428.00	Taşkın pik debisi su izinden ve anahtardan bulundu
Araç Çayı 1333 AGİ	26.07.2000	12:15	120	6.00	Eşel kuruda ve debi değeri tahmindir
	19.07.2000	11:00	135	7.00	Eşel kuruda ve debi değeri tahmindir
	05.07.2000	13:00	154	10.45	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	29.06.2000	20:30	160	13.17	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	06.06.2000	11:15	355	179.00	Debi anahtardan bulundu
	06.06.2000	14:45	335	149.76	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	05.06.2000	19:00	425	268.00	Debi anahtardan bulundu
	04.06.2000	-	525	398.00	Taşkın pik debisi su izinden ve anahtardan bulundu
	26.05.2000	09:30	220	38.50	Debi anahtardan bulundu
Araç Çayı 1349 AGİ	30.06.2000	10:15	70	-	Anahtarı güvenilir değildir
	06.06.2000	09:40	270	-	Anahtarı güvenilir değildir
	04.06.2000	-	360	-	Seviye su izinden, anahtarı güvenilir değildir
	26.05.2000	10:00	190	-	Anahtarı güvenilir değildir
Yenice Çayı 13-41 AGİ	23.07.2000	17:30	87	15.92	Debi değeri harita firmasının ölçüsüdür
	06.06.2000	16:30	272	390.00	Debi anahtardan bulundu
	04.06.2000	-	372	718.00	Taşkın pik debisi su izinden ve anahtardan bulundu
Yenice Çayı 1336 AGİ	26.07.2000	10:00	70	20.00	Debi anahtardan bulundu
	23.07.2000	15:45	72	20.30	Debi değeri harita firmasının ölçüsüdür
	18.07.2000	14:30	71	20.30	Debi anahtardan bulundu
	05.07.2000	09:30	90	32.00	Debi anahtardan bulundu
	04.07.2000	-	93	36.66	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	29.06.2000	11:55	96	38.85	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	07.06.2000	11:00	209	284.87	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	06.06.2000	18:50	244	375.00	Debi anahtardan bulundu
	04.06.2000	-	450	970.00	Taşkın pik debisi su izinden ve anahtardan bulundu
	25.05.2000	15:45	151	74.60	Debi anahtardan bulundu
	25.05.2000	19:30	158	85.80	Debi anahtardan bulundu
Devrek Çayı 1346 AGİ	25.07.2000	12:15	169	10.00	Debi anahtardan bulundu
	17.07.2000	09:35	168	9.50	Debi değeri harita firmasının ölçüsüdür
	04.07.2000	09:10	178	17.17	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	03.07.2000	16:50	177	17.00	Debi anahtardan bulundu
	28.06.2000	15:45	182	18.29	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	07.06.2000	08:50	242	85.00	Debi anahtardan bulundu
	07.06.2000	18:00	231	73.80	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	04.06.2000	16:00	370	280.00	Debi anahtardan bulundu
Filyos Çayı 1315 AGİ	04.07.2000	16:20	165	57.83	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	06.06.2000	17:30	411	659.58	Debi değeri EİE ekibinin ölçüsüdür
	05.06.2000	08:00	600	1365.00	Debi değeri tahmin edilmiştir.

Not:

1) Debi değerleri Su-Yapı firmasından iki adet teknik eleman tarafından 25-26 Temmuz, 18-19 Temmuz, 28 Haziran-5 Temmuz, 5-7 Haziran ve 24-26 Mayıs 2000 tarihlerindeki teknik gezilerde belirlenmiştir.
2) Teknik gezilerde muvakkat kazık esasına göre su seviye ölçümleri ve debi tahminleri de bazı enkesit ve yan kollarda yapılmıştır.
3) 03-07 Haziran 2000 tarihli taşkının pik debisi yalnız Araç Ç. 1333 AGİ yerindeki köprünün üstünden çevreye zarar vemeden taşmıştır. Yenice Çayı ile İncedere'nin kavuşum yerinden mansaba doğru ve sol sahil boyunca Yenice ilçesi içinde az bir miktar taşmış ise de çevreye zarar vermemiştir.

Tablo 3 - Verilerden HEC-RAS Programı ile Hesaplanan n Değerlerinin Kontrolu

Enkesit	Q_{500} (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)	HEC-RAS'dan hesaplanan		Anahtardan okunan	
			Q_{500} seviyesi (m)	Q_{100} seviyesi (m)	Q_{500} seviyesi (m)	Q_{100} seviyesi (m)
13-41 AGİ	1876	1471	147.28	146.59	h = 146.99	h = 146.20
1336 AGİ	2076	1518	128.01	127.05	h = 128.51	h = 127.56
1346 AGİ	641	510	81.13	80.65	h = 81.59	h = 80.79

Tablo 4 - Yenice Çayı'nın Mansap Enkesitinde Seviye-Debi (Anahtar) Bağıntısı

Su Yüzü Kotu, h (m)	Debi, Q (m^3/s)	Açıklama
116.50	59.75	En mansaptaki km 10+536 enkesitte (18 no'lu enkesit) ve n = 0.031 alınarak debiler hesaplandı. Su yüzü kotu 120.50 m'den büyük ise n = 0.042 alınmıştır.
117.00	165.97	
118.00	497.05	
119.00	855.75	
120.00	1470.56	
121.00	1971.49	
121.50	2493.52	

Tablo 5 - Yenice Çayı'nın Yenice İlçesi Boyunca Enkesitlerindeki Emniyetli Yatak Kapasiteleri (Q_E)

Enkesit Sıra No	Memba kesitinden mansaba doğru uzaklık (km)	Emniyetli Yatak Kapasitesi, Q_E (m^3/s)	Açıklamalar
1	7+331	2556	Sağ sahilden 132.77 m kotundan sonra taşar
2	7+543	2060 (2494)	Sağ sahilden 131.00 m kotundan sonra demiryolunu etkiler, hava payı 1.80 m alındı, Q_E = 2494 m^3/s debisi 132.06 m'den geçer, hava payı 0.72 m alındı.
3	7+835	1160	Sol sahilden 127.71 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
4	7+951	973	Sol sahilden 127.14 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
5	8+127	602	Sol sahilden 125.63 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
6	8+204	784	Sol sahilden 126.23 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
7	8+319	890	Sol sahilden 125.98 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
7-1	8+415	665	Sol sahilden 125.11 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
8	8+502	705	Sol sahilden 125.05 m kotundan sonra taşar.
9	8+699	2771	Sağ sahilden 126.69 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
10	8+875	1375	Sağ sahilden 124.05 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
11	9+112	1750	Sağ sahilden 124.29 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
12	9+480	1445	Sağ sahilden 122.75 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
13	9+684	1272	Sol ve sağ sahilden 122.22 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
14	10+131	1197	Sol sahilden 121.03 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
15	10+350	1337	Sol sahilden 120.30 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
16	10+525	940	Sol sahilden 119.56 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
17	10+705	627	Sağ sahilden 118.51 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.
18	10+873	683	Sağ sahilden 118.50 m kotundan sonra taşar, hava payı sıfır alındı.

1) Ana yatak için n = 0.031 ve taşkın yatağı için n = 0.100 alınmıştır.
2) Bu kesimdeki proje taşkın debileri Q_{100} = 1518 m^3/s ve Q_{500} = 2076 m^3/s'dir.

Tablo 6 – Su Yüzü Profillerinin HEC-RAS Programı ile Hesabı

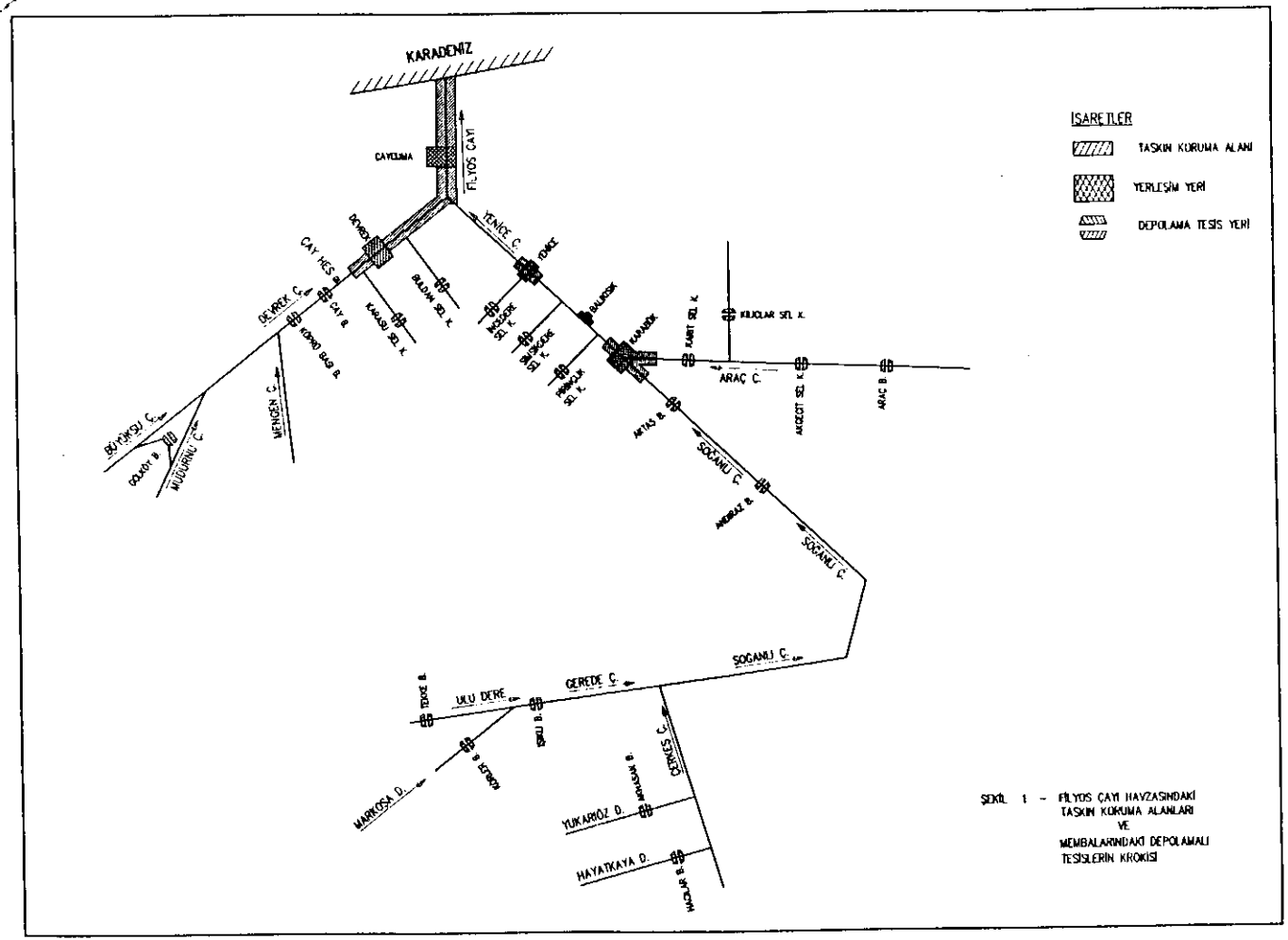
HEC-RAS Plan: yenicelcesi River: xyenicacayyyenic Reach: xyenicelcesix

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
xyenicelcesix	22	2316.00	123.46	132.31		133.10	0.003199	3.96	585.40	84.95	0.48
xyenicelcesix	22	2076.00	123.46	131.62		132.41	0.003297	3.93	528.04	83.26	0.50
xyenicelcesix	22	1518.00	123.46	130.35		131.00	0.003013	3.58	423.65	80.09	0.50
xyenicelcesix	22	1241.00	123.46	129.68		130.25	0.002798	3.35	370.59	78.43	0.49
xyenicelcesix	22	995.00	123.46	129.01		129.51	0.002609	3.12	319.05	76.76	0.49
xyenicelcesix	21										
xyenicelcesix	21	2316.00	123.18	131.76		132.41	0.002912	3.58	647.74	98.41	0.44
xyenicelcesix	21	2076.00	123.18	131.04		131.69	0.003103	3.60	577.19	96.04	0.47
xyenicelcesix	21	1518.00	123.18	129.79		130.34	0.002907	3.30	459.86	91.96	0.47
xyenicelcesix	21	1241.00	123.18	129.15		129.64	0.002712	3.09	402.13	89.85	0.47
xyenicelcesix	21	995.00	123.18	128.52		128.94	0.002548	2.88	345.67	87.74	0.46
xyenicelcesix	20										
xyenicelcesix	20	2316.00	122.66	130.57		131.54	0.002837	4.47	596.89	110.73	0.57
xyenicelcesix	20	2076.00	122.66	129.56		130.72	0.003242	4.64	486.65	107.31	0.66
xyenicelcesix	20	1518.00	122.66	128.49		129.49	0.002640	4.46	374.00	103.82	0.66
xyenicelcesix	20	1241.00	122.66	127.90		128.80	0.002761	4.20	313.04	103.04	0.66
xyenicelcesix	20	995.00	122.66	127.29		128.10	0.002978	3.97	251.27	90.21	0.67
xyenicelcesix	19										
xyenicelcesix	19	2316.00	122.42	130.59		131.19	0.001558	3.46	734.00	130.01	0.44
xyenicelcesix	19	2076.00	122.42	129.56		130.28	0.002153	3.73	602.07	130.01	0.51
xyenicelcesix	19	1518.00	122.42	128.49		129.09	0.002189	3.46	460.41	127.53	0.53
xyenicelcesix	19	1241.00	122.42	127.86		128.42	0.002096	3.32	382.69	119.37	0.54
xyenicelcesix	19	995.00	122.42	127.19		127.72	0.002128	3.22	308.73	96.92	0.57
xyenicelcesix	18										
xyenicelcesix	18	2316.00	121.90	130.38		130.95	0.001195	3.58	893.98	186.18	0.42
xyenicelcesix	18	2076.00	121.90	129.20		129.93	0.001791	3.91	694.39	164.24	0.50
xyenicelcesix	18	1518.00	121.90	128.11		128.73	0.001921	3.57	516.42	149.85	0.50
xyenicelcesix	18	1241.00	121.90	127.50		128.06	0.002022	3.36	428.49	142.03	0.50
xyenicelcesix	18	995.00	121.90	126.83		127.34	0.002147	3.21	340.29	114.29	0.52
xyenicelcesix	17										
xyenicelcesix	17	2316.00	121.66	130.46		130.78	0.001051	2.69	1108.76	182.63	0.31
xyenicelcesix	17	2076.00	121.66	129.31		129.70	0.001534	2.90	902.82	177.01	0.37
xyenicelcesix	17	1518.00	121.66	128.18		128.51	0.001675	2.66	704.94	171.45	0.37
xyenicelcesix	17	1241.00	121.66	127.53		127.84	0.001703	2.54	595.14	167.47	0.38
xyenicelcesix	17	995.00	121.66	126.85		127.14	0.001420	2.45	483.04	161.16	0.38
xyenicelcesix	16										
xyenicelcesix	16	2316.00	120.83	129.77		130.57	0.002116	4.15	697.23	112.08	0.48
xyenicelcesix	16	2076.00	120.83	128.31		129.38	0.003462	4.73	535.80	110.14	0.61
xyenicelcesix	16	1518.00	120.83	127.33		128.20	0.003141	4.21	428.42	109.39	0.59
xyenicelcesix	16	1241.00	120.83	126.79		127.54	0.002949	3.90	368.85	108.97	0.57
xyenicelcesix	16	995.00	120.83	126.24		126.89	0.002783	3.60	309.00	108.55	0.56
xyenicelcesix	15										
xyenicelcesix	15	2316.00	121.16	129.64		130.26	0.003439	3.52	688.52	107.31	0.43
xyenicelcesix	15	2076.00	121.16	128.01		128.87	0.008463	4.14	519.70	100.75	0.57
xyenicelcesix	15	1518.00	121.16	127.05		127.74	0.005980	3.89	424.51	97.80	0.55
xyenicelcesix	15	1241.00	121.16	126.52		127.11	0.005695	3.42	372.62	96.15	0.53
xyenicelcesix	15	995.00	121.16	125.97		126.48	0.005510	3.16	320.48	94.47	0.53
xyenicelcesix	14										
xyenicelcesix	14	2316.00	120.81	129.60	126.14	130.10	0.000785	3.11	754.36	150.20	0.38
xyenicelcesix	14	2076.00	120.81	127.86	125.83	128.58	0.001597	3.75	553.82	107.92	0.53
xyenicelcesix	14	1518.00	120.81	126.89	125.07	127.47	0.001580	3.37	450.46	102.58	0.51
xyenicelcesix	14	1241.00	120.81	126.35	124.64	126.85	0.001535	3.13	396.41	98.73	0.50
xyenicelcesix	14	995.00	120.81	125.80	124.23	126.23	0.001508	2.90	343.21	94.79	0.49
xyenicelcesix	13.55										
xyenicelcesix	13.55	Bridge									
xyenicelcesix	13.5										
xyenicelcesix	13.5	2316.00	120.81	127.97		128.82	0.001865	4.10	565.09	108.08	0.57
xyenicelcesix	13.5	2076.00	120.81	127.61		128.40	0.001872	3.94	526.77	107.53	0.57
xyenicelcesix	13.5	1518.00	120.81	126.69		127.33	0.001802	3.53	430.64	101.18	0.55
xyenicelcesix	13.5	1241.00	120.81	126.19		126.73	0.001730	3.26	380.56	97.57	0.53
xyenicelcesix	13.5	995.00	120.81	125.67		126.13	0.001686	3.01	330.53	93.85	0.51
xyenicelcesix	13										
xyenicelcesix	13	2316.00	119.72	126.16	126.16	128.14	0.006278	6.24	371.23	93.97	1.00
xyenicelcesix	13	2076.00	119.72	125.67	125.67	127.72	0.006398	6.04	343.78	92.83	1.00
xyenicelcesix	13	1518.00	119.72	125.13	125.13	126.67	0.006744	5.49	276.52	90.00	1.00
xyenicelcesix	13	1241.00	119.72	124.71	124.71	126.06	0.007076	5.20	238.65	87.56	1.01
xyenicelcesix	13	995.00	119.72	124.19	124.19	125.49	0.007206	5.05	197.12	76.69	1.00
xyenicelcesix	12										
xyenicelcesix	12	2316.00	119.26	125.35		126.11	0.002344	3.66	612.27	186.51	0.62
xyenicelcesix	12	2076.00	119.26	125.05		125.77	0.002431	3.76	557.37	176.65	0.63
xyenicelcesix	12	1518.00	119.26	124.27		124.89	0.002755	3.49	435.30	146.12	0.64
xyenicelcesix	12	1241.00	119.26	123.85		124.41	0.002833	3.31	374.61	138.74	0.64
xyenicelcesix	12	995.00	119.26	123.46		123.95	0.002691	3.08	323.14	128.49	0.62

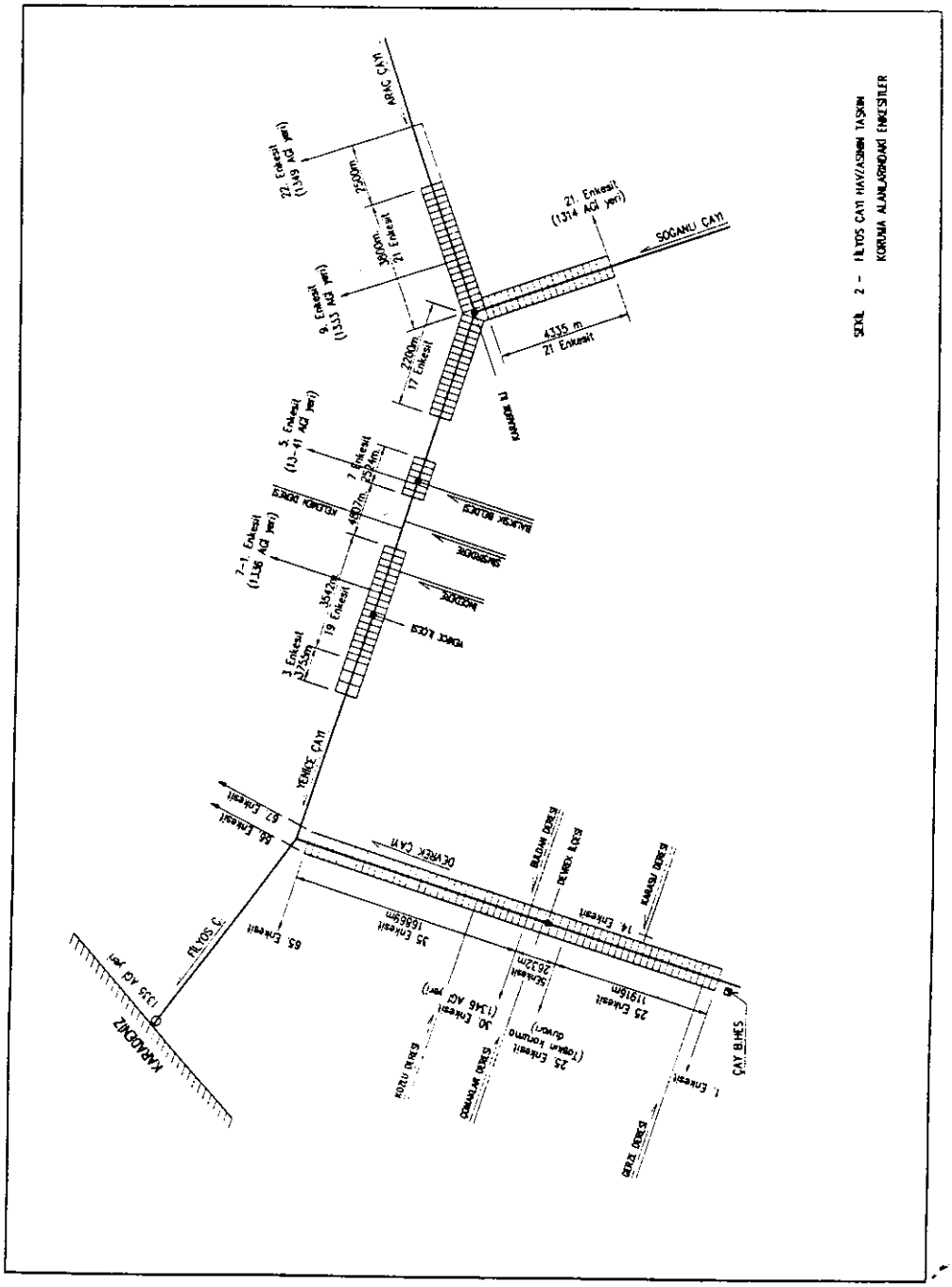
Tablo 6 – Su Yüzü Profillerinin HEC-RAS Programı ile Hesabı

HEC-RAS Plan: yeniceilcesi River: xyenicecayiyenic Reach: xyeniceilcesix (Continued)

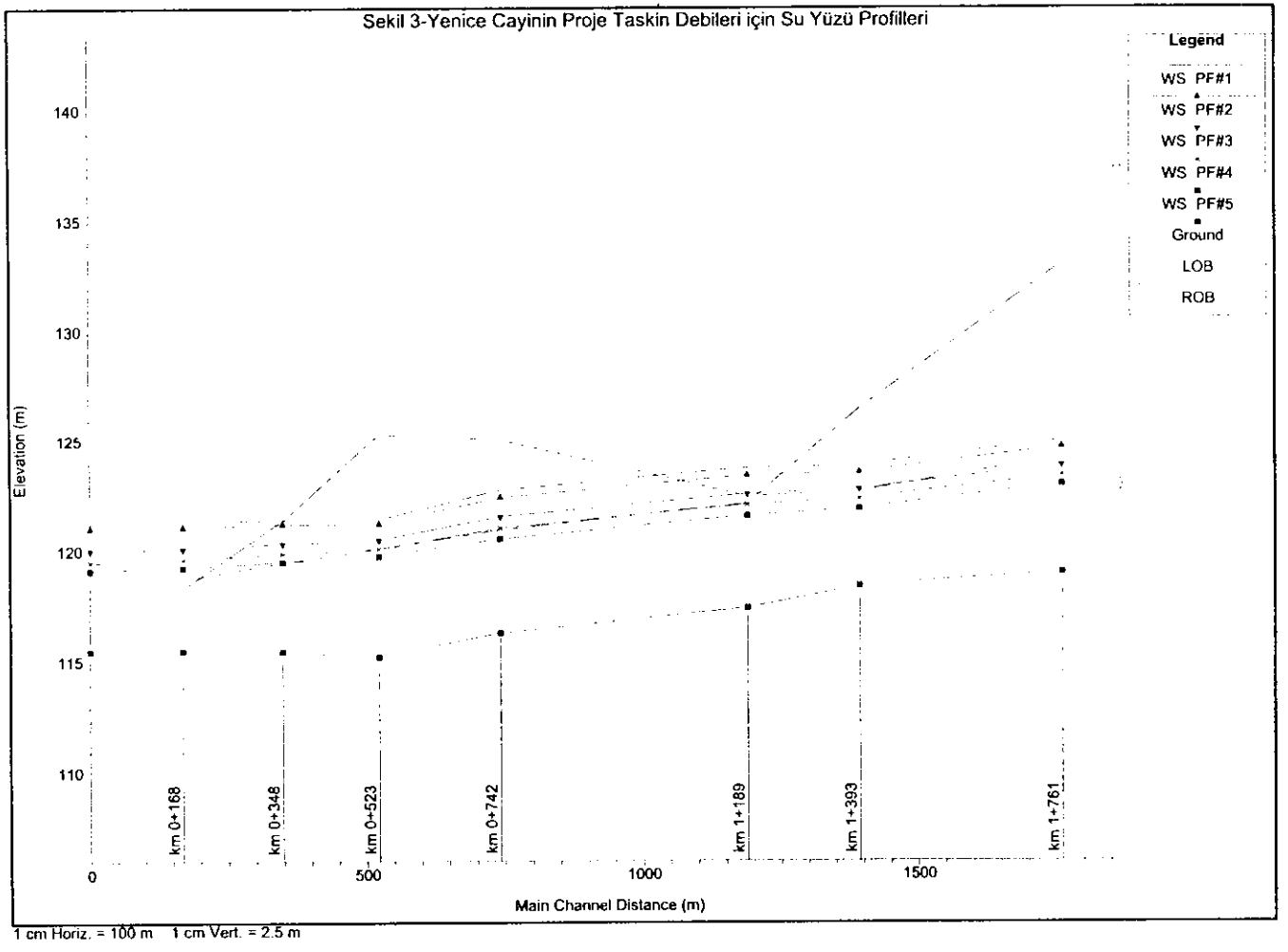
Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
xyeniceilcesix	11	2316.00	119.09	125.08		125.57	0.001656	3.10	825.31	240.97	0.48
xyeniceilcesix	11	2076.00	119.09	124.76		125.22	0.001675	3.02	748.20	240.10	0.48
xyeniceilcesix	11	1518.00	119.09	123.94		124.34	0.001608	2.79	557.93	200.39	0.49
xyeniceilcesix	11	1241.00	119.09	123.50		123.85	0.001608	2.63	474.62	182.72	0.49
xyeniceilcesix	11	995.00	119.09	123.09		123.40	0.001665	2.44	406.96	158.43	0.49
xyeniceilcesix	10	2316.00	118.48	123.93		124.75	0.002449	4.15	568.24	141.58	0.64
xyeniceilcesix	10	2076.00	118.48	123.62		124.44	0.002522	4.02	525.40	141.27	0.64
xyeniceilcesix	10	1518.00	118.48	122.86		123.54	0.002770	3.67	417.78	140.49	0.65
xyeniceilcesix	10	1241.00	118.48	122.42		123.04	0.002946	3.48	357.31	136.84	0.66
xyeniceilcesix	10	995.00	118.48	121.98		122.54	0.003279	3.31	300.76	124.64	0.68
xyeniceilcesix	9	2316.00	117.50	123.82		124.33	0.001305	3.23	896.99	262.72	0.47
xyeniceilcesix	9	2076.00	117.50	123.49		123.97	0.001345	3.14	809.10	262.72	0.48
xyeniceilcesix	9	1518.00	117.50	122.64		123.06	0.001471	2.91	586.12	262.72	0.49
xyeniceilcesix	9	1241.00	117.50	122.16		122.55	0.001545	2.77	474.99	198.83	0.50
xyeniceilcesix	9	995.00	117.50	121.65		122.01	0.001690	2.65	383.31	163.07	0.51
xyeniceilcesix	8	2316.00	116.38	122.64		123.62	0.001795	4.11	764.82	208.25	0.56
xyeniceilcesix	8	2076.00	116.38	122.50		123.25	0.001827	3.98	694.98	207.96	0.56
xyeniceilcesix	8	1518.00	116.38	121.63		122.29	0.001957	3.67	513.43	207.20	0.57
xyeniceilcesix	8	1241.00	116.38	121.11		121.72	0.002106	3.50	405.68	206.75	0.58
xyeniceilcesix	8	995.00	116.30	120.63		121.15	0.002101	3.23	331.39	127.55	0.57
xyeniceilcesix	7	2316.00	115.29	121.48		122.98	0.004064	5.51	495.58	172.44	0.83
xyeniceilcesix	7	2076.00	115.29	121.29		122.63	0.003798	5.19	462.65	172.06	0.79
xyeniceilcesix	7	1518.00	115.29	120.55	119.96	121.66	0.003642	4.67	335.91	159.92	0.78
xyeniceilcesix	7	1241.00	115.29	120.17		121.10	0.003653	4.26	291.12	87.94	0.75
xyeniceilcesix	7	995.00	115.29	119.83		120.57	0.003225	3.80	261.98	85.30	0.69
xyeniceilcesix	6	2316.00	115.55	121.51		122.28	0.002014	3.94	669.38	180.04	0.60
xyeniceilcesix	6	2076.00	115.55	121.29		121.98	0.001924	3.73	630.46	173.25	0.58
xyeniceilcesix	6	1518.00	115.55	120.41		121.01	0.002160	3.46	481.04	166.57	0.59
xyeniceilcesix	6	1241.00	115.55	119.95		120.49	0.002207	3.27	405.87	162.75	0.58
xyeniceilcesix	6	995.00	115.55	119.59		120.04	0.002057	2.97	347.44	159.72	0.55
xyeniceilcesix	5	2316.00	115.58	121.35		121.91	0.001449	3.44	895.91	234.07	0.49
xyeniceilcesix	5	2076.00	115.58	121.13		121.63	0.001369	3.24	844.05	234.07	0.48
xyeniceilcesix	5	1518.00	115.58	120.18		120.63	0.001604	3.05	624.45	226.29	0.50
xyeniceilcesix	5	1241.00	115.58	119.68		120.10	0.001763	2.93	511.36	225.45	0.52
xyeniceilcesix	5	995.00	115.58	119.32		119.67	0.001709	2.68	429.00	224.83	0.50
xyeniceilcesix	4	2316.00	115.57	121.33	119.04	121.67	0.000780	2.70	1198.51	334.09	0.38
xyeniceilcesix	4	2076.00	115.57	121.10	118.83	121.41	0.000739	2.55	1122.28	333.71	0.36
xyeniceilcesix	4	1518.00	115.57	120.10	118.27	120.39	0.000896	2.42	790.83	327.05	0.39
xyeniceilcesix	4	1241.00	115.57	119.57	117.98	119.84	0.001001	2.32	621.53	302.52	0.40
xyeniceilcesix	4	995.00	115.57	119.20	117.71	119.42	0.000950	2.11	518.55	218.56	0.38

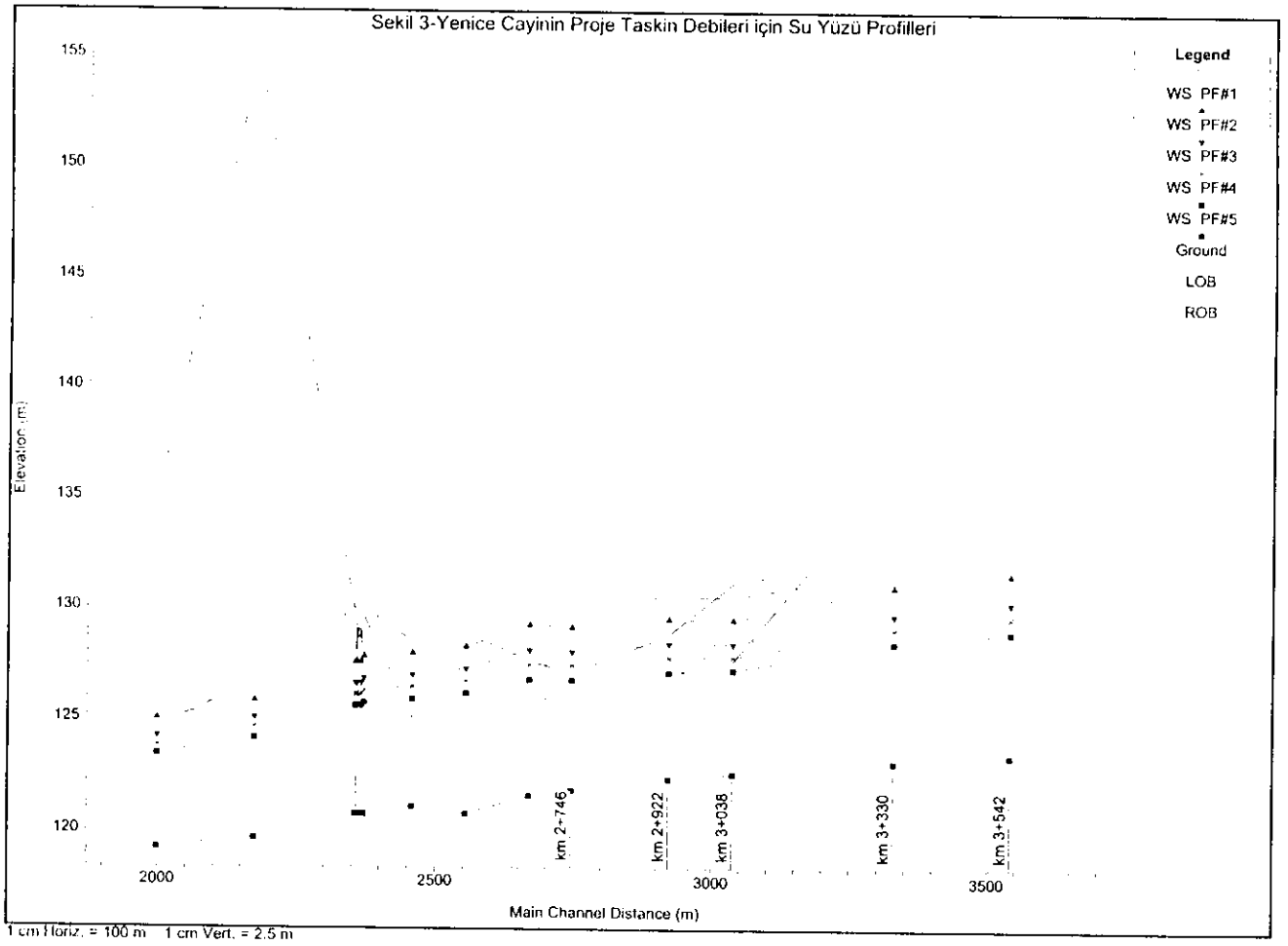


ŞEKİL 1 – FİLYOS ÇAYI HAVZASINDAKİ TAŞKIN KORUMA ALANLARI VE MEMBALARINDAKİ DEPOLAMALI TESİSLERİN KROKİSİ



ŞEKİL 2 - İLTOS ÇAYI HAVZASININ TAŞKIN KORUMA ALANLARINDAKİ ENKESİTLER


Sekil 3-Yenice Cayinin Proje Taskin Debileri için Su Yüzü Profilleri
Legend
WS PF#1
WS PF#2
WS PF#3
WS PF#4
WS PF#5
Ground
LOB
ROB
Elevation (m)
140
135
130
125
120
115
110
km 0+168
km 0+348
km 0+523
km 0+742
km 1+189
km 1+393
km 1+761
0
500
1000
1500
Main Channel Distance (m)
1 cm Horiz. = 100 m 1 cm Vert. = 2.5 m


Sekil 3-Yenice Cayinin Proje Taskin Debileri için Su Yüzü Profilleri
Legend
WS PF#1
WS PF#2
WS PF#3
WS PF#4
WS PF#5
Ground
LOB
ROB
Elevation (m)
155
150
145
140
135
130
125
120
2000
2500
3000
3500
km 2+746
km 2+922
km 3+038
km 3+330
km 3+542
Main Channel Distance (m)
1 cm Horiz. = 100 m
1 cm Vert. = 2.5 m

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

ÜLKEMİZDE İŞLETMEDE OLAN TAŞKIN KORUMA BARAJLARI VE DSİ TAŞKIN YILLIĞI İNCELEMESİ

1- Erdoğan BASMACI
İnşaat Mühendisi
Su-Yapı Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.
Ahmet Rasim Sokak No: 16
06550 Çankaya – ANKARA

2- G. Işık ERDEM
Meteoroloji Mühendisi
Su-Yapı Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.
Ahmet Rasim Sokak No: 16
06550 Çankaya – ANKARA

ÖZET

İnsanların üzerinde yaşadığı ortamı tahrip etmesiyle doğal denge bozulmakta, oluşan iklim değişiklikleri ile birlikte can ve mal kaybına sebep olan taşkın olayları yıkıcılığını arttırmaktadır.

Ülkemizde sadece taşkın koruma amacı ile inşa edilmiş barajların sayısı 2 olup, ikinci ve üçüncü amacı taşkın koruma olan barajlarla birlikte bu sayı 44'e ulaşmaktadır. Amacı taşkın koruma olmayan barajlarda normal rezervuar işletme programları gereği önemli ölçüde taşkın kontrolü yapmaktadırlar. DSİ Genel Müdürlüğü kuruluşundan itibaren izlediği taşkın olayları ve sonuçlarını DSİ Taşkın Yıllığı adı altında her yıl veya 1970-1997 yılları arası için olduğu gibi toplu olarak yayınlamıştır.

1984, 1991 ve 1998 yıllarında ardarda taşkına uğrayan Filyos havzasındaki taşkın problemini kökünden çözmek üzere DSİ tarafından ele alınmış bulunan Filyos Taşkın Koruma Projesi Revizyonu Mühendislik Hizmetleri işinde yararlanmak ve DSİ'nin deneyimlerini bu projeye aktarmak için işletmede olan taşkın koruma barajları ve DSİ taşkın yıllıkları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşkın, Taşkın Koruma, Taşkın Barajı, Taşkın Envanteri

SUMMARY

Natural equilibrium is deteriorated by the destruction of the environment by the people, so, because of the changes in the climate, floods which cause loss of life and properties, have an increasing effect of demolition.

There are two dams in Turkey constructed only for flood control and by including the dams whose second and third purpose is flood control, the number of the dams reaches 44. The dams which have no purpose for flood control, can also control the flood noticeably because of the operation programs of normal reservoirs. The General Directorate of State Hydraulic Works has published since its foundation, all of the floods and their results that have been recorded under the name of State Hydraulic Works Flood Control Almanac which concerns every year or the years between 1970-1997 collectively.

In order to solve the flood problem completely in Filyos Basin which has occurred in years 1984, 1991 and 1998 sequentially, flood control dams under operation and State Hydraulic Works Flood Control Almanac have been examined in order to use it for Filyos Flood Control Project Revision Engineering Works by State Hydraulic Works and to transfer the experiences of State Hydraulic Works into this project.

Key Words: Flood, Flood Control, Flood Control Dam, Flood Inventory

1- GİRİŞ

Nüfus artışı, ekonomik ve sosyal gelişmeler, şehirleşme, endüstrinin, köylerin, meskenlerin ve ticarethanelerin yollar ve akarsular kenarına yerleşmesi, akarsu normal ve taşkın yatağının işgal edilmesi veya kullanılmaya başlanması, küçük yanderelerin üzerinin kapatılması, kamulaştırma bedellerinin yüksek oluşu nedeni ile genelde kamu bina ve tesislerinin daha önce kullanılmayan (dere yatağı vb.) boş hazine arazilerine inşa edilmesi gibi arazi kullanımındaki gelişmeler, özet olarak doğanın dengesinin bozulması iklim değişikliği, özellikle kuzeyde yeralan sahil şeridinde, taşkınların son yıllarda sıklığını ve yıkıcılığını arttırmıştır. Global ısınma atmosferde tutulan su buharını arttırmış sahil kesiminde aniden yükselen hava akımı daha çok su buharı içerdiğinden daha şiddetli yağışa dönüşmüş ve zaten yüksek olan akarsu meyilleri ve bitki örtüsünün kaldırılması ve yok olması sellenmeyi arttırmıştır.

Ülkemizde taşkınlardan korunmak için DSİ Genel Müdürlüğü'nce birçok proje ele alınmıştır. Bunlar **Barajlar** ve **Taşkın Koruma** Tesisleridir. Aşağıda taşkın koruma amacı olan barajlarla ilgili kısa bilgi verilecektir.

2- BARAJLAR

DSİ yayınlarından yararlanarak Ekim 2000 itibariyle işletmede olan barajlar incelenmiş ve yapım amaçlarına göre sınıflandırılarak özet olarak Tablo 1'de verilmiştir. Taşkın koruma amaçlı barajlara ait liste ektedir. (1), (2)

Tablo 1 – İşletmede Olan Barajlar

Taşkın Koruma Amacı Olan Barajlar		Taşkın Koruma Amacı Olmayan Barajlar	
Amaç	**Baraj Sayısı**	**Amaç**	**Baraj Sayısı**
Taşkın (T)	2	Sulama (S)	88
Sulama ve Taşkın (S+T)	22	Sulama ve Enerji (S+E)	11
İçmesuyu ve Taşkın (İ+T)	1	Enerji (E)	16
Enerji ve Taşkın (E+T)	3	Sulama ve İçmesuyu (S+İ)	8
Sulama, İçmesuyu ve Taşkın (S+İ+T)	6	İçmesuyu (İ)	25
Sulama, Enerji ve Taşkın (S+E+T)	10	Sulama, Enerji, İçmesuyu (S+E+İ)	1
		İçmesuyu ve Enerji (İ+E)	1
		Çevre Koruma (ÇK)	1
Toplam	**44**	**Toplam**	**151**
Genel Toplam		**195**	

Ülkemizde sadece taşkın koruma amacı ile inşa edilmiş barajların sayısı 2 olup, ikinci amacı taşkın olan barajların sayısı 26, üç amaçlı olupta taşkın koruma görevi de yapan barajların sayısı 16, ve toplam olarak taşkın koruma hizmeti veren tüm barajların sayısı 44'tür. Toplam 195 baraj içindeki payı %23'dür.

Taşkın koruma yapan barajların listesi ve bunlara ait teknik bilgiler Tablo 2'dedir. Ankara ve Adana, Eskişehir, Kastamonu gibi şehirler ve 400.000 hektar alanını kapsamaktadır. Aslında taşkın koruma amaçlı nitelendirilmeyen barajlar da önemli ölçüde taşkın koruma yapmaktadır.

Bugünkü ortamda 1nci paragrafta yazılan arazi kullanımındaki gelişme ve değişmeyi taşkınları azaltacak veya en azından arttırmayacak şekilde sınırlanması olası görülmediğinden yukarı havzada taşkın depolama tesisleri inşası zorunludur.
Sadece taşkın koruma amaçlı baraj ile 2nci amacı taşkın koruma olan barajların dışındaki barajlarda, normal rezervuar işletme programları gereği önemli ölçüde taşkın kontrolu yapmaktadırlar. Bu konuda özel bir inceleme mevcut olmamakla beraber işletmede olan barajların ancak katastrofal taşkınlarda mansapta taşkın veya zarar oluşturan debi deşarj ettikleri bilinmektedir. Hatta bu kabil deşarjlarda, mansapta oluşan zararların membada barajın varoluşunun hasıl ettiği alışkanlıklar ve güven duygusu dolayısı ile mansapta akarsu yatağının yanlış veya aşırı şekilde kullanımından hasıl olduğu söylenebilir.

3- TAŞKIN KORUMA TESİSLERİ

Taşkın koruma amacı ile özellikle küçük yandereler üzerinde, çok sayıda taşkın koruma tesisi olarak adlandırılan duvar, sedde ve çeşitli tahkimatlar inşa edilmiş halen de inşa edilmektedir. Bunlardan bir çoğu, membada herhangi depolama olmadığından bir sonraki selde yıkılmış ve görevini yerine getiremez hale gelmiştir.

Ülkemizde sayısı çok fazla olmayan büyük ölçekli taşkın koruma tesisi inşa edilmiştir. Önemli ve başarılı olanlara örnek olarak Meriç, B. Menderes, Gediz, Sakarya, Seyhan, Ceyhan ve Aras Taşkın Koruma Projeleri gösterilebilir.

4- İŞLETMEDE OLAN TAŞKIN KORUMA AMAÇLI BARAJLAR

2000 Ekiminde işletmede olan 1nci amacı taşkın koruma olan barajlar ve 1nci amacı taşkın koruma olmadığı halde taşkın koruma görevi de yapan barajlarımızın listesi Tablo 2'dedir. Tablo 3'te ise Ekim 2000 tarihinde işletmede olan barajlardan taşkın koruma hissesi

hesaplanabilenler verilmiştir. Tablonun incelenmesinden de görüldüğü gibi taşkın korumaya yönelik katkısı en fazla olan barajlarımız Kızılsu, Onaç, Çatalan, Seyhan, Kızıldere, Kemer, Demirköprü, Almus ve Hirfanlı'dır.

Tablo 2- İşletmede Olan Taşkın Koruma Amaçlı Barajlar (2000 Ekim)

No	Barajın Adı	Akarsu	Koruduğu yerleşimler	Saha (ha)	Açıklamalar
1	Seyhan	Seyhan	Adana şehri	85 000	
2	Çatalan	Seyhan	Seyhan Barajı ve Adana		
3	Aslantaş	Ceyhan	-	56 950	
4	Çubuk I	Çubuk Ç.	Ankara Akköprü semti		
5	Alakır	Antalya		2000	
6	Korkuteli	Antalya	Korkuteli Ovası		
7	Kemer	Aydın		30 000	
8	Topçam	Aydın		(*)	
9	Çaygören	Balıkesir	Bigadiç Ovası	(*)	
10	Gönen	Balıkesir	Gönen Ovası	(*)	
11	Gölköy	Bolu		1360	
12	Hasanlar	Bolu		8150	
13	Kızılsu	Burdur		(*)	
14	Onaç	Burdur		(*)	
15	Karacaören I	Burdur		(*)	
16	Gölbaşı	Bursa		1200	
17	Atikhisar	Çanakkale		(*)	
18	Adıgüzel	Denizli		35 000	
19	Altınyazı	Edirne		1490	
20	Kadıköy	Edirne		1893	
21	Süloğlu	Edirne		900	
22	Porsuk	Eskişehir	Eskişehir	27 200	
23	Dodurga	Eskişehir		800	
24	Uluborlu	Isparta		300	
25	Karaçomak	Kastamonu	Kastamonu	1094	
26	Kayalıköy	Kırklareli		1200	
27	Hirfanlı	Kırşehir		25 000	
28	Çoğun	Kırşehir		1188	
29	Sille	Konya		2500	
30	Altınapa	Konya	Meram Bağları		
31	İvriz	Konya	Ereğli Ovası	(*)	
32	Kayaboğazı	Kütahya		2927	

No	Barajın Adı	Akarsu	Koruduğu yerleşimler	Saha (ha)	Açıklamalar
33	Demirköprü	Manisa		50 000	
34	Afşar	Manisa	Alaşehir Ovası	(*)	
35	Çamlıgöze	Sivas		(*)	
36	Karaidemir	Tekirdağ		4500	
37	Almus	Tokat		20 000	
38	Koçköprü	Van		(*)	
39	Uzunlu	Yozgat		(*)	
40	Ayrancı	Karaman		2500	
41	Derbent	Samsun		(*)	
42	Kırklareli	Kırklareli		(*)	
43	Bakacak	Çanakkale		(*)	
44	Demirtaş	Bursa		(*)	

(*) Taşkın koruma amaçlı olduğu belirtilmiş fakat taşkın koruma alanının yüzölçümü verilmemiştir.

Tablo 3 – İşletmede Olan Barajlardan Taşkın Koruma Hissesi Hesaplanabilenler

Sıra No	Barajın Adı	Hizmet Hissesi				
		Sulama	Taşkın	Enerji	İçmesuyu	Diğer
1	Demirköprü	29.3	21.2	49.5		
2	Hirfanlı	10.6	11.9	77.5		
3	Aslantaş	77	1.5	21.5		
4	Çatalan		24	52	24	
5	Almus	35.8	14.85	49.35		
6	Kızıldere (Ataköy)	23	31	46		
7	Karacaören I	55	4.8	40.2		
8	Kemer	22.2	29.2	48.6		
9	Adıgüzel	75	17.5	7.5		
10	Seyhan	33.3	33.3	33.3		
11	Kızılsu		100			
12	Onaç		100			

5- DSİ TAŞKIN YILLIĞI İNCELEMESİ

DSİ'ce 1998 yılında yayınlanan 8 cilt'lik Türkiye Akarsu Havzaları Taşkın Yıllığı'nda (3) 1970-1997 arası 18 yıllık dönemde oluşan taşkınlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve hidrolojik, meteorolojik, taşkın zararları ve kayıpları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu döneme ait ve ülkemizin tamamını kapsayan envanter Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 4 – 1970-1997 Taşkın Envanteri (28 yıl)

Yıl	Taşkın Sayısı	İnsan Can Kaybı	Taşkına uğrayan saha (dekar)	1998 yılı rayiçleri ile zarar (10^6 x TL)	Açıklamalar
1970	8	3	18 306	184 019	
1971	29	6	66 927	3 218 705	
1972	118	35	131 441	3 914 705	Yıllık Ort. Değerler
1973	20	21	56 119	1 194 697	Taşkın sayısı: 35 ad.
1974	40	75	100 993	1 413 237	Can Kaybı: 19 kişi
1975	62	8	367 136	3 910 342	Saha : 208 678 dekar
1976	29	5	225 359	2 163 074	Zarar : 1508×10^9 TL
1977	27	11	33 168	991 025	
1978	21	-	138 500	822 557	
1979	21	61	409 657	4 361 301	
1980	44	6	830 162	3 186 042	
1981	16	2	584 132	2 882 509	
1982	10	-	7 837	40 998 828	
1983	14	33	21 132	4 388 373	
1984	12	0	291 398	939 736	
1985	7	0	23 175	174 877	
1986	8	4	65 775	252 601	
1987	7	0	5 638	121 609	
1988	24	17	39 097	2 136 470	
1989	10	1	94 998	473 586	
1990	26	57	74 520	51 549 939	
1991	23	23	157 693	3 437 873	
1992	14	1	6 913	2 665 300	
1993	2	0	60	11 779	
1994	9	4	16 852	304 322	
1995	20	164	2 010 838	286 229 495	
1996	4	1	110 262	296 101	
1997	1	-	13 900	50	
Toplam	**628**	**538**	**5 842 988**	**422 223 132**	

Aynı yayında 1955-1969 yıllarındaki taşkınlara ait bilgiler tablo halinde özetlenmiştir. Bu tabloların özeti de Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5 – 1955-1969 Taşkın Envanteri (15 yıl)

Yıl	Taşkın Sayısı	İnsan Can Kaybı	Taşkına uğrayan saha (dekar)	1998 yılı rayiçleri ile zarar (10^6 x TL)	Açıklamalar
1955	27	-		8 743 660	
1956	23	90		31 664 094	
1957	22	13		21 329 244	Yıllık Ort. Değerler
1958	49	190		55 689 520	Taşkın sayısı : 78 ad.
1959	43	19		32 793 001	Can kaybı : 33
1960	103	-		56 588 438	Zarar : 104 10^6 x TL
1961	42	24		34 357 919	
1962	130	18		52 872 101	
1963	183	34		233 679 993	
1964	75	32		37 144 302	
1965	69	3		109 368 124	
1966	99	27		125 390 823	
1967	85	6		35 516 984	
1968	182	29		355 298 726	
1969	38	7		83 105 237	
Top.	**1170**	**492**		**1 553 542 166**	

Bütün Türkiye akarsu havzalarında vuku bulan ve yukarıda iki ayrı dönem için verilen 48 yıllık dönemde toplam 1798 taşkın oluştuğu, 1030 can kaybına uğranıldığı anlaşılmaktadır. (Tablo 6)

Tablo 6 – 1955-1997 Taşkın Envanteri Özeti

Yıl	Taşkın Sayısı	İnsan Can Kaybı	Taşkına uğrayan saha (dekar)	1998 yılı rayiçleri ile zarar (10^6 x TL)	Açıklamalar
1955-1969 (15 yıl)	1170	492	Verilmemiştir	1 553 542 166	
1970-1997 (28 yıl)	628	538	5 842 988	422 223 132	
1955-1997 (43 yıl)	1798	1030		1 979 765 298	

Türkiye Akarsu Havzaları Taşkın Yıllığı 1995-1969 ve 1970-1997 periyotlarındaki taşkınlar incelenerek, oluşan taşkınların aylara göre dağılımı Tablo 7'deki gibi bulunmuştur. Tablonun incelenmesinden de görüleceği gibi Aralık, Ocak, Haziran ve Temmuz aylarında oluşan taşkınlar, toplam taşkının %52'sini teşkil etmektedir.

Tablo 7 - Taşkınların Aylara Dağılımı

Dönem	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Top.
1955-1969 (15 yıl)	63	44	269	165	56	83	66	72	117	75	48	82	1140
1970-1997 (28 yıl)	23	19	34	33	20	67	63	62	110	115	63	16	626
Toplam	86	63	303	198	76	150	129	134	227	190	111	98	1766
Dağılım %'si	5	4	17	11	4	8	7	8	13	11	6	6	100

DSİ'ce Taşkın Yıllığı adı altında her yıl veya 1970-1997 yılları arası için olduğu gibi toplu olarak,

- Toprak ve su kaynakları geliştirme projelerinde veri teşkil etmek,
- Şehir ve Bölge Planlaması, İmar Planı düzenlenmesi, Endüstriyel Tesisler, Organize Sanayi Bölgeler, Küçük Sanayi Siteleri, Serbest Bölgeler, Bölgesel Kalkınma Proje sahalarına ait planlama çalışmalarında kullanmak,
- İstatistiksel bilgi ve envanter teşkil etmek amacı ile yayınlar yapılmaktadır.

Taşkın Koruma Tesisleri planlama ve projelendirme çalışmalarında yararlı olan bu raporların hazırlanması daha da geliştirilerek sürdürülmesi gerekli görülmektedir.

Kaynaklar :

1. Ekim 2000 tarihine kadar işletmeye açılan rezervuarlar listesi.
2. İşletme Bakım Daire Başkanlığı Yayını – Türkiye'deki Barajlar ve Hidroelektrik Santrallar – DSİ 1999, Barajlar ve Hidroelektrik Santrallar Dairesi Başkanlığı
3. Türkiye Akarsu Havzaları Taşkın Yıllığı 1955-1997

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Türkiye Su Kongresi
Taşkın Koruma Projesi Planlama Çalışmaları

Erdoğan BASMACI[1] ve H. Yaşar KUTOĞLU[2]

[1]İnşaat Mühendisi, Ahmet Rasim Sokak No: 16,
06550 Çankaya-Ankara
[2]Meteoroloji Y.Müh. ve Hidroloji Müh., Ahmet Rasim Sokak No: 16,
06550 Çankaya-Ankara

e-posta: suyapi-f@tr.net

ÖZET

Akarsu havzalarındaki taşkın koruma projeleri Mühendislik Hizmetleri'nin ülkemiz koşullarına uygun olarak yürütülmesinde sıra ile izlenecek yaklaşım ve yöntemler açıklanmıştır. Ayrıca memba depolamalı taşkın koruma yönteminin kalıcı taşkın koruma için üstünlükleri vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taşkın, Taşkın Koruma, Proje Taşkın Debisi, Emniyetli Yatak Kapasitesi, Hidrometri, Eğim-Alan Metodu, Depolama Tesisi, Taşkın İşletme Çalışması

SUMMARY

The approaches and methods to be followed tentatively in the Engineering Services of the flood protection projects in the river basins are explained in accordance with this Country's conditions. In addition to this, the superiorities of the flood protection method with the upstream reservoirs are emphasized as the permanent flood protection.

Key Words: Flood, Flood Protection, Design Flood Discharge, Safety Channel Capacity, Hydrometry, Slope-Area Method, Reservoir, Reservoir Operation Studies for Floods

1. GİRİŞ

Taşkınlar, son yıllarda doğal dengenin giderek bozulması sonucu, şiddetini ve yıkıcılığını arttırmakta ve daha sık oluşmaktadır. Ülkemizde; bugüne kadar taşkından korunmak için bir çok proje geliştirilmiş ve uygulanmıştır, halen küçük veya büyük ölçekli birçok taşkın projesi de planlama, projelendirme ve inşaat aşamasındadır. Bu projelerin pek çoğu yatak düzenlemeleri ile taşkından koruma şeklindeki çözümlerdir.

Filyos Havzası 1984, 1991 ve 1998 yıllarında ardarda taşkına uğramış önemli sayıda can kaybı ve zarar-ziyan meydana gelmiştir. 13 300 km²'lik bu havzada taşkın problemini kökünden çözmek üzere "Filyos Havzası Taşkın Koruma Projesi Revizyonu Mühendislik Hizmetleri" adı altında bir taşkın projesi DSİ tarafından ele alınmış bulunmaktadır. Öncelikli amacı taşkın koruma olan bir taşkın projesi havza bazında ilk kez çalışılmaktadır.

Bu bildiride Filyos Taşkın Projesi çalışmalarından elde edilen deneyimlerden de yararlanılarak Taşkın Koruma Projesi Planlama çalışmaları ile ilgili genel tanımlamalar, yaklaşım ve kurallar ortaya konulacaktır. Ancak planlama çalışmaları henüz kesinleşmediğinden Filyos Taşkın Koruma Projesine ait somut örnekler veya çözümler bu bildiride verilmeyecektir.

2. TAŞKIN

Taşkın, akarsuyun ana (normal) yatağından çıkarak yerleşim ve tarım alanlarını basan, can ve mal kaybına sebep olan, sosyal ve ekonomik faaliyetleri, ulaşım ve haberleşmeyi durduran veya kesintiye uğratan doğal afettir.

Akarsu havzası girdisi yağış, çıktısı akış olan bir sistemdir. Taşkın; ekstrem yağış-fırtına yağışlarının oluşturduğu ekstrem akışlardır.

3. TAŞKIN KORUMA

İnşa edilecek depolama tesisleri ve/veya yatak düzenlemeleri ile bir bölgenin, bir sahanın veya tesisin taşkından korunmasıdır. Akarsuyun derivasyonu veya taşkına uğrayan yerleşim ve tesis yerlerinin değiştirilmesi veya akarsu yatağının kullanılmaması yaygın olarak uygulanmayan diğer taşkın koruma çözümleridir. Kum torbaları ile sedde oluşturulması gibi geçici taşkın koruma yöntemi de koşulların elverdiği yerlerde başarı ile uygulanmaktadır.

Taşkın Koruma Tesisleri; yatak düzenlemesi, derivasyon, baraj veya sel kapanı gibi depolamaların müstakilen veya birbirlerini tamamlayacak ve bir bütün oluşturacak şekilde beraberce uygulanması ile ortaya çıkan yapı veya yapılar grubudur.

4. TAŞKIN PROJELERİNİN ÖZELLİĞİ VE AYRICALIĞI

Akarsu havzalarındaki toprak ve su kaynakları geliştirme projelerinde düşünülen tesisler için teknik yapılabilirliğin yanında ekonomik yapılabilirlik de aranır. Düşünülen tesisler ekonomik değilse ekonomik olacak şekilde değişik çözümlere gidilir. Yine de ekonomik değilse projeden vazgeçilir. Ekonomik bulunan projeler, bir öncelik sırası verilerek ülkenin finansman imkanlarına göre uygulamaya konulur.

Taşkın projelerinde ise can ve mal güvenliği söz konusudur. Bir bölgeyi etkileyen büyük taşkınlar, can ve mal kaybına sebep olur, sosyal ve ekonomik hayatı, ulaşım ve haberleşmeyi durdurur ve kesintiye uğratır. İnsan hayatına bedel biçilemez. Bundan dolayı taşkın koruma ŞART, taşkın projeleri VAZGEÇİLMEZ ve taşkının ne zaman oluşacağı kestirilemediğinden ÖNCELİK'lidir.

5. TAŞKINDAN KORUNACAK YERLER VE TAŞKIN PROJE DEBİSİ

Ülkemizde taşkın projeleri genelde kamu kuruluşları, çok ender de olsa özel sektör tarafından geliştirilir ve uygulanırlar. Taşkından korunacak yerler, havza, alt havza veya bir yöre veya bir kesim olarak İş Sahibi tarafından veya planlamacı tarafından belirlenir.

Taşkın koruma, İş Sahibi veya planlamacı tarafından korunacak sahanın meskun olup olmadığına, önemli ulaşım yolları, endüstriyel tesisler ve tarım alanlarının mevcut olup olmadığına ve ekonomik önemine göre belirlenen 50, 100 veya 500 yıl gibi yinelenmeli taşkın debisine göre yapılmakta ve bu debi proje debisi olarak adlandırılmaktadır.

Taşkın proje debisi taşkın tesislerinin boyutlarını, maliyetini, yapım süresini ve ekonomik yapılırlığını doğrudan etkilediğinden dolayı bu seçim büyük önem taşımaktadır.

6. TAŞKIN KORUMA YÖNTEMLERİ

Taşkın koruma projelerinde depolamasız veya depolamalı yöntemler veya her ikisi beraberce uygulanmaktadır. Akarsuya ait taşkın yatağının kullanılmaması veya akarsuyun derive edilmesi diğer taşkın koruma yöntemleridir.

6.1 Depolamasız Yöntem (Yatak Düzenleme)

Membada depolama tesisi inşa edilmez veya imkan bulunmaz ise akarsu yatağının Taşkın Proje Debisi (Q_{TP}) geldiğinde taşkın oluşturmayacak şekilde düzenlenmesidir (yatak genişletme ve derinleştirme, duvar, tahkimat yapma, seddeleme vs.).

6.2 Depolamalı Yöntem

Membada depolama tesisi (veya tesisleri) inşa ederek Proje Taşkın Debisi (Q_{PT}) geldiğinde, depolama tesisi ile mansapta taşkın oluşturmayacak şekilde sönümleme yapmak, korunacak alanda mevcut emniyetli yatak kapasitesini (Q_E) belirleyip, depolama tesisinin çıkış hidrografı ve ara havza taşkın hidrograflarının süperpoze edilmesi ile bulunan pik debiyi Emniyetli Yatak Kapasitesine indirmek ve yatak düzenlemesi yapmadan taşkın koruma sağlamaktır.

6.3 Kombine Yöntem

Yukarıda açıklanan her iki yöntemin de birlikte kullanılmasıdır. Topoğrafik ve jeolojik koşullar veya büyük yerleşimler ve yollar dolayısı ile Q_{PT}'yi Q_E'ye indirecek büyüklükte depolama tesisi yapılamıyor veya bulunan çözüm ekonomik değil ise bu yöntem uygulanır. Yatak kapasitesi, Q_Y, depolama çıkış hidrografı (ötelenmiş) ve ara havza taşkın hidrografı süperpozisyonundan bulunan pik debi değerinden büyük olacak şekilde düzenlenir.

6.4 Terk

Akarsu yatağını akarsuya terketme şeklinde özetleyebileceğimiz bu yöntemin ülkemizde uygulanma imkanı yoktur.

6.5 Derivasyon

Taşkın yapan akarsuyun yatağını tamamen veya kısmen değiştirerek taşkından korunacak sahadan uzaklaştırmaktır.

6.6 Geçici Koruma Yöntemi

Erken haber almanın mümkün olduğu, uzun ve büyük havzalarda (gecikme zamanı büyük), daha önceki yıllarda belirli debilerde taşkına maruz kalmış kesimlerde kum/toprak torbaları ile geçici seddeler oluşturmak veya taşınabilir-portatif ahşap-çelik sehpalar üzerine serilen

geçirimsiz bir örtü (geomembran) ile geçici koruma da yapılmaktadır. Kum torbaları veya sehpalar taşkın öncesi korunacak saha ile akarsu arasında mevcut yol platformu veya sedde üzerine yerleştirilmekte, taşkın sonrası kaldırılmaktadır. Bu yöntem bir nevi yatak kapasitesinin geçici olarak büyütülmesi demek olan lokal bir uygulamadır.

6.7 Genel

- Membasında bir depolama tesisi (baraj veya sel kapanı) planlanan bir kesimde; depolama tesisin taşkın çıkış hidrografı ile ara havzadan gelen taşkın hidrograflarının gecikmeleri dikkate alınarak süperpoze edilmesi ile bulunan pik debi, o kesime ait emniyetli yatak kapasitesinin üzerinde ise; o kesimde, akarsu yatağı; kazı, sedde veya duvarlarla düzenlenerek, taşkın pikini geçirecek kapasiteye getirilecektir. Taşkın piki emniyetli yatak kapasitesinin üstünde değilse herhangi bir düzenleme yapılmayacaktır.
- Yatak düzenlemesi yapılırken akışı engelleyerek ve/veya suyu kabartarak taşkının yayılmasına sebep olan mevcut köprü, bina ve sair engeller kaldırılacak, ıslah edilecek veya yenilenecektir.
- Membasında bir depolama tesisi önerilmeyen kesimlerde, doğal taşkın pikleri o kesim için öngörülen emniyetli yatak kapasitesini aşıyor, başka bir deyimle taşkın oluşturuyor ise kazı, seddeleme, duvar içine alma gibi yatak düzenlemesine gidilecektir.
- Yatak düzenleme planlama çalışmalarında taşkın sırasındaki sediment hareketi, membada inşa edilecek depolama tesisleri ile beraber, dikkate alınacaktır.

7. YATAK VE EMNİYETLİ YATAK KAPASİTESİNİN TANIMI VE BELİRLENMESİ

Yatak kapasitesi, ana akarsu yatağında kesitin tam dolu olarak (hava paysız, silme) etrafına zarar vermeden taşıyabileceği debi'dir. Bir kesimdeki yatak kapasitesi o kesimdeki en küçük yatak kapasitesidir, bu yatak kapasitesini aşan taşkın debisi o kesimde taşkın oluşturur.

Emniyetli Yatak Kapasitesi aynı kesitin belli bir hava payı veya emniyet payı (örneğin 1.00 m, 2.00 m gibi) ile taşıyabileceği debiyi ifade etmektedir. Yatak ve Emniyetli yatak kapasitesi aşağıda açıklanan yaklaşımlarla belirlenebilir.

7.1 Taşkın Sırasında Doğrudan Ölçüm

Bir kesimde taşkın oluşturan debi taşkın sırasında hidrometrik yöntemle doğrudan ölçülerek belirlenebilir. Ancak çoğu zaman buna imkan bulunmamaktadır.

7.2 Akım Gözlem İstasyonlarından Yararlanma

Taşkından korunacak yerin çok yakınında bir akım gözlem istasyonu (AGİ) var ise taşkın debisi (Q_T) AGİ'deki su seviye kayıtları ve/veya taşkın izlerine bakılarak anahtar eğrisinden belirlenebilir. Ancak taşkın debisi yatak kapasitesinin çok üzerindeki bir debi de olabilir. Bundan dolayı taşkında geçen pik debi bir gösterge olmakla birlikte yatak ve emniyetli yatak kapasitesinin belirlenmesinde çok ender durumlarda kullanılabilir.

Önemli Not:
Taşkınlar sırasındaki yüksek su seviyelerinde anahtar eğrileri çoğu kez yetersiz kalmakta veya yatakta dolma, oyulma ve akım koşullarının değişmesinden dolayı hatalı sonuç vermektedir. Ülkemizde AGİ'larının otomatik kayıt cihazları, suni kontrol, teleferik gibi sistemlerle donatılmaları ve veri toplama, analiz ve kullanıma sunulmasında çabukluk ve bilgisayar sistemine dayalı otomasyon sağlamak gerekir. Mühendislik hidrolojisi çalışmalarında ilk ve en önemli adım doğru ve güvenilir ölçümlerin teminidir.

Yağış bağımsız, akış ise bağımlı değişkendir, ekstrem taşkınlar şiddetli fırtına yağışları ve/veya kar erime akımlarından oluşur. Yağış meteoroloji ve akış hidroloji bilimlerinin konularıdır. Meteoroloji mühendisliği gibi hidroloji mühendisliği eğitiminin de üniversite düzeyinde verilmesi gündeme gelmesi gereken bir konudur.

7.3 Topoğrafik Ölçümlere Dayalı Hesap Metodu (Eğim-Alan Metodu)

Akarsu boyunca taşkın koruma açısından kritik yerler belirlenir. Bu yerlerden enkesit alınır, kesit alanı, ıslak çevre, hidrolik yarıçap (R) hesaplanır, yatak veya su yüzü profili çıkartılır, ortalama eğimleri hesaplanır, pürüzlülük katsayısı (n) tahmin edilir ve aşağıdaki formül ile debi hesaplanır.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad \text{(Manning Formülü)}$$

Önemli Not:
Bu metod; hiçbir debi ölçümü, gözlem ve kayıt yok ise veya gözleme dayalı olarak belirlenen yatak kapasitesinin kontrolu için uygulanabilir. Ancak bu metod, kesit geometrisinin düzgün olmaması ve ölçüm yapılamaması, topoğrafik ölçüm hataları, pürüzlülük katsayısının

tahminindeki yanılmalar, hidrolik eğim hesabındaki olası hatalar dolayısı ile dikkatle uygulanmalı ve mutlaka diğer yaklaşımlarla doğrulanmalıdır.

7.4 Taşkın Raporları

Yatak ve emniyetli yatak kapasitesinin belirlenmesi veya yukarıda anlatılan metodlar ile hesaplanan debilerin tahkik edilmesi için "Taşkın Raporları"ndan yararlanılabilir. Taşkının oluştuğu tarih ve süresi, taşkından önceki ve taşkın sırasındaki meteorolojik kayıtlar, taşkının yeri ve yayıldığı sahalar, taşkın zararları gibi bilgiler, varsa taşkın oluşturan debileri ve hidrografları bu raporlardan alınır, hidrometrik kayıtlar da incelenerek yatak ve emniyetli yatak kapasitesi belirlenir. Sonuçlar; yıllık taşkın raporlarının sayısının 2-3 adet olması ve bu raporların iyi hazırlanmış olması durumunda güvenilirdir.

Önemli Not:

Taşkın raporlarına göre bir kesimde taşkın oluşturan debi daha sonra yatak düzenlemesi yapıldı ise taşma oluşturmayacak duruma gelmiş olabilir veya yatağa müdahale edildi ise eskiden taşkın oluşturmayan bir debi taşkın meydana getirebilir. Bu açıdan taşkın raporları dikkatli olarak kullanılmalıdır.

8. DEPOLAMA TESİSLERİ

Taşkın depolama tesisleri Barajlar ve Sel kapanlarıdır.

Barajlar : Sulama, içmesuyu, enerji ve taşkın koruma gibi amaçların bir veya birkaçı için inşa edilen tesislerdir.

Sel Kapanları : Sadece taşkın sularını geçici bir süre için depolayan, sulama, enerji ve içmesuyuna hizmet vermeyen, taşkınları belli oranlarda kontrolsuz olarak sönümleyerek mansaba geçiren baraj veya küçük barajlardır.

Önemli Not :

- Baraj veya Sel Kapanı korunacak sahaya yakın olmalıdır, korunacak yer veya sahaya en yakın eksen en iyi eksendir.
- Mansaptaki taşkın koruma faydası değişmeyeceğinden mümkün olan en alçak baraj veya sel kapanı en ekonomik çözümdür. Enerji ve diğer faydalar dikkate alındığında daha yüksek bir tesis ekonomik çıkıyor ise daha yüksek bir baraj inşa edilebilir.

9- BARAJLARDA TAŞKIN İŞLETME ÇALIŞMALARI VE PROGRAMI

Barajlarda kapaksız dolusavakların istenilen taşkın sönümleme fonksiyonunu yerine getiremediği örnek işletme çalışmaları ile ortaya konulmuştur. Bu yüzden taşkın sönümleme fonksiyonu için baraj dolusavakları kapaklı olarak projelendirilmeli, Taşkın İşletme Programı esasları şöyle olmalıdır.

- Taşkın geldiğinde rezervuarın normal max. işletme kotunda, santralın çalışmadığı ve dipsavağın kapalı olduğu kabul edilmelidir,
- Rezervuar Normal Max. İşletme Kotu işletme şartlarında hiçbir zaman aşılmaması gereken seviyedir. Rezervuar İşletmesi; su seviyesi rezervuar normal max. işletme seviyesini aşmayacak şekilde yapılmalı, taşkın için ayrılan hacim sürekli boş bulundurulmalıdır.
- Normal işletme sürdürülürken, rezervuar seviyesinin hızla yükselmesi ve evvelce belirlenmiş bir kota belli sürede ulaşılması veya taşkın haberleşme ve ikaz sisteminden bilgi gelmesi halinde Taşkın İşletme Programı uygulanmalıdır.
- Dolusavak kapak işletme programı her türlü taşkın olasılığına (Q_{100}, Q_{500}, Q_{1000} ve Q_{kat}) cevap vermeli, gelen taşkın rezervuar taşkın max. kotu'nu aşmaksızın ve emniyetli bir şekilde baraj mansabına atılmalıdır.
- Katastrofal taşkın, $Q_{çıkış} < Q_{kat}$ olacak şekilde mansaba geçirilmelidir. Dolusavaktan atılacak rezervuar çıkış debileri korunacak alanlardaki emniyetli yatak kapasitesini aşmamalıdır.
- En az düzeyde savaklama yapılmalı, türbinlenmeden deşarj edilen su en az düzeyde olmalıdır.
- Riskleri minimuma indiren bir işletme programı olmalıdır. Otomasyona sahip olmalı, insan faktörü en aza indirilmelidir.

10. ÇALIŞMA SIRASI VE FORMÜLASYONU

Taşkın Koruma veya Planlama çalışmalarında izlenecek yol ve adımlar aşağıda özetlenmiştir.

10.1 Done Toplama

- Önceki Çalışma ve Raporların toplanması
- Hidrometri ve meteoroloji verilerinin toplanması
- Haritaların Temini (1/100 000, 1/25 000 ve 1/5000, varsa 1/1000'lik baraj yeri haritaları)
- Noksan veri ve haritaların belirlenmesi ve bunların temin için bir program yapılması.

10.2 Mühendislik Hidrolojisi Çalışmaları

- İklim ve su kaynakları, su temin değerleri, sediment etüdü
- Taşkın hidrolojisi
- Tesis mansabında ve korunacak alanlarda yatak ve emniyetli yatak kapasitesinin belirlenmesi, proje taşkın debilerinin su yüzü profili hesabı

Önemli Not:

Filyos havzasında proje taşkın debisi belirlenirken taşkını oluşturan yağışın tüm havzada aynı zamanda başladığı, havzanın tamamını etkisi altına aldığı varsayılmıştır. Havzada 21 Mayıs 1998'de vuku bulan taşkının fırtına yağış analizleri sonuçlarının bu varsayım ile uyumlu olduğu görülmüştür.

10.3 Formülasyon Çalışmaları

Formülasyon çalışmalarına korunacak yerlerin ve taşkın proje debilerinin belirlenmesi ile başlanır ve aşağıdaki sıra ile yürütülür.

- Harita üzerinden depolama tesisleri eksen veya eksenlerin seçimi
- Kot-Hacim-Alan eğrisi ve tablolarının hazırlanması, Tesis yüksekliğinin yaklaşık olarak belirlenmesi,
- Taşkın, enerji üretimi ve su teminine yönelik işletme çalışmaları
- Baraj veya sel kapanı kararı verilmesi, genel yerleşim, master plan veya planlama seviyesinde projelendirme
- Depolama eksenleri ve malzeme alanlarının jeolojik ve inşaat mühendisliği açısından arazide incelenmesi
- Metraj, keşif ve iş Programı, ekonomik ve mali analiz

Önemli Not :

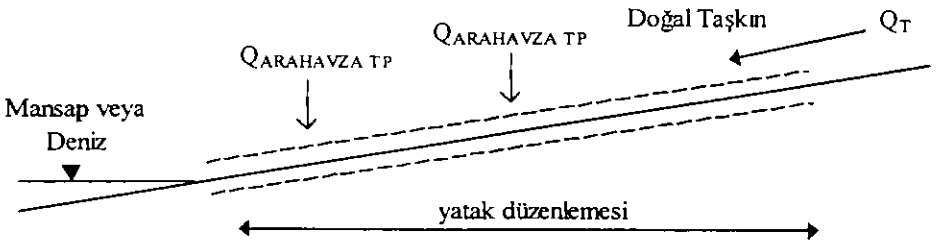
Bir taşkın koruma projesinde öncelikli ve en önemli unsur taşkın hidrolojisi çalışmalarıdır. Planlama ve projelendirmede kullanılacak Proje Taşkın Debisi ve $Q_{katastrofal}$ pik debileri ve hidrograflarının hesap yöntemi için İş Sahibinin mutabakatı alınarak, en hızlı bir şekilde belirlenmelidir.

Proje formülasyonu çalışmaları; taşkın debilerine ait ilk değerler ile, bilgisayar ortamında çalışıldığı için kolayca adaptasyon sağlanabileceğinden daha sonra onaylı debilere göre düzeltilmek üzere hidroloji raporunun onayını beklemeksizin yapılmalıdır.

11. TAŞKIN KORUMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

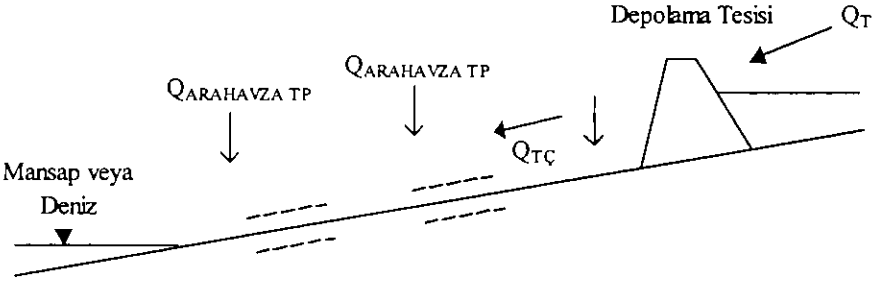
Ülkemizde depolamasız, depolamalı ve kombine taşkın koruma yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanması aşağıda şematik olarak gösterilmiş ve depolamalı yöntemin üstünlükleri belirtilmiştir.

11.1 Depolamasız Yöntem



Tüm akarsu boyunca, yatak kapasitesi $Q_Y > Q_E$ olacak şekilde yatak düzenlemesi yapılır.

11.2 Depolamalı Yöntem



Yalnızca $Q_E < Q_{TÇ}$ olan yerlerde yatak düzenlemesi yapılır.

İşaretler ve kısaltmalar

Q_T	doğal taşkın debisi
$Q_{TÇ}$	Depolama tesisi taşkın çıkış piki
Q_E	emniyetli yatak kapasitesi

Q_{TP}	Taşkın proje debisi
$Q_{ARAHAVZATP}$	Ara Havza Taşkın Piki
----------	yatak düzenlemesi

11.3 Depolamasız Yöntemin Sakıncaları

Mansapta uzun bir yatak boyunca yatak düzenlemesi gerektiğinden;

- yaygın ve dağınık bir inşaattır, inşaatı uzun süre ister, pahalı ve uğraştırıcıdır, yönetimi ve etkin kalite kontrolu zordur,
- kamulaştırma sorunları çok büyüktür, sedde veya yatak düzenleme yapıları, yerleşimler ve insanlar, yollar ve tesisler ile içiçe ve girişim halindedir,
- bütün yerleşimler, ulaşım tesisleri, sanayi tesis ve siteleri mevcut duruma yani seddesiz duruma göre oluşmuştur. Seddeler ulaşım yollarını keser, ulaşımı engeller ve zorlaştırır,
- seddeler ve yatak (normal yatak+taşkın yatağı) tarafından büyük ve değerli alanlar işgal edilir, kullanım dışı kalır,
- yanderelerin ana akarsuya birleşimi yerlerinde projelendirme ve işletme zorlukları vardır, mevcut köprülerin ve bağlantı yollarının yenilenmesi veya genişletilmesi gerekir,
- sanayi tesisleri ve yerleşimlerin atıksu bağlantıları ile akarsudan su alan tesis ve tarım alanlarının bağlantıları problem olur,

Önemli Not:

Bugüne kadar uygulanan ve kısaca yatak düzenlemesi olarak adlandıracağımız, akarsu yatak kesitinin büyütülmesi ve yatağın,

- taş, beton ağırlık ve B.A., istinat duvarları, anroşman, taş veya beton plak kaplama,
- fildöfer, mahmuz ve seddeler, canlı iksa gibi yapı elemanları ile güçlendirilmesi başarılı ve uzun ömürlü olmamıştır.

Çünkü; büyük taşkın debileri kesitten ancak yüksek su seviyeleri ve yüksek hız ile geçer. Su hızı ve derinliği arttıkça suyun sürüklenme kuvveti artar, yataktaki malzeme harekete geçer, oyulma dolayısıyla yatak bozulur, koruma yapıları yıkılır. Bu yüzden membada depolaması olmayan yatak düzenlemeleri kalıcı olamaz.

11.4 Depolamalı Yöntemin Üstünlükleri

Depolamalı yöntem ile sorun membada çözülür.

- inşaat kalite kontrolu ve kamulaştırma toplu bir şekilde yapılır.
- depolama tesisleri akarsuların rejimini düzenler, mansapta düzenli ve sürekli su olur
- enerji üretimi, sulama suyu temini, içmesuyu temini, rekreasyon alanı ve balıkçılık gibi ikincil faydaları vardır, sedde veya yatak düzenlemesinin ikincil faydası yoktur.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2003, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

MESKUN BÖLGELERDEKİ TAŞKIN ZARARININ HESAPLANMASI İÇİN YÖNTEMLER

Abdüsselam ALTUNKAYNAK[1] ve Mehmet ÖZGER[2]

[1]İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı, 80626, Maslak-İstanbul
altunkay@itu.edu.tr
[2]İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi, 80626, Maslak-İstanbul
mehmetozger5@hotmail.com

ÖZET

Özellikle taşkın kontrolü ile ilgili büyük projelerin, kullanılan devlet sermayeleri için ekonomik olduklarının gösterilmesi gerekir. Başka bir deyişle, taşkından korunma ile elde edilen faydanın, maliyetleri belli bir kar oranında aşması lazımdır. Taşkınlardan dolayı oluşan zararlar, proje öncesi ve proje sonrası durumları için ortalama yıllık zararları çıkarmak üzere belirlenmelidir. Taşkın sigortası çalışmalarında da, çeşitli aşılma olasılıkları karşısında oluşacak zararların belirlenmesi önemli bir yer yutar. Zarar tespitinde derinlik-zarar eğrilerinin kullanılması hala geçerli bir yöntemdir. Bu makalede bugüne kadar yapılmış zarar tespit çalışmalarına yer verilmiştir. Ayrıca zarar tespit çalışmalarının bir metodolojisi sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Taşkın Zararları, Derinlik-Zarar Eğrileri, Taşkın Sigortası

ABSTRACT

Major water resource projects, especially those featuring flood control, must show economic justification (benefits exceed costs at an authorized interest rate) for state funds to be used. Thus, a linkage between depth and frequency of flooding and economic damages is required. Damages due to the flooding must be determined and then meshed with depth frequency to give average annual damages for pre-project and for post-project conditions. In flood insurance studies, estimating flood damages occurring various exceeding probability is an importing task. Using the depth-damage curves still is a valid method to estimate the flood damages. İn this paper, damage estimation studies that have been made so far, are take place. Besides a methodology is presented to derivation of expected annual flood damages.

Key words: Flood Damages, Depth-Damage Curves, Flood Insurance

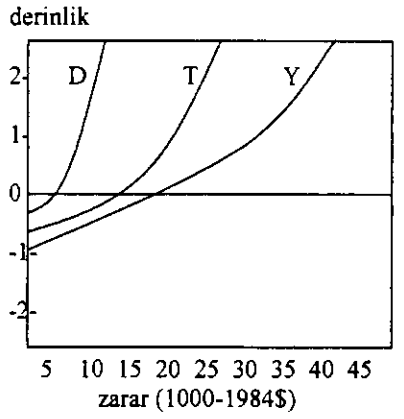
1.GİRİŞ

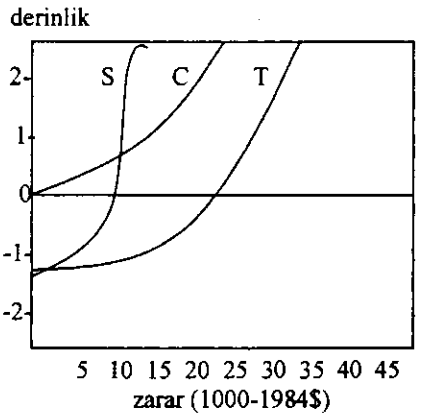
Taşkın etkilerini azaltmak için tasarlanan taşkın koruma projelerinin fayda-maliyet analizlerinde veya taşkın sigortası çalışmalarında potansiyel zararın belirlenmesi, elzemdir. Bazıları, taşkının zararları arasında ölümle sonuçlanan hadiseler olduğunu, bunun için fayda-maliyet analizi yapmadan taşkın tehlikesi olan bütün bölgelere taşkın koruma yapılarının inşaa edilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Ülkemiz şartlarını göz önüne aldığımızda, her taşkın tehlikesi bulunan bölgeye bir taşkından koruma yapısı yapmanın mümkün olmadığı görülür. Bununla birlikte her sene olan taşkınlarla ülkemiz büyük maddi zararlara uğramaktadır.

Maruz kalınan zarar, taşkın koruma yapılarının maliyetlerini büyük ölçüde aşmıştır. Bunun için taşkın zararına en çok maruz kalan bölgelerin, önem sırasına göre bir an önce taşkın koruma yapıları ile koruma altına alınması veya koruma yapılarının takviye edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, ülkemizde taşkın sigortacılığı işlemlerinin de ivme kazanması gerekmektedir. Tüm bunlar için gerekli bir veri olan yıllık beklenen zararın veya potansiyel zararın belirlenmesi, öncelikli işler arasında gelir.

2.LİTERATÜR

Yıllık beklenen taşkın zararının hesabında önemli bir adım olan derinlik-zarar eğrilerinin çıkartılması, son derece zor bir iştir. Bean[6] et al (1988) anket sonuçlarını değerlendirerek derinlik-zarar eğrilerini elde etmiştir. Taşkın bölgesindeki 287 konut incelenerek, evlere ait bütün eşyaların (mutfak aletleri, mobilya takımları, ev içindeki tekstiller, v.b.) ve konutun yapı bileşenlerinin (ahşap, betonarme, v.b.) onarım veya yenileme maliyetleri göz önüne alınmıştır. Farklı tipteki konutlar için, ilk katın –2,5m altından 0,3m artışlarla 2,4m kadarki çeşitli seviyelerde zararlar bir dBASE bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır. Konutları kalite sınıfına sokmada ankötör sübjektif tavrını ortaya koymuştur. 28 kategoride bulunan yapı tipleri ,istatistiksel t testleri ile 7 kategoriye indirilmiştir. Aşağıda, tek katlı bodrumsuz bir yapı tipi için derinlik-zarar eğrisi Şekil 1' de gösterilmiştir.





Şekil 1. Derinlik-zarar eğrileri
(D:Düşük Bölge, Y:Yüksek Bölge, T:Toplam; S:Yapısal Zarar, C:İç Zarar)

Debo,T,N (1982) [4] meskun bölgedeki taşkın zararını belirlemek için Georgia'da bir saha çalışmasının sonuçlarını değerlendirmiştir. Seviye-Frekans, Derinlik-Zarar ve fiziksel verileri kullanarak Aşılma Olasılığı-Zarar eğrilerini oluşturmuş, oradan da yıllık beklenen zararın ortalama değerini hesaplamıştır. Seviye-Frekans verilerinin üretilmesi amacıyla 2, 5, 10, 15, 25, 50 ve 100 yıl dönüş aralıklı taşkınlardan oluşacak seviyeler için çalışma sahası yüzey su tutma kapasitesine, toprak cinsine,drenaj sahasına ve ortalama yıllık yağışlara göre 5 bölgeye ayrılmış ve taşkın seviyeleri için örnek olarak aşağıdaki bağıntılar öne sürülmüştür.

1.Bölge 10 yıllık taşkın için $D=3{,}06*A^{0{,}23}$.....(1)

2.Bölge 10 yıllık taşkın için $D=4{,}86*A^{0{,}23}$.....(2)

D:Kanal tabanından itibaren taşkın derinliği

A: Drenaj Alanı (mil kare)

$A_e = A_m * R_c * R_u$ .....(3)

A_e : Dönüştürülmüş drenaj alanı

A_m : Ölçülmüş drenaj alanı

R_c : Bölgesel katsayı

R_u : Kentleşme katsayısı

Taşkın ovasındaki her yapı için seviye belirlenmesinde, referans taşkın yüksekliği alınmıştır. Ayrıca kamu mallarına gelen zararlar, ulaşım zararları ($364/yapı) ve acil yardım maliyetleri de($115/insan) elle hesaplanmıştır. Ulusal veriler kullanıldığı için belli bir bölgenin zararlarını ne kadar temsil edeceği ve yenileme maliyetlerinin ortalama değerler vermesi bu programın kısıtlarıdır.

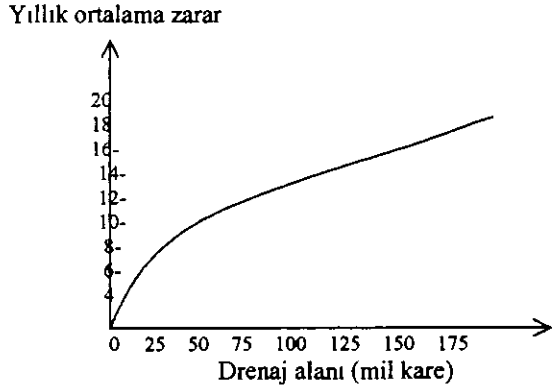
Johnson (1985) [5] , Taşkın ovasındaki konutların yerlerine göre zararın nasıl değiştiğini, göstermeyi amaçlamıştır. Bu yerler, konutların ilk katına ulaşacak taşkının yinelenme frekansına göre belirlenmiştir. Böylece taşkın seviyesi ile konutun taşkın ovasındaki konumu arasında bir bağlantı kurulmuş olur. FIA tarafından hazırlanan derinlik-zarar eğrileri kullanılmıştır. Yıllık beklenen zarar 7 adet taşkın tehlike faktörü(FHF), 2 farklı konut tipi ve 9 adet ilk katta oluşacak taşkın frekansları verilerini kullanılarak Hydrologic Engineering Center'da Harold Kurbit tarafından yazılan "Expected Annual Damage " adlı bir bilgisayarprogramı yardımıyla hesaplanmıştır. 25 yıllık taşkın ovasında ve özellikle 15 yıllık taşkın ovasındaki zararın dışındakilere göre 10 kat daha fazla olduğu sonucuna varılabilir. Konut konumunun 2 yıllık bölgeden 25 yıllık bölgeye taşınmasıyla yıllık beklenen zararda mühim bir azalma görülürken, aynı şeyin 25 yıllıktan 100 yıllığa geçişte görülmediği söylenebilir.

Boyle et al (1998) [3] taşkın tehlikesinin mekansal değişimini belirlemek amacıyla CBS'lerin kullanılmasının yeterli bir metot olacağını öne sürmüştür. Ontario için çıkarılmış derilik-zarar eğrilerinin yardımıyla ve HEC-2 hidrolik modelini de kullanarak alternatif arazi kullanımları için zarar değişimini göstermiştir. Taşkından etkilenen alanlar, tehlike durumu zarar fonksiyonları, tehlike haritaları çıkarılmıştır. Alternatif taşkın koruma yapılarına göre zarar değişimi çıkarılmıştır. Efektif taşkın derinliği, suyun binaya girdiği yükseklikten (eğer mümkünse arazi incelemesi sonucu veya kullanıcı tarafından belirlenen) ortalama taşkın derinliğinin çıkarılması ile bulunmuştur. Her mülkiyetteki farklı efektif taşkın derinliğinin zarar tahminleri üzerindeki etkisi bir seri simülasyon ile belirlenmiştir.

3.TAŞKIN ZARARI HESAPLARINDA İZLENECEK METODOLOJİ

Taşkın zararları bir çok değişkenin fonksiyonudur, bunlar içinde en önemli olanı araziyi kullanım şekli ve taşkın suyu karakteristikleridir. Taşkın suyu karakteristikleri ise derinliği, hızı (taşkın dalgası ile birlikte), taşkın süresi ve katı madde yükünü içerir.

Bu çalışmada, Huntingon Bölgesi Mühendisler Birliği tarafından çıkarılan derinlik-zarar eğrileri kullanılmıştır. Yapısal ve iç zararın hektar başına 40,500$ olması durumunda taşkın zarar eğrileri Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Drenaj alanı ile zararın değişimi (tek aile, 2% eğim),(1 mil=1,61km; 1mil kare =2,59km^2)

Yapılan bu çalışma sonucunda; arazi kullanım şekillerinin zarar üzerindeki etkisinin belirlenmesi, en büyük zarara uğrayacak bölgenin belirlenmesi, yıllık ortalama zararın tespiti sağlanabilir. Bu çalışmanın kısıtları da tam doğru bir zarar tespiti yapılamaması ticari ve endüstriyel arazi kullanımının bu çalışmadan dışlanması ve detaylı taşkın zararı analizlerinden ziyade sadece ön tahminler için kullanılabilmesidir.

Appelbaum,S.J.,(1985) [2] makalesinde, müstakil konutlar ve ticari yapılardaki seviye-zarar eğrilerini hesaplamak için Baltimor Bölgesi Mühendisler Birliği tarafından geliştirilen DPROG2 (Damage Asembling Program) adlı bir bilgisayar programı ile Wyoming Vadisinde(Pennsyluania) yapılan bir durum çalışmasını ana hatlarıyla işlemiştir. Bu çalışmada, FIA (Federal Insurance Adminstration) tarafından geliştirilen Derinlik-Zarar Yüzdeleri verileri kullanılmıştır. Yapının değeri yenilenme maliyeti ile belirlenmiştir.

RC= -16,089.2+18.188(TSQF)+11.847(FFSQF)+8,297.46(APP) .....(4)

RC: Yenileme maliyeti

TSQF: bodrum kat hariç yapının toplam alanı (feet kare)

FFSQF: yapının ilk katının toplam alanı (feet kare)

APP: yapının görünüşü (0ile 4 arası ; 0=düşük, 2=ortalama, 4=yüksek)

Farklı şekillerdeki arazi kullanımı, aşikar olarak farklı taşkın etkileri ortaya çıkaracaktır. Taşkın suyu karakteristiklerinde en kolay belirlenebileni, taşkın derinliğidir. Bu parametre, seviye-zarar eğrilerini tanımlamak için kullanılır ve meskun bölge için en uygun olanıdır. Hala uygulanabilir olmasına rağmen, seviye-zarar eğrisinin araziye özel zarar incelemeleri yokken ticari ve endüstriyel kuruluşlar için çıkarılması çok zordur. Derinliğin yanında diğer değişkenlerde (hız katı madde birikimi gibi) önemlidir. Fakat, genellikle mantıksal olarak bunlar zarar eğrileri için uygulanamaz.

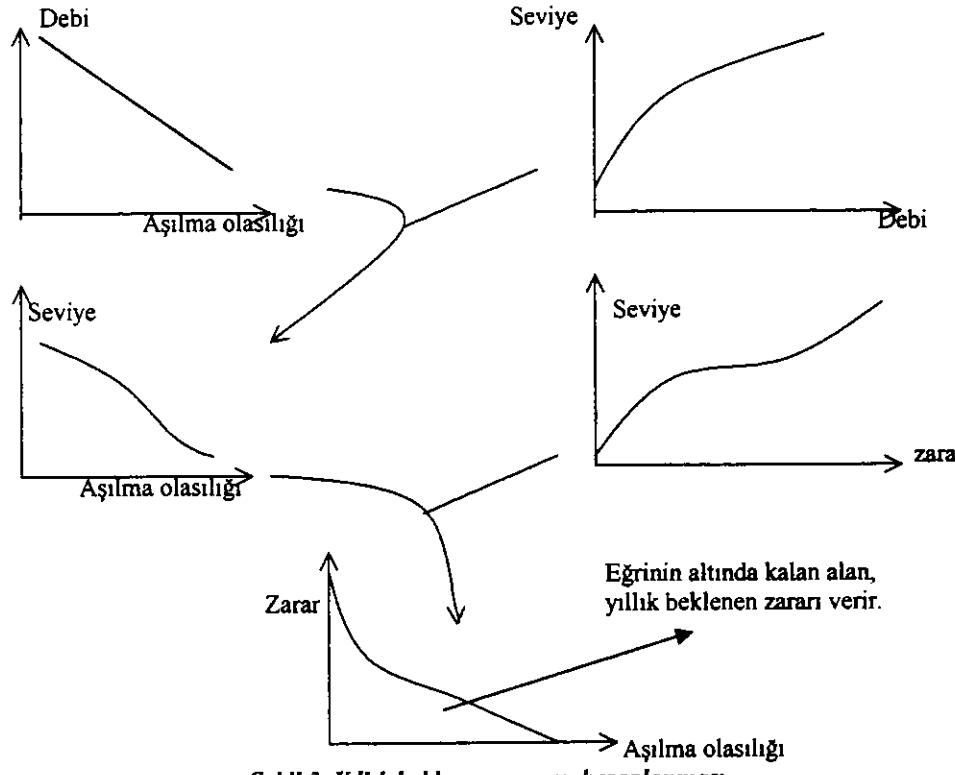
Taşkın zararını belirlemek için iki temel yaklaşım söz konusudur.

a) Gerçek zarar yaklaşımı
b) Potansiyel zarar yaklaşımı

Gerçek zararlar yaklaşımı, geçmişte oluşmuş bir taşkının zararlarını arazi incelemesi yapılarak belirlenmesi ilkesine dayanır. Fakat bu yaklaşımın en büyük dezavantajı, nadiren oluşan büyük taşkınlar hakkındaki veri eksikliğidir.

Potansiyel zararlar yaklaşımı ise taşkın zararını azaltma çalışmalarında kullanılır. Bu yaklaşımda izlenen metot aşağıdaki gibidir.

a) Çeşitli aşılma olasılıklı taşkınlar için hidrolojik ve hidrolik analizleri esas alan taşkın haritalarının hesaplanması
b) Tehlike bölgesindeki seviye-aşılma olasılığı ilişkisinin belirlenmesi
c) Seviye-zarar eğrilerinin belirlenmesi
d) Bütün bunlar birleştirilerek aşılma olasılığı–zarar grafiğinin çıkarılması



Şekil 3. Yıllık beklenen zararın hesaplanması

Debi-frekans çıkarılabilmesi için yağış-akış modeline ve\veya frekans analizlerine, debi-seviye bağıntısının çıkarılması için, su yüzeyi profili hesaplamalarına ihtiyaç vardır. Seviye-zarar bağıntısı ise taşkın ovasındaki yapıların ve içindeki eşyaların envanterini ve saha incelemelerini içeren ekonomik analizlerden elde edilir.

Su yüzü profili hesaplamalarında genelde tercih edilen hazır program USACE (United States Army Corps of Engineers) tarafından geliştirilen HEC-2 paket programıdır. HEC-2 tek boyutlu, tedricen değişken ve küçük eğimli el yapımı veya doğal kanallardaki sürekli akımlar için su yüzeyi profilini hesaplar. Diğer paket programlar ise şunlardır: Belirli taşkın debileri için taşkın yüksekliklerini ve taşkın bölgelerini belirleyen SCS (Soil Conservation Service) tarafından hazırlanmış WSP2 paket programı, USGS(United State Geology Service) tarafından piyasaya sürülen WSPRO programıdır.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Taşkın zararlarının tespiti, taşkın ovası yönetimi için önemli girdilerden bir tanesidir. Taşkın ovasında kurulacak veya kurulmuş olan yerleşim birimleri için alınacak önlemler, yeni yerleşim yerlerinin tespiti, acil durum faaliyet planları taşkın zararlarına göredir. Örneğin yapılaşmanın 25 yıllık taşkın bölgesinin dışında tutulması ile zararın önemli ölçüde azaltıldığı görülmektedir. Bu ise, taşkın koruma yapıları fayda-maliyet analizinde taşkın koruma yapılarının yapılması için negatif bir etkidir. Çeşitli arazi kullanım şekilleri için zararlar belirlenerek, en uygun arazi kullanım şeklinin ortaya çıkarılması yıllık beklenen taşkın zararlarına göre yapılır. Taşkın sigortacılığı işlemlerinde, potansiyel zarara maruz bölgeler, oluşacak zarar büyüklüklerine göre sınıflara ayrılabilir. Sigorta primleri ise bu bölgelere göre belirlenir. Acil durum faaliyet planında, ilk müdahale edilecek yer zararın en yoğun olduğu yer olduğu için bu bölgelerin tespiti son derece önemlidir.

5.KAYNAKLAR

[1] ASCE, " Hydrology Handbook", Second Edition, New York, USA, 1993

[2] Appelbaum,S.J., " Determination of Urban Flood Damages", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.111, No.3, July, 1985, pp:269-283

[3] Boyle, S.J., Tsanis, I.K., Kanaroglou, P.S., "Developing Geographic İnformation System For Land Use İmpact Assessment an Flooding Conditions", ", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.124, No.2, March\April, 1998, pp:89-98

[4] Debo, T.N., "Urban Flood Damage Estimation Curves", Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol.108, No.HY10, October, 1982, pp:1059-1069

[5] Johnson, W.K., "Significance of Location in Computing Flood Damage", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.111, No.1, January, 1985, pp:65-81

[6] Mcbean, E.A., at al, "Flood Depth-Damage Curves By İnterview Survey", ", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol.114, No.6, November, 1988, pp:613-634

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

TAHOE HAVZASINDA GÖZLENEN HİDROLOJİK DEGİŞKENLERİN ZAMAN SERİ ANALİZLERİ

Doç.Dr. Gökmen Tavfur[1] and Prof.Dr. M.Levent Kavvas[2]

[1] İzmir Yük. Tekn. Enst., İnş. Müh. Böl., Cankaya 35210 Izmir
tayfur@likya.iyte.edu.tr
[2] Dept. of Civil and Envr.Engrg., University of California, Davis, California, USA.
mlkavvas@ucdavis.edu

ÖZET

1980 Ekim- 1993 Temmuz tarihleri arasında California da bulunan Tahoe havzasındaki Tahoe City istasyonunda yağış ölçümleri günlük olarak kayıt edilmiştir. Bu ölçümlere ilaveten, aynı tarihler arasında aynı havzada bulunan Upper Truckee nehrinde debi (Q) ve toplam askı-katı madde (TSS) ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada sözkonusu hidrolojik verilerin tek-değişkenli zaman seri analizleri yapıldı. Tek-değişkenli zaman seri analizinde, değişkenlerin aylık serileri standart hale getirilerek stasyoner zaman serileri elde edildi. Stasyoner serilerin kısmi-otokoralasyon fonksiyonu (PACF) ve otokorolasyon fonksiyonu (ACF) davranışları ile %95 güven aralıkları belirlenerek sözkonusu hidrolojik değişkenler için teorik otoregresiv-hareketli ortalama (ARMA (p,q)) modelleri elde edildi. Bu çalışmada ayrıca debi ve TSS serileri kullanılarak bu iki stasyoner seriler için tek-değişkenli transfer fonksiyon modeli elde edildi.

Anahtar Kelimeler: *Yağış; Debi; TSS; Zaman Serisi; ARMA Modeli; Transfer Fonksiyon Modeli.*

ABSTRACT

From 1980 October to 1993 July daily precipitation was recorded at Lake Tahoe station of Lake Tahoe Watershed, California. In addition, during the same period, discharge (Q) and total suspended solids (TSS) from Upper Truckee River located in the same watershed were recorded. In this study univariate time series analysis of the recorded data was carried out. In the univariate time series analysis, the monthly observed data first were standardized to obtain monthly stationary series for each hydrologic variable. The partial otocorrelation functions (PACF), autocorreltation functions (ACF) and 95% confedence bands of the stationay series were investigated to obtain theorethical autoregresseive-moving average (ARMA(p,q)) models for the hydrologic variables. In addition to the univariate time series analysis of the variables, a univariate transfer function model was developed for Q and TSS stationary series.

Key words: *Rainfall; Discharge; TSS; Time Series; ARMA Model; Transfer Function Model.*

1. GİRİŞ

Zaman seri modeli sentetik seriler üretiminde kulllanılır (1). Sentetik seri üretimi su yapılarının boyutlandırılmasında ve işletiminde önem kazanır. Çünki sentetik serilerle ortalaması ve standart sapması gözlenmiş olan örnek seriyle aynı olmakla beraber çok farklı - özellikle kuraklık ve taşkınlarla ilgili ekstrem olayları belli bir olasılık dahilinde yakalayabilen – serileri üretmek mümkün olabilmektedir (2). Zaman seri modeli aynı zamanda tahmin amaçlı kullanılabilmektedir. Örnek olarak devam etmekte olan bir kuraklık zamanında planlama yapabilmede ve kısa süreli havza yönetiminde zaman seri modeli tahmin amaçlı kullanılabilmektedir (3).

Transfer fonksiyon modeliyle verilen bir seriden diğer bir seriyi tahmin etmek mümkün olmaktadır (4). Böyle bir modelin avantajı şudur: Örneğin, eğer bir nehirde sadece debi ölçümü yapılmış vede TSS ölçümü yapılamamışsa, bu iki değişkenle ilgili önceki gözlenmiş seriler kullanılarak ölçülemeyen veya ölçülememiş Q ve TSS serilerini ilgili transfer fonksiyon modeliyle üretmek mümkün olabilmektedir. Böyle bir çalışma veri toplamak için harcanabilecek zaman ve masrafı en aza indirebilir.

Bu çalışma zaman seri modeli ve transfer fonksiyonu modeli geliştirilmesini Tahoe Havzasında gözlenmiş olan yağış, debi ve TSS serilerini kullanarak özetlemektedir.

2. YÖNTEM

2.1 Tek Değişkenli Zaman Seri Modeli

Tek değişkenli zaman seri analizi yağış, debi (Q) ve askıda katı madde (TSS) için gerçekleştirildi. Aşağıda bu yöntemin kısaca ana hatları verilmektedir. Detayları (1) den elde edilebilir.

1. Herbir değişkenin gözlenen günlük verilerinden aylık ortalama değerleri bulundu.
2. Aylık değerli seriler standartize edilerek ortalaması = 0.0, varyansı = 1.0 olan stasyoner seri haline getirildi. Standartizasyon için formül:

$$z_i = \frac{x_i - \mu_x}{\sigma_x} \qquad (1)$$

z_i = standardize edilmiş örnek seri; x_i = orijinal örnek seri; μ_x = orijinal serinin ortalaması; σ_x = orijinal serinin standart sapması.

3. Örnek kısmi-otokoralasyon fonksiyonu (PACF) ve otokoralasyon fonksiyonu (ACF) IMSL paket programın PACF ve ACF alt-programları kullanılarak herbir stasyoner seri için elde edildi. Şekil 1a ve 1b yağış serisinin, Şekil 2a ve 2b Q serisinin, Şekil 3a ve 3b TSS serisinin ilgili PACF ve ACF trendlerini göstermektedir.
4. %95 güven aralıkları herbir PACF ve ACF için aşağıdaki formüllerle belirlendi.

$$\Theta_{kk} = \mp \frac{1.96}{\sqrt{N}} \tag{2}$$

$$\Phi_{kk} = \frac{-1 \mp 1.96\sqrt{N-k-1}}{(N-k)} \tag{3}$$

Θ = PACF için %95 güven aralığı; Φ = ACF için %95 güven aralığı; N = örnek büyüklüğü; ve k = zaman legi.

Herbir seride 153 veri olduğundan %95 güven aralığı PACF için ∓ 0.16 olarak bulundu. k=1 için ACF in %95 güven aralığı +0.15 and -0.17 olarak bulundu.

5. Hidrolojik değişkenlerin elde edilen PACF ve ACF davranışları ve %95 güven aralıkları incelenerek teorik ARMA(p,q) modellerinin ilgili PACF ve ACF davravışlarıyla karşılaştırıldı ve herbir stasyoner seri için muhtemel teorik model seçimi yapıldı. Teorik ARMA(p,q) modelinin PACF ve ACF davranışlarının detayı (1) den elde edilebilir. Örneğin, eğer ACF trendi belli bir özelliğe sahip olmadan sıfır etrafında inip-çıkıyorsa ve PACF de benzer davranış sergiliyorsa bu ARMA(0,0) modeline işarettir (Şekil 1a, 1b). Öte yandan eğer ACF davranışı eksponansiyeli azalıyorsa ve PACF tamamen %95 güven aralığında ise bu ARMA(1,0) modeline uyar. Öte yandan eğer ACF eksponansiyeli azalıp, PACF birinci değerden sonra tamamen %95 güven aralığında kalırsa buda ARMA(1,1) modeline uyar (Şekil 2a, 2b ve Şekil 3a ve 3b). Eğer ACF başlangıçta ani bir azalma ve sonrasında dalgalı bir davranış sergilerse vede PACF birinci legden hemen sonra %95 güven aralığında ise bu ARMA(2,1) modeline uyar. Bu bilgiler ışığında yağış için ARMA(0,0), Q için ARMA(1,1) and TSS için ARMA(1,1) teorik modelleri uygun bulundu. Bu modeller genel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

ARAM(0,0) modeli: $z_t = a_t$ (4)

ARMA(1,1) modeli: $z_t = \phi_1 z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$ (5)

a_t = rastgele değerler; ϕ_1 = modelin otoregresive parametresi; θ_1 = modelin haraketli-ortalama parametresi.

6. Muhtemel model seçiminden sonra IMSL paketin ARMME ve NSPE alt-programları kullanılarak teorik modellerin parametreleri elde edildi. Örnek olarak TSS serisinin ARMA(1,1) modeli için $\phi = 0.84$ ve $\theta = 0.21$ olarak bulundu.

2.2 Tek Değişkenli Transfer Fonksiyon Modeli

Bu model iki seri arasındaki ilişkiyi belirler. Girdi olarak verilen bir seriden diğer bir sernin çıktısını bulmak mümkün olmaktadır. Bu çalışmada Q ve TSS serileri arasındaki ilişkiyi belirleyen transfer fonksiyon modeli geliştirildi. Tek değişkenli transfer fonksiyonu genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir (4).

$$\delta(B)Y_t = w(B)X_{t-b} \quad (6)$$

$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - ..... - \delta_r B^r \quad (7)$$

$$w(B) = 1 - w_1 B - w_2 B^2 - ..... - w_s B^s \quad (8)$$

$$B^p z_t = z_{t-p} \quad (9)$$

Y_t = çıktı serisi; X_t = girdi serisi; $\delta(B)$ = çıktı serisi için karakteristik denklem; $w(B)$ = girdi serisi için karakteristik denklem; B = geriye-doğru değiştirme operatörü (mevcut zamandaki gözlemi önceki zamandaki gözleme ilişkilendirir); b = geciktirme parametresi; ve t = zaman.

Transfer fonksiyon model geliştirmedeki ana aşamalardan bir tanesi r ve s 'in seviyesinin tahmin edilebilmesi ve δ, w, ve b parametreleri için başlangıç tahminleri elde edebilmektir. Bu aşamalar şu şekilde yapılır:

1. IMSL paketin IRNSE alt-programı kullanılarak impulse etki-ağırlık değerleri için kaba tahminler yapılır.
2. Bu değerler kullanılarak r, s ve b 'nin değerleri tahmin edilir. Bunun için göz önünde bulundurulması gereken şartlar (4) de detaylı olarak verilmiştir. Bu çalışmadaki model için $r = 2$, $s = 4$ ve $b = 0$ bulunmuştur. Bu değerler şunu ifade eder: Mevcut Q'yun

tahmini son iki Q gözlemine (r=2) vede son dört TSS gözlemine (s=4) bağlıdır. b=0 demek Q 'daki bir etki/tepki ile TSS de oluşacak etki/tepki arasında bir gecikmenin olmadığına işarettir.

3. IMSL paketin TEPE alt-programı kullanılarak model parametrelerinin değerleri hesaplanır. Söz konusu parametre değerleri (7) ve (8) numaralı karakterisitk denklemlerdeki δ_i ve w_i katsayı değerleridir.

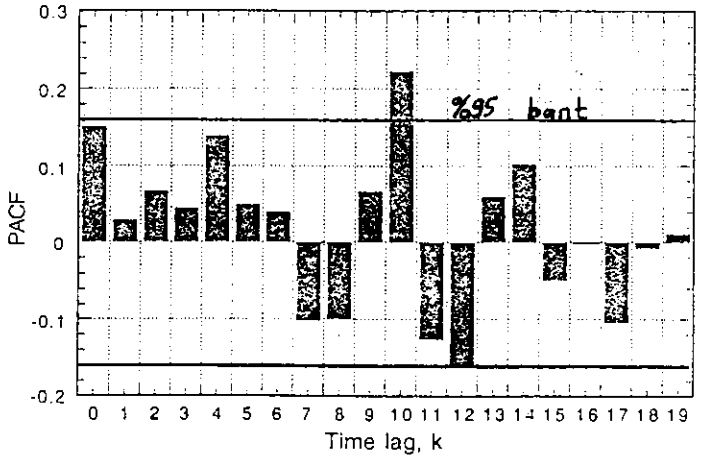
Yukarıda belirtilen aşamalar Upper Truckee nehrinde gözlenmiş olan stasyoner debi ve TSS serileri için uygulanmış ve aşağıda verilen denklem Q ve TSS için transfer fonksiyon modeli olarak elde edilmiştir.

$$\left(1+4.3B-2.36B^2\right) Q_t = \left(1-1.01B+4.4B^2-2.68B^3-0.34B^4\right) TSS_t \qquad (10)$$

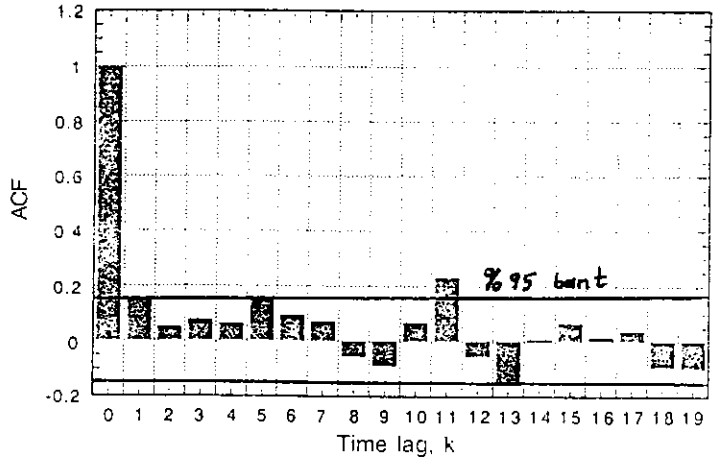
Denklem (10) 'nun sol tarafındaki B Q'nun bir önceki gözlenmiş değerinin son gözlenmiş değerine oranını, B^2 Q'nun iki önceki zamanda gözlenmiş değerinin son gözlenmiş değerine oranını ifade eder. Denklem (10)'nun sağ tarafındaki B 'ler de benzer şekilde TSS'in önceki zamanlarda gözlenmiş değerlerinin son zamanda gözlenmiş değerine oranlarını ifade eder. Örneğin B^4 sondan dört önceki zamanda gözlenmiş TSS değerinin son gözlenmiş TSS değerine oranını ifade eder. Gözlenmiş değerler standardize edilmiş olan ilgili zaman seri değerleridir.

3. KAYNAKLAR

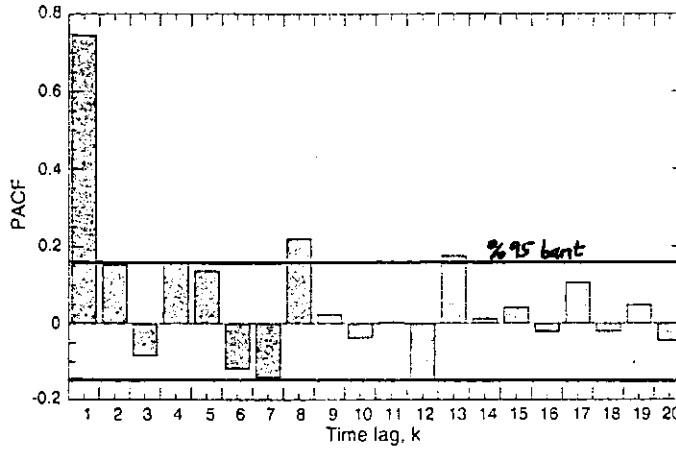
1. Salas, J.D., J.W. Delleur, V. Yevjevich, ve W.L. Lane 'Applied Modelling of Hydrologic Time Series'. *Water Resources Publications*. BookCrafters, INC. Michigan, USA. 484pp.
2. Altınbilek, D. D. Kulga, ve F.Turan. 1998. 'Su Yapıları Projelendirilmesinde Hidroloji Çalışmaları'. *II.Ulusal Hidroloji Kongresi*, 22-24 Haziran 1998, ITU Inşaat Fakultesi, Istanbul.
3. ECI 275 'Hydrologic Time Series Analysis' . *Graduate Course*, Dept. of Civil Engrg., University of California, Davis, CA, USA.
4. Vandalle, W. 'Applied Time Series and Box-Jenkins Models'. 1983 Press.



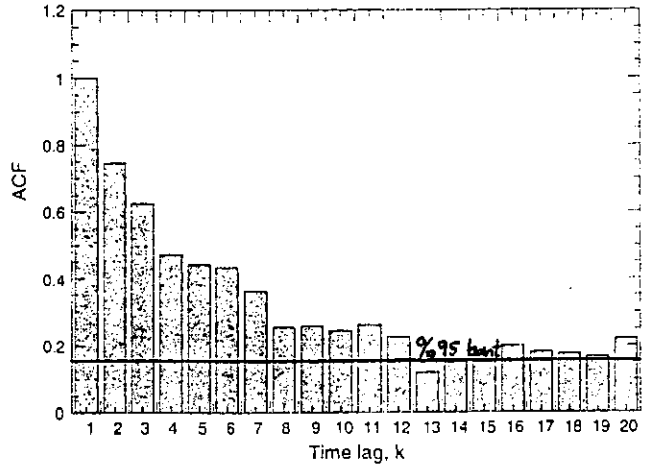
Şekil 1a. Yağış serisinin PACF trendi.



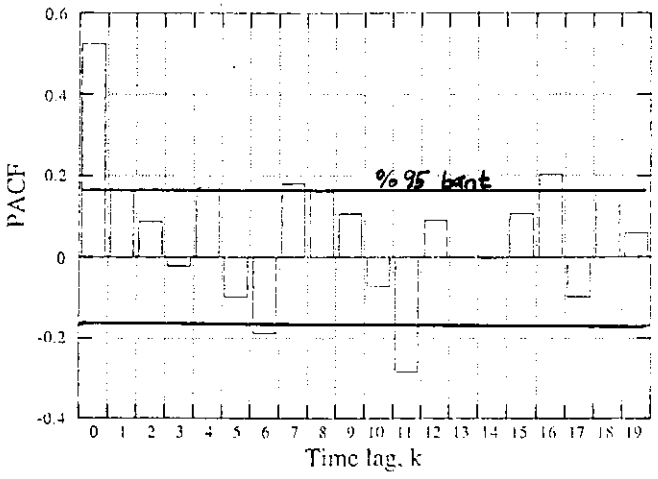
Şekil 1b. Yağış serisinin ACF trendi.



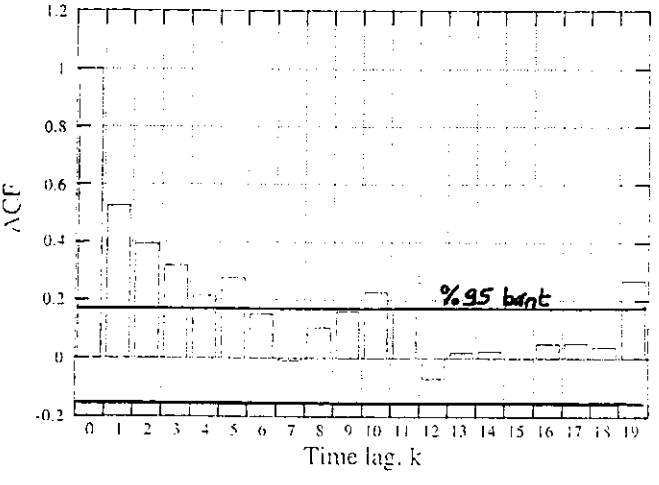
Şekil 2a. Debi serisinin PACF trendi.



Şekil 2b. Debi serisinin ACF trendi.



Şekil 3a. TSS serisinin PACF trendi.



Şekil 3b. TSS serisinin ACF trendi.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Yağış Verilerinin İstatistiksel Ön Analizleri : Seyhan Havzası Örneği

Fatih TOPALOĞLU[1]

[1]Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Bölümü, 01330, Yüreğir-Adana
ftopal@mail.cu.edu.tr

ÖZET

Su yapılarının mühendislik tasarımında temel girdi olarak kullanılan akış ve yağış gibi hidrolojik ve meteorolojik veriler olasılık, sentetik birim hidrograf analizi vb. çalışmalarda ancak rastgele olmaları halinde kullanılabilirler. Bununla birlikte, rastgele özellik göstermeyen meteorolojik verilerin bu tür çalışmalarda kullanılabilmeleri için bazı istatistiksel ön inceleme aşamalarından geçmesi gerekmektedir. Çalışmada, bu ön inceleme aşamaları Seyhan havzasında etkili olduğu bilinen yağış gözlem istasyonlarının 24 saatlik yıllık maksimum yağış serilerine uygulanmış ve sonuçlar % 5 önem düzeyine göre test edilerek serilerin kullanılabilirlikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : *İstatistiksel Ön Analizler, Maksimum Yağış*

ABSTRACT

Hydrological and meteorological data such as flow rate and rainfall used in the engineering design of hydraulic structures can be used in the frequency analysis, synthetic unit hydrograph analysis etc. in the case they have random behavior. Nevertheless, the data, which shows no random behavior, need to be analysed by some statistical prior tests so that they could be used in these kind of analysis. In this study, these statistical prior tests were applied to 24 hours annual maximum precipitation series of precipitation gauging stations covering Seyhan Basin and usefulness of series were determined by testing results at 5 percent confidence level.

Keywords : *Statistical Pre-Analyses, Maximum Precipitation*

1. GİRİŞ

Rastgele olarak ortaya çıkan akış ve yağış gibi hidrometeorolojik olayların önceden kesinlikle bilinmesi olası olmadığı için bunlara ilişkin çeşitli olasılıkların hesaplanması ve planlamaların bu olasılıklara göre yapılması zorunlu olmaktadır (1). Bununla birlikte, doğal afetler, insan etkisi, gözlem metodu ve verilerin saklanmasındaki sistematik hatalar gibi birçok faktörün etkisiyle heterojen ve rastgele değişken özelliği göstermeyen meteorolojik veriler olasılık, sentetik birim hidrograf analizi gibi çalışmalarda doğal halleri ile kullanılamazlar (2). Bu nedenle, bu tür çalışmalara başlamadan önce, verilerin kullanılabilirlikleri bazı istatistiksel ön inceleme analizleri ile belirlenmelidir.

Meteorolojik verilerin zamanla değişimleri üzerinde şimdiye kadar çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan, Keim ve Müller (3) 48 saatlik yıllık maksimum yağış serilerinin son 14 yılda % 5 önem seviyesinde önemli olmayan bir artma eğilimine sahip olduğunu, Kadıoğlu ve ark., (4) ise 18 yağış gözlem istasyonunun (YGİ) yıllık ve mevsimlik yağış serilerinin eğilimlerinin belirli bir yönde olmamasına rağmen, önemli olmasa da özellikle kış aylarında bir azalma, ilkbaharda ise artma olduğu sonucuna varmışlardır. Atar (5) Doğu Akdeniz bölgesinde kurulu bulunan 14 YGİ' nun uzun yıllık 1 ve 24 saatlik yıllık maksimum yağış serilerine uyguladıkları testlere göre Adana, Ceyhan ve Mersin' in 24 saatlik yağış serilerinin farklı önem düzeylerine göre önemli olduğu sonucunu elde etmiştir.

Bu çalışma ile, Seyhan havzası üzerinde etkili olan 39 YGİ' na ait 24 saatlik yıllık maksimum yağış serilerinin istatistiksel ön kullanılabilirliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. METOT

Çalışmada, havza içinde ve civarında bulunan ve Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından işletilen 39 YGİ' nun 1929'dan 1995'e kadar olan ($n \geq 14$) 24 saatlik yıllık maksimum kayıtları kullanılmıştır (6). Bu kayıtların ileri düzeydeki çalışmalarda kullanılabilirliklerinin belirlenebilmesi amacıyla aşağıda bazı istatistiksel ön inceleme analizleri incelenmiştir.

Gidiş (Trend) Analizi : Yağış verilerinin toplanış sırası ile aldığı değerler arasında önemli bir korelasyonun olup olmadığını belirleyen gidiş analizi için geliştirilmiş Spearman, Kendall ve Mann-Kendall sıra korelasyon testleri gibi birçok parametrik olmayan test olmasına karşın bu çalışmada basit ve dağılımdan bağımsız olan ve sıra istatistiklerine dayanan bir yaklaşım olan Spearman sıra korelasyon testi kullanılmıştır (2). Sıra istatistiği R_{sp}, gözlemlerin küçükten büyüğe doğru sıralanıp sıra numarası verilmesi ile belirlenir.

$$R_{sp} = 1 - \left(\left(6 * \sum_{i=1}^{n} (Di * Di) \right) / (n * (n * n - 1)) \right) \qquad (1)$$

Burada; n, toplam gözlem sayısını; i, kronolojik sıra numarasını; D_i, K_{xi} - K_{yi} sıralamaları arasındaki farkı; K_{xi}, x gözleminin kronolojik gözlem sıra numarasını; K_{yi}, gözlemler küçükten büyüğe doğru sıralandığında elde edilen y_i gözleminin kronolojik gözlem sırasında aldığı i değerini temsil eder. Elde edilen R_{sp} değeri % 5 önem düzeyinde, $v=n-2$ serbestlik derecesinde ve $n > 10$ için test edilir (7, 8).

$$t_{hesap} = R_{sp} * [(n-2)/(1-R_{sp}^2)]^{0.5} \quad (2)$$

Gidişin olmadığına ilişkin H_o : $R_{sp} = 0$ hipotezi, $t_{cetvel}\{v, \%2,5\} < t_{hesap} < t_{cetvel}\{v, \%97,5\}$ olması durumunda kabul edilerek gözlem serisinde gidişin olmadığına karar verilir.

Varyansın Durağanlık Testi : Yağış serilerinde varyansın durağan olmaması, serinin periyodik dalgalanmalardan, sıçramalardan arınmamış olduğunu gösterir. Test istatistiği, gözlem serisinin birbirine eşit veya farklı iki alt gruba bölünmesi ve bu alt serilerin varyanslarının birbirine oranlanması ile bulunmakta ve F_{hesap} ile gösterilmektedir (7).

$$F_{hesap} = S_1^2/S_2^2 \quad (3)$$

Bu ilişkide; S_1^2 n elemanlı, $v_1 = n-1$ serbestlik dereceli 1. alt grubun varyansı; S_2^2 m elemanlı, $v_2 = m-1$ serbestlik dereceli 2. alt grubun varyansıdır. Sonuçta, hesaplanan F_{hesap} ile % 5 önem seviyesindeki F_{cetvel} değeri karşılaştırılır. $F_{hesap} < F_{cetvel}$ durumunda, alt grup varyanslarının birbirine eşit olduğu sonucuna varılır.

Bağımsızlık Testi : Yağış verilerinin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanıp seçilen bir noktalama pozisyon formülü ile olasılıklarının hesaplanabilmesi için yağış verilerindeki i. olayın olma olasılığının i-1. ve i+1. olayların olma olasılığından bağımsız olması istenir. Bir seride, ardışık gözlemler arasındaki bağımlılık derecesi aşağıda bir gecikmeli otokorelasyon katsayısı (r_r) için verilen Denklem (4)' ün önemlilik testi ile belirlenebilir (2).

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}(x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Burada: x_i ve x_{i+1} sırasıyla i. ve i+1. gözlem değerini, $\bar{x}$ ise gözlem serisinin ortalamasını gösterir. H_o: $r_1=0$ hipotezi, H_1: $r_1 \neq 0$ alternatif hipotezine karşı test edilir. Hesaplanan r_1 değeri %5 önem düzeyinde Denklem (5) ile hesaplanan alt ve üst güven sınırları (CL) arasında kalırsa, ardışık gözlemler arasında korelasyonun önemsiz olduğuna karar verilir.

$$CL(r_1) = \frac{-1 \pm 1,96\sqrt{n-g-2}}{n-g-1} \quad (5)$$

Denklemde g gecikme sayısını ifade etmektedir.

Homojenlik testi : Olasılık analizlerinde kullanılan verinin homojen olması gerekir (8). Mann-Whitney-U testi, iki alt grup dağılımının aynı olduğunu ve dolayısıyla toplum ortalamalarının birbirine eşit olduğunu sınayan bir testtir. Testde, iki yağış gözlem kümesi önce ayrı ayrı sıralanır ve ardından her kümeye ait sıra değerleri (R_1, R_2) ayrı ayrı toplanır. Bu toplamlardan küçük olanı standart tablolarla karşılaştırılarak iki kümenin farklı toplumlardan gelip gelmediklerine bakılır. Test eldeki veri sayısı nedeniyle 3 farklı koşulda uygulanmıştır.

a) n_1 ve n_2' nin ≤ 8 olduğu durumlarda yağış verileri küçükten büyüğe doğru sıraya dizilerek grup adları (A ve B) her bir verinin karşısına yazılır. Burada, n_1 ve n_2 sırasıyla küçük ve büyük grubun veri sayısıdır. Daha sonra her bir A' dan önceki B veya B'den önceki A sayıları belirlenerek U_{hesap} değerleri hesaplanmış olur. Küçük U_{hesap} , n_1 ve n_2 değerleri için tablodan U' nun elde edilme olasılığı (P_{cetvel}) bulunarak, belirlenmiş önem düzeyi α ile karşılaştırılır. Eğer $\alpha < P_{cetvel}$ ise bu iki alt grubun aynı populasyondan geldiğine karar verilir.

b) n_2 'nin 9 ile 20 arasında ve $n_1 \leq 20$ ise aşağıda verilen denklemler kullanılır. Bu test daha önceki testte (n_1, $n_2 < 8$) olduğu gibi kesin olasılıkları vermek yerine U için kritik değerler verir.

$$U_1 = n_1.n_2 + \left(\left(n_1(n_1+1)/2\right)\right) - R_1 \qquad (6)$$

$$U_1 = n_1.n_2 + \left(\left(n_2(n_2+1)/2\right)\right) - R_2 \qquad (7)$$

Yukarıda verilen ilişkideki, R_1 ve R_2 sırasıyla veri büyüklüğü n_1 ve n_2 olan örneğin sıra sayıları toplamıdır. Daha önceki örnekte verildiği gibi küçük olan U değeri, n_1, n_2 ve belirlenen önem düzeyi için alınacak tablo değeri (W) ile karşılaştırılır. $W_{0,025} < U_{min} < W_{0,975}$ koşulu sağlandığı durumda her iki grubun aynı populasyondan geldiğine karar verilir.

c) İkiye ayrılan örneğin n_1 ve n_2 gruplarındaki veri sayısı arttıkça U' nun örnekleme dağılımı normal dağılıma yaklaşır ve ortalama ve standart sapma sırasıyla aşağıda verilen Denklem (8) ve (9) ile hesaplanabilir (8). İkinci grup veri sayısının 20' den fazla olması (n_2>20) durumunda ise gözlenmiş değerlerin testi Denklem (10) ile yapılabilir.

$$\mu_U = \left(n_1.n_2\right)/2 \qquad (8)$$

$$\sigma_U = \left(\left(n_1.n_2.\left(n_1+n_2+1\right)\right)/12\right)^{0,5} \qquad (9)$$

$$z = \left(U - \mu_U\right) / \sigma_U \qquad (10)$$

Burada normal dağılım gösteren z için ortalama sıfıra, varyans ise bire eşit olur. Denklem (10)' da U yerine Denklem (6) veya Denklem (7)' nin kullanılması z' nin sonucunu değiştirmez. Sadece işaretini değiştirir.

İki alt grubun aynı populasyondan geldiğine dair H_0 hipotezi z değeri için tablodan bulunan P_{cetvel} değerinin $P_{0.05}$' ten büyük olması durumunda kabul edilir. Bununla birlikte, gözlenmiş seride aynı değerler (tie) olabilir. Eğer bunlar aynı grup içindeyse U' nun değerleri etkilenir. Bu etki ihmal edilebilir olup, büyük örnekler (n_2>20) için z değeri düzeltilmelidir. Ancak P_{cetvel} değeri seçilen önem düzeyinden çok küçükse düzeltmeye gerek kalmamaktadır (8).

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Yağış gözlem istasyonları 24 saatlik maksimum yağış serilerinin kullanılabilirlikleri %5 önem düzeyinde test edilmiş ve sonuçlar Çizelge 1-3' te verilmiştir. Çizelgelerde, (✓) sembolü, hipotezin kabul edildiği, (!) sembolü ise hipotezin reddedildiği anlamını taşımaktadır.

Gidiş Testi Sonuçları: YGİ' ları serilerinde zamanla bir değişimin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan gidiş testi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Test sonuçlarına göre YGİ' larının 17'sinde azalma, 22'sinde de artma yönünde eğilim olduğu; Adana, İmamoğlu ile Kamışlı YGİ' larında ise yağış verilerindeki gidişin anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Spearman Sıra Korelasyon Testi Sonuçları

İstasyon Adı	n	t_{hesap}	t_{cetvel}	Sonuç	İstasyon Adı	n	t_{hesap}	t_{cetvel}	Sonuç
Adana	67	3,0124	±1,998	!	Karsantı	16	-0,0496	±2,145	✓
Akkışla	24	0,6758	±2,074	✓	Kaynar	19	1,6160	±2,110	✓
Bakırdağ	22	1,2455	±2,086	✓	Kozan	45	1,2495	±2,018	✓
Bor	20	-0,7060	±2,101	✓	Mansurlu	22	1,2282	±2,086	✓
Bünyan	31	0,7019	±2,045	✓	Örenşehir	24	-0,4838	±2,074	✓
Çamardı	14	0,2366	±2,179	✓	Pazarören	24	-0,2410	±2,074	✓
Çatalan	23	-0,5658	±2,080	✓	Pınarbaşı	46	-1,8942	±2,017	✓
Çiftehan	16	-0,4096	±2,145	✓	Pozantı	27	1,1693	±2,060	✓
Çokak	19	0,5398	±2,110	✓	Saimbeyli	31	1,1236	±2,045	✓
Develi	45	0,7030	±2,018	✓	Sarız	37	0,8201	±2,032	✓
Doğankent	20	-1,2794	±2,101	✓	Şarkışla	49	-0,7653	±2,014	✓
Elbaşı	23	1,0771	±2,080	✓	Talas	17	-0,9067	±2,131	✓
Feke	52	1,5500	±2,011	✓	Toklar	19	0,6368	±2,110	✓
Göksun	38	1,0415	±2,029	✓	Tomarza	26	-1,0690	±2,064	✓
Gülek	22	-1,3247	±2,086	✓	Tufanbeyli	17	0,4543	±2,131	✓
Hacıaliçiftliği	17	-0,2856	±2,131	✓	Tuzla	22	-0,6664	±2,086	✓
İmamoğlu	24	2,5159	±2,074	!	Ulukışla	59	-1,0016	±2,003	✓
Kamışlı	25	2,9374	±2,069	!	Yahyalı	19	-0,1813	±2,110	✓
Karaisalı	39	0,5626	±2,027	✓	Yazyurdu	23	0,6917	±2,080	✓
Karataş	26	-0,0251	±2,064	✓	-	-	-	-	-

Varyansın Durağanlık Testi Sonuçları: Varyansın durağanlık testi %5 önem düzeyinde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 2' de verilmiştir. İki alt gruba ayrılmış serilerde varyansların %5 önem düzeyinde değişmediği hipotezi Adana, Feke, Kamışlı ve Kozan için reddedilmiştir.

Çizelge 2. Varyansın Durağanlık Testi Sonuçları

İstasyon Adı	n_1	n_2	F testi			İstasyon Adı	n_1	n_2	F testi		
			F_{hesap}	F_{cetvel}	Sonuç				F_{hesap}	F_{cetvel}	Sonuç
Adana	33	34	2,78	2,02	!	Karsantı	8	8	1,47	4,99	✓
Akkışla	12	12	1,17	3,48	✓	Kaynar	9	10	2,05	4,10	✓
Bakırdağ	11	11	2,27	3,72	✓	Kozan	22	23	3,35	2,38	!
Bor	10	10	1,66	4,03	✓	Mansurlu	10	12	2,45	3,59	✓
Bünyan	15	16	2,82	2,89	✓	Örenşehir	12	12	1,81	3,48	✓
Çamardı	7	7	2,25	5,82	✓	Pazarören	13	11	2,81	3,62	✓
Çatalan	11	12	1,61	3,67	✓	Pınarbaşı	23	23	1,28	2,36	✓
Çiftehan	8	8	1,12	4,99	✓	Pozantı	13	14	1,45	3,15	✓
Çokak	9	10	3,52	4,10	✓	Saimbevli	15	16	2,87	2,89	✓
Develi	22	23	2,03	2,38	✓	Sarız	18	19	2,54	2,66	✓
Doğankent	10	10	2,95	4,03	✓	Sarkışla	24	25	1,37	2,29	✓
Elbaşı	11	12	1,99	3,67	✓	Talaş	8	9	1,13	4,53	✓
Feke	26	26	3,68	2,23	!	Toklar	9	10	2,84	4,10	✓
Göksun	19	19	1,26	2,60	✓	Tomarza	13	13	3,20	3,28	✓
Gülek	11	11	1,79	3,72	✓	Tufanbevli	8	9	3,41	4,53	✓
Hacıaliçiftl.	8	9	1,33	4,84	✓	Tuzla	11	11	1,53	3,72	✓
İmamoğlu	12	12	1,16	3,48	✓	Ulukışla	29	30	1,75	2,11	✓
Kamışlı	12	13	3,48	3,33	!	Yahyalı	9	10	1,65	4,10	✓
Karaisalı	20	19	2,50	2,58	✓	Yazyurdu	11	12	2,93	3,67	✓
Karataş	13	13	1,87	3,28	✓	-	-	-	-	-	-

Bağımsızlık Testi Sonuçları: Yağış gözlem serilerindeki ardışık elemanların bağımsızlık testi bir gecikmeli otokorelasyon katsayısının önemliliğinin kontrolü ile yapılmıştır. Otokorelasyon katsayısının önemliliği %5 önem düzeyinde alt ve üst limitlerle karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 3' te verilmiştir. YGİ' larından sadece Elbaşı'nın otokorelasyon katsayısı %5 önem düzeyinde belirlenen limitler arasında bulunmadığından bu gözlem istasyonunun verilerinin birbirinden bağımsız olmadığı anlaşılmıştır.

Homojenlik Testi Sonuçları: İki alt gruba bölünen gözlem serilerinin dağılımının aynı ve dolayısıyla toplum ortalamalarının birbirine eşit olup olmadığı Mann-Whitney-U testi ile test edilmiştir. Mann-Whitney-U testi sonucunda YGİ' ları için elde edilen test sonuçları Çizelge 3'te verilmiş ve sonuçta Adana, Kamışlı ve Kozan' ın yağış gözlem serilerinde homojenliğin bir şekilde bozulduğu ve ölçülen değerlerin aynı toplumun elemanları olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3. Otokorelasyon ve Mann-Whitney-U Testi Sonuçları

İstasyon Adı	Otokorelasyon Testi				Mann-Whitney-U Testi					
	Alt Sınır	r_1	Üst Sınır	Sonuç	$W_{0.025}$	U_{min}	$W_{0.975}$	z	P_{cetvel}	Sonuç
Adana	-0,255	0,155	0,224	✓	-	386	-	-2,19	0,0286	!
Akkışla	-0,443	0,027	0,356	✓	37	69	107	-	-	✓
Bakırdağ	-0,465	-0,055	0,370	✓	30	49	91	-	-	✓
Bor	-0,490	-0,148	0,385	✓	23	49	77	-	-	✓
Bünyan	-0,385	0,259	0,318	✓	70	94	170	-	-	✓
Çamardı	-0,599	-0,071	0,445	✓	-	25	-	-	1,0980	✓
Çatalan	-0,454	-0,030	0,363	✓	33	63	99	-	-	✓
Çiftehan	-0,556	-0,147	0,422	✓	-	24	-	-	0,4420	✓
Çokak	-0,505	0,008	0,393	✓	20	32	70	-	-	✓
Develi	-0,315	-0,161	0,269	✓	-	210	-	-0,98	0,3270	✓
Doğankent	-0,490	0,154	0,385	✓	23	31	77	-	-	✓
Elbaşı	-0,454	0,438	0,363	!	33	52	99	-	-	✓
Feke	-0,291	0,136	0,252	✓	-	284	-	-0,99	0,3222	✓
Göksun	-0,345	0,009	0,291	✓	113	144	248	-	-	✓
Gülek	-0,465	0,173	0,370	✓	30	52	91	-	-	✓
Hacıaliçiftliği	-0,537	-0,045	0,412	✓	15	32	57	-	-	✓
İmamoğlu	-0,443	0,050	0,356	✓	37	46	107	-	-	✓
Kamışlı	-0,433	0,067	0,350	✓	41	39	115	-	-	!
Karaisalı	-0,340	-0,090	0,287	✓	119	165	261	-	-	✓
Karataş	-0,424	-0,225	0,344	✓	45	83	124	-	-	✓
Karsantı	-0,556	-0,259	0,422	✓	-	31	-	-	0,9600	✓
Kaynar	-0,505	0,239	0,393	✓	20	33	70	-	-	✓
Kozan	-0,315	0,083	0,269	✓	-	163	-	-2,04	0,0414	!
Mansurlu	-0,465	-0,065	0,370	✓	29	36	91	-	-	✓
Örenşehir	-0,443	0,138	0,356	✓	37	63	107	-	-	✓
Pazarören	-0,443	-0,212	0,356	✓	37	69	106	-	-	✓
Pınarbaşı	-0,311	0,033	0,267	✓	-	205	-	-1,31	0,1902	✓
Pozantı	-0,415	-0,042	0,338	✓	50	57	132	-	-	✓
Saimbeyli	-0,385	0,202	0,318	✓	70	73	170	-	-	✓
Sarız	-0,350	-0,045	0,294	✓	106	156	236	-	-	✓
Şarkışla	-0,301	0,126	0,259	✓	-	293	-	-0,14	0,8886	✓
Talas	-0,537	-0,233	0,412	✓	15	27	57	-	-	✓
Toklar	-0,505	-0,098	0,393	✓	20	40	70	-	-	✓
Tomarza	-0,424	-0,193	0,344	✓	45	78	124	-	-	✓
Tufanbeyli	-0,537	-0,015	0,412	✓	15	25	57	-	-	✓
Tuzla	-0,465	0,112	0,370	✓	30	55	91	-	-	✓
Ulukışla	-0,272	-0,014	0,238	✓	-	404	-	-0,47	0,6384	✓
Yahyalı	-0,505	-0,146	0,393	✓	20	38	70	-	-	✓
Yazvurdu	-0,454	-0,040	0,363	✓	33	56	99	-	-	✓

Kullanılan testlerin gücü mevcut bağımlılığın doğasına ve kayıt uzunluğuna bağlı olduğundan uygulanan çeşitli testler aynı seri için farklı sonuçlar verebilir. Bu elde edilen sonuçlardan da görülebilir. İncelenen gözlem serilerinin kullanılıp kullanılamayacağına karar vermede Wall ve Englot (9) uyguladıkları 5 testten en az ikisinin, Srikanthan ve ark., (10) 6 testten en az ikisinin ve Lye ve Lin (11) 11 testten 4 tanesinin bağımlılık göstermesi gerektiğini varsaymıştır.

Özet olarak, Seyhan havzasında incelenen 39 YGİ' ndan Elbaşı, Feke ve İmamoğlu istatistiksel testlerden en az birisine, Kozan ikisine, Adana ve Kamışlı ise üçüne olumsuz cevap vermiştir. Diğer istasyonların ise %5 önem düzeyinde asgari şartları sağladığı ve

olasılık, su kaynaklarının plan ve projelendirmelerinde güvenle kullanılabileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Tülücü, 1996. Uygulamalı Hidroloji. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 138, Ders Kitapları Yayın No: 43, Adana, 276s.
2. Topaloğlu, F., Tülücü, K., Çetin, M., ve Yücel, A., 1997. Hidrolojik Verilerin Bazı İstatistiksel Ön Analizleri ve Uygulaması. Ç.Ü. Ziraat Fak. Dergisi, Vol. 12(4): 21-30.
3. Keim, B. D., and Müller, R. A., 1992. Temporal Fluctuations of Heavy Rainfall Magnitudes in New Orleans, Louisiana, 1871-1991. Water Res. Bull., 28(4): 721-730.
4. Kadıoğlu, M., Toros, H., ve Kurtuluş, B., 1994. Küresel Isınma ve Türkiye' de Yağış Trendleri. T.C. Bayındırlık ve İskan Bak. DSİ Genel Müd., 40. Kuruluş Yılı, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirme Konferansı Bildirileri, Cilt. 1, Ankara, 467-476.
5. Atar, B., 1996. Doğu Akdeniz Bölgesindeki 1 ve 24 Saat Süreli Maksimum Yağışların Trendlerinin ve Olasılık Dağılımlarının İncelenmesi. Ç.Ü. Fen Bil. Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, No: 1117, Adana, 92s.
6. DSİ, 1990. Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası, Cilt 1, Noktasal Yağışların Frekans Analizi. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Md. Etüt ve Plan Daire Başkanlığı. Ankara.
7. Topaloğlu, F., Yücel, A., Tülücü, K., ve Çetin, M., 1999. Anlık Maksimum Akım Miktarlarının Taşkın Frekans Analizinde Kullanılması TÜBİTAK Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, Cilt 23, Ek Sayı 1, s. 187-192.
8. Siegel, S., 1956. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Japan, 312p.
9. Wall, D. J., and Englot, M.E., 1985. Correlation of Annual Peak Flows For Pennsylvania Streams. Water Resour. Bull., Vol. 21(3): 459-464.
10. Srikanthan, R., McMahon, T. A., and Irish, J. L., 1983. Time Series Analysis of Annual Flows of Australian Streams. J. Hydrol., 66: 213-226.
11. Lye, L. M., and Lin, Y., 1994. Long-Term Dependence in Annual Peak Flows of Canadian Rivers. J. of Hydrol., 160: 89-103.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Günlük Yağışların Matematiksel Benzetim Modelleri (Denizli/Türkiye Örneğinde Bir Durum Değerlendirmesi)

N. Orhan BAYKAN[1] ve Banu KARABAY[2]

[1]Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli
obaykan@pamukkale.edu.tr
[2]Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü, Denizli
bankary@turk.net

ÖZET

Günlük yağışların incelenmesi, küçük kırsal havzalardaki yol sanat yapıları ile gerek gölet dolusavaklarının gerekse hazne yararlı hacimlerinin belirlenmesine katkıda bulunabileceği gibi, kentsel yerleşim alanlarındaki yağmursuyu drenaj projelerinin tasarımlandırılmasında da yararlı olabilirler. Denizli günlük yağışlarının benzetiminde, Stokastik Hidroloji Yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla, Denizli Meteoroloji İstasyonunun 44 yıllık günlük yağış değerleri kullanılarak ve iki seçenek gözönünde tutularak matematiksel benzetim modelleri kurulmuştur. İncelenen seçeneklerin ilkinde gözlem değerleri, ikincisinde ise bunların kübkök dönüşümüyle elde edilmiş değerler kullanılmış, her iki seçenekte de hem günlük ortalamalar hem de standart sapmalarda periyodisitenin olduğu varsayılmıştır. Her iki seçenekte de deterministik bileşenler iki harmonikle yeterince simgelenebilmekte, standardize rastgele değişkenler bağımsız olarak nitelendirilebilmektedirler. İlk seçenekte, çarpıklık ve sivrilik çok yüksek değerlere ulaşırken, ikinci seçenekte anılan değerler bir ölçüde sönümlenebilmekte, gerek ortalamanın gerekse standart sapmanın diziyi tanımlamadaki katkıları artmaktadır.

Anahtar kelimeler: Denizli, yağış, model, stokastik, harmonik, Fourier serisi.

ABSTRACT

Studying of daily precipitation may bring some new horizon to design of highway-culverts and small bridges in country basins; determination of capacities of spillways of small dams, identification of reservoir volumes and dimensioning of urban drainage systems.

For the simulation of daily precipitation of the Province Denizli/Turkey, the methods of stochastic hydrology have been used. With this aim, daily precipitation in length of 44 years of Denizli Meteorological Station have been evaluated through two alternatives for simulation studies. In the first alternative, the observed data, and in the second, the cubic root of those have been taken into consideration. By both alternatives, it is assumed that, either daily means and their standard deviations have periodicity. Utilizing of this assumption, the deterministic components may be sufficiently identified with two harmonics, while standardized random variables have to be considered independently. By the first alternative, the coefficient of skewness and kurtosis were very high while in the second those values relatively have been pulled down. The percent of determination of variance has also been increased remarkably.

Key words: Denizli, precipitation, model, stochastic, harmonic, Fourier serie.

1. GİRİŞ

Ülkemize düşen yağışların su kaynaklarına katkısı oldukça fazladır. Bu nedenle yağışlarla ilgili araştırmaların çok yönlü olması kaynakların doğru kullanımı açısından önemlidir. Ancak uzun süreli gözlem değerlerinin bulunmayışı su yapılarının tasarımlandırılmasında güvenlik etmenini oldukça düşürmekte, güvenliğin arttırılması için yapay veri üretilmesine gidilmesi gerekmektedir. Bunun için çeşitli analizler ve modellemeler yapılmakta, yapılan bu işlemler sonucunda elde edilen yapay yağış değerleri yeni bir bilgi getirmese de, eldeki gözlem değerlerinin içinde saklı bilgilerin daha sağlıklı bir şekilde ortaya çıkarılabilmesini sağlayabilmektedir.

Baykan (1, 2, 3), İzmir günlük yağışlarının matematiksel benzetim modellerini incelemiş, kübkök dönüşümüyle ortalamanın varyansa katkısının orijinal verilere oranla % 17 dolayında arttığını belirlemiştir. Öz ve Şorman (4) Devlet Meteoroloji İstasyonu'nun 76 büyük klima istasyonu için 30 yıllık, günlük yağış verilerine göre yağışlı ve yağışsız günler ayrıca bunların karşılıklı olasılıklarını belirleyerek geçiş olasılık matrislerini oluşturmuşlardır. Buna göre Türkiye'de yağışlı ve yağışsız bölgeler belirleyerek harita üzerine işlemişlerdir. Verilerin modellemesi için ise Markov zincir yöntemini önermişlerdir. Bir başka çalışmada ise, Denizli günlük yağışlarının modellenmesine ilişkindir, ancak kübkök dönüşümüne ilişkin standart sapmadaki periyodisite gözönüne alınmaksızın bazı sonuçlar verilmiştir (5).

2. YÖNTEM

Denizli Meteoroloji İstasyonu'nun 1955-1998 su yılları arasındaki 44 yıllık günlük yağış değerleri Ankara Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınarak değerlendirilmiş, toplam 16.284 değerle çalışılmıştır. Hidrolik bir sürecin herbir öğesi, deterministik ve stokastik iki bileşenin toplanmasıyla elde edilir.

$$X_j = X_{j,d} + X_{j,S} \qquad (1)$$

şeklinde gösterilebilir. Buradan; n, yıl (1,.....,X) p, gün indisini (1,.....,365) göstermek ve j=p+(n-1)x365 olmak üzere,

X_j = Sürecin herhangi bir j zamanındaki öğesi

$X_{j,d}$ = Süreç öğesinin deterministik bileşeni

$X_{j,S}$ = Süreç öğesinin stokastik bileşeni simgelemektedir.

Zaman serilerinin incelenmesindeki bir yöntem, öncelikle seriyi ortalama ve standart sapmadan bağımsız hale getirmektir. Bunun için diziden ortalamanın çıkarılmasıyla yarı parametrik; diziden ortalamanın çıkarılıp standart sapmaya bölünmesiyle tam parametrik dönüşümlerin uygulanması yararlı olmaktadır.

Ortalama etrafındaki deterministik bileşen,

$$X_{j,d} = X_o + \sum_{h=1}^{m}(A_h.\cos 2\pi h f_1 j) + \sum_{h=1}^{m}(B_h.\sin 2\pi h f_1 j) \qquad (2)$$

şeklinde gösterilmektedir (6).

Deterministik bileşenin ortalama etrafındaki salınımı, eklenik bağıl periyodogramdan elde edilecek anlamlı Fourier katsayılarının göz önüne alınması ile hesaplanabilir. Xj sürecin ortalamasının yanısıra, standart sapma birinci serisel korelasyon katsayısı gibi öğelerinde de periyodiklik bulunabilmektedir. Gözlenen süreç öğesinden deterministik bileşen ayıklanarak stokastik bileşen bulunur. Stokastik bileşenin genellikle bir matematiksel olarak tanımlanabilecek kısmı, birde istatistik olasılık kurallarına göre belirlenebileceği varsayılan bağımsız kısmı da vardır. Matematiksel olarak tanımlanan kısım (sıra bağımlı bileşen) ayıklandıktan sonra geriye kalan seride içsel bağımlılığı bulunup bulunmadığı otokorelasyon yöntemi yardımıyla saptanabilir.

Oluşum sırası farkına göre belirlenen otokorelasyon katsayıları,

$$r_k = \frac{\mathrm{cov}(X_j.X_{j+k})}{(\mathrm{var}\,X_j.\mathrm{var}\,X_{j+k})^{1/2}} \qquad (3)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

Sürecin içsel bağımlı olup olmadığı örnekten elde edilen korelogramın,

$$HS(r_k) = \frac{-1 \pm t_s(N-k-1)^{1/2}}{N-k} \qquad (4)$$

bağıntısıyla hesaplanan hoşgörü sınırlarıyla karşılaştırılarak saptanmaktadır.

Burada,

$HS(r_k)$: Hoşgörü Sınırları

K : Korelasyon katsayıları bulunurken gözönüne alınan kaydırma sayısı

t_a : Seçilen bir a güven düzeyi için standart normal değişken (örneğin, a:%95 için ta=1.96 dır.

olmaktadır.

Eğer içsel bağımlılığa sahipse, korelogramı belli işlevlerle karşılaştırılarak saptanır.

Karmaşık periyodik sürecin otokorelasyon katsayısı,

$$r_k = \frac{\sum_{h=1}^{m}[(A_h^2 + B_h^2).\cos 2\pi h f_1 k]}{\sum_{h=1}^{m}(A_h^2 + B_h^2)} \qquad (5)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir (6).

Burada;

f_1 : Ana harmonik (=1/T ; T matematik model kurulurken gözönüne alınan bir yıldaki veri sayısı

h : Anlamlı harmonik sayısı (h=1,.....,m)

A_h, B_h : Herbir harmoniğin Fourier katsayıları

k : Dikkate alınan korelasyon parametreleri sayısı

Eklenik bağıl periyodogram süreçteki periyodik öğeye etkiyen önemli harmonik sayısını saptamada otokorelasyon yönteminden daha elverişli sonuçlar vermektedir. Herhangi bir serideki Fourier katsayılarına asıl olan harmonik sayısı m, gözlem sayısı N çiftse N/2 kadar, tekse (N-1)/2 kadar olmaktadır. N uzunluğundaki bir serinin Fourier katsayılarını,

$$A_h = \frac{2}{N} \cdot \sum_{j=1}^{N}[(X_j - X_0).\cos 2\pi h f_1 j] \qquad (6a)$$

$$B_h = \frac{2}{N} \cdot \sum_{j=1}^{N}[(X_j - X_0).\sin 2\pi h f_1 j] \qquad (6b)$$

denklemleriyle hesaplamak olanaklıdır. Her bir harmoniğe karşı gelen periyodik devinimin genliği,

$$C_h = (A_h^2 + B_h^2)^{1/2} \tag{7}$$

olmakta, tüm varyansı

$$\text{var}\, X_j = \sum_{h=1}^{N/2} (C_h^2 / 2) \tag{8}$$

bağıntısından hesaplama olanağı bulunmaktadır. Periyodikliğe etkili harmoniklerin yüzdesi,

$$P_m = \frac{\sum_{h=1}^{m} (C_h^2 / 2)}{\text{var}\, X_j} \tag{9}$$

eşitliğiyle bulunmaktadır

Herbir harmoniğin anlamlı bir değişime neden olup olmadığı, grafik yöntemle daha açık olarak görülebilmektedir. Bu işlem şu şekilde yapılmaktadır: Yatay eksen m, düşey eksen P olarak imgelendiğine, eğrinin apansız kırıldığı nokta etkili harmoniklerin sayısını vermektedir.

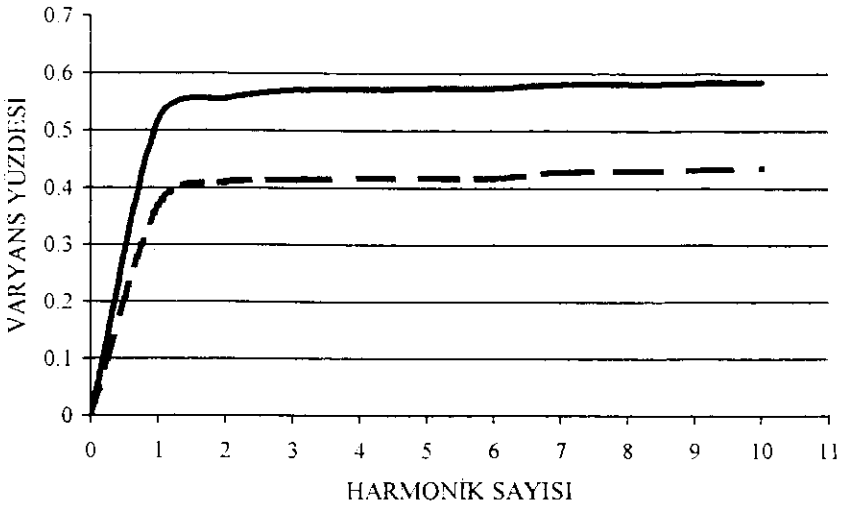
Alışılagelen biçimdeki bir matematik modelin birinci dereceden Markov zinciri bağımlılığı altında,

$$X_j = X_0 + X_t + X_s = X_0 + \sum_{h=1}^{m} (A_h . \cos 2\pi h f_1 j) + \sum_{h=1}^{m} (B_h . \sin 2\pi h f_1 j) + r_1 . X_{s,j-1} + (1 - r_1^2)^{1/2} . z_j . S_{s,j} \tag{10}$$

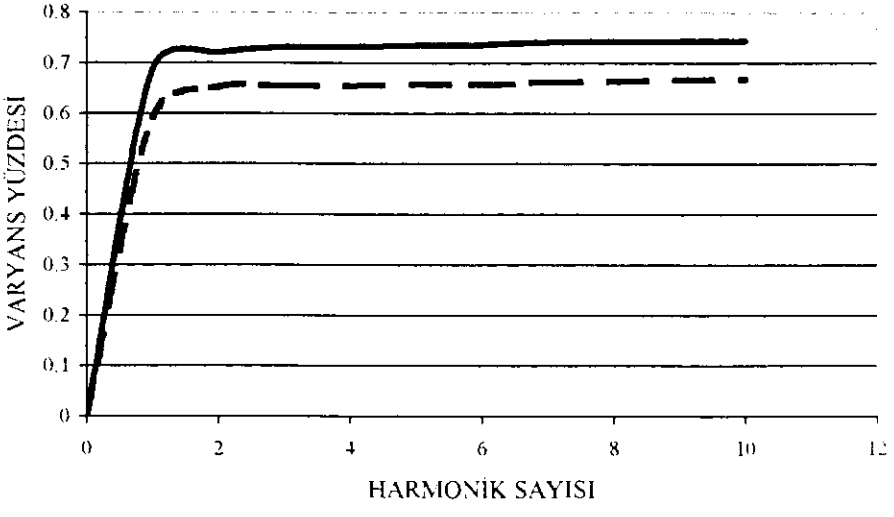
denklemiyle bulunabilmektedir. Denklemdeki z değişkeni, ortalaması 0, varyansı 1 olan ve istatistik olasılık kurallarına göre belirlenen standardize stokastik değişkendir. Sürecin alabileceği normal değerlerin dağılma ve yayılmasının bakışkıdan uzaklaşmasının bir ölçüsü olan çarpıklık ya da yamukluk katsayıları da pratikte kullanılmaktadır (7).

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

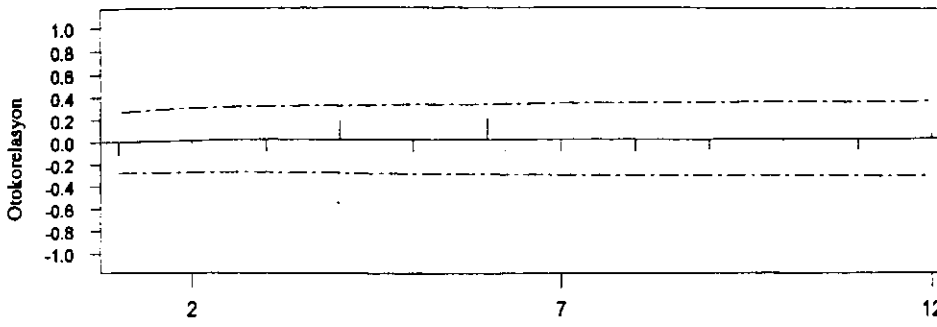
44 yıllık günlük yağış değerlerinin ortalama ve standart sapmaları geliştirilen bir bilgisayar programıyla hesaplanmış ve işlem incelemeye asıl 365 ortalama yağış değeriyle bunlara ilişkin standart sapmalar dikkate alınarak yürütülmüştür. Elde edilen Fourier katsayıları, bunlardan giderek her harmoniğin varyanstaki eklenik payları gözönüne alınarak elde edilen eklenik periyodogramlar Şekil 1 ve 2'de; deterministik bileşen ayıklandıktan sonra kalan kısmın korelogramları ise Şekil 3 ve 4'de sunulmuştur.



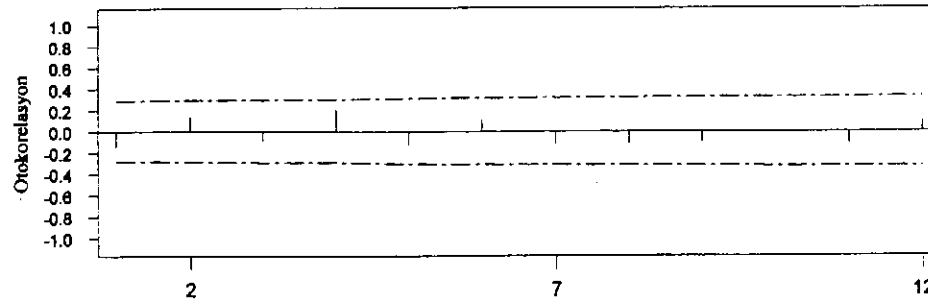
Şekil 1. Günlük ortalama yağışların ve standart sapmalarının eklenik periyodogramları (dolu çizgi ortalama, kesikli çizgi standart sapma).



Şekil 2. Günlük ortalama yağışların kübköklerinin ve standart sapmalarının eklenik periyodogramları (dolu çizgi ortalama, kesikli çizgi standart sapma).



Şekil 3. Günlük ortalama yağışların deterministik bileşen ayıklandıktan sonraki kalıntılarının otokorelogramı (yatay eksen kaydırma sayısını göstermektedir).



Şekil 4. Günlük ortalama yağışların kübköklerinin deterministik bileşen ayıklandıktan sonraki kalıntılarının otokorelogramı (yatay eksen kaydırma sayısını göstermektedir).

"p" gün indisini göstermek üzere, ilk seçeneğin matematik modeli:

$$X_j=1{,}474 - 0{,}5395.\cos(2\pi.1.p/365) + 2{,}168.\sin(2\pi.1.p/365) - 0{,}5817.\cos(2\pi.2.p/365) + 0.0183.\sin(2\pi.2.p/365) + \varepsilon_j \quad (11)$$

İkinci seçeneğin matematik modeli:

$$X_j=0{,}363 - 0{,}17294.\cos(2\pi.1.p/365) + 0{,}20112.\sin(2\pi.1.p/365) - 2{,}33306.\cos(2\pi.2.p/365) + 0.05086.\sin(2\pi.2.p/365) + \varepsilon_j \quad (12)$$

biçimindedir.

Denizli günlük yağışlarının stokastik hidroloji yöntemleriyle incelenmesi sonunda şu sonuçlara varılmıştır:Hem ortalama hem de standart sapmadaki periyodik öğeler iki harmonikle yeterince tanımlanabilmekte, standardize rastgele değişkenler bağımsız olarak simgelenebilmektedir. Uygulanan kübkök dönüşümü ile standardize rastgele değişkenin dağılma ve yayılmasıyla, ortalama etrafındaki yoğunlaşması önemli ölçüde azaltılabilmekte, varyansın tanımlanma yüzdesi ortalamalarda % 30, standart sapmada % 60 dolayında artmaktadır. Denizli Günlük Yağışlarında görülen özelliklerden ötürü, yağışlı ve yağışsız günlerin ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmesi daha elverişli olabilecektir.

4. KAYNAKLAR

1. Baykan, N. O., "İzmir Günlük Yağışlarının Matematik Benzeşim Modelleri", Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi, Hidroloji ve Su Yapıları Yüksek Lisans Tezi, No: 8, 51 s., İzmir, 1977a (Yön: Ü. Öziş-E. Benzeden)

2. Baykan, N. O., Benzeden, E., Öziş, Ü., "Günlük Yağışların Matematik Modelleri", İzmir Yöneylem Araştırması 3 No.lu Ulusal Kongresi, Bildiriler 77, s. 323-336, İzmir, 1977b.

3. Baykan, N. O., "İzmir Günlük Yağışlarının Matematik Benzetim Modeli", İ.T.Ü., 1 nci Ulusal Hidroloji Kongresi, s.167-175, İstanbul, 1979.

4. Öz, Ş. and Şorman, Ü., Günlük Yağış Verilerinin Markov Zincir Modeli ile Modellenmesi, İTÜ İnşaat Fakültesi Dergisi, 8 s., İstanbul, 1998.

5. Karabay, B., "Denizli Günlük Yağışlarının Matematiksel Benzetim Modelleri", Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 112 s, Denizli, 2000 (Yön.: N. O. Baykan).

6. Yevjevich, V., "Stochastic Processes in Hydrology", Water Resources Publications, 276 p, Fort Collins, Colorado, 1972.

7. Öziş, Ü., "Mathematical Simulation Models of Hydrologic Processes in Turkey", IAHS-AISH Publ., 200 p, Bratislava, 1975.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

AKIM DEĞERLERİNİN ÜRETİLMESİNDE PARÇALI TOPLAM BAĞIL FREKANS YÖNTEMİ

Cenap Doğru ve Zekai Şen

İstanbul Teknik Üniversitesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Maslak 80626, İstanbul.

ÖZET

Geçmiş akım serilerinin benzeri olan sentetik serilerin üretilmesi için literatürde geliştirilmiş değişik yöntemler bulunmaktadır. Ancak bunlar akım değerleri ihtimal yoğunluk fonksiyonlarının matematikte alışıla gelmiş olan normal (Gaussian), logaritmik normal, Gamma, Weibull vb. fonksiyonlarla ifade edilmesi esasına dayanır. Yıllık veya mevsimlik meteorolojik değişkenlerin bu şekilde modellenmesinde fazlaca mahzur olmamasına karşılık günlük verilerin modellenmesinde uniform yapıya değil de çok türlülük (heterojen) yapısına sahip olan durumlarla sıkça karşılaşılır. Bu makalede günlük akım değerleri serisi göz önünde tutularak önce toplam bağıl sıklık grafikleri elde edilmiştir. Bu grafiklere literatürde olduğu gibi hemen alışıla gelmiş bir dağılım fonksiyonu uydurmak yerine önce incelenerek tek tür olup olmadıklarına karar verilir. Eğer çok türlülük mevcut ise kaç tane alt sınıfın olduğuna da karar verilmelidir. Bunu takiben çok türlülük sınıflarının herbiri birer doğru ile temsil edilmeye çalışılmıştır. Böylece herbir sınıf için akım değerleri ile bunların toplam bağıl frekans değerleri arasında doğrusal ilişkiler en küçük kareler yöntemi ile tesbit edilmiştir. Doğru grupları ile temsil edilen toplam bağıl frekans davranışları kullanılarak aynı sayıda sınıf ve benzer akım değerlerine sahip yapay akımlar rastgele sayıların ve geliştirilen doğru denklemlerinin aracılığı ile elde edilmiştir. Geliştirilen bu yeni yöntem Van Gölü akarsu havzasında bulunan Bendimahi, Süfrezör ve Güzelsu akım istasyonlarında ölçülen debi serilerinin benzetimi için kullanılmıştır. Sonuçta elde edilen veri dizilerinin geçmişte gözlenenlerden istatistik parametre, zaman ekseni boyunca gidiş ve sınıflandırılmalarında pratik bakımdan önemli farkların bulunmadığı anlaşılmıştır. Bu ise geliştirilen yöntem ile istenildiği kadar gelecekte ortaya çıkması muhtemel olan akım serilerinin bilgisayar ortamında üretilerek su yapılarının ve tarım faaliyetlerinin önceden planlanabilmesi için bir eses teşkil eder.

GİRİŞ

Su kaynakları ile ilgili tarım, ziraat, sulama, su getirme, su ürünleri gibi çalışmaların yapılmasında yağışın akışa geçen kısımlarının modellenerek planlamaların yapılması gereklidir.

Yeryüzüne düşen yağmurun bir kısmı zemine sızarken bir kısmıda yüzey üzerinde akışa geçer. Yağış ya da kar erimesi sonucu oluşan fazla miktarda suyun akarsu yatağı içinde geniş bir alanda akışa geçmesi sonucu taşkınlar oluşur. Akışa geçen suyun karakteri düşen yağışın şiddetine ve bölgenin topoğrafyasına bağlıdır. Özellikle konut yapımında arazinin hidrografik özelliklerine bakılmaksızın çarpık yapılaşma sonucu taşkınlardan zarar görme ihtimali şehirsel alanlarda bile çok fazladır.

Bu çalışmada Van gölü havzasındaki Bendimahi, Güzelsu çayı ve Süfrezör derelerinin akış karakteristiklerini ve olabilecek akış miktarını belirlemek için geliştirilen sentetik bir yöntem anlatılacaktır. Bu metotta olabilecek maksimum akış miktarını belirlemek için havzanın fiziksel özelliklerinden faydalanmak yerine bir yıl içerisinde ölçülen akış verilerinden faydalanarak akış karakteristiği belirlenip olabilecek akış miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Yöntem geliştirilirken 1992 su yılı içerisinde ölçülmüş akış verilerinden faydalanılmıştır. O yıla ait akış verileri kullanıldığı için bulunmuş olan akım değerleri o yıl için geçerlidir. Uzun yıllara ait veriler kulanılarak akım değerleri üretilmeye çalışılırsa bu dereler için genel bir akış fonksiyonu ve taşkın olması muhtemel günler ve bu günlerde olabilecek akım değerleri belirlenmiş olacaktır.

Hidroloji suyun dünya üzerinde bulunuşu ve hareketlerini inceleyen bir bilimdir (Muslu, 1993). Yağışın oluşumu nedeniyle meteoroloji, düşen yağışın yeryüzünde hareketi nedeniyle de jeoloji ile yakından ilişkilidir. İnsanların gerek tarım yaparken, gerekse yerleşim alanları inşaa ederken toprak yüzeyinde meydana getirdiği değişiklikler hidrolojik açıdan çok önemlidir. Doğa kendi içerisinde bir dengeye sahip olduğu için, bu dengeyi bozacak etkilere karşı önlemini alır ve bunu dengelerkende, aslında doğal olan fakat insanların afet olarak adlandırdıkları olaylar meydana gelir. Hidrolojik açıdan bu olayların belki de en önemlisi taşkınlardır.

Bir akarsuyun beklenenin üzerinde su getirmesi ya da kuru olan bir alanın su baskınına uğraması olayı taşkın olarak adlandırılır (Osmanoğlu 1984). Taşkınlar ilkbahar aylarında kar erimesi sonucu meydana gelebileceği gibi, kuvvetli sağanak yağmurlar sonucunda da oluşabilirler. Bir bölgenin iklim karakteristikleri, jeomorfolojik durumu ve coğrafi konumu o bölgede hangi tipte taşkın meydana gelebileceğinin anlaşılması açısından çok önemlidir (Şen ve Kadıoğlu, 1997).

Yeryüzüne düşen suyun, yeraltına sızma, yüzey tarafından tutulma ve buharlaşma gibi kayıplar çıktıktan sonra geriye kalan kısmı arazide en müsait yol boyunca yüzeysel akışa geçer. Bu akışlar nehir, dere, çay gibi doğal akarsu yataklarına ulaşıp yağış alanından uzaklaşırlar.Başlangıç kayıplarının sona ermesinden yağışın bitimine kadar geçen süre pik akım değerine etki eder. Yağış zamanı ilerledikçe zemin giderek doyacağı ve yağmur damlaları daha ıslak bir zemine düşeceği için akış katsayısını zamana bağlı olarakta ifade edebiliriz (Muslu, 1993).

Bir alan üzerine yağışın düşmesi ve ırmak içinde akışa geçmesi hidrolojist için temel problemdir. Birçok ülkede yağış kayıtları çok fazla olmasına karşılık sel hesapları için gerekli olan ırmak akış ölçümleri sınırlıdır. Akışı hesaplamak büyük ölçüde zaman ölçeğine bağlıdır. Kısa zaman aralıklarında (saat) yağışla akış arasındaki karşılıklı ilişki kolayca açıklanamaz, fakat uzun zaman aralıklarında ilişki daha basit olur ve doğrusal bir ilişki saptanabilir. Doğal olarak alanın büyüklüğü de bu ilişkiyi etkiler. Küçük alanlarda homojen bir dağılım ve basit bir ilişki varken büyük ölçekli drenaj alanlarında ve uzun zaman periyotlarında su tutulma miktarındaki farklılıkların etkisi basit yağış-akış ilişkilerine bağlı olarak azaltılır. Genelde kısa zaman ölçeklerinde topoğrafik ve jeolojik kompozisyona bağlı olarak düzensiz yağış dağılımının meydana gelmesiyle karışık bir yapı oluşur. Zaman ve alan açısından orta ölçeklerde buharlaşma, sızma ve yüzey suyu akışı gibi diğer hidrolojik ve fiziksel faktörlerde önemli rol oynadığından yağış ve akış arasındaki direk ilişki kolayca açıklanamaz.

Bu çalışmanın amacı yüzeysel akış serilerinin parçalı toplam bağıl frekans yöntemi ile benzeştirerek yapay akış serileri üretimini sağlamaktır. Geliştirilen yöntem Van gölü

havzası yüzeysel akışlarına uygulanmıştır. Ayrıntılı izah ve uygulama ise Doğru(1998) tarafından verilmiştir.

TOPLAM BAĞIL FREKANS SINIFLARI

Mertebe'nin kelime manası sıra demektir. Buradaki mertebeden kasıt bir gözlem dizisi içindeki verinin büyüklük olarak o dizi içerisinde kaçıncı sırada olduğudur. Bunu saptamak çok kolaydır. Veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır ve böylece her verinin kaçıncı sırada olduğu saptanır. Bu işlem sonucunda n elemanlı bir dizideki en küçük değer '1' mertebesini alırken en büyük değer 'n' değerini alır. Buraya kadar her şey kolay gibi gözüküyorsada bir veri dizisi içerisinde aynı değere sahip bir ya da birden fazla aynı değerin olabileceğini gözardı etmemek gerekir. Her bir değerin sadece birtek mertebesi olabileceğine göre yapılması gereken işlem, aynı değerleri çıkartıp arta kalan birbirinden farklı verileri mertebelendirmek olmalıdır. Fakat bu işlemin yapılması, o değerlere sahip günleri hesaba katmamak manasına gelir ve bu yanlış bir yaklaşımdır. Bu işlem yerine bu çalışmada farklı bir yöntem izlenmiştir.

Önce veriler küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Eğer bir veri birden fazla sayıda bulunuyorsa ortadaki mertebe sayısı o verinin mertebesi olarak kabul edilmiştir. Örneğin, Bendimahi deresinin 3.75 m^3/sn 'lik akım değeri veriler sıralandığı zaman hem 1 hem de 7 mertebesini almaktadır. 1 ve 7 sayısının arasındaki rakam 4 sayısı olduğu için 3.75 m^3/sn' lik akım değerinin mertebesi 4 olarak alınmıştır. Bu sayı bir tamsayı olabileceği gibi 19.5 gibi ondalıklı bir sayıda olabilir. Mertebeleri bulmak için basitçe şöyle bir formülasyon yazabiliriz. O sayının sıralamada aldığı en küçük değere k, en büyük değerede l dersek o halde bu sayının mertebesi

$$M = \frac{k+l}{2} \qquad (1)$$

olarak bulunur. Böylece her bir akım değeri için bir tek mertebe belirlenmiş olur.

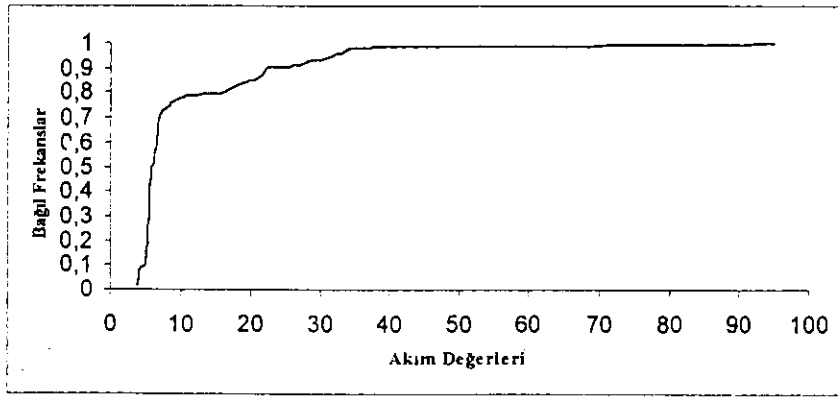
Herhangi gözlem dizisindeki bir gözlemin kaç defa bulunduğunu gösteren sayıya o gözlemin mutlak frekansı denir. Bağıl frekans ise, bu bulunma sayısının toplam gözlem sayısına oranıdır (Muslu, 1993). Bu frekanslar kullanılırken her bir verinin frekansı yerine, belirli bir sınıf aralıkları seçilir ve bu sınıf aralıklarına düşen verilerin sayılarına bakılarak frekansları hesaplanır.

Yapılan bu çalışmada ise veriler küçükten büyüğe doğru sıralanıp yukarıda bahsedildiği gibi mertebeleri hesaplandıktan sonra her veri değerinin m gibi bir mertebesi olur. Mertebesi m olan, n elemanlı bir dizideki verinin toplam bağıl frekansına f dersek

$$f = \frac{m}{n+1} \qquad (2)$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Yaptığımız uygulamada Van gölü havzasında Bendimahi deresi için bu işlemler yapıldıktan sonra akım-bağıl frekans diyagramı Şekil 1'deki gibi çizilmiştir.



Şekil 1. Bendimahi deresi 1992 su yılı akım-bağıl frekans diyagramı

Şimdi yapılacak iş akım-bağıl frekans arasındaki fonksiyonu bulmaktır. Bu işlem için yapılacak en doğru şey diyagramdaki şekle bakarak uygun bir eğri uydurmak ve bu eğrinin fonksiyonunu hesaplamaktır. Fakat diyagramlar incelendiği zaman bu diyagramların

birbirinden farklı üç doğrusal kısımdan oluştuğu gözükmektedir. Bu yüzden önce her bir diyagram farklı doğrusal kısımlara ayrılmalı ve bu kısımların fonksiyonları tek tek hesaplanmalıdır.

TOPLAM BAĞIL FREKANS DOĞRULARI

Bendimahi çayının akım-bağıl frekans dağılımına uydurulacak en iyi fonksiyon $y=a\ln(x) + b$ gibi logaritmik bir fonksiyondur. Eğer bu fonksiyonun değeri hesaplanırsa $y=0.25\ln(x) + 0.08$ olduğu bulunur. Tabiki fonksiyon uydurma işlemi subjektif olduğu için bu eğriyi temsil eden en iyi denklem olduğunu söylemek doğru olmaz.

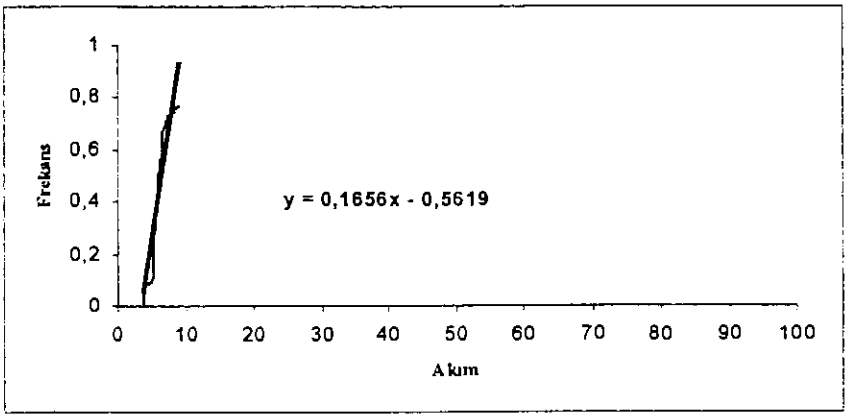
Fakat akım-bağıl frekans eğrisi dikkatli olarak incelenirse birbirinden farklı üç ayrı lineer fonksiyondan oluştuğu görülmektedir. İşte bu nedenle tek bir eğri uydurmak yerine üç tane ayrı lineer fonksiyon uydurmanın daha doğru olacağı düşünülmüştür. Hangi aralık bölgesi için hangi fonksiyonun uydurulduğu Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bendimahi çayı 1992 su yılına ait akım-bağıl frekans dağılımının bölgelere ayrılması ve bu bölgelerin fonksiyonları.

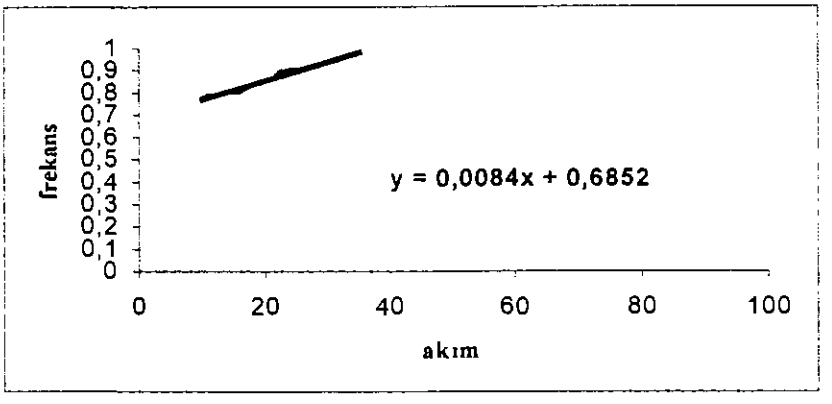
Bölgeler	**Bağılfrekans aralığı**	**Akım aralığı (m^3/sn)**	**Fonksiyon**
I. Bölge	0 - 0.77	0 - 9	Y=0.1656X - 0.5619
II.Bölge	0.78 - 0.9782	9.1 - 35.1	Y=0.0084X+0.6852
III. Bölge	0.9809 - 0.999	35.2 ve yukarısı	Y=0.002X+0.9737

Bunun yorumu ise çok basittir. Bir akarsuda belirli bir akım aralığına düşen her bir değer o aralık için tanımlanmış fonksiyonla ifade ediliyorsa, yani herbir akım farklı bir fonksiyona ait ise o akarsuda farklı akım türleri olduğu söylenebilir.

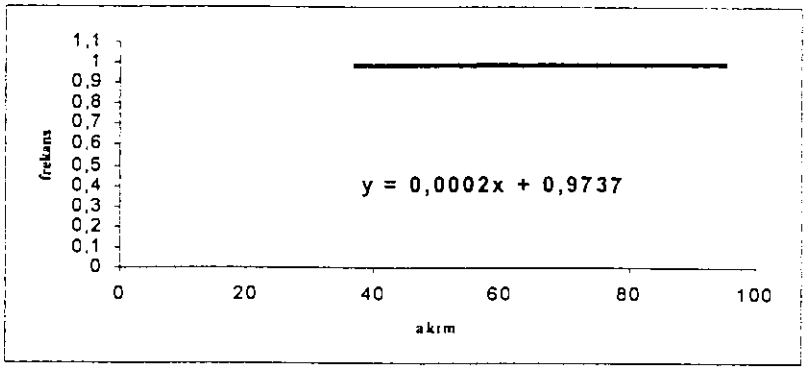
Bendimahi çayı üç ayrı fonksiyonla ifade edildiği için bu akarsuda bir yıl içinde üç akım türünün oluştuğunu söyleyebiliriz(bak Şekil 2-4)



Şekil 2. Bendimahi çayı I. bölgeyi temsil eden fonksiyon



Şekil 3. Bendimahi çayı II. bölgeyi temsil eden fonksiyon



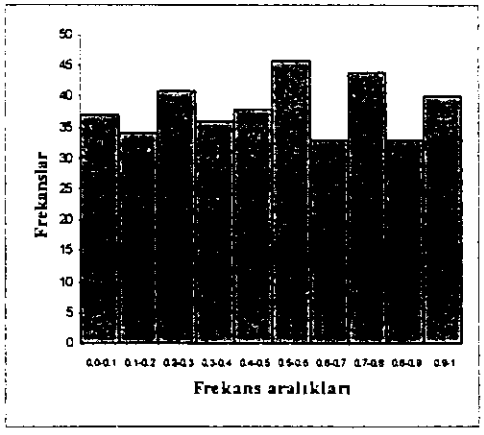
Şekil 4. Bendimahi çayı III. bölgeyi temsil eden fonksiyon

AKIM ÜRETİMİ

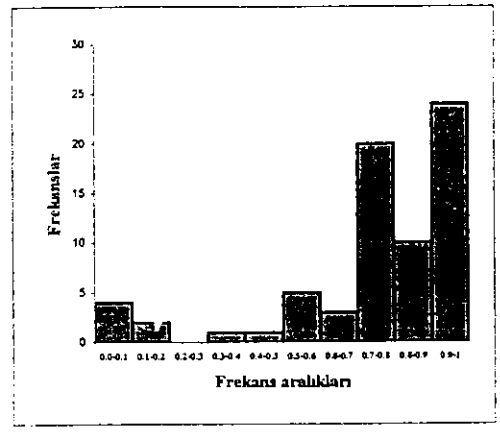
Buraya kadar olan işlemler sonucu, herhangi bir bağıl frekans için ya da akım değeri için hangi sınıf aralığına düştüğüne bakarak hangi fonksiyonun kullanılacağını bulduk. Eğer biz yapay olarak 0 ile 1 arasında sayılar üretip bunlara bağıl frekans dersek ve bu frekansların düştükleri sınıf aralıklarını saptayıp, o sınıf aralığı için belirlenmiş olan fonksiyonu kullanırsak, o dere için yapay akım değerleri üretmiş oluruz.

Burada karşılaşılan zorluk sayı üretiminde olur. Üretilen sayıların 0 ile 1 arasında rastgele değişmesi gerekir. Öncelikle ortalama ve standart sapması gerçek değerlerle aynı olan veriler üretilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonunda üretilmiş verilerden bazılarının değerinin 0'dan küçük bazılarının ise 1'den büyük olduğu ortaya çıkmaktadır. Üretilmiş olan bu sayılardan 0'dan küçük ve 1'den büyük olanları elimine edilip akım değerleri hesaplandığında çok büyük değerlerle karşılaşılmış ve iyi sonuçlar elde edilememiştir. Bunun yerine basit bir hesap makinesinde, 0 ile 1 arasında rastgele olarak sayı üretilmiştir. Üretilen sayı değeri fazla olduğu için bu üretilmiş olan sayıların ortalaması 0.5 değerine çok yakın bulunmuştur. Zaten gerçek akım değerlerinin hepsi birbirinden farklı olsaydı (çok hassas ölçümler sayesinde) bu dizinin bağıl frekans dizisini (2) bağıntısıyla hesapladığımız zaman elde edeceğimiz bağıl frekans dizisinin ortalaması 0.5 olurdu. Bu nedenle ortalaması 0.5 olan rastgele üretilmiş diziyi bağıl frekans olarak

kullanmak daha uygun gelmiştir. Şekil 5 ve Şekil 6 sırası ile Bendimahi çayının gerçek bağıl frekans dağılımı ile rastgele olarak üretilmiş bağıl frekans dağılımını göstermektedir.



Şekil 5.Bendimahi çayı gerçek bağıl frekans dağılımı



Şekil 6. Bendimahi çayı rastgele üretilmiş bağıl frekans dağılımı

Bu dağılımlar incelendiği zaman rastgele üretilmiş bağıl frekansların üniform bir şekilde dağıldığı yani her frekans aralığında eşit sayıda değer bulunduğu göze çarpmaktadır.

Buraya kadar yapılan çalışmalarda elde edilmiş olan sonuçlarla, incelemesi yapılan akarsuların akım-bağıl frekans fonksiyonları belirlenmiştir. Böylece yapay olarak üretilmiş bağıl frekans değerlerinin bulundukları sınıf aralığına bakarak, bağıl frekans değerlerini bu sınıf aralığı için belirlenmiş fonksiyonda yerine koyup yapay olarak akım değerleri elde edebiliriz.

Yapay olarak üretilmiş bağıl frekans değeri hangi bölgeye düşüyor ise (Bendimahi deresi için bu bölgeler Tablo 1'de gösterilmiştir), o bölge için tanımlanmış olan fonksiyonda yerine yazılır ve böylece akım değeri elde edilmiş olur. Bu işlem bütün rastgele üretilmiş bağıl frekans değerleri için yapılır ve böylece bir akım dizisi elde edilmiş olur. Fakat elde edilmiş olan bu akım değerlerinin hangi güne ait olduklarının belirlenmesi gerekir.

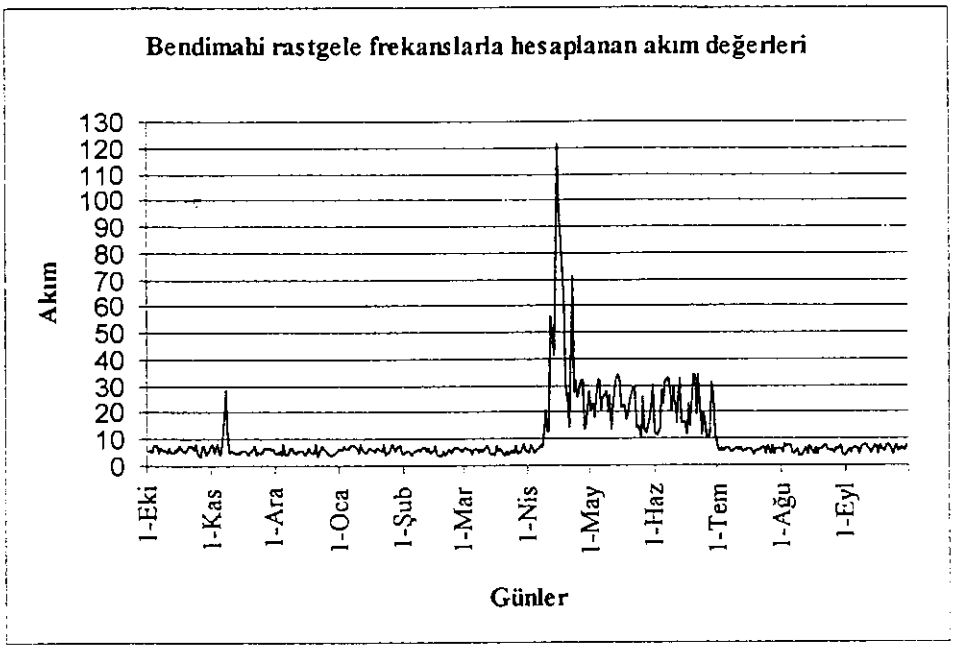
Bunun için hesaplanan akım değerleri sırasıyla tek tek incelenir. Eğer hesaplanmış olan ilk akım değeri, I. bölgeye ait ise bu akım, I. bölge için tanımlanmış ilk akım değeri olur ve I. bölgenin ilk gününe yazılır. Eğer hesaplanmış olan ilk akım değeri II. bölgeye ait ise bu akım, II. bölge için tanımlanmış ilk akım değeri olur ve II. bölgenin ilk gününe yazılır. Bunların hiçbirisi değilde, III. bölgeye düşen akım değeri ise, III. bölgenin ilk gün değeri olarak kaydedilir (Bendimahi deresi için her bölgeye ait olan günler Tablo 2'de gösterilmiştir.)

Tablo 2. Bendimahi deresi için 1992 su yılı içerisindeki günlerin bulundukları bölgeler (1 değeri 1 Ekim' i, 366 değeri 30 Eylül' ü gösterir.)

AKARSU	**I.Bölge**	**II.Bölge**	**III.Bölge**
BENDİMAHİ	1-36, 40-191, 275-366 ve arasındaki günler	37 -39, 192-194,202-204, 206-274 ve arasındaki günler	195-201,205 ve arasındaki günler

Örneğin Bendimahi çayı için yapılan uygulamada, hesaplanan ilk dört akım değeri I. bölgenin sınır akım değeri olan 9 m^3/sn' den küçük oldukları için I. bölgeye ait oldukları anlaşılmış ve I. bölgenin ilk dört günü olan 1-4 Ekim günlerine sırasıyla yazılmışlardır. Fakat hesaplanan 5., 6. ve 7. akım değerleri sırasıyla 11.4, 28.3 ve 11.2 m^3/sn değerine sahiptirler ve bu değerler II. bölge aralığı olan 9.1-35.1 m^3/sn aralığına düştükleri için II. bölgeye ait oldukları anlaşılmıştır. II. bölgeye ait bu akım değerleri sırasıyla II. bölgenin ilk üç günü olan 37, 38 ve 39. günlere yani 6-8 Kasım günlerine yazılmışlardır. Hesaplanan 8. ve 9. değerlere bakıldığında I. bölgeye düştükleri görülmüş ve I. bölgenin ilk dört değeri bir önceki işlemde doldurulduğu için bu değerler I. bölgenin 5. ve 6. değeri olan 5 ve 6 Ekim günlerine kaydedilmişlerdir. Aynı şekilde, hesaplanmış olan 9. değer 56.5 m^3/sn III. bölgenin sınır değeri olan 35.1 m^3/sn değerinden büyük olduğundan III. bölgeye ait olduğu görülmüş ve III. bölgenin ilk değeri olan 195. güne yani 12 Nisan gününe yazılmıştır. Bu işlem sırasıyla yapılırsa bir yıla ait bütün akım değerleri bulunmuş olur.

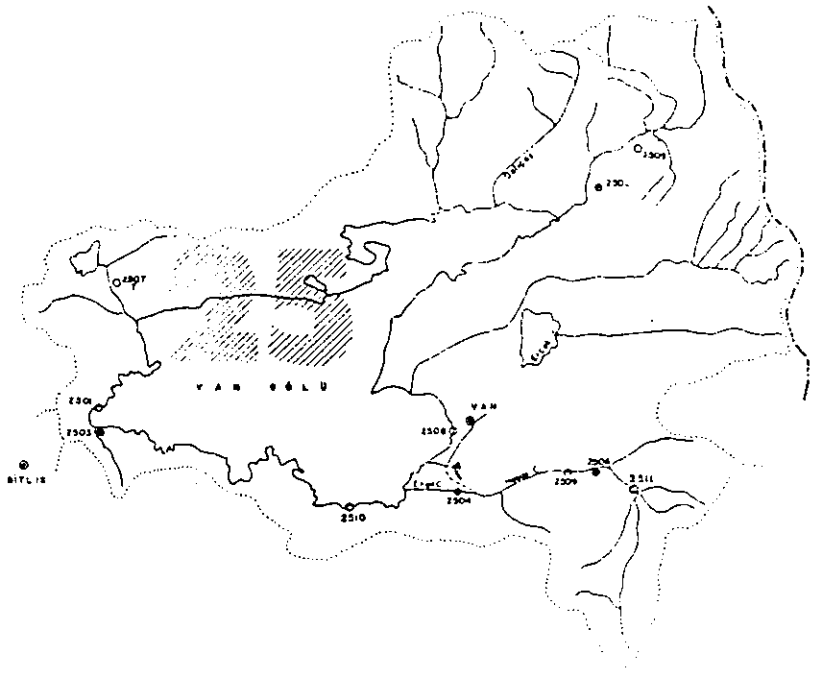
Bu yol izlenerek Bendimahi deresinin yapay olarak üretilmiş akım değerleri çizilerek Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Bendimahi deresi rastgele frekanaslarla oluşturulmuş akım değerleri

UYGULAMA

Bu çalışmada gözönünde tutulan Van gölü havzasının yüzölçümü 19405 km^2 olup, havzaya düşen yıllık ortalama yağış 474.3 mm olarak tespit edilmiştir. Yıllık havza verimi 5.1 s/km^2, yıllık toplam akış 2.39 km^3 olarak bilinmektedir. Havzada 7 adet baraj vardır ve bu barajlarda depo edilen su miktarı 514 milyon m^3 tür. Van gölü havzasının konumu Şekil 8'de gösterilmiştir (İnşaat mühendisleri. Odası, 1996).



Şekil 8. Van gölü havzası haritası (EİE 1992 Su yılı akım değerleri, 1996)

Van gölü havzasının hemen hemen tümü dağlık arazi görünümündedir. Eğimler dik, yükselti farkları ise büyüktür. Havzada yükseltiler genel olarak 1650-2600 m arasında değişir. Gölün güney ve doğu kesiminde dağlar sıradağ biçimindedir.Van çevresinde nemli, çok düşük sıcaklıklı karasal iklim tipinin hakim olduğu söylenebilir. Yağışlar az, sıcaklık ve bunun sonucu olarakta buharlaşma düşüktür. Batı kesiminde ise yağış nisbeten daha yüksektir.Van gölü havzasının Doğu Anadolu bölgesinde olmasına rağmen daha yumuşak bir iklime sahip olduğu göze çarpar. Kışlar yağışlı ve soğuk geçerken yazlar ise kurak ve az yağışlı geçmektedir. Yağışlar yağmur ve kar şeklindedir.

Van gölü havzasında 1986'dan önce ortalama yağış 366.9 mm olup, bu değer 1986' dan sonra 436.6 mm' ye yükselmiştir. Van gölü kapalı havzasında yağışın % 45' inin akışa geçtiği kabul edilir. Ancak bazı çalışmalarda Van gölü havzası akış katsayısı 0.23 olarak verilmektedir. Bu iki değer arasındaki farklılık yağıştan akışa geçiş hesaplanırken dikkatli olunması gerektiğini gösterir.

Van gölü havzası bitki örtüsü bakımından oldukça zayıftır. Akarsu kenarlarında, göl kenarı düzlükleri ve yerleşim yerleri dışında yeşil örtüye pek rastlanmamaktadır.

Yapılan bu çalışmada akım değerleri kullanılan akarsular Van gölü havzası içerisinde yer alan ve Van gölüne boşalan Bendimahi, Güzelsu deresi ve Süfrezör çayıdır.

Bendimahi deresi Van'ın Muradiye ilçesinin 14 km kadar kuzeyindeki Gönderme köyü yakınındadır. 1962 yılından bu yana akım gözlemi yapılmaktadır. Bu süre içinde gözlenmiş en büyük akım değeri 210 m^3/sn en az ölçülen değer ise 2.07 m^3/sn'dir.

Güzelsu deresi, Van Hakkari karayolu üzerinde Güzelsu ilçesine 10 km kala Çörekli köyünün yakınındadır. 1988 yılından beri akım ölçümü yapılmaktadır. Bu süre içerisinde gözlenmiş en yüksek akım değeri 43.9 m^3/sn, en düşük değer ise 0.702 m^3/sn'dir.

Süfrezör çayı, Ahlat ilçesinden Purhuş bucağına giden yolun 17. km' sinden sağa ayrılan Kınalıkoç köyündedir. 1968 yılından bu yana ölçüm yapılmakta ve gözlenmiş en büyük değer 86.4 m^3/sn, en düşük değer ise 0.04 m^3/sn'dir. Bu derelerin diğer özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. İncelemesi yapılan akarsuların özellikleri.

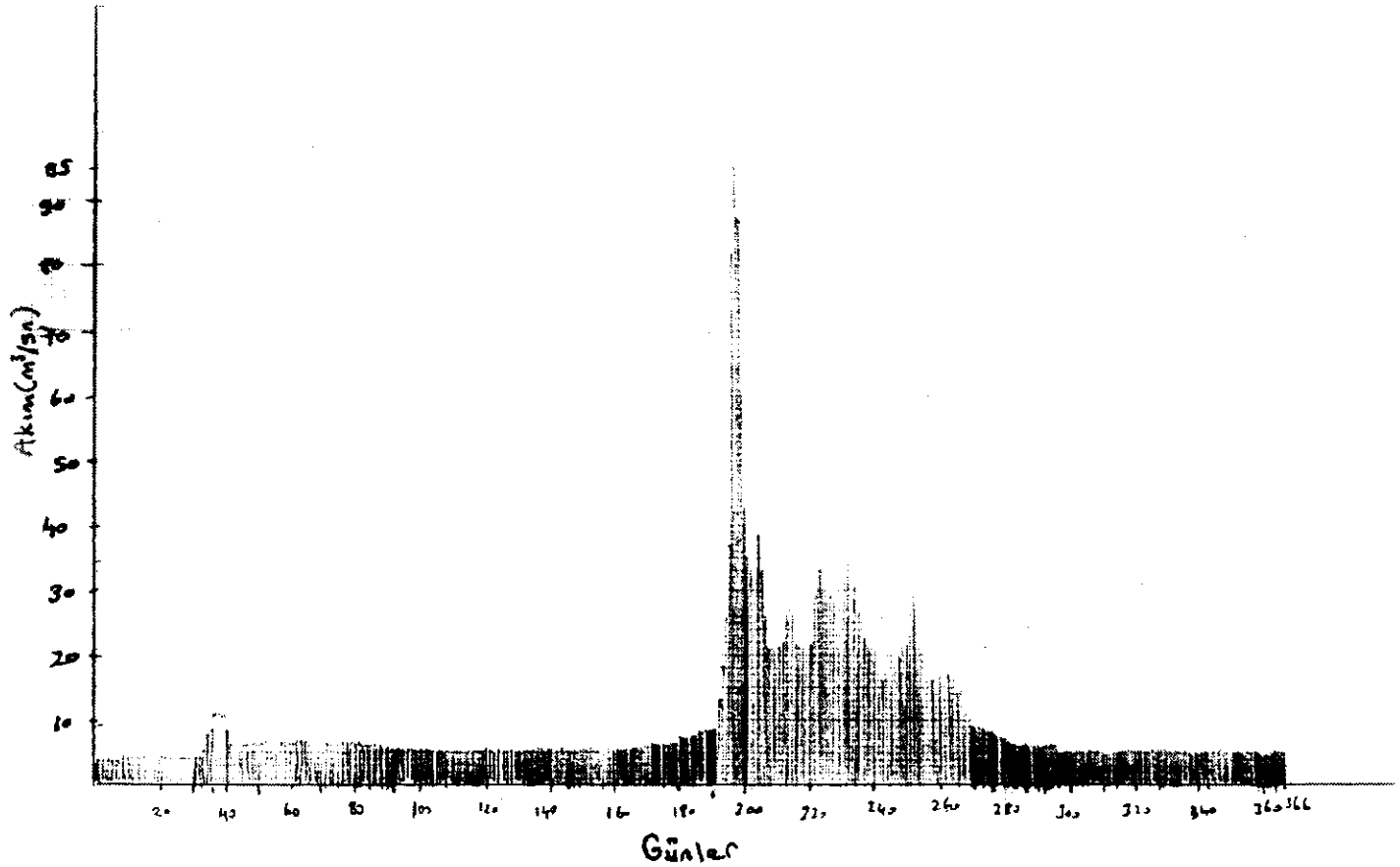
İSTASYON		KONUM			HAVZA ÖZELLİKLERİ	
NO	ADI	ENLEM	BOYLAM	RAKIM (m)	ALAN(km^2)	ORTALAMA AKIM m^3/sn
2505	Bendimahi	43°47'44``D	39° 5' 13`` K	1912	1447.2	10.365
2507	Süfrezör	42°21'50``D	38°48'35``K	1767	334.6	2.858
2511	Güzelsu	43°45' 5``D	38°20'46``K	1941	1390.4	5.981

Debinin zamana karşı çizildiği grafiğe hidrograf (akış eğrisi) denir. Bir hidrografta yükselme kısmı, zirve kısmı ve iniş kısmı olarak üç bölge vardır. Yükselme kısmının şekli

buna sebep olan yağmurun karakterine bağlıdır.İniş kısmının şekli yağmur karakterinden bağımsızdır, havzadaki drenaj kanallarında depo edilen suyun çekilmesini gösterir (Muslu, 1993).

Her güne karşı gelen akım değeri işaretlenip daha sonra bu noktalar birleştirilirse hidrograf elde edilmiş olur. Yapılan çalışmada hidrograf çiziminde şöyle bir yol izlenmiştir. Her güne ait akım değerleri noktalanmadan önce bu akım değerinin daha önceden belirlenmiş olan bölgelerden hangisine düştüğüne bakılmıştır (Bendimahi deresi için akım değerlerinin düştükleri bölgeler Tablo 1'de gösterilmiştir.) Böylece 1 su yılı içerisindeki günlerin hangi bölgeye ait oldukları yani bu günlerde hangi akım türlerinin olduğu belirlenmiş olur. Bendimahi deresi için bir su yılı içerisindeki günlerin hangi bölgede bulunduğu Tablo 2'de gösterilmiştir.

Bu günler tespit edildikten sonra günler X ekseninde, akım değerleride Y ekseninde olacak şekilde tek tek her akım değeri işaretlenmiştir. Bu işaretleme işlemi sırasında I. bölgeye düşen günler kırmızı renkle, II. bölgeye düşen günler mavi renkle ve III. bölgeye düşen günler ise yeşil renkle işaretlenmiştir. Böylece çalışması yapılan akarsuların akım eğrileri o su yılı içindeki günlerin hangi sınıf aralığına düştüğünü gösterecek şekilde çizilmiş olur ve herhangi bir günde hangi türde bir akımın görüldüğü böylece belirlenmiş olur. Bendimahi deresinin akış değerinin bulunduğu bölgeler göz önüne alınarak renklendirilmiş akım eğrisi Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Bendimahi deresinin 1992 su yılı akım değerlerinin sınıf aralıklarına göre renklendirilerek çizilmiş akım eğrisi

Şekil 7 incelendiği zaman genel olarak gerçek akım değerleriyle çizilmiş olan grafiğe (Şekil 9) benzedikleri görülmektedir. Fakat gerçek grafiklerden farklı olarak biraz çalkantılı bir yapısı vardır. Bu çalkantılı yapının sebebi rastgele üretilen bağıl frekans değerlerinin birbirlerinden bağımsız olmaları, yani üretilmiş olan bir bağıl frekans değerinin kendinden sonra üretilen değer üzerinde bir etkisinin olmayışından kaynaklanmaktadır. Gerçek akım değerleriyle üretilmiş akım değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Gerçek akım değerleri ve üretilmiş akım değerlerinin istatistik özellikleri.

DEĞİŞKEN	İNCELENEN AKARSULAR					
	BENDİMAHİ		GÜZELSU		SÜFREZÖR	
	Gerçek değer	Üretilmiş değer	Gerçek değer	Üretilmiş değer	Gerçek değer	Üretilmiş değer
Ortalama	10,36	10,83	5,98	6,41	2,86	3,16
Medyan	5,94	6,49	2,25	3,01	1,03	1,09
Mode	5,50	7,91	1,62	2,69	3,13	3,96
Std.sapma	11,11	13,02	7,28	7,80	5,03	5,31
Minimum	3,75	3,40	1,25	0,03	0,19	0,14
Maksimum	95,00	121,50	37,40	35,00	37,30	28,74

Tablo 4' teki değerlere bakıldığı zaman genel olarak bütün istatistik değişkenlerin birbirine yakın değerler olduğu gözükmektedir. Gerçek değerle üretilmiş değer arasındaki en büyük fark maksimum akım değerinde olmaktadır. Örneğin Bendimahi çayında 1992 su yılı içerisinde görülen maksimum akım değeri 95 m^3/sn iken rastgele üretilmiş bağıl frekans değerleriyle hesaplanan akım 121.5 m^3/sn' dir. Böyle bir farkın kaynaklanması doğaldır. Çünkü, bağıl frekans ile akım arasındaki ilişkiyi gösteren ve bizim subjektif olarak uydurduğumuz fonksiyonun her değer için çok doğru bir akım değeri vermesi beklenemez. Özellikle uç değerlere doğru gidildikçe hata miktarı artmaktadır. Bunun sebebi, orta değerlerdeki veri miktarının uç değerlerdeki veri miktarından fazla olmasıdır. Böylece

uydurulan doğrunun bu verilerin yoğun olduğu bölgeden geçirilmesi sonucu uç değerlere doğru gidildikçe bu doğrunun uçtaki değerleri temsil etme gücü azalmaktadır.

SONUÇLAR

Genel olarak bu çalışmada Van gölü havzası içerisinde bulunan ve incelemesi yapılan Bendimahi, Süfrezör ve Güzelsu akarsularında kış taşkınları yaygındır. Bunun sonucu olarak bu bölgede genellikle kar erimesi sonucu taşkınların oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu bölgede yapılması planlanan taşkın inceleme yöntemleri bölgenin bu özelliği dikkate alınarak yapılmalıdır.

Bendimahi çayının hidrografindaki yükselme eğrisine bakıldığı zaman çok dik olduğu görülmektedir. Bendimahi çayını besleyen kolların sayısı diğerlerine nazaran daha fazla olduğu için akış değerinde çok ani artışların özellikle bahar başlangıcı olan nisan mayıs ayları arasında görülmesi muhtemeldir. Bendimahi ve Güzelsu çaylarındaki bahar aylarındaki akış Temmuz ayına kadar devam etmekte, Süfrezör deresinde ise Haziran ayında kesilmektedir.

İncelemesi yapılan akarsuların akım-toplam bağıl frekans fonksiyonlarında uç değerlere doğru gidildikçe doğruluk azalmaktadır. Bu fonksiyonlar üzerinde bazı düzeltmeler yapılırsa uç değerlerin tahmin doğruluğu arttırılabilir. Bu dereler içerisinde Güzelsu deresinin akım-bağıl frekans fonksiyonunun iyi sonuçlar verdiği görülmüş ve bunda herhangi bir düzeltmeye gerek olmadığı düşünülmektedir. Bu fonksiyon düzeltme işleminde Süfrezör deresi için lineer bir fonksiyon oluşturulduğu takdirde daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Özellikle I. bölge için logaritmik II. bölge için ise lineer bir fonksiyon oluşturulması daha uygun olacaktır. Oluşturulan bu fonksiyonlarda maksimum bağı frekan değeri yerine yazılarak olabilecek maksimum debi tayin edilebilir

KAYNAKLAR

Doğru, C., 1998. Van Gölü Yüzeysel Akış Değerlerinin Modellenmsi. Bitirme Ödevi, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 35 pp.

İnşaat Mühendisleri Odası,1996, Van Gölündeki Ani Seviye Değişimlerini İnceleme Raporu

Muslu, Y., 1993 : Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı, İ.T.Ü., İstanbul, 703 s.

Osmanoğlu, G., 1984 : Ege Bölgesi'nde Günlük Ortalama Taşkın Analizi Ve Bölgesel Sentez, İ.T.Ü., 37 s.

Şen Z., Kadıoğlu M.,1997: Meskun Bölgelerde Basit Sel Hesapları ve Gebze Uygulaması, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler Sempozyumu, Ankara 1997, 156-173 s

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE AKIŞ TAHMİNİ

Ahmet Öztopal, Ceyhan Kâhya ve Sevinç Sırdaş

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Müh. Bölümü, Maslak, 80626 İstanbul.
oztopal@itu.edu.tr
ckahya@itu.edu.tr
sirdas@itu.edu.tr

ÖZET

Canlıların sahip olduğu bir kısım biyolojik özelliklerin sanal ortamda taklit edilmesiyle, mühendislikte kullanılabilecek bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de Yapay Sinir Ağları'dır (YSA). Genel anlamda, sinirlerin çevreden aldıkları duyumları beyne iletme prensibine göre çalışır. Sistem, verilerin sisteme sokulduğu giriş tabakası, sonucun elde edildiği çıkış tabakası ve bu iki tabaka arasındaki ara tabaka veya tabakalar şeklinde 3 bölümden oluşmaktadır. Yağışın sebep olacağı akışın; sel tahmini ve baraj haznesi işletmesi gibi çalışmalardaki öneminin bir sonucu olarak, bu çalışmanın amacı, yağış ve buharlaşma girdilerinden faydalanarak, akış tahmini yapabilmek için YSA yardımıyla bir akış modeli oluşturmaktır.

Anahtar Kelimeler: Akış; Buharlaşma; Modelleme; Yağış; Yapay Sinir Ağları.

ABSTRACT

By imitating some of the biologic properties of the living organisms, new methods that can be used in engineering, were developed. Artificial Neural Network (ANN) is one of these methods. Generally, it works by the principal that neurals provide incoming communications received from the environment to brain. The system is composed of 3 parts; incoming layer where data were put in to the system, outgoing layer where the result was obtained and a layer(s) in between these two. As a result of the importance of the flow of rain in flood estimation, it is the purpose of this study, to estimate the flow to form a flow model by ANN by using the input data of rain and evaporation.

Keywords: Artificial Neural Network; Evaporation; Flow; Modelling; Rain.

1. GİRİŞ

Su, insan ve canlı hayatının en temel unsurlardan biridir. Nüfusun hızla artması ve bu artışa paralel olarak çevre şartlarının bozulması, yeryüzünde homojen bir dağılıma sahip olmayan su kaynaklarının korunmasını ve verimli bir şekilde işletilmesini gerektirmektedir. Bu gereksinimin bir sonucu olarak, insan faaliyetleriyle ilişkili olan tarım, su mühendisliği, ulaşım, endüstri, ekonomi gibi çalışma alanlarının başarıya ulaşması beklenmektedir. Suyun kontrol altında tutulamaması sonucunda, taşkın ve kuraklık gibi, canlı yaşamı ve ülke ekonomisi açısından zararlı durumlar görülebilmektedir.

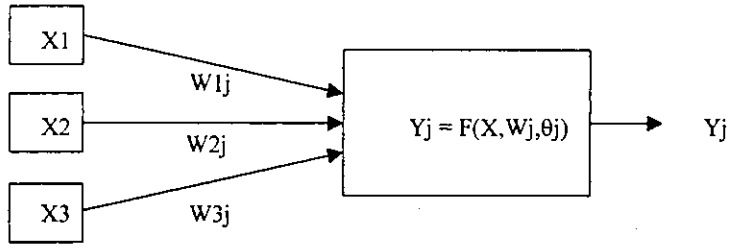
İleriye yönelik tahminlerin yapılabilmesi için öncelikle suyun belirsizlik gösteren yönlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, temeli çeşitli bilimsel yöntemlere dayanan ve içerisinde meteorolojik, hidrolojik ve jeolojik değişkenleri de barındıran modeller geliştirilmeli ve yaklaşımlar bu modellerle irdelenmelidir. Bu sayede suyun kontrolü ve su kaynaklarının en verimli şekilde işletilip kullanılabilmesi sağlanabilecektir.

Yağış, buharlaşma, rüzgar yön ve hızı, nemlilik, sıcaklık suyla ilgili meteorolojik kaynaklı değişkenlere; akış, sızma ve tutulma ise hidrolojik kaynaklı değişkenlere örnek olarak verilebilir. Özellikle geçmiş yıllara ait yağış verileriyle gelecekteki yağış tahmin edilebilir ve bunun bir sonucu olarak da gelecekteki akışlar hakkında bir sonuca varılabilir. Bu doğrultuda akışa geçen suların toplanması için en uygun biriktirme hazneleri planlanıp uygulamaya geçirilebilir. Önceleri bu amaçla, istatistiksel özellikleri geçmiş yıllardan farklı olmayan yapay yağış veya akış verilerinin türetilmesi yoluna gidilmiştir. Başlangıç olarak aritmetik ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayısı gibi temel istatistiksel özellikler kullanılırken, daha sonraları iç bağımlılığı da hesaba katan Markov ve ARIMA yöntemleri geliştirilmiştir (1-8). Bu tür süreçlerde kısa süreli bağımlılığı korumaları, doğrusal (lineer) olmaları ve zaman serilerinin normal dağılı olması gibi güçlüklerle karşılaşılmaktadır. Bu nedenle gözlem içerisinde varolabilecek periyodiklik, uzun süreli bağımlılık ve özellikle de dağılımın çarpık olması durumlarının yapay zaman serilerinde korunması ya mümkün olmamakta ya da belirli bir yaklaşıklık sağlanabilmektedir. Sonuç olarak hangi stokastik süreç kullanılırsa kullanılsın, yapısında istatistiksel ve matematiksel bir takım kabuller vardır. Bu noktada hedeflenen, bu tür kabullerin hiç olmadığı ya da en aza indirildiği yöntemlerin geliştirilerek geleceğe yönelik en doğru tahminlerin yapılmasıdır. Yapay Sinir Ağları (YSA) hemen hemen hiç istatistiksel kabul içermeyen ve pek çok bilim dalında başarıyla kullanılan bir yöntemdir.

2. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay Sinir Ağları girdilere karşılık olarak çıktılar üreten bir kara kutu olarak ele alınabilir. Sistem birbiriyle paralel iletişim içinde olan tabakalardan ve her tabakada yeterince bulunmak üzere sinir hücrelerinden oluşur. Şekil 1'de klasik bir YSA modeli gösterilmektedir. Buradan

görüleceği üzere Xj'ler j. sinir hücresi için giriş bilgileri, Wij'ler ise i. giriş bilgisi ile j. sinir hücresi arasındaki bağlantı değerleridir. Böylece bu sistem giriş bilgilerini ve bağlantı ağırlıklarını birlikte işleyerek Yj çıkışını verir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta elde edilen çıkış değerlerinin o anki giriş değerlerine ait olduğudur.



Şekil 1. YSA hücresi.

Herhangi bir sinir hücresi üzerinde toplanan bilgi Denklem (1) ile ifade edilir ve bu toplam bilgi Denklem (2)'deki tasvir fonksiyonundan geçirilir. Yapılan çalışmaya göre değişmekle birlikte, tasvir fonksiyonu olarak genelde S şeklinde olan sigmoid fonksiyonu seçilir.

$$Yj = \sum_{i=1}^{m} Xi \,.\, Wij \qquad (1)$$

$$F(Yj) = 1 / [\, 1 + \exp(-Yj) \,] \qquad (2)$$

Tüm verilerin sisteme verilmesinden sonra gerçek çıkış değerleriyle tahmin değerleri arasındaki toplam hatalar hesaplanır ve daha sonra bu hatalar geriye doğru yayılarak Wij ağırlık değerleri değiştirilir (Denklem 3 ve 4). Giriş değerleri bu yeni elde edilen ağırlık değerleriyle tekrar sisteme sokulur, tekrar toplam hata hesaplanır ve hesaplanan yeni hata toplamı geriye yayılarak ağırlık katsayıları yeniden değiştirilir. Bu işlem hata toplamı makul bir seviyeye gelinceye kadar devam eder (9-13).

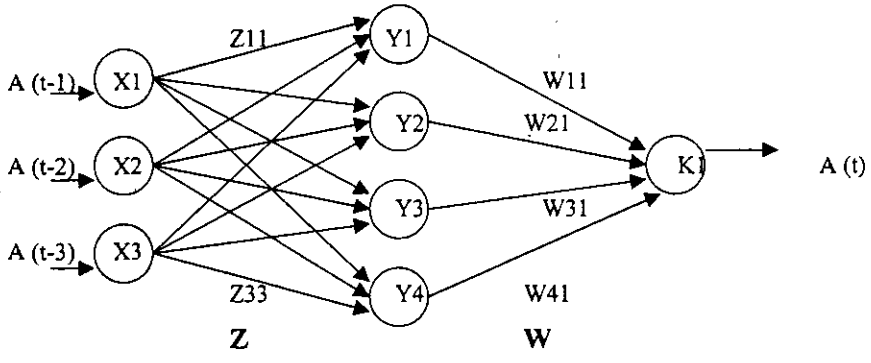
$$\mu = \sum_{j=1}^{m} [B(j) - Y(j)](-1)\, Y(j)\, [(1 - Y(j)]\, X(i) \qquad (3)$$

$$Wij_{yeni} = Wij_{eski} - 0.5\, \alpha\, \mu \qquad (4)$$

B (j) : Gerçek değer
Y (j) : Tahmin değeri
X (i) : Giriş değeri
Wij : Ağırlık katsayısı
α : Öğrenme oranı

3. UYGULAMA

Bu çalışmada, 1971-1991 yılları arasına ait Büyükçekmece'nin yağış, buharlaşma ve akış ölçümleri kullanılmıştır. Bu ölçümler aylık toplamları ifade etmektedir. Burada, bugünkü akışı geçmiş günlerin akışlarından tahmin etmek amaçlandığından, geçmiş 3 ayın akışı tahmin ettirici ve bu ayın akışı da tahmin edilen olarak alınmıştır (Şekil 2).

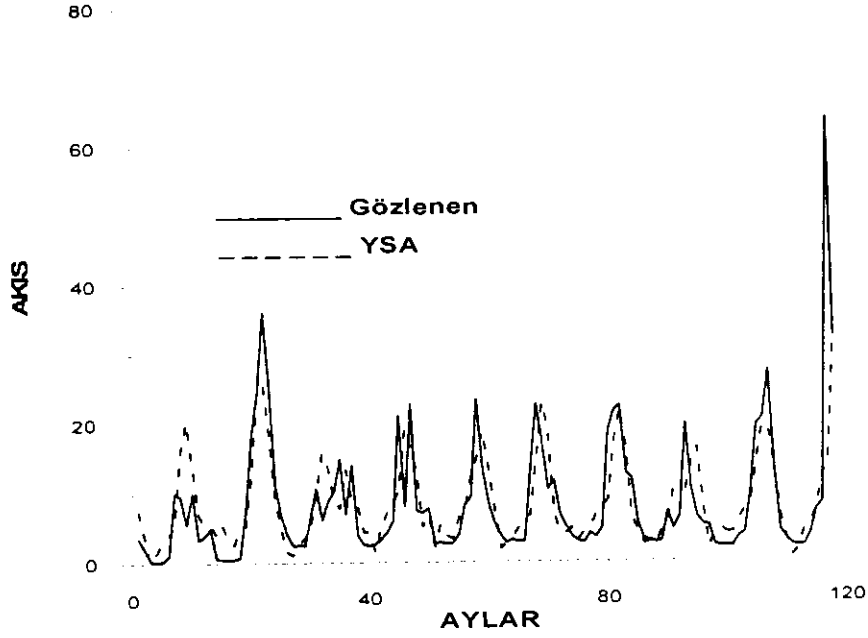


Şekil 2. Akış tahmini için kurulan YSA mimarisi.

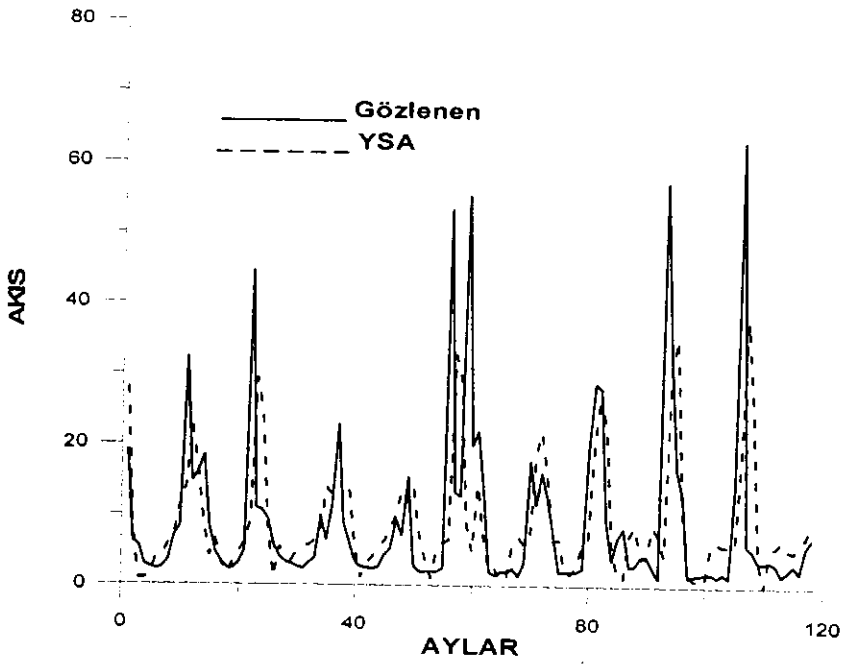
Eldeki toplam 224 verinin yarısı olan 112 veri kurulan YSA modelini eğitmek, geriye kalan 112 veri de tahmin için kullanılmıştır. Eğitme işleminde geriye yayılma algoritması kullanılmıştır ve 20000 iterasyon yapılmıştır. Şekil 3'ten eğitim serisi için gerçek ve YSA değerleri, Şekil 4'ten de tahmin serisi için gerçek ve YSA değerleri görülebilir.

Şekil 3 incelenecek olursa, kurulan YSA modelinin gözlem değerleriyle paralellik gösterdiği, dolayısıyla genel gidişatı çok başarılı bir biçimde yakaladığı görülmektedir. Model çıktılarıyla gözlenen değerler arasındaki korelasyon değeri 0.82'dir. Bu da modelin iyi eğitildiğini göstermektedir.

Eğitme işlemi sonucunda elde edilen ağırlık katsayıları (Zij ve Wij'ler) saklanarak, verinin ikinci yarısı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bunun sonucunda Şekil 4 incelendiğinde, Şekil 3'te YSA modeliyle gözlenen değerlerin genel gidişatındaki paralelliğe burada da rastlanmaktadır. Model çıktılarıyla gözlenen değerler arasındaki korelasyon değeri 0.81'dir.



Şekil 3. Eğitim Serisi için Gözlenen ve YSA Değerleri



Şekil 4. Tahmin Serisi için Gözlenen ve YSA Değerleri

4. SONUÇLAR

YSA modeli, biyolojik sinir ağlarından esinlenerek geliştirilmiş bir model olarak özellikle mühendislikte başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. YSA, girişler ve çıkışlar arsındaki dönüşüm mekanizmasını modellemeye çalışmaktadır. Bu çalışmada kullanılmak üzere geliştirilen YSA modeli, Büyükçekmece'deki akışı zamana bağlı olarak modellemede eğitme aşamasında 0.82, tahmin aşamasında da 0.81 bir korelasyona sahiptir. Bu da kurulan modelin akışı zamana bağlı olarak ifade etmede başarılı olduğunu göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Thomas, H.A. ve Fiering, M.B., "Mathematical synthesis of streamflow squences forthe analysis of river basins by simulation", In Desingn of water resources system, (Ed. By A. Mass ve ark.), Chapter 12, Harvard Press, Cambridge Mass., 1962.
2. Bose, G.E.P., ve Jenkins, G.M., "Time series analysis forecasting and control", Holden Day, San Francisco, 1970.
3. O'Connel, P.E., "A simple stohasticmodeling of Hurst's law", Int. Symp. Math. Modeling in Hydrology, Warsaw, Poland, July 26-31, 1971.
4. Smith, J. ve Eli, R.N., "Neural-network models of rainfall-runoff process", ASCE, J. Water Resour. Plan. Man., Vol. 121, No. 6, 499-508, 1995.
5. Yevjevich, V., "Stochastic Process in Hydrology", Water Resour. Publ., Fort Collins, Colo., 276 pp., 1972.
6. Delleur, J.W., P.C. Tao ve M.L. Kavvas, "An evaluation of the practicality and complexity of some rainfall and runoff time series model", Water Resour. Res. 12(5), 953-970, 1976.
7. Matalas, N.C., "Mathematical assessment of symmetric hydrolgy", Water Resour. Press, Vol. 3, No 4, 937-945, 1967.
8. Hurst, H.E., "Long term storage capacity of reservoirs", Trans. Am. Soc. Civil Eng., 116, 770-799, 1951.
9. Sönmez, İ. ve Şen, Z., "Artificial neural network approach for natural atmospheric event dynamics and application in meteorology", 2nd International Symposiumon İntelligent Manufacturing System, IMS'98, 6-7 Ağustos 1998, Sakarya, Türkiye, 1998.
10. Lippman, R., "An introduction to computing with neural nets.", IEEE ASSP Man., Vol. 4, 4-22, 1987.
11. Smith, J., ve Eli, R.N., "Neural-network models of rainfall-runoffprocess", ASCE, J. Water Resour. Plan. Man., Vol. 121, No. 6, 499-508, 1995.
12 Haykin, S., Neural networks, Macmillan College Publishing Company, 696, 1994.
13. Simpson, P., "Artificial neural networks", Paradigms, Applications and hardware implimentations, IEEE Press, 1992.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

İÇME SUYU SARFİYATININ BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE HESAPLANMASI

Abdüsselam ALTUNKAYNAK[1] ve Zekai ŞEN[2]

[1]İ.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80626, Maslak-İstanbul
altunkay@itu.edu.tr
[2]İ.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80626, Maslak-İstanbul
zsen@itu.edu.tr

ÖZET

Bütün içme suyu kaynakları, az da olsa bir miktar kirlilik ihtiva etmektedir. Bunun sebebi, suya temas eden bir çok maddenin kolayca çözülebilmesidir. İçme suyundaki kirleticiler düşük seviyelerde bulunduklarında genelde zararsızlardır. Kirleticilerin sudan arındırılması, hem çok pahalıdır, hem de insan sağlığı için gerekli korumayı sağlayamaz. İnsan faaliyetleri sonucunda, içme suyu mikrobiyolojik ve kimyasal olarak kirlenir. İçme suyundaki kimyasal maddelerden kaynaklanan kanser riskini değerlendirmede ilk adım, suda ne kadar kimyasal madde olduğunun belirlenmesidir. Bundan sonraki adım ise, bir insanın alabileceği ortalama kimyasal maddeyi belirlemektir. Genel olarak içme suyunun günlük tüketimi, fiziksel aktivite, su kalitesi ve sıcaklıkla değişir. Daha önceki çalışmalarda, karşılıklı bire bir görüşmeler yapılarak günlük içme suyu tüketimi tespit edilebiliyordu. Fakat bu inceleme tekniğinin öznel niteliğinden dolayı, tahmin edilen değerlerde bir belirsizlik vardır. Bu çalışmada, içme suyu sarfiyatını belirlemek için bulanık kavramlar kullanılarak objektif bir model geliştirilmiştir. Bu model için tasarlanan girdiler, su kalitesi aktivite ve sıcaklık olup, tahmin edilen çıktı ise, günlük içme suyu sarfiyatıdır.

Anahtar Kelimeler: *Su Sarfiyatı, Kalite, Bulanık Mantık, Bağıl Hata*

ABSTRACT

All water resources include pollutants even in small quantities. This is becouse many materials are easily soluable in water. If the pollutant levels are small, they are not dangerous in general. Treatment of water for purification is very expensive and does not preserve necessary in gradients for human health. Due to various human activities, water becomes polluted microbiyologically and chemically. Such materials waters may couse even cancer. It is, therefore, necessary to know on the average time level of dangerous material. Daily water consumption is dependent on physical activity, quantity and temperature. This paper gives a new way of assessing these variables so as to predict the daily water consumption by a fuzzy logic methodology. The results are premissing on the average relative error with 5%.

Key Words: *Potable Water Consumption, Quality, Fuzzy Logic, Relative Error.*

1.GİRİŞ

İçme suyu, insanın maruz kalacağı zehirli maddeler için potansiyel bir kaynaktır. İçme suyunun kirlenmesi çeşitli şekillerde oluşur. İçme suyu kaynağı olarak kullanılan bir yeraltı suyu menbaına zehirli maddelerin süzülmesi veya pompa ve boru sistemlerine çeşitli maddelerin karışması, örnek olarak gösterilebilir. İçme suyundan kaynaklanan potansiyel zehirli madde dozunu belirlemek için, tüketilen su miktarı verilerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada, sadece musluk suyundan tüketim düşünülmüştür. Musluk suyu da, doğrudan doğruya musluktan tüketilen içme suyu veya yemek ve meşrubat (kahve, çay, çorba vb.) hazırlamak için kullanılan su olarak tanımlanmıştır. Şimdiye kadar içme suyu üzerinde yapılmış olan bütün çalışmalar., kısa dönemli verilere dayanmaktadır. Bu kısa dönem verileri, kısa ve uzun dönem tüketim örneklerini temsil eden ortalama tüketim değerlerini elde etmek için uygun olmasına rağmen, yüksek tüketim değerleri kısa ve uzun dönem için farklılık gösterir. Çünkü kısa dönem anketleri, çok daha değişkendir. Daha önce Rajkumar, et;al.(1999)[2] da buna benzer bir çalışma yapmıştır. Orada içme suyu sarfiyatının yaşla değiştiği kabul edilmiştir. Buradaki çalışmada, içme suyu sarfiyatında yaşın pek bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Her yaştaki insan aşağı yukarı aynı derecede su tüketmektedir. Su kalitesi faktörünün içme suyu sarfiyatı üzerindeki etkisi, daha fazladır.

2.BULANIK MANTIK İLE MODELLEME

Bulanık kaideler hakkındaki ilk bilgiler, Azerbaycan asıllı Lütfü Asker Zade (Zadeh, 1965) tarafından literatüre mal edilmesine karşılık, bu fikirler batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve oldukça tenkit almıştır. Ancak, 1970 yıllarından sonra doğu dünyasında ve özellikle Japonya, Malezya, Singapur ve Kore'de bulanık mantık ve sistem kavramlarına önem verilmiştir. Otomatik kontrol mekanizması olarak da, çoğunlukla ticari ürünlerde otomatik odaklama yapan kameralar, çamaşırların kirliliğine ve miktarlarına göre otomatik olarak devrini ayarlayan çamaşır makinaları gibi cihazlar geliştirilmiştir. Kaideler ve işlemsel algoritmalar, birçok kitapta mevcuttur, (Kosko;1992, 1993; Klir ve Folger ;1998; McNeill ve Thro;1994; Pedryez ;1993; ve Zadeh ve Kacprzyk ;1992). Bunların yapmış olduğu çalışmalar örnek olarak gösterilebilir. Bulanık mantığın üyelik dereceleri vardır ve bu üyelik dereceleri sıfır ile bir arasında ifade edilir. Bulanık mantıkta sistemin davranışı sözel ifadelerle modellenmeye çalışılır. İçme suyu tüketiminin bulanık kurallar ile modellenmesi, bir çeşit mantıksal ifade olan EĞER-İSE kuralları

ile sağlanır. EĞER kısmı, kalite, fiziksel aktivite ve sıcaklık gibi öncül bulanık kümelerden oluşur. Diğer yandan İSE kısmı ise, içme suyu sarfiyatı gibi bulanık çıkarımları içerir. EĞER-İSE ifadeleri, uzman görüşe ve verilere dayanan VE veya VEYA bağlaçları ile birbirine bağlanır. Ayrıntılı bilgi, Türkçe olarak Şen(1999)[1] tarafından yazılmıştır.

3.KAİDELER ve ÜYELİK FONKSİYONLARI

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ)'den alınan uzman görüşlerine göre, içilebilecek düzeydeki su, yüzdelik olarak ifade edilmiştir. Kalite verileri kullanılarak (2) ifadesiyle standartlaştırılmıştır.

$k_1, k_2, k_3, \ldots .ki$ (1)

$$k_y = \frac{k_i - k_{min}}{k_{maks} - k_{min}} \quad (2)$$

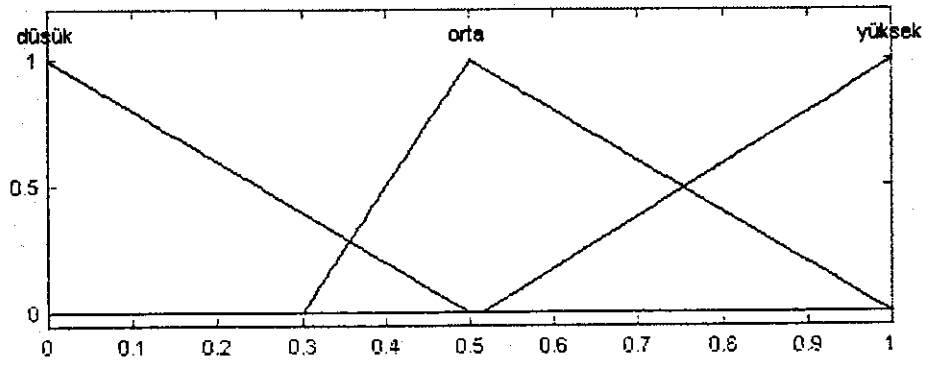
k_i = Kalite değeri

k_{maks}= Maksimum kalite değeri

k_{min} = Minimum kalite değeri

k_y = Yüzdelik kalite değeri

Su kalitesi, Şekil 1'de gösterildiği gibi alt küme üyelik fonksiyonları için üçgensel dağılım kullanılmıştır.

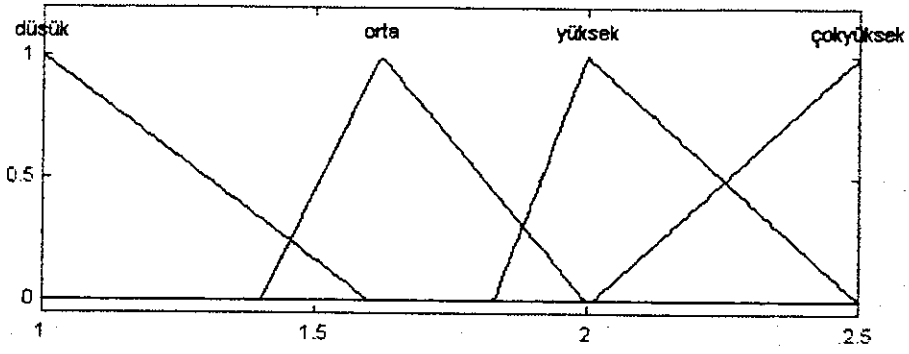


Şekil 1. Su Kalitesi Üyelik Fonksiyonu

Su tüketimine etki eden ikinci değişken olan fiziksel aktivite seviyesi dört bulanık alt kümeye ayrılmıştır (Şekil 2). Rajkumar, et.al(1999)[2] tarafından yapılan çalışmadaki fiziksel aktiviteyi ifade eden veriler kullanılmıştır. Bu veriler, Tablo 1'de mevcuttur. Bu aktivite seviyeleri, 24 saat üzerinden ortalamaları temsil eder(Bazal metabolizma hızı olarak).

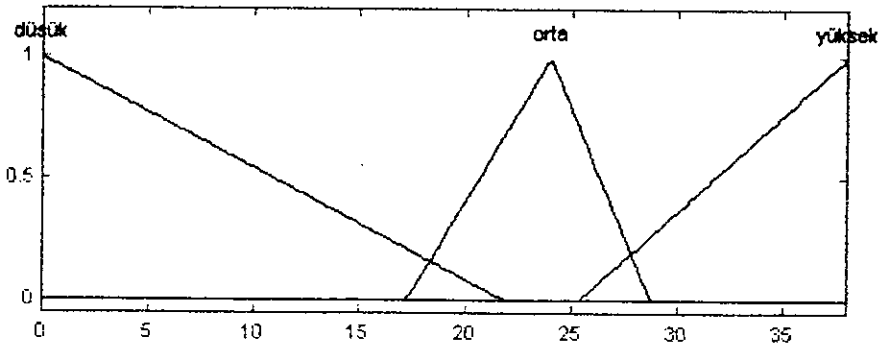
Tablo1. Fiziksel Aktivite Seviyeleri

Koltuğa bağımlı veya yatağa bağımlı	1.0-1.6
Hareketi az olan ve masa başı bir işte çalışan	1.4-2.0
Ayakta çalışan (Ev hanımı ve tezgahtar vb.)	1.8-2.5
Gündelik aktivite seviyesi yüksek olan	2.0-2.5



Şekil 2. Fiziksel Aktivite İçin Üyelik Fonksiyonu (Bazal Metabolizma Hızı Olarak)

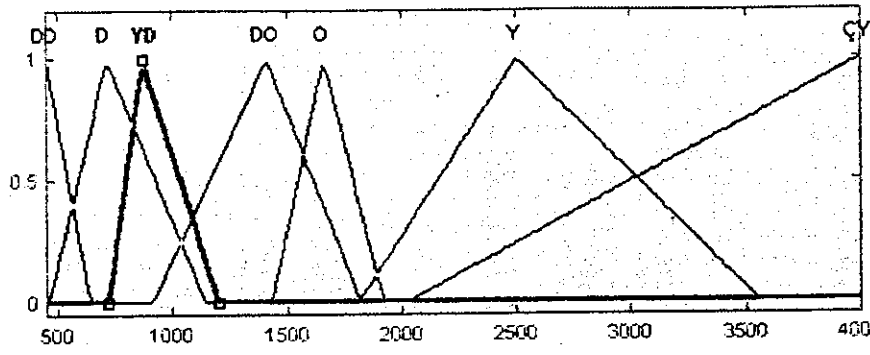
İçme suyu sarfiyatına etki eden üçüncü değişken ise, sıcaklıktır. Bu modelde tasarlanan hava sıcaklığı değerleri, İstanbul şartları için 0 ile 38 derece arasında kalır. Sıcaklık alt kümeleri de Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Sıcaklık İçin Üyelik Fonksiyonu(c°)

Exposure Factors Handbook(1996)[5] kitabından yetişkinler için içme suyu dağılımının 416-3780 ml/gün olduğu tespit edilmiştir. Bu modelde kişi başına su sarfiyatı, 450- 4000 ml/gün aralığında

alınmıştır. Şekil 4'te gösterildiği gibi, yedi tane bulanık küme içme suyu kullanımını bulanıklaştırmak için kullanılmıştır.



Şekil 4. İçme Suyu Sarfiyatının Üyelik Fonksiyonu(mlt/gün)

4.SONUÇLAR ve YORUMLAR

Bir bulanık çıkarım sistemi, sayısal girdi ve çıktılar yardımıyla girdi uzayından çıktı uzayına lineer olmayan bir modelleme sağlar. Bu modelleme, 36 adet bulanık EĞER-İSE kuralları ile yazılmıştır. Bu bulanık model çok esnektir. Daha fazla veri ile modelin yapısı değiştirilebilir. Bulanık alt kümeler, sözel olarak Tablo 2'de verilmiştir. Bu tabloda, küme kolonundan sonraki üç kolon girdi değişkenlerinin alt kümelerini, son kolon ise çıktı, yani tahmin edilecek değişkenlerin alt kümelerini gösterir. Diğer bir deyişle, bu tablonun her satırının kural sayısından sonraki ilk üç kolonunun önüne EĞER ve son kolonunun önüne İSE kelimeleri konulursa, incelenen problem için 36 tane kural geçerli olur. İşte Tablo 2'deki kuralların tümüne, incelenen problemin kural tablosu adı verilir. Eldeki verilerle yapılan çıkarımlar sonucunda bulunan model sonuçları, Tablo 3'te sunulmuştur. Buradaki son kolon, model ve ölçülmüş veriler arasındaki bağıl hata miktarlarını verir. Ortalama bağıl hata değeri, %5 olarak bulunmuştur. Bu, mühendislik çalışmalarında rahatlıkla kabul edilebilir bir hata seviyesidir.

Tablo 2 Bulanık Model İçin Kurallar

Kural	Su Kalitesi	Aktivite	Sıcaklık	İçme Suyu Sarfiyatı
1	Düşük	Düşük	Düşük	Düşükdüşük
2	Düşük	Orta	Düşük	Düşükdüşük
3	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
4	Düşük	Çok yüksek	Düşük	Yüksekdüşük
5	Düşük	Düşük	Orta	Yüksekdüşük
6	Düşük	Orta	Orta	Yüksekdüşük
7	Düşük	Yüksek	Orta	Düşükorta
8	Düşük	Çok yüksek	Orta	Düşükorta
9	Düşük	Düşük	Yüksek	Orta
10	Düşük	Orta	Yüksek	Yüksek
11	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
12	Düşük	Çok yüksek	Yüksek	Çokyüksek
13	Orta	Düşük	Düşük	Düşük
14	Orta	Orta	Düşük	Düşük
15	Orta	Yüksek	Düşük	Yüksekdüşük
16	Orta	Çok yüksek	Düşük	Düşükorta
17	Orta	Düşük	Orta	Düşükorta
18	Orta	Orta	Orta	Düşükorta
19	Orta	Yüksek	Orta	Orta
20	Orta	Çok yüksek	Orta	Orta
21	Orta	Düşük	Yüksek	Orta
22	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek
23	Orta	Yüksek	Yüksek	Çokyüksek
24	Orta	Çok yüksek	Yüksek	Çokyüksek
25	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
26	Yüksek	Orta	Düşük	Düşük
27	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksekdüşük
28	Yüksek	Çok yüksek	Düşük	Çokyüksek
29	Yüksek	Düşük	Orta	Düşükorta
30	Yüksek	Orta	Orta	Düşükorta
31	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşükorta
32	Yüksek	Çok yüksek	Orta	Düşükorta
33	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta
34	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek
35	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
36	Yüksek	Çok yüksek	Yüksek	Çokyüksek

Tablo 3 Bulanık Model Sonuçları

Kural	Su Kalitesi	Aktivite	Sıcaklık	Model	Veri	Bağıl Hata%
1	Düşük	Düşük	Düşük	502	502	0
2	Düşük	Orta	Düşük	504	515	2
3	Düşük	Yüksek	Düşük	770	711	8
4	Düşük	Çok yüksek	Düşük	931	1036	10
5	Düşük	Düşük	Orta	932	1070	13
6	Düşük	Orta	Orta	933	1074	13
7	Düşük	Yüksek	Orta	1380	1232	11
8	Düşük	Çok yüksek	Orta	1380	1355	2
9	Düşük	Düşük	Yüksek	1670	1942	14
10	Düşük	Orta	Yüksek	2620	2559	2
11	Düşük	Yüksek	Yüksek	2630	2711	3
12	Düşük	Çok yüksek	Yüksek	3550	3565	0
13	Orta	Düşük	Düşük	770	762	1
14	Orta	Orta	Düşük	771	766	1
15	Orta	Yüksek	Düşük	925	924	0
16	Orta	Çok yüksek	Düşük	1380	1240	10
17	Orta	Düşük	Orta	1380	1380	0
18	Orta	Orta	Orta	1380	1384	0
19	Orta	Yüksek	Orta	1650	1542	7
20	Orta	Çok yüksek	Orta	1670	1572	6
21	Orta	Düşük	Yüksek	2620	2123	19
22	Orta	Orta	Yüksek	2620	2466	6
23	Orta	Yüksek	Yüksek	3350	3689	9
24	Orta	Çok yüksek	Yüksek	3350	3479	4
25	Yüksek	Düşük	Düşük	771	762	1
26	Yüksek	Orta	Düşük	771	766	1
27	Yüksek	Yüksek	Düşük	932	924	1
28	Yüksek	Çok yüksek	Düşük	1380	1313	5
29	Yüksek	Düşük	Orta	1380	1380	0
30	Yüksek	Orta	Orta	1380	1380	0
31	Yüksek	Yüksek	Orta	1380	1380	0
32	Yüksek	Çok yüksek	Orta	1380	1379	0
33	Yüksek	Düşük	Yüksek	1670	1833	9
34	Yüksek	Orta	Yüksek	2620	2559	2
35	Yüksek	Yüksek	Yüksek	2620	2711	3
36	Yüksek	Çok yüksek	Yüksek	3350	2856	15

Ortalama bağıl hata ≅ %5

Model sonuçlarının bir çoğu, ortalama olarak %5 bağıl hata sınırı içinde kalmıştır. Rajkumar, et-al (1999)'ın çalışmasında içme suyu sarfiyatına etki eden yaş değişkeni kullanılmıştır. Yaptığımız modelleme sonucunda içme suyu sarfiyatının yaştan ziyade su kalitesine bağlı olduğu sonucu tespit edilmiştir. Bu yazarların çalışmasında ortalama bağıl hata %±15 olarak tespit edilmiştir. Burada geliştirilen yöntem ile bulunan hata ise %5'tir. Bu neticelere dayanarak, yapılan modellemenin sonuçlarının, daha gerçekçi olduğu görülmüştür.

5.KAYNAKLAR

1. Şen, Z. "Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Modelleme İlkeleri", Ders Notları, İstanbul, 1999
2. Rajkumar, T. and Guesgen. H.W.,"A Hybrid Approach to Fisk Assessment for Multiple Patway Chemical Exposure", Predictive Toxicology of Chemicals, Experiences and Impact of AI Tools AAAI Spring Symposium, America: p.127-130, 1999
3. Rajkumar, T.; Guesgen. H.W.; Gorman, D., "Estimating The Consumption of Top Water Using Fuzzy Concepts", Computational Intelligence Methods and Aplications, Rochester, N.Y., USA, 1999
4. Yin,Y.Y.; Hunang, G.H.; Hipel, K.W., "Fuzzy Relation Analysis for Multicriteria Water Resources Management", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol:125, No.1, January/February: p.41-47, 1999
5. USEPA, Exposure Factors Handbook Vol:I,III, United States Environmental Protection Agency, 1996
6. Rusell, S.O. and Campbell, P., "Reservoir Operating Rules with Fuzzy Programming", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol.122, No.3, May/June: p.165-170, 1996

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Yıldız (Istranca) Bölgesi için Alansal Yağış ve Akış Değerleri

Sevinç SIRDAS[1] ve Zekai ŞEN[2]

[1] İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü,
80626, Maslak-İSTANBUL
sirdas@itu.edu.tr
[2] İTÜ İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı,
80626, Maslak-İSTANBUL
zsen@itu.edu.tr

ÖZET

Hidrometeorolojik büyüklükler doğrudan doğruya ölçülerek elde edilen ve daha sonra bunların işlenmesi ile yapılacak çalışma için gerekli olan işlenmiş büyüklükler olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenebilir. Özellikle ikinci gruba düşen büyüklüklerin neler olacağı hakkında karar vermek oldukça zor bir işdir. Bir bölgenin su kaynaklarının hesap ve planlanmasında ilk adım olarak oranın iklim ve özellikle yağış durumlarının bilinmesi gerekir. Bir yerin iklimi ise ancak oranın çeşitli yerlerine yerleştirilmiş olan meteoroloji istasyonları vasıtası ile yağış, sıcaklık, nemlilik, buharlaşma, vb temel meteorolojik değişkenlerin zaman ile rasatlarının yapılması ile mümkündür (Şen, 1996). Ancak yapılacak olan projelerin amaç ve kapsamlarına göre bunların seçilmesi gereklidir. Zaten yapılacak iş akışı hidrometerolojik büyüklük ve yer şekilleri büyüklüklerinden yararlanarak tahmin etmekten ibarettir. Yağış ve akışın alansal dağılımının bilinmesi ölçüm yapılamayan bölgeler için bize bilgi verecektir. Bu amaçla Yıldız (Istranca) bölgesinde bu çalışma yapılmıştır. Akış ölçüm ağının sık olmadığı bilinmektedir. Bu çalışmada eş akış eğrileri kullanılarak ölçüm değeri olmayan alanlarında akım değerleri tahmin edilebilmiştir

Anahtar Kelimeler: Hidrometeoroloji; Akış; Yağış; Eş Yağış Eğrileri; Eş Akış Eğrileri.

ABSTRACT

Such an initratime has been already started in Yıldız maintains region as the first stage including Düzdere, Kuzuludere, Büyükdere, Sultanbahçe, Erikli streams. Already the first three have been constructed and they started to function in 1995. The watershed areas are calculated by planimeter which represent the horizontal area which is drained by the whole system projected on an horizontal plane. Of course prior to the calculation of the drainage area it is necessary to delimit the watershed area. It is referred in the

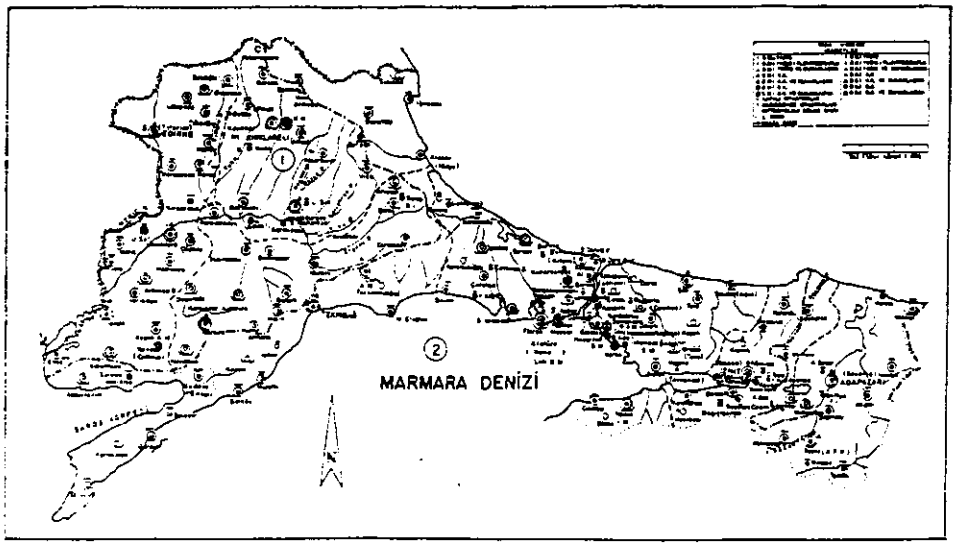
literature that this area is related to many different magnitudes of hydrometeorological events such as the peak discharges, the total aerial rainfall and runoff. These parameters are calculated for whole the drainage basins Yıldız (Istranca) region considered in this study.

Key Words: Hydrometeorology; Flow; Precipitation; Aerial Rainfall; Aerial Runoff.

1. GİRİŞ

Bir bölgenin su kaynaklarının hesap ve planlanmasında ilk adım olarak oranın iklim ve özellikle yağış durumlarının bilinmesi gerekir. Bir yerin iklimi ise ancak oranın çeşitli yerlerine yerleştirilmiş olan meteoroloji istasyonları vasıtası ile yağış, sıcaklık, nemlilik, buharlaşma, vb. temel meteorolojik değişkenlerin zaman rasatlarının yapılması ile mümkündür. O yerin iklimi hakkında bilgi edinilmesinin bir diğer sayısal olmayan yönü arazi gezilerinin yapılarak yöre halkından taşkın, kuraklık, su seviyeleri, su ihtiyacı gibi konularda bilgi almakla olur (Chow, 1988).

2. UYGULAMA



Şekil 1. Marmara bölgesinde meteoroloji ölçüm istasyonlarının yerleri (DMİ).

Çalışma yerleri yağış alanlarının içinde ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının konumları Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu istasyonların tümünde yağış ölçümleri yapılmaktadır. Klimatolojik istasyon olan Kırklareli ve Lüleburgaz'da yağışa ek olarak nisbi nem, rüzgar, buharlaşma ve sıcaklık; Çorlu'da nisbi nem, sıcaklık ve rüzgar; Karacaköy, Pınarhisar, Saray ve Demirköy'de nisbi nem ve sıcaklık değerleride ölçülmektedir. Ayrıca Beyazköy, Terkos, Sislioba, Ayvacık, Armağan ve B.Çekmece'de de buharlaşma ölçümleri yapılmaktadır.

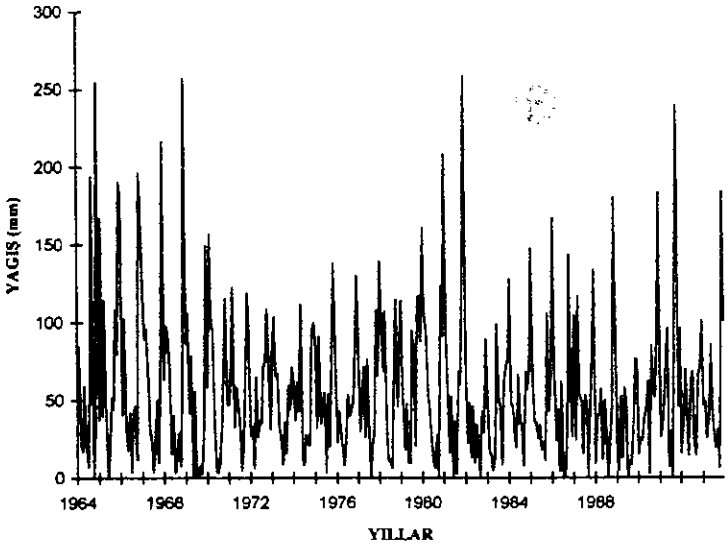
Tablo 1. Yıldız (Istranca) bölgesinde çalıştırılan meteoroloji istasyonları (Üçer, 1995).

Sıra No	METEOROLOJİ İSTASYONU ADI	İŞLETEN KURUM	İSTASYON KOTU	GÖZLEM PERİYODU	GÖZLEM SÜRESİ (yıl)
1	Çatalca	DMİ	170	1964-1992	27
2	Terkos	DSİ	15	1962-1992	31
3	Sislioba	DSİ	40	1966-1991	28
4	Çorlu	DMİ	183	1937-1994	58
5	İğneada	DMİ	20	1950-1990	41
6	Boğazköy	DSİ	90	1965-1993	29
7	Kıyıköy	DMİ	20	1959-1990	33
8	Pınarhisar	DMİ	190	1930-1994	61
9	Demirköy	DMİ	300	1957-1980	24
10	Kırklareli	DMİ	235	1930-1994	53
11	Üsküp	DMİ	300	1965-1981	27
12	Armağan	DSİ	395	1966-1994	29
13	Sergen	DMİ	450	1966-1981	15
14	Dereköy	DMİ	480	1964-1991	29
15	Vize[1]	DMİ	210	1958-1985	28
16	Kofcaz	DMİ	665	1964-1989	25
17	Ayvacık	DSİ	200	1970-1991	25
18	Yukarıhisar	DMİ	395	1967-1994	27
19	Saray	DMİ	140	1957-1981	24
20	Çerkezköy	DMİ	160	1964-1993	28
21	Binkılıç	DSİ	180	1968-1992	26
22	Karacaköy	DMİ	50	1964 -1981	16

2.1. Yağış

Bir yerdeki su kaynaklarının en etkin biçimde plan ve projelerinin yapılabilmesi için gerekli olan ve her zaman ilk etapta aranan veriler yağış kayıtlarıdır. Bu bakımdan insanların ilk ölçmeye ve toplamaya başladıkları meteorolojik değişken yağış miktarları olmuştur (Şen, 1996). Çatalca istasyonuna ait yağış zaman serisi Şekil 2.'de verilmiştir.

Dünya Meteoroloji Örgütü optimum ölçek sıklığı olarak düz bölgelerde 600-900 km² de, dağlık bölgelerde 100-250 km² de bir ölçek tavsiye etmektedir. Dağlık bölgelerde ölçekler en fazla 500 m kot farkı ile yerleştirilmelidir. Yağışın zaman içinde dağılımını belirleyebilmek için ölçeklerin bir kısmının (%10-20) yazıcı olması gerekir. Şiddetli yağışların doğru bir şekilde ölçülebilmesi için ölçek sıklığını daha da artırmak gerekir (Linsley, 1970).



Şekil 2. Çatalca istasyonuna ait yağış (mm) zaman serisi.

2.1.1. Yağışın Alan Özellikleri

Bir sağanak sırasında bölgesel ortalama yağış yüksekliği yağış merkezindeki noktasal değerden daha küçük olduğundan yağış yüksekliğinin yerel dağılımını incelemek için eşyağış çizgilerini çizmek gerekir. Bu çizgiler yağış yüksekliğinin maksimum olduğu bir yağış merkezini çevreleyen kapalı eğriler şeklindedir. Bu bakımdan bir tepenin çevresindeki tesviye eğrilerine benzerler. Yağış merkezinin çevresinde belli bir alandaki ortalama yağış yüksekliği alan büyüdükçe azalır.

Yağış merkezinden uzaklaştıkça yağış yüksekliğinde meydana gelen azalma yağış süresi arttıkça daha yavaş olur. Yağış süresi 30 dakika iken alanın büyümesiyle bu oran hızla

azaldığı halde yağış süresi 24 saate çıkınca azalmanın çok yavaş olduğu görülmektedir. Belli bir yağış süresi için yağış yüksekliğinin merkezden uzaklaştıkça azalması Horton'a göre şu formüle uymaktadır :

$$P = P_0 . e^{-kA^n} \qquad (1)$$

Burada Po merkezdeki yağış yüksekliği, P ise alanı A olan bölgedeki ortalama yağış yüksekliğidir, k ve n sabitlerinin herbir yağış süresi için belirlenmesi gerekir. Yağışın yerel dağılımı için başka bir formül :

$$P = P_0 . (1 - At_p^m / a+bA) \qquad (2)$$

t_p yağış süresi, a, b, ve m bölgesel sabitlerdir (Bayazıt, 1991).

2.1.2. Aylık Eş Yağış Eğrileri

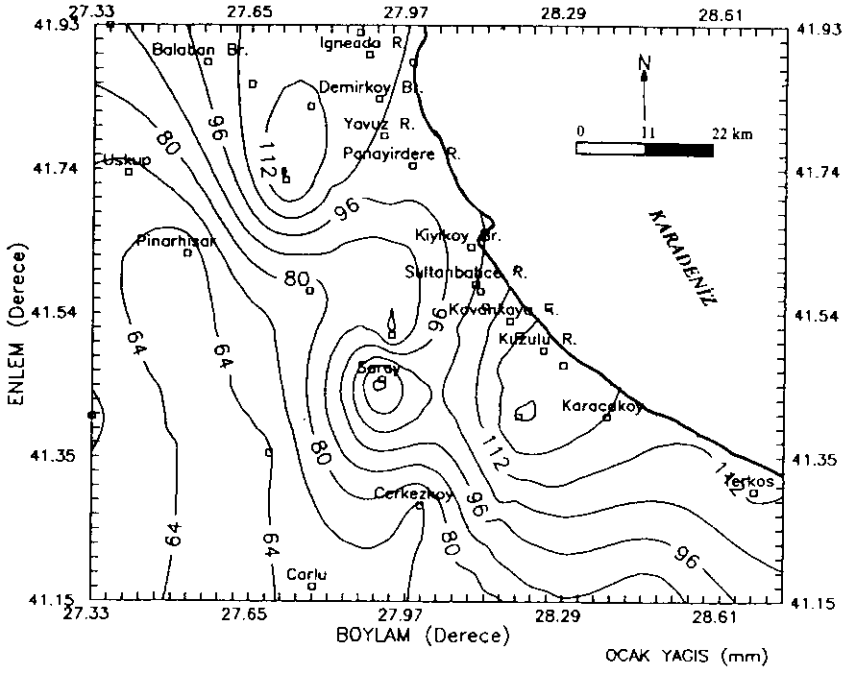
Bir alan üzerindeki ortalama yağmurun hesaplanmasında en doğru metod eş yağış eğrileridir. Bir haritaya uygun olarak istasyon yerleri ve yağış değerleri işaretlenir. Daha sonrada aynı yağış değerine sahip noktalar uygun bir eğri ile birleştirilir (Reed, 1917).

Bir bölgenin alansal yağışlarının ne şekilde değiştiğini tespit edebilmek için eş yağış eğrilerinin çizilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada izohiyet yöntemi ile aylık olarak ayrı ayrı eş yağış haritalarının çıkarılması yönüne gidilmiştir. Bunun içinde SURFER isimli hazır programdan yararlanarak Şekil 3.'te gösterilen ocak ayı eş yağış eğrileri gibi 12 aylık eş yağış haritaları elde edilmiştir. Bu haritaların kıyaslamalı yorumlarının yapılması ile çalışma bölgesi için aşağıdaki önemli nokta ve yorumların yapılması mümkün olmuştur. Bu haritalardan çıkarılarak bulunan dere havzaları alansal aylık yağış değerleri aşağıdaki Tablo 2.'de gösterilmiştir.

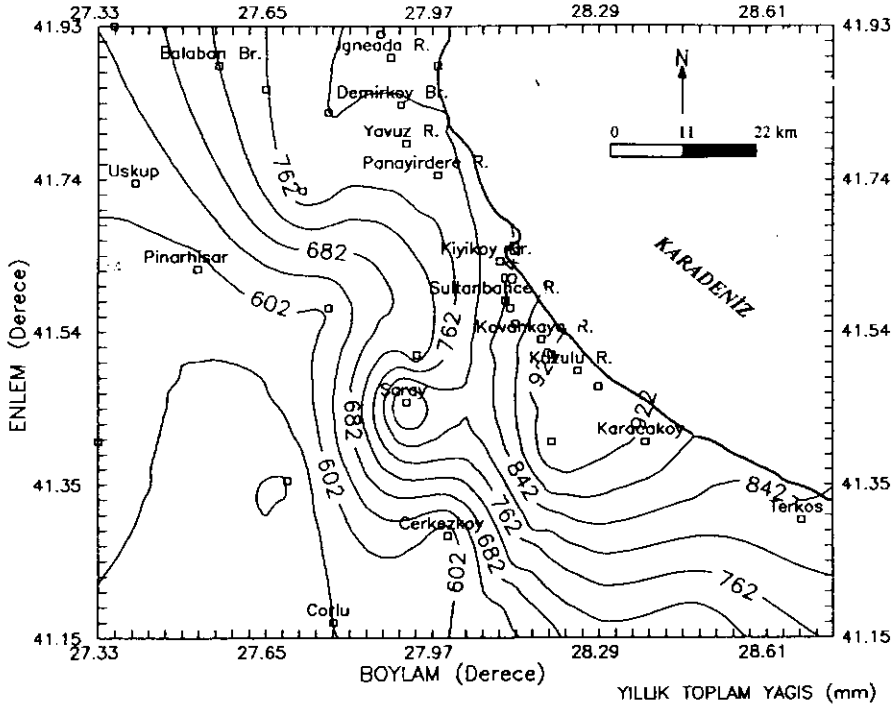
Yine yukarıda sözü edilen surfer hazır programının kullanılması ile Yıldız bölgesine ait derelerin yıllık toplam yağış haritası elde edilmiştir (Şekil 4.). Yıllık toplam eş yağış eğrilerinden anlaşıldığı gibi yağış değerleri Karadeniz kıyısından iç kesimlere doğru azalmaktadır. Kuzulu, Çilingos, Kazan ve Pabuç deresine yakın çevrede gözlenen yağış bölgenin kuzeyine göre daha yüksektir.

Tablo 2. Aylık Alansal Yağış Değerleri (mm).

TESİS ADI	DERE ADI	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Kıyıköy1Bar.	Pabuç	100.7	61.17	95.2	46.3	44.1	44.30	28.4	35.99	56.42	91.99	102.79	119.75	827.00
Balaban Bar.	Balaban	98.00	73.50	62.0	56.0	51.3	47.75	25.5	23.75	39.00	68.00	78.00	99.00	722.50
Balaban Reg.	Balaban	107.0	76.50	65.0	56.0	53.0	47.50	25.0	26.50	45.00	75.00	81.00	104.00	760.00
Değirmendere	Çavuş	108.0	72.00	71.4	51.5	48.5	40.25	27.6	36.50	51.00	99.00	96.00	106.40	808.50
İğneada Reg.	Madra	107.0	71.00	71.3	51.0	48.0	40.00	27.8	37.50	50.80	100.0	98.00	105.50	808.50
Demirköy Bar.	Bulanık	105.0	69.00	72.0	50.5	48.3	40.75	27.8	37.00	50.00	98.00	97.00	105.00	799.50
Yavuz Reg.	Yavuz	103.0	67.50	72.7	50.3	48.1	41.75	27.4	35.50	48.50	94.00	95.70	104.30	788.50
Panayirdere R.	Panayırdere	99.50	64.00	77.0	49.0	46.7	42.00	28.0	36.00	48.50	94.00	98.00	105.00	787.00
Kiyiköy2 Bar.	Kazan	101.0	62.00	92.1	47.1	45.1	44.50	28.5	36.25	55.20	94.00	104.00	119.00	827.50
Sultanbahçe R.	Sultanbahçe	104.0	64.00	88.0	48.5	47.0	45.75	29.0	37.00	54.00	99.00	108.00	120.00	842.50
Erikli Reg.	Erikli	106.0	66.00	88.0	49.0	47.5	45.85	29.5	37.50	54.00	101.0	110.00	121.00	850.00
Elmalı Reg.	Elmalı	108.0	68.00	87.0	49.7	48.6	46.00	29.8	38.20	54.00	105.0	112.00	121.00	865.00
Kovankaya R.	Çilingos	116.0	73.00	87.0	50.3	49.5	46.10	30.3	40.00	56.50	113.0	119.00	126.00	910.00
Çanakçı Reg.	Çilingos	120.0	76.00	86.5	50.8	50.4	46.20	30.5	41.00	57.00	118.0	122.00	129.00	925.00
Kuzulu Reg.	Kuzulu	124.0	80.00	86.0	51.3	50.4	46.40	30.0	42.50	60.00	120.0	127.00	131.00	947.50
Düzdere Reg.	Düzdere	124.8	82.25	84.8	52.0	50.0	46.50	28.0	43.50	61.00	117.0	130.00	130.00	948.00



Şekil 3. Ocak Ayı Eş Yağış Eğrileri.



Şekil 4. Yıllık Toplam Eş Yağış Eğrileri.

2.2. Akış

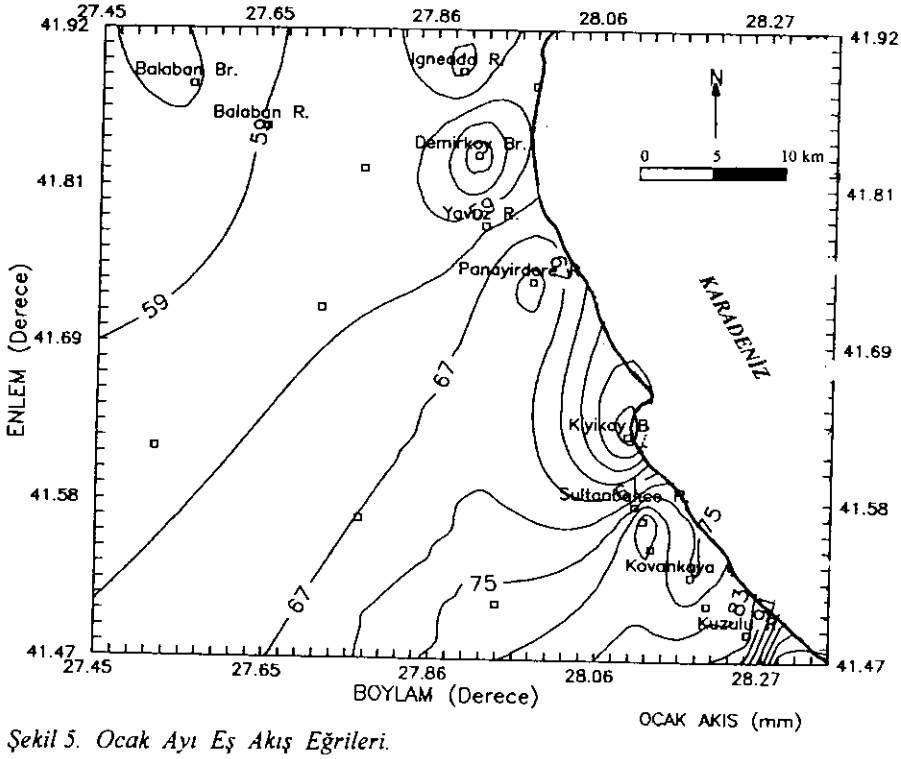
Yeryüzüne düşen yağmur suları, arazinin eğimi istikametinde bir takım su yolları üzerinde akar. Bunlar tabii akış yolları (akarsular) veya suni akış yolları (diren, kanal ve mecralar) olabilir. Meskun bölge drenajında daha ziyade bu ikincisi söz konusu olur. Her iki haldede akan suyun toplandığı bir alan mevcuttur. Bu alan, drenaj alanı, yağış alanı, hidrolojik bölge veya su toplama havzası gibi isimler verilir. Yağış alanı, arazinin en yüksek noktalarını birleştiren bir su ayrım çizgisi ile sınırlıdır. Topoğrafik su ayrım çizgisi ile yeraltı su ayrım çizgisi genel olarak üst üste düşmezler. Yıllık akış kayıtlarının, feyazan mevsimi ardışık yıllar arasında bölünmeyecek şekilde değerlendirmek arzu edilir. Bu sebeble 1 Ekim-30 Eylül tarihleri arası su yılı olarak kabul edilir (Muslu, 1993).

2.2.1. Akışın Alan Özellikleri

Bu havzaların aylık alansal akışlarının belirlenmesinde surfer hazır programı kullanılmıştır. Böylece halihazırda elimizde bulunmayan noktalarında akış değerleri de elde edilmiştir. Çalışma alanındaki barajların ve regülatörlerin aylık giriş akımı değerleri aşağıdaki Tablo 3.'de verilmiştir.

2.2.2. Aylık Eş Akış Eğrileri

Yukarıda bahsedildiği gibi akış verilerinin surfer hazır programı ile elde edilmiş aylık akış eğrileri Yıldız (Istranca) bölgesi Sırdaş (1996) tez çalışmasında verilmiştir. Ocak ayına ait eş akış eğrilerinin dağılımı verilmiştir (Şekil 5.).



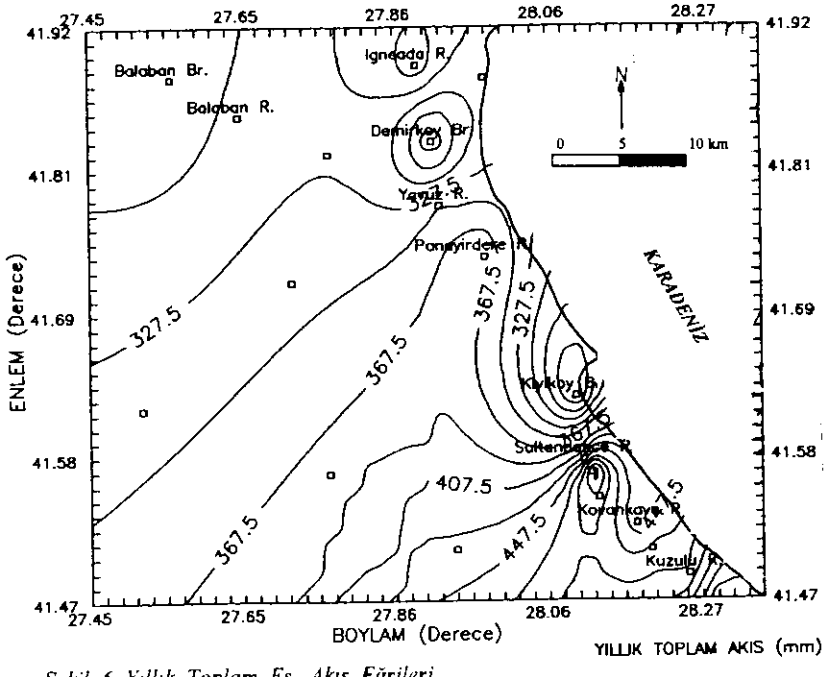
Şekil 5. Ocak Ayı Eş Akış Eğrileri.

Surferda hazırlanan aylık şekillere ilave olarak çalışma bölgesine ait havza alanlarının yıllık eğrileri de elde edilmiştir (Şekil 6.). Surfer hazır programı ile elde edilen eş akış eğrilerinde

her bir tesis için akış (Mm^3) değerleri havza alanına bölünmüş ve birim alana düşen akış (mm) elde edilmiştir.

Tablo 3. Istranca (Yıldız) bölgesinde bulunan havza alanlarının ortalama akış (Mm^3) değerleri.

TESİS ADI	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Balaban Br.	12.25	10.27	11.5	6.30	4.13	2.59	1.51	1.25	1.40	2.62	4.30	6.71
Balaban R.	5.53	4.64	5.21	2.77	1.87	1.17	0.68	0.56	0.63	1.18	1.94	3.03
Degirmendere R.	2.41	2.02	2.27	1.21	0.81	0.51	0.30	0.24	0.28	0.51	0.85	1.32
Igneada R.	1.39	1.16	1.30	0.69	0.47	0.29	0.17	0.14	0.16	0.29	0.49	0.76
Demirköy Br.	7.59	6.36	7.15	3.79	2.56	1.60	0.94	0.77	0.87	1.62	2.66	4.15
Yavuz R.	3.45	3.89	3.25	1.70	1.16	0.73	0.43	0.35	0.40	0.74	1.21	1.89
Panayırdere R.	0.88	0.73	0.83	0.44	0.30	0.18	0.11	0.09	0.10	0.19	0.31	0.48
Kiyiköy 1 Br.	8.60	7.21	8.10	4.30	2.90	1.82	1.06	0.87	0.99	1.84	3.02	4.71
Kiyiköy 2 Br.	15.09	11.72	12.03	6.17	4.13	2.28	1.41	1.36	1.40	3.35	4.78	8.71
Sultanbahçe R.	3.54	3.00	3.26	1.89	1.43	0.84	0.54	0.51	0.54	1.14	1.58	2.28
Erikli R.	0.67	0.58	0.83	0.38	0.27	0.16	0.10	0.10	0.10	0.21	0.30	0.48
Elmali R.	1.20	1.02	1.11	0.84	0.49	0.29	0.18	0.18	0.18	0.39	0.54	0.77
Kovankaya R.	3.67	3.11	3.39	1.96	1.48	0.88	0.56	0.53	0.56	1.18	1.64	2.36
Çanakçı R.	1.31	1.11	1.21	0.70	0.53	0.31	0.20	0.19	0.20	0.42	0.59	0.85
Kuzulu R.	2.59	2.20	2.39	1.39	1.04	0.63	0.39	0.40	0.39	0.86	1.17	1.72
Düzdere R.	1.20	0.92	1.02	0.50	0.35	0.23	0.18	0.17	0.18	0.33	0.43	0.66



Şekil 6. Yıllık Toplam Eş Akış Eğrileri.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Meterolojik değişkenler ve yüzey şekil parametrelerini esas alınması suretiyle bir yerdeki su kaynaklarının planlanmasında ilk adımı teşkil eden akım miktarlarının hesaplanması tecrübi bir takım formül ve yöntemlerle yapılabilir. Özellikle yağışların akış haline dönüşümü, taşkın tepe noktası debilerinin belirlenmesi ve daha da ileriye giderek akış hidrograf veya birim hidrograflarının belirlenmesi öncelikli önemli konular olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Bütün bu çalışmaların sonunda varacak karar noktasında su düzenleme veya biriktirme hazneleri yerlerinin nerelerde olması gerektiği, hazne hacimlerinin ne kadar olacağını ve işletilmeleri esnasında nasıl usullere başvurulacağı sorunlarının cevapları yatmaktadır.

Istranca Bölgesi'nde sayısal açıdan yeterli ve uzun süreli ölçüm yapan akım gözlem istasyonu yoktur. Bu nedenle, İstanbul kentine su temini amacıyla tasarlanan su yapılarının mühendislik çalışmalarında kullanılmak üzere İski'ye, Kuzulu, Büyükdere, Pabuç, Kazan, Bulanık ve Balaban dereleri üzerinde limnigraflı istasyon açılması önerilmiştir (Temelsu, 1989).

Yukarıda önerilen dereler üzerindeki kaydedici istasyonlar açılmalı ve süreç içindeki ölçüm değerlerine göre su yapılarının hidrolojileri yeniden gözden geçirilmelidir. Gerek ekonomi, gerekse güvenirlik açısından uzun süreli ölçümleri içeren tahminlerin daha uygun çözümler vereceği açıktır.

Kış aylarında akış eğrileri sıklaşmakta, yaz aylarında ise aralarındaki mesafe artmaktadır. Akış değerleri Istranca bölgesinin kuzeyinden güneyine inildikçe artmaktadır. Daha önce bu artış eş yağış eğrileri içinde aynı şekilde meydana gelmişti.

Surfer hazır programı ile hem yağış hemde akış verilerinin her bir ay için alansal değişim eğrileri çizilmiştir. Yağış için görülen kış aylarında eş yağış eğrileri sıklaşmakta yazın ise araları açılmaktadır. Akış verileride buna paralellik göstermekte ve eş akış eğrilerinin kış ve ilkbahar aylarında araları daralmakta, yazın ve sonbaharda ise aralarındaki mesafe artmaktadır. Ayrıca inceleme yapılan 16 dere için ölçümü halihazırda da yapılmayan yağış değerleri eş yağış eğrileri yardımı ile noktasal olarak bulunmuştur. Yıllık toplam eş yağış eğrilerinden anlaşıldığı gibi bu bölgenin Karadeniz sahilinde kalan kısmı daha fazla güneyde kalan iç kesim ise daha az yağış almaktadır.

Yıllık toplam eş akış eğrilerinden görüldüğü gibi bölgenin güneydoğusunda kalan alan üzerindeki akış kuzey batıdan daha fazladır.

Surfer hazır programı yardımı ile elde edilen bu eş yağış grafiklerin anlaşıldığı üzere kış aylarında yağış eğrileri birbirine daha yakın ve sık olmaktadır. Yazın ise bunun tam tersi olarak araları açılmakta ve seyrekleşmektedir. Genellikle yağışlar Karadeniz kıyısına yakın alanlarda iç kesimlere göre daha büyük değerlere sahiptir. Istranca bölgesinin kuzeyi ve güneyi önemli derecede bir farka sahip olmamakla birlikte bazı aylarda güney kısma oranla oldukça yüksek olan kuzey kısmı daha fazla yağış almaktadır.

Eş yağış haritalardan yararlanarak artık çalışma alanının istenilen her yerindeki ortalama aylık veya yıllık toplam yağış değerlerinin bulunması mümkün olmaktadır.

Özellikle burada Istranca bölgesinde bulunan dereler üzerinde herhangi bir yağış ölçümüne rastlanmamıştır. Bu nedenle bu derelerin akış katsayısının bulunması ve diğer çalışmalar için bu derelerin yağış değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. SURFER'dan alınan grafikler yardımı ile bütün derelerin yağış değerleri alansal olarak bulunmuştur. Buna benzer olarak yağış ölçümü yapılmayan diğer yerleşim yerleri veya dereler için yağış değerleri tahmin edilebilir.

Yıldız (Istranca) dereleri üzerinde kısıtlı sayıda eşelli akım gözlem istasyonu vardır. Bugüne kadar yapılan hidroloji çalışmalarında bu istasyonlar ve çevre havzalardaki diğer istasyonlardan yararlanılmıştır. Üzerlerinde yapı önerilen bir kısım derelerde akım gözlem istasyonları kurulmalıdır.

4. KAYNAKLAR

1. Bayazıt, M., Z. Şen ve İ. Avcı, 1991: Hidroloji Uygulamaları. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 280 s.
2. Chow, V.T., Maidment , D.R. and L.W. Mays, 1988: Applied Hydrology. McGraw-Hill., Inc, New York.

3. Linsley, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L., 1970: Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, Inc., Tokyo, 689 s.
4. Muslu, Y., 1993: Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı .İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 720 s.
5. Reed, W.G. and Kinger, J.B., 1917: The Preparotion of Precipitotion Chorts. Monthly Weather Rev. , 45 (5), 233-235.
6. Şen ,Z.,1996: Yıldız (Istranca) Dağları Derelerinin Kıyıköy-Rezve (Bulgaristan Hududu) arası Hidrolojik Etüdü (Ara Rapor), İstanbul Büyük Şehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü, İstanbul.
7. Temelsu, 1988: Istranca Dereleri Master Plan Raporu, T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İ.S.K.İ. Genel Müdürlüğü, İstanbul.
8. Üçer, 1995: Istranca (Yıldız) Dereleri gelişme kademeleri Hidrolojik ve Hidrolik Etüdleri ile Terkos-İkitelli ile Sazlıdere-İkitelli iletim hattı sisteminde arıtma, depolama,dağıtım etaplarının incelenmesi Ön Rapor, Müşavir Mühendislik A.Ş., Ankara.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Yukarı Fırat Havzasının Simülasyon Modeli ile İncelenmesi

Mualla ÖZTÜRK ve Mehmet Cihan AYDIN

Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü - Elazığ
mcihanaydin@ixir.com

ÖZET

Bu çalışmada Yukarı Fırat Havzasının DSİ IX. Bölge sınırları dahilindeki Peri, Munzur ve Murat kollarının akımları modellenip havzanın simülasyon programı hazırlanmıştır. Önce, havza üzerindeki akım gözlem istasyonlarında gözlenen aylık akım değerleri kullanılarak, 2. Derece Markov modelleriyle sentetik akımlar türetilmiştir. Böylece akımların gelecekteki durumu ve olasılık yönü de hesaba katılmıştır. Daha sonra bu kollar üzerindeki her bir tesis ve akım istasyonu bilgisayara tanıtılarak havzanın simülasyon modeli hazırlanmıştır. Havza üzerindeki tesislerin karakteristik özellikleri DSİ'nin planlama raporlarından alınarak modele tanıtılmıştır. Yöntem olarak "Düğüm Noktaları Metodu" kullanılmıştır. Simülasyon modeli hazırlandıktan sonra program değişik alternatiflere göre 11 yıllık süre ile çalıştırılıp; sonuçlar, çeşitli performans indisleri hesaplandırılarak tablolar halinde verilmiştir. Ayrıca bu sonuçlara göre grafikler çizilip yorumlanmıştır. Bu havza kısmı üzerindeki tüm tesislerin devreye girmesi ile yaklaşık 5 200 000 MW/yıl enerji üretilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Fırat Havzası; Simülasyon; Akım; Modelleme; Markov; Optimizasyon*

ABSTRACT

In this study, the flow of the branches Peri, Munzur and Murat of the Upper Fırat Basin within the boundary of DSİ IXth Zone are modeled and the simulation program of the basin is prepared. First, by using the amount of monthly flow observed at flow observer stations on the basin, synthetic flows are derived by 2nd Markov Model. Therefore, the situation of the flows and the probability of the level in the long run are considered. After that, the simulation model of the basin are prepared by entering each installation and flow station on such branches to computer. The characteristic features of the installations on the basin are taken from the planning reports of DSİ and applied to the model. In the model, "Node Points Method" is used. The program is activated for 11 years according to different alternatives and the results are given in the tables with the indices of performance calculated. Moreover, the graphs are drawn and interpreted according to these results. It can be produced approximately 5200000 MW/year on the part of this basin, if all of the HEPP are activated.

Key Words: *Fırat Basin; Simulation; Flow; Modeling; Markov; Optimization*

1. GİRİŞ

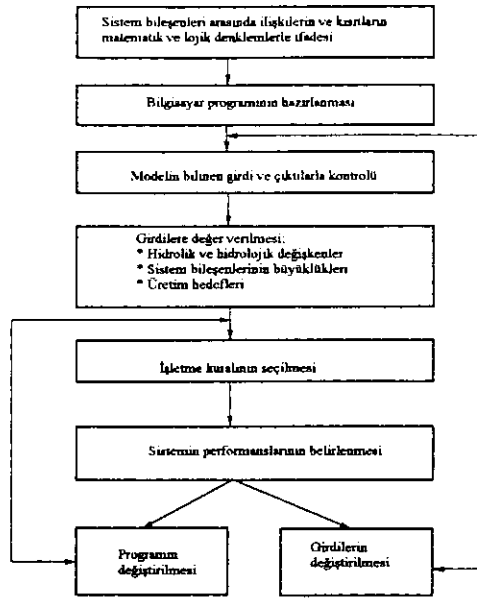
Akarsu havzaları, dışarıdan bağımsız(kısmen), kendi içlerinde ise birbirleriyle alakalı olayların cereyan ettiği sistemler olarak düşünülebilir. Bu tür sistemler çok sayıda bileşenden oluşur ve çok fazla bağımlı veya bağımsız parametre içerir. Bu yüzden akarsu havzalarının optimizasyon çalışmaları güçleşir. Direkt optimum çözümü bulmak yerine, sistemi bir modelle benzeştirip bu model üzerinde çalışılabilir. Böylece sistem parametrelerinde bir kısıt yapılmadan çok sayıdaki alternatif denenebilir. Modellemenin en kolay ve etkili şekli bilgisayar algoritmasına uygun sayısal ve lojik ifadelerden oluşan bir teknik kullanmaktır. Buna simülasyon tekniği denir. Bu tekniğin dezavantajı direkt optimizasyon yapamaması ve genel bir algoritmanın hazırlanmasının zor ve uzun zaman almasıdır. Avantajı ise parametrelerde herhangi bir kısıt yapmadan çok sayıda alternatif denenebilmekte ve istenilen değişiklik yapılabilmektedir. Bu yöntemde sistemin bileşenlerinin sayısı ve karmaşıklığı üzerinde herhangi bir sınırlama olmadığı gibi çeşitli amaçları bir arada göz önüne almak mümkün olabilmektedir.

Simülasyonda yapının büyüklüğü ve üretim hedefleri bilgisayar programının girdileri arasında olacağından bunlara istenilen değerler kolaylıkla verilebilir. Buna karşılık sistemin işletme kuralını değiştirmek zor olmakla, hazırlanan programda haznelerin işletme politikalarında iki ayrı işletme politikası seçilebilmektedir (standart ve korumalı hazne politikası). Bunlardan korumalı hazne politikası için farklı koruma alternatiflerini programın kendisi deneyebilmekte ve sonuçta hangi koruma durumunun daha verimli olabileceği grafiklerden okunabilmektedir.

Simülasyon modeli sonuçlarını yorumlayabilmek için çeşitli performans indisleri kullanılır. Böylece havzanın geleceği üzerinde yorum yapılarak, daha iyi bir çözüm için ne gibi değişiklerin yapılabileceği tartışılabilir. Elde edilen performans indisleri ve grafikler optimizasyon çalışmalarını kolaylaştırır.

2. KULLANILAN YÖNTEM

Kullanılan simülasyon yöntemin ana akış seması Şekil 1'de verilmiştir. Simülasyon üç aşamada gerçekleşir: Sentetik akım serilerinin türetilmesi, havza modelinin oluşturulması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi.



Şekil 1. Simülasyon Yönteminin Genel Akış Şeması (1)

2.1. Sentetik Akım Serilerinin Türetilmesi.

Akım serilerinde aylık değerler alınmıştır. Yukarı Fırat Havzası üzerindeki, 5' i Peri Suyu, 5'i Munzur Çayı ve 9'u Murat Nehri üzerinde olmak üzere toplam 19 gözlem istasyonundan, 1980'den 1990 yılına kadar gözlenen 11 yılın aylık akım değerleri kullanılmıştır (8-9). Eksik akımlar için "En Küçük Kareler Metodu" ile hazırlanmış eğri uydurma programı kullanılmıştır. Bu program ile akım istasyonlarına ait eksik akımlar en uygun dereceden korelasyon ile tamamlanıp, korelasyon katsayıları tespit edilmiştir. Korelasyon katsayısında (ρ) 0.90 nın üzerinde yaklaşım sağlanmıştır.

Sentetik seriler türetmek için Markov modelleri kullanılmıştır. Aylık akım serileri 1., 2. ve 3. dereceden Markov modeli (AR(1), AR(2), ve AR(3)) ile elde edilen sentetik akım serileri havza simülasyon modelinin giriş akımları olarak kullanılmıştır.

Akımlar türetilirken negatif değerler çıkabilmektedir. Bunu engellemek için ;

$$z_{j,\tau} = \ln x_{j,\tau} \qquad (1)$$

dönüşümü yapılır. Bu akımlarda 1 yıla eşit bir periyod olduğundan süreç stasyoner değildir. Akımları stasyoner hale getirmek için şu dönüşüm yapılır;

$$y_{j,\tau} = \frac{z_{j,\tau} - M_\tau'}{S_\tau'} \qquad (2)$$

Burada; $x_{j,\tau}$ = j. yılın τ. ayındaki akım, $z_{j,\tau}$ = Logaritmik dönüşüm yapılmış aylık akımlar, $y_{j,\tau}$ = Stasyoner hale getirilmiş aylık akımlar, M_τ' = Aylık akışların Fourier açılımıyla belirlenen periyodik ortalamaları, S_t' = Aylık akışların Fourier açılımı ile belirlenen standart sapmalarıdır.

Burada 2. Dereceden Markov modeli kullanılmıştır. Bu model şu şekilde ifade edilir:

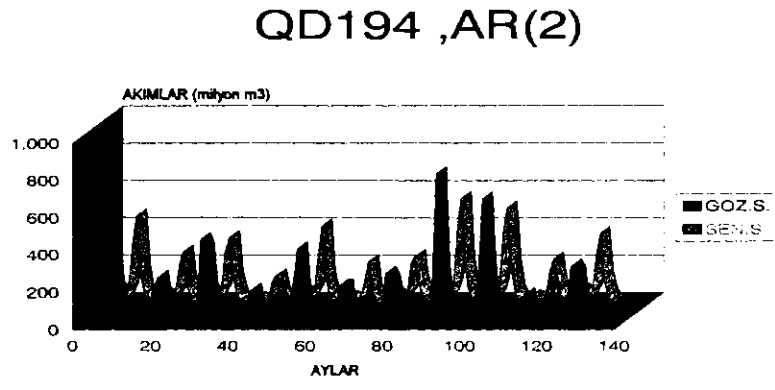
$$y_i = a_{1,\tau} y_{i-1,\tau-1} + a_{2,\tau} y_{i-2,\tau-2} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Buradaki $a_{1,\tau}$ ve $a_{2,\tau}$ katsayıları aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$a_1 = \frac{\rho_1 - \rho_1\rho_2}{1-\rho_1^2}, \quad a_2 = \frac{\rho_2 - \rho_1^2}{1-\rho_1^2} \quad (4)$$

Burada; ρ_1 = 1.° Otokorelasyon katsayısının Fourier açılımıyla belirlenen periyodik bileşeni, ρ_2 = 2.° Otokorelasyon katsayısının Fourier açılımıyla belirlenen periyodik bileşeni, ε_i = Bağımsız değişkeni ifade eder (2).

2. Derece Markov Modeli ile türetilen akım serileri ile gerçek akım serilerinin karşılaştırılması için aşağıda 194 nolu DSİ akım gözlem istasyonu akım serileri verilmiştir:



Şekil 2. 194 Nolu Akım İstasyonu, 2.Derece Markov Modeli Akım Serileri

2.2. Havza Modelinin Oluşturulması

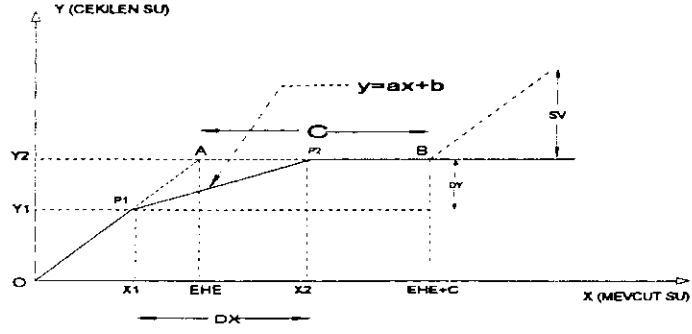
Simülasyonda, süreklilik denkleminden faydalanılarak elde edilen "düğüm noktaları metodu" kullanılmıştır. Ardışık haznelerde, birinden çıkan akım diğer haznenin giriş akımıdır. Ayrıca arada farklı bir kol giriş akımı var ise bu da giriş akımına eklenmiştir. Akarsu havzasında her bir proje veya birleşim noktası bir düğüm noktası alınarak sistem tanıtılmıştır. Havza modelinde Yukarı

Fırat Havzasının Munzur, Peri ve Murat kolları üzerinde işletmede, inşa halinde ve planlama safhasındaki 14 HES amaçlı baraj, 3 adet sulama maksatlı baraja yer verilmiştir. Bu projelerden 9'u master plan, 3'ü kesin proje, 3'ü inşa ve 2'si de işletme safhasındadır. Görüldüğü gibi ilgili havza bölümü üzerindeki yapıların çoğu henüz işletmeye açılmamıştır.

Tablo 1. Simülasyonda Yer Alan Tesisler ve Özellikleri

Tesis Adı	Amacı	Durumu	Tipi
Kığı barajı ve HES	Enerji	Planlaması Tamam	Kaya Dolgu
Özlüce Barajı ve HES	Enerji	İnşa Halinde	Kil çekirdekli Kaya Dol.
Pembelik Barajı ve HES	Enerji	Planlama ve Kesin Prj.	Kaya Dolgu
Seyrantepe Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Zonlu Dolgu
Tatar Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Zonlu Dolgu
Kalecik Barajı	Sulama	İşletmede	Toprak Dolgu
Akyayık Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Kaya Dolgu
Konaktepe Barajı Ve HES	Enerji	Planlaması Tamam	Kaya Dolgu
Kaletepe Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Kaya Dolgu
Bozkaya Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Beton Ağırlık
Pülümür Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Kaya Dolgu
Uzunçayır Barajı ve HES	Enerji	İnşa Halinde	Zonlu Kum Çakıl Dol.
Kaleköy Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Kaya Dolgu
Beyhan Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Kaya Dolgu
Palu Barajı ve HES	Enerji	Master Plan	Regülatör
Gayt Barajı	Sulama	İşletmede	Zonlu Toprak Dolgu
Gülbahar Barajı	Sulama	İnşa Halinde	Kum+Çakıl Dolgu

Haznelerin işletme politikaları Şekil 3'deki grafikte tanımlanmıştır;



Şekil 3. Korumalı ve Standart Hazne İşletme Politikası

Burada; EHE = Santralde enerji üretiminde kullanılacak maksimum akım (milyon m^3/ay), SV = Hazneden savaklanan su (milyon m^3/ay), C = Aktif depolama hacmidir (milyon m^3).

Korumalı politikada P_1 ve P_2 noktaları belirli aralıklarda otomatik olarak değiştirilerek farklı koruma alternatifleri denenir. Haznenin hacim-yükseklik eğrileri için ise simülasyon programında "En Küçük Kareler Metodu" kullanılarak bir eğri uydurma alt programına yer verilmiştir. Bu şekilde hacim-yükseklik değerleri girilen haznenin en uygun polinom eğri

denklemini, program hata kontrolü yaparak, kendisi saptamaktadır. Böylece hanedeki su hacmine karşılık gelen "H" yüksekliği hesaplanarak üretilen enerji şu şekilde bulunur (5).

$$PG(t,n) = \frac{EHET(t,n) \times H}{0.4078} \quad (5)$$

Burada; PG(t,n) = t. yılın n. ayında üretilen enerji (mwh/ay), EHET(t,n) = Enerji üretiminde kullanılan akım (milyon m^3/ay), H = Düşü yüksekliğidir (m).

Üretilen enerji kurulu güç ile sınırlandırılmıştır:

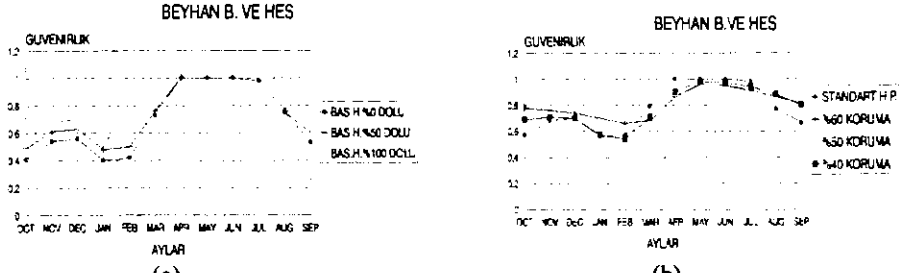
$$EHE(t,n) = \frac{T \times 30 \times 24 \times 0.9 \times 0.367}{H} \quad (6)$$

Burada; EHE(t,n) = Santralde enerji üretiminde kullanılacak maksimum akım (milyon m^3/ay), T = Santralin kurulu gücüdür (mwh).

3. SONUÇLARIN ELDE EDİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

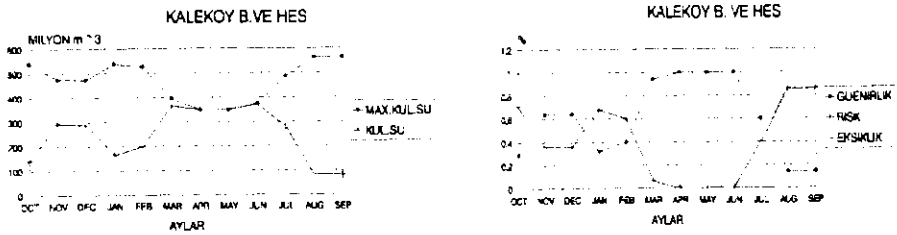
Elde edilen sonuçları daha rahat yorumlamak için çeşitli performans indisleri bilgisayar simülasyon sonunda hesaplatılmıştır. Bu performans indisleri şunlardır; Güvenirlik (Reliability) kriteri, Eksiklik (Deficit) kriteri, Elastisite (Resiliency) kriteri, Maksimum Eksiklik (Vulnerability) kriteri, Ortalama Değerler ve Standart Sapmalar. Simülasyon ileriye dönük 11 yıl için aylık değerlerle çalıştırılmıştır.

Çalışılan bazı alternatifler şunlardır: 1)Başlangıç hazne hacimlerinin değişken olduğu durumlar, 2)Farklı koruma yüzdelerinin kullanıldığı durumlar; 3)Koruma oranının sürekli değiştiği durumlar. Simülasyon bu alternatiflere göre çalıştırılmış ve sonuçlar tablo ve grafikler halinde alınarak yorumlanmıştır. Böylece optimum çözüm aranmıştır. İstenildiği taktirde daha farklı alternatiflerinde denenmesi mümkün olabilmektedir. Bunlardan Örnek olarak, Kaleköy ve Beyhan Baraj ve HES için bazı grafikler aşağıda verilmiştir.



(a) (b)

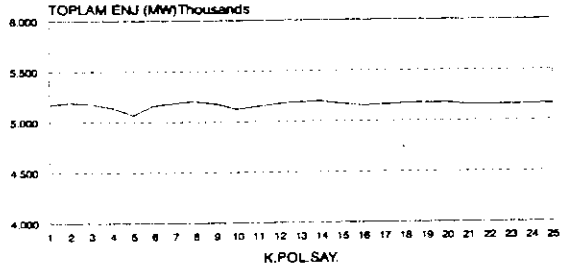
Şekil 4. Beyhan B. ve HES, Başlangıçtaki Hazne Hacimlerine ve Farklı Koruma Oranlarına Göre Güvenirlik İndislerinin Değişimi



(a) (b)

Şekil 5. Kaleköy Barajının; (a): Aylara Göre Max. Kullanılabilecek Su ve Çekilen Su Miktarlarının Değişimi; (b): Aylara Göre Güvenirlik-Risk-Eksiklik İndisleri.

Şekil 4. (a)'da görüldüğü gibi Kaleköy Barajı ve HES'in başlangıç hazne hacmi arttıkça Güvenirlik İndisi eğrisi de 1.00' a yaklaşmaktadır. Sulak dönemlerde ise güvenirlik %100 (1.00) olmaktadır. Şekil 4.(b)'de ise koruma oranı arttıkça dönüm noktalarındaki güvenirlik değerleri eğrinin normaline yani ortalama güvenirlik değerine yaklaşmaktadır. Bu demektir ki, kurak aylardaki güvenirliği artırmak için koruma oranının belirli bir değere kadar arttırılması gerekir. Yani sulak aylardaki suyun bir kısmının kurak aylara saklanması yıl boyu bir denge sağlayacaktır.



Şekil 6. Değişik Koruma Alternatiflerine Göre Üretilen Toplam Enerji

Şekil 5.(a)'da; iki eğrinin çakıştığı noktalarda santral max. verimle çalışır veya sulama amaçlı haznelerde ise ihtiyacın hepsi karşılanır. Eğrilerin birbirine yaklaştığı veya çakıştığı aylar sulak aylardır. Bu grafikte Nisan, Mayıs, Haziran aylarında santralin max. verimle çalışacağı görülür. Yani çekilmesi muhtemel suyun hepsi çekilebilir. Şekil 5.(b)'de ise yine bu aylarda hedef karşılandığı için güvenirliğin %100, riskin ise %0 olduğu görülmektedir. Eksiklik İndisi ise Risk Eğrisini takip etmekte ve (a) grafiğindeki iki eğri arasındaki farkı vermektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Simülasyon sonucunda elde edilen değerler ve grafikler incelenerek havza sisteminde yer alan her bir baraj için, uygun işletme şekli, aylara göre üretilebilecek maksimum enerji miktarı, yıllık ortalama enerji miktarı, Risk-Güvenirlik-Eksiklik-Elastisite Kriterleri tespit edilmiştir. Gözlenen

genel duruma göre; haznelerin işletilmesinde politika olarak "Standart Hazne İşletme Politikası" yerine, mevcut kurak aylardaki akımlar da düşünülerek haznedeki suyun bir miktarını kurak aylar için korunması mantığına dayalı "Korumalı Hazne İşletme Sistemi"nin daha uygun olduğu görülmüştür. İncelenen havza kısmı üzerindeki tüm haznelerde korumanın yaklaşık, aktif hazne kapasitesinin %40-50'si olması halinde yıllık verim max. olabilmektedir. Simülasyon, koruma oranının 25 değişik alternatifi için (Şekil 3) çalıştırıldığında hazne sisteminde üretilecek yıllık ortalama enerji miktarı Şekil 6.'da verilmiştir. Buna göre; Kığı, Özlüce, Pembelik, Seyrantepe, Tatar, Akyayık, Konaktepe, Kaletepe, Bozkaya, Pülümür, Uzunçayır, Kaleköy, Beyhan ve Palu Barajı ve HES'lerinin işletmeye açılmasıyla yılda 5.202.265 MW enerji üretilebileceği görülmüştür. Yani bu sonuç en büyük HES'lerimizden biri olan Keban Barajı ve HES'in ürettiği enerjiye yakın bir değerdir. Bu miktar enerji günümüzde enerji sıkıntısı çeken ülkemiz için önemli bir kaynaktır. Üretilen enerji, Koruma Politika Sayısının 2-8-14 gibi değerleri için max. olmaktadır. Bu, incelenen ve Tablo 1'de gösterilen baraj haznelerinin, yaklaşık %40-50 civarında korunmasını göstermektedir. Haznelerin başlangıç doluluk oranları da üretimi etkilemektedir. Başlangıç hazne hacminin fazla olması halinde üretim artmakta, risk ise azalmaktadır. Bu çalışmada, önemli su kaynaklarımızdan olan, Yukarı Fırat Havzasının DSİ IX. Bölge sınırları dahilindeki kısım için, hazırlanan simülasyon programıyla çok daha fazla alternatif denenmesi ve elde edilen sonuçlara göre verimi daha fazla arttırmanın yollarını aramak mümkündür.

5. KAYNAKLAR

1. Bayazıt, M., "Su kaynakları Sistemleri", İ.T.Ü. İnşaat Fak., İstanbul 1994
2. Bayazıt, M., "Hidroloji", İ.T.Ü. İnşaat Fak., İstanbul 1995
3. Bayazıt, M., "İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri" İ.T.Ü. İnş. Fak., İstanbul 1996
4. Koca,V., "Orta Sakarya Havzasının Simülasyon Modeli İle incelenmesi" İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.L. Tezi, İstanbul Ocak 1986
5. Duranyıldız, İ., "Bir Akarsu Havzasının Planlanmasının Optimizasyonu" İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı Sempozyumu, İ.T.Ü. İnş. Fakültesi, İstanbul 1988
6. Ünal, N. E., "Tek Hazneli- Tek Maksatlı Bir Su Kaynakları Sisteminin İşletilmesi Ve Performans İndisleri" İ.T.Ü. , İstanbul Şubat 1989
7. DSİ IX. Bölge, "1998 Yılı Takdim Raporu" Ankara, 1998
8. DSİ IX. Bölge, "DSİ IX. Böl. Akım Gözlem İstasyonlarının 1970-1990 yılları arası aylık akım değerleri" Elazığ-1998
9. EİE, "1992 Su Yılı Akım Değerleri" EİE İdaresi Genel Md. Ankara-1996
10. HASHİMOTO, T., "Reliability, Resiliency and Vulnerability Criteria For Water Resource System Performance, Water Resource Research, vol. 22, no.1, Pages 14-20, February 1982.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

Manavgat ve Oymapınar Baraj Göllerinin Yakın Çevre İklimine Etkisi

Hüsnü DEMİRPENÇE[1] ve Veysel GÜLDAL[2]

S.D.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

[1]husnu@mmf.sdu.edu.tr

[2]vguldal@mmf.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Batı Akdeniz Bölgesinde sırasıyla 1984 ve 1987 yıllarında işletmeye açılan Manavgat ve Oymapınar barajlarına ait baraj göllerinin yakın çevre iklimine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla Manavgat Meteoroloji istasyonunda yapılan ölçümlerden yararlanarak, 1970 yılı ile barajların işletmeye açıldığı yıl olan 1987 arasında ve 1987-1999 yılları arasında aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nem ve aylık ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Baraj gölleri oluşumundan önceki meteorolojik veriler, baraj göllerinin oluşumundan sonraki meteorolojik verilerle karşılaştırılmıştır. Genel olarak aylık ortalama sıcaklık değerlerinde artış, aylık ortalama nem değerlerinde azalma ve aylık ortalama yağış değerlerinde ise mevsimlere bağlı bir değişme gözlenmiştir. Bu verilerdeki değişmenin baraj gölleriyle ilişkisini belirlemek için ise, Alanya meteoroloji istasyonu için aynı verilerin aynı periyotlardaki değişimi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Manavgat ve Oymapınar Barajları, Baraj Gölü, Yakın Çevre İklimi, Sıcaklık ,Nem, Yağış*

ABSTRACT

In this study, the effect of Manavgat and Oymapınar reservoirs which were put into service in 1984 and 1987 respectively on microclimate was investigated. For this purpose, monthly mean temperatures, monthly mean humidity and monthly total rainfall were analyzed using data between 1970-1987 and between 1988-1999. Data used in the study are taken from Manavgat and Alanya Meteorological Stations. These data are compared with those the before and after putting into service of reservoirs. Generally, it is observed an increase in monthly mean temperatures, a decrease in monthly mean humidity and changes depending on seasons in monthly total rainfall. In order to determine relationship with reservoirs the changes in data, the same data for the same periods for Alanya Meteorological Station are investigated.

Key Words: *Manavgat and Oymapınar Dams, Reservoirs, Microclimate, Temperature, Humidity, Rainfall*

1. GİRİŞ

Son yarım yüzyılda baraj inşaatındaki artışa paralel olarak, baraj haznelerinin çevreye yaptıkları ekolojik, sosyal, ekonomik, meteorolojik v.b. etkiler inceleme konusu oluşturmuşlardır. Baraj haznelerinin yakın çevre iklimine bir takım etkilerinin olduğu bilinmekle birlikte, bunların etki dereceleri baraj haznesi ve baraj haznesinin bulunduğu yerin özelliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Baraj haznesinin çevresindeki meteorolojik etkilerin laboratuar şartlarında belirlenmesi mümkün değildir. Etkilerin tahmini için matematik model kullanarak pratik sonuçlar elde etmek de güçtür. Baraj haznelerin iklime olan etkileri, ancak tabiattaki gözlemlerin değeriendirilmesi ile belirlenebilir.(1)

Bu çalışmada, 1970-1999 yılları arasında kaydedilmiş meteorolojik veriler kullanılarak Manavgat ve Oymapınar baraj göllerinin oluşumundan önce ve sonraki yakın çevre iklimine etkisi incelenmiştir. Ayrıca, meydana gelen iklim değişikliklerinin baraj göllerine bağlı olup olmadığını belirlemek için, yöre ile benzer özelliklere sahip Alanya için aynı periyotlarda inceleme yapılmıştır.

2. BARAJ HAZNELERİNİN ÇEVREYE ETKİLERİ

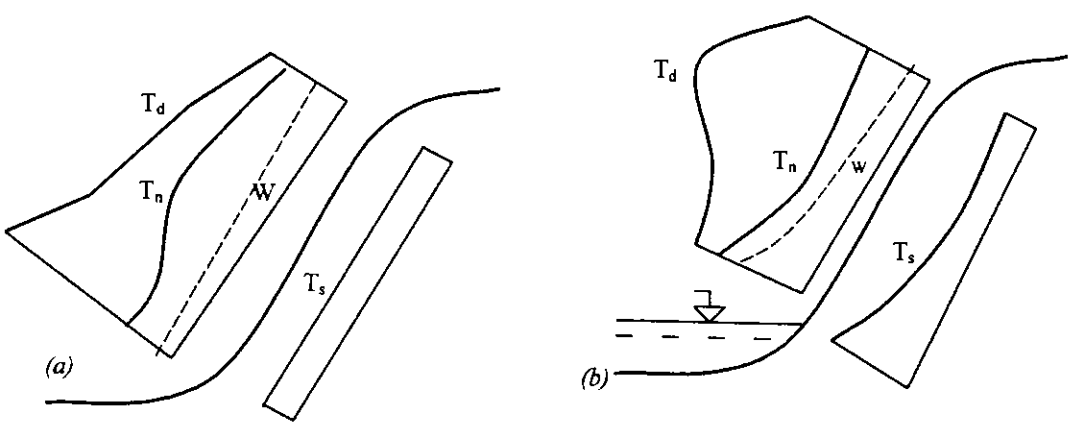
Bir akarsu üzerinde baraj inşa edilerek oluşturulan yapay baraj gölü alanı, özellikle büyük barajlarda yüzlerce kilometrekareyi bulduğundan, böyle bir haznenin çevreye bazı etkileri olmaktadır. Bir veya birden fazla inşa edilen barajla; havzada tarım toprakları ve ormanlar sular altında kalmakta, ekolojik denge bozulmakta, arkeolojik alanlar su altında kalmakta, özel jeolojik formasyonlar ve maden yatakları kaybolmakta, sedimantasyon ile baraj gölleri dolmakta, bölgedeki depremlerde bir artış beklenmekte, akarsu rejimi düzenlenmekte ve taşkın etkileri azaltılmaktadır. Bunlardan başka yeraltı su seviyesi yükselmekte, kıyılardaki bitki türlerinde değişmeler olmakta, su kalitesinde, sıcaklığında ve katı madde miktarında değişmeler meydana gelmektedir. Tüm bu etkilerin yanında, baraj göllerinin bölge ikliminde bazı değişimlere sebep olduğu bilinmektedir. (2)

2.1 Baraj Haznelerinin İklime Etkileri

2.1.1 Sıcaklığa Etkisi

Bir barajın inşa edilip işletmeye açılmasından sonra, bölgede diğer iklim özelliklerinin yanı sıra sıcaklıklarda da bazı değişimler meydana gelir. Suyun ısı kapasitesi, hava ve toprağa göre 4-5 kat daha fazladır, aynı zamanda suyun donma ve buharlaşma esnasında depoladığı ısı, oldukça yüksektir. Bunun için su kütlesi bahar aylarında ve günün erken saatlerinde olduğu gibi hava sıcaklığının hızla arttığı esnada, çevrede serinletici bir etki yapar. Sonbahar ve günün akşam saatlerinde olduğu gibi hava sıcaklığının hızla azaldığı esnada ise, çevrede ısıtıcı bir etki yapar. Serin yaz gecelerinde ise su kütlesi yakınındaki hava tabakasını ılıklaştırır. Su kütlesinin ısısı, yüzey hava tabakasındaki sıcaklık dalgalanmalarını azaltır.(3)

Bu vadide baraj yapılmadan önce ve baraj yapıldıktan sonraki sıcaklıklar, yamaçtan yukarı çıkıldıkça değişmektedir. Bu değişimler Şekil 1' de gösterilmiştir. Bu şekilde T_d, T_n ve T_s sırasıyla gündüz sıcaklığı, gece sıcaklığı ve toprak sıcaklığını, w nemi ifade etmektedir.



Şekil 1. Barajsız (a) ve Barajlı (b) Bir Vadide Yamaçtan Yukarı Çıkıldıkça Gündüz, Gece ve Toprak Sıcaklığı ile Nemin Değişimi (2)

Şekil 1' den görüldüğü gibi; barajsız bir vadide gündüz hava sıcaklığı vadi tabanında en büyüktür, yamaç yukarı çıktıkça azalmaktadır. Barajın inşa edilmesinden sonra ise, gündüz hava sıcaklığı su yüzeyine yakın noktada azalmakta, yamaç ortalarında ise en yüksek değere ulaşmaktadır.

Gece hava sıcaklığı ise, baraj inşa edilmeden önce vadi tabanında en küçük, yamaç ortalarında en büyük iken, baraj gölü oluşumundan sonra su yüzeyinde maksimum, yamacın en üst noktasında minimum olmaktadır.

Toprak sıcaklıkları, baraj inşaatından önce vadi boyunca değişmezken, baraj yapıldıktan sonra su yüzeyine yakın noktada artmakta, yamaç yukarı çıkıldıkça azalmaktadır. (3)

2.1.2 Neme Etkisi

Şekil 1 incelendiğinde baraj inşaatında önce, yamaçtan yukarı çıktıkça nem miktarının lineer şekilde arttığı görülmektedir. Ancak baraj gölü oluşumundan sonra, nem oranı en büyük değerini hazne su yüzeyinde alır ve yamaçtan yukarı çıktıkça hızlı bir şekilde düşer. Baraj yapılmadan önce yamaç tabanı ile yamaç tepesi arasındaki nem oranı farkı % 3 nispetinde iken, bu oran baraj yapıldıktan sonra % 10-15'e yükselmektedir.

Baraj gölü oluşumundan sonra göl yüzeyinde yüksek oranda oluşan nem, ters bir hava hareketi ile göl üstünde bir sis oluşturur. Bundan dolayı baraj yapımından sonra vadilerde sis oluşma sıklığı artar. Bu durum rüzgarsız havalarda daha belirgin hale gelir.(4)

2.1.3 Yağışa Etkisi

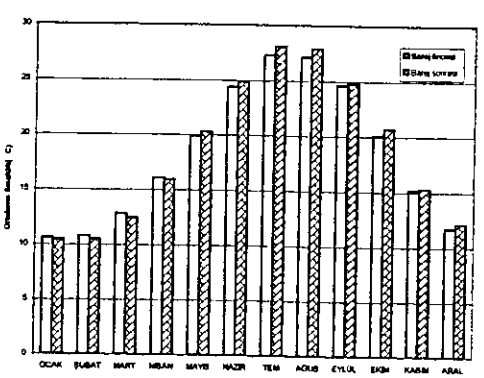
Baraj inşaatı ile havzada suni bir göl yüzey alanının oluşumu ve serbest su yüzeyindeki yükselme, o havzada oluşacak yağış miktarında azalmaya sebep olur. Yağıştaki bu azalma, kuru toprak yüzeyindeki sıcaklıklarla karşılaştırıldığında, yaz aylarında su yüzeyi üzerindeki düşük sıcaklıkların bir sonucudur.

Genellikle göl yüzeyinden yukarı çıktıkça bu olayın tersi meydana gelir, yani hava sıcaklığı yüksekliğin artması ile düşmez, aksine yükselir. Bu durum havanın doygunluk oranını düşürerek düşey bir hava akımının oluşmasına sebep olur, böylece yağmur olasılığı artar. Ancak bu olasılık, baraj gölü yüzeyi pürüzlülüğünün, arazi yüzeyi pürüzlülüğü ile karşılaştırıldığında daha az olduğundan, azalır. Toplam yağış miktarındaki bu azalma sadece büyük baraj haznelerinde gözlenmiştir.(5)

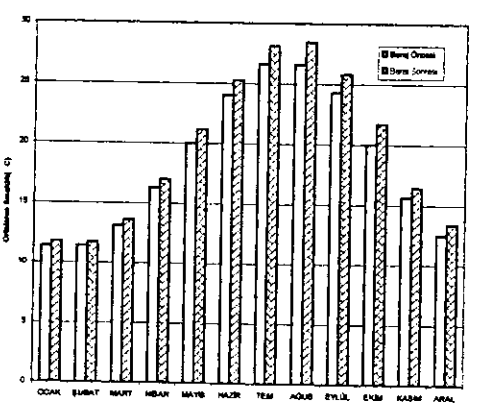
3. MANAVGAT VE OYMAPINAR BARAJ GÖLLERİNİN YAKIN ÇEVRE İKLİMİNDE OLUŞTURDUĞU DEĞİŞİMLER

Oymapınar barajı 1984 yılında işletmeye açılmış olup, göl alanı 4.70 km^2, uzunluğu 5 km. ve depolama hacmi $300*10^6$ m^3'dür. Manavgat barajı ise 1987 yılında işletmeye açılmıştır. Barajın göl alanı 8,6 km^2 ve depolama hacmi $88,98x10^6m^3$'dür. Oymapınar ve Manavgat baraj göllerinin yakın çevre ikliminde oluşturduğu değişimlerin incelenebilmesi için Manavgat Meteoroloji istasyonu için elde edilen meteorolojik veriler 1970-1987 ve 1988-1999 yılları arasında değerlendirilmiştir.(6) Bu çalışmada Manavgat ve Oymapınar baraj gölleri'nin yakın çevre olarak Manavgat ilçesinin iklimine etkisi, aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nem oranı ve aylık toplam yağış parametreleri ışığında incelenmiştir. Baraj gölleri işletmeye açıldıktan sonra bölge iklimine yapabileceği değişimler, bu bölge ile benzer özelliklere sahip Alanya'da aynı zaman dilimlerinde yukarıdaki parametrelerdeki değişim belirlenerek karşılaştırılmıştır.

Şekil 2.a ve b' de Oymapınar ve Manavgat baraj göllerinin oluşumundan önce (1970-1987) ve sonra (1988-1999 yıllarında) Manavgat ve Alanya'da aylık ortalama sıcaklıkların değişimi gösterilmiştir. Şekil 2.a' dan Manavgat'ta aylık ortalama sıcaklıkların Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarında baraj gölleri oluşumu öncesine göre azaldığı, diğer aylarda ise arttığı. Alanya'da ise her ayda ortalama sıcaklık değerlerin arttığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre baraj göllerinin Manavgat'ta aylık ortalama sıcaklıklara etkisinin olduğu söylenebilir.

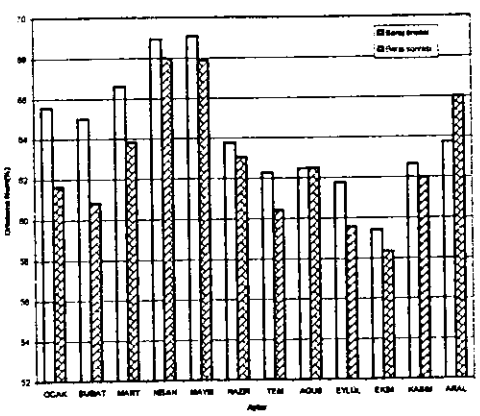


Şekil 2.a. Manavgat'ta aylık ortalama sıcaklıkların değişimi

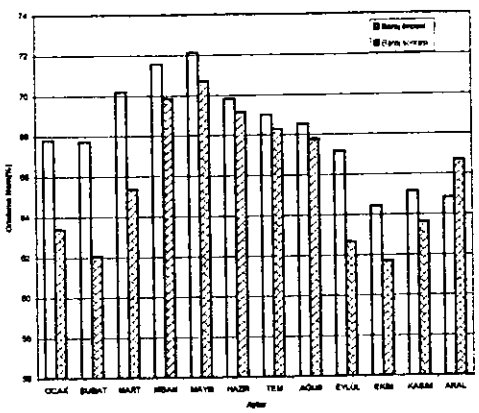


Şekil 2.b. Alanyada aylık ortalama sıcaklıkların değişimi

Şekil 3.a ve b' de ise baraj göllerinin oluşumundan önce ve sonra Manavgat ve Alanya'da aylık ortalama nem oranlarının değişimi verilmiştir. Şekil 3.a'dan Manavgat'ta bara oluşumundan sonra aylık nem oranında sadece Ağustos ve Aralık aylarında kısmi bir artış gözlenmiş, diğer aylarda ise azalma görülmüştür. Şekil 3.b incelenirse Alanya'da, Aralık ayı hariç diğer aylarda nem oranının azaldığı görülür. Halbuki literatürde baraj göllerinin oluşumundan sonra nem oranında artışın meydana geleceği belirtilmektedir.



(a)

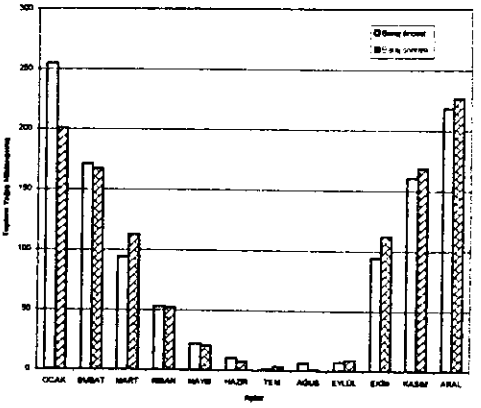


(b)

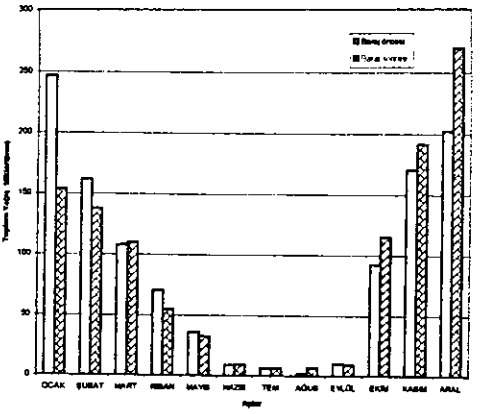
Şekil 3.a Manavgat'ta aylık ortalama nem oranının değişimi

3.b Alanya'da aylık ortalama nem oranının değişimi

Şekil 4. a ve b' de Manavgat ve Oymapınar baraj göllerinin işletmeye açılmasından önce sonra aylık toplam yağış miktarındaki değişim gösterilmiştir. Aylık toplam yağış miktarı, baraj göllerinin oluşumundan sonra Manavgat'ta Ocak, Şubat, Nisan, Mayıs, Haziran, Ağustos aylarında azalmış, diğer aylarda artış gözlenmiştir. Alanya'da ise Ocak, Şubat, Nisan, Mayıs, Temmuz, Eylül aylarında azalırken, Mart, Haziran, Ağustos, Ekim, Kasım, Aralık aylarında artmıştır. Manavgat'ta göllerinin oluşumundan önce yıllık toplam yağış 1094,27 mm iken, göllerin oluşumundan sonra 1080,05 mm'ye düşmüştür ki, bu durum literatürde büyük baraj hazneleri için doğrulanmaktadır. Alanya'da ise baraj gölü oluşumundan önce ve sonraki toplam yıllık yağış değerleri sırasıyla 1114,5 mm ve 1095,4 mm'dir.



(a)



(b)

Şekil 4.a Manavgat'ta aylık toplam yağış miktarı

4.b Alanya'da aylık toplam yağış miktarı

4. SONUÇLAR

Oymapınar ve Manavgat bara göllerinin yakın ve çevre iklimine etkisi incelenmiş, baraj göllerinin oluşumundan önce ve sonra Manavgat ve Alanya meteoroloji istasyonlarından elde edilen aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nem oranı ve aylık toplam yağış verileri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Manavgat'ta baraj gölü oluşumundan sonra aylık ortalama sıcaklıkların genellikle arttığı, aylık ortalama nem oranlarının azaldığı, yıllık toplam yağış miktarının ise kısmi olarak azaldığı tespit edilmiştir. Alanya için de genellikle aynı davranış elde edildiği için, Manavgat ve Oymapınar baraj göllerinin yakın çevre iklimine etkisinin çok az olduğu sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Ağıralioğlu, N., " Barajların Planlanması ve Tasarımı ", Ders Notları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1990.
2. Holy, M., " Water and the Environment ", Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1971.
3. Jermar, M.K., " Water Resources and Water Management ", Developments in Water Science, 28, Elsevier Science Publ. B.V., Amsterdam, 1987.
4. Güldal, V., Ağıralioğlu, N., " Baraj Haznelerinin İklime Etkisi: Keban Barajı ". Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, D.S.İ. Ankara,1994.
5. " Application of Environmental Impact Assessment Highways and Dams " Environmental Series, United Nations, New York, 1987.
6. "Manavgat ve Alanya Aylık Klimatolojik Rasat Cetveli" T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Elektronik Bilgi İşlem Müdürlüğü ,Ankara,1999.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

K.Maraş Yöresindeki Barajların İklim Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Orhan ERDAŞ[1], Alaaddin YÜKSEL[1] ve Mehmet BAŞARAN[1]

[1]KSÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 46060, K.Maraş
e-mail: ayuksel@ksu.edu.tr

ÖZET

Kurak ve yarı kurak bölgelerde baraj gölleri ve sulama şebekeleri gibi büyük su yapıları, çevre iklimi ve hidrolojisinde önemli değişikliklere neden olabilmektedir. Kahramanmaraş yöresindeki barajların iklime etkilerinin incelenmesi için, 1963-1972 yılları arası ve 1988-1998 yılları arasındaki Kahramanmaraş meteoroloji istasyonu verileri dikkate alınarak baraj öncesi ve sonrası iklim verileri istatistiki olarak karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Kahramanmaraş meteoroloji istasyonundan ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden bölgenin aylık bazda sıcaklık (Maksimum, minimum ve ortalama sıcaklık) değerleri, bağıl nem, yıllık ve aylık yağış değerleri ile rüzgar hızı ve yönünün değerleri alınarak matematiksel ve istatiksel yöntemlere göre incelenmiştir. Buna göre maksimum sıcaklıkta belirgin bir düşme, minimum sıcaklıkta ise kısmi bir artış ile ortalama sıcaklıkta belirgin bir değişme görülmüştür. Nispi nemde ise Ocak –Şubat aylarında düşme olmasına rağmen yılın diğer aylarında belirgin bir artış olduğu saptanmıştır. Yağış miktarında da bir artış olduğu saptanmıştır. Rüzgar yönündeki değişme ve hızındaki düşüş yön ve miktar olarak ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *İklim; Barajlar; K.Maraş.*

Investigation on the Effects of Dams in K.Maraş Regions on Climate

ABSTRACT

Water constructions such as dam's reservoir and watering equipments in arid and semi-arid regions cause to important changes in at climate and hydrology of environment. States before and after building the dams were statistically evaluated by considering data between 1963-1972 for investigating the effects of dams on climate in K.Maraş region and data of K.Maraş Meteorological station between 1988-1998.

Annual temperature values of the region (maximum, minimum and average), relative humidity, annual and monthly rain values, and the speed and directions of wind taken from Meteorology General Directorate and K.Maraş Meteorology Station were mathematically and statistically investigated. According to these, a definite decrease in maximum temperature and relative increase in maximum temperature and relative increase in minimum temperature were observed. Although a decrease was observed in January and February months, no definite decrease was recorded was shown in the other months of the year. An increase in the amount of rainfal was also determined. A change in the direction and a decrease in its speed.

Key Words: *Climate; Dams; K.Maraş*

1.GİRİŞ

Kurak ve yarı kurak bölgelerde baraj gölleri ve sulama şebekeleri gibi büyük su yapıları bulunduğu bölgenin iklimi ve çevre kriterlerinde önemli değişikliklere sebep olabilmektedir. Genellikle büyük baraj göllerindeki su kütlelerinin topraktan farklı olan termal özellikleri barajların su depolamaya başlamadan öncekine oranla bölgede daha serin yaz ve daha ılıman kışların oluşmasına neden olur. Sınır tabakalarında azda olsa bitki örtüsü ile kaplı ve engebeli toprak alanlar bulunurken, pürüzlülüğü nispeten çok daha az olan düzgün su yüzeyleri ile bu alanların yer değiştirmiş olması, bölgedeki hakim rüzgar yönünde bir farklılığa ve şiddetinde de belirgin bir azalışa neden olmaktadır. Su ve havanın farklı buhar basınçları nedeniyle, göl yüzeyinden karalara doğru büyük miktarda nem transferi olmaktadır. Havadaki nemin artmasıyla bölgede sis ve don olaylarında "göl etkisinden" dolayı yağışlarda ve iklim elamanlarında büyük değişiklikler olabilir (1-5).

Bu çalışmada da K.Maraş Yöresindeki barajların baraj öncesi ve sonrası iklim elamanları verileri analizleri yapılarak, meydana gelen değişim İstatistiksel olarak karşılaştırılarak farklılıklar irdelenmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Kahramanmaraş yöresindeki barajların iklime etkilerinin incelenmesi için 1963-1972 yılları arası ve1988-1998 yılları arasındaki Kahramanmaraş meteoroloji istasyonu verileri dikkate alınarak 10 yıllık periyotlar şeklinde baraj öncesi ve sonrası durumlar istatistik olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada barajların sıcaklık üzerine etkileri, bağıl nem üzerine etkileri,yağış üzerine etkileri, rüzgar yönü ve hızı üzerine etkileri,bulutluluk durumu üzerine etkileri vs ortaya konmuştur.

3. BULGULAR

3.1 . Sıcaklık Üzerine Etkileri

Bir baraj haznesinin yapılıp işletmeye açılmasından sonra, diğer iklim özelliklerinin yanında sıcaklıklarda da bazı değişiklikler meydana gelir. Çünkü suyun ısı kapasitesi, hava, toprak ve kayanınkinden 4-5 kat daha fazladır. Aynı zamanda suyun donma ve buharlaşmasında depoladığı ısı, diğer ortamlardan daha büyüktür. Bunun için birikmiş su kütlesi bahar

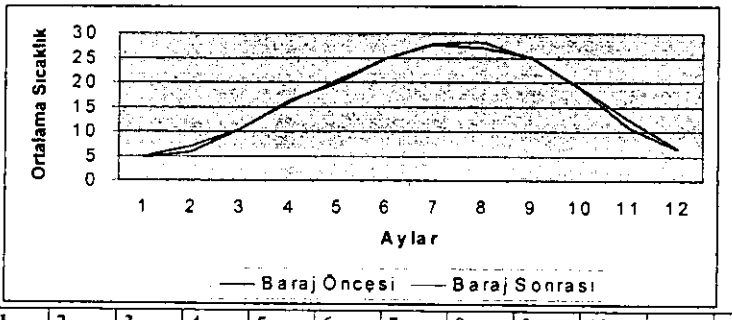
aylarında ve günün erken saatlerinde olduğu gibi hava sıcaklığının hızla arttığı esnada, çevrede serinletici bir hizmet görür (2,3,5,7).

Araştırma alanına ilişkin 1963-1972 yılları ve 1988-1998 yılları arası aylık ortalama maksimum sıcaklıklar şekil 1'de gösterilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede ortalama maksimum sıcaklıklardaki değişme önemli bulunmuştur. Maksimum sıcaklık barajlar yapıldıktan sonra Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, haziran ve temmuz aylarında artmakta olup Ağustos, Eylül, Ekim ,Kasım aylarında ise azalmaktadır. Barajlar yapılmadan önce en yüksek sıcaklık ortalaması Ağustos ayı 40.26 C^{o} ile birinci sırayı almakta olup bu ayı takip eden aylar ise Temmuz, Haziran ve eylül ayları ortalama maksimum sıcaklık değerleri, barajlar yapıldıktan sonra ise yine en yüksek maksimum sıcaklık ise ağustos ayında 35.27 C°'dir.

Tablo1. Barajların yapımından önce ve sonrası dönemlere ait ortalama maksimum sıcaklık değerleri

Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	14.2	16.51	22.25	28.45	33.04	37.15	39.83	40.26	37.52	32.77	25.32	16.55
88-98	9.59	10.79	15.6	21.80	26.88	31.34	35.03	35.27	31.97	25.24	16.03	10.16

Maksimum sıcaklıktaki düşüşe karşılık ortalama sıcaklıkta ise Barajlar yapıldıktan sonra şekil 1'de görüldüğü gibi istatistiksel bir artış söz konusu olup bölge ikliminde yumuşamaya neden olmuştur.



Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	4.7	5.87	10.37	16.17	19.8	24.77	27.61	27.01	25.07	18.74	12.32	6.62
88-98	4.87	5.95	10.36	15.88	20.55	24.77	28.02	28.13	24.83	18.7	10.71	6.26

Şekil1. *Barajların yapımından önce ve sonrası dönemlere ait ortalama sıcaklık değerleri*

Kahramanmaraş bölgesinde, barajların su tutarak göl alanlarını oluşturduktan sonra minimum ortalama sıcaklık değerleri; Şubat,Mart, Nisan, Mayıs , Haziran, Temmuz aylarında artmış Ağustos, Eylül, Ekim , Kasım ve Aralık aylarında ise azalmaya başlamıştır.

Bunun sonucu olarak Kahramanmaraş ikliminde belirli bir yumuşama gözlenmiştir. Barajlar yapıldıktan sonra en düşük minimum sıcaklık ocak ayında 0.90 C^{o} gözlenirken en yüksek minimum sıcaklık ise Ağustos ayında ortalama 22.11 C^{o} olmaktadır. Bu durum barajlar faaliyete geçmeden önceki yıllarda şu şekilde gözlenmiştir. Barajlar faaliyete geçmeden önce yani 1963-1972 yılları arasında en düşük ortalama minimum sıcaklık ocak ayında –5.071 C^{o} saptanmıştır. En yüksek minimum sıcaklık ortalaması ise 18.01 C^{o} ile ağustos ayında görülmektedir.

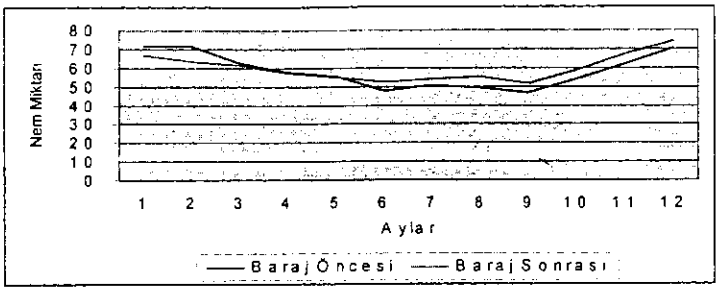
Bu değerlere göre barajların faaliyete geçmesi Ocak,Şubat,Mart, Aralık ayları daha sıcak geçerek kış aylarının daha ılıman olduğunu ve Haziran , Temmuz ve Ağustos aylarında ise Daha sıcak olması dolayısıyla yaz mevsiminin daha sıcak geçmesini sağlamıştır.

Tablo2. Barajların yapımından önce ve sonrası dönemlere ait ortalama minimum sıcaklık değerleri

Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	-5.071	-4.1	0.78	3.83	8.52	12.31	17.92	18.01	12.73	6.17	1.3	-2.51
88-98	0.90	1.47	5.53	10.01	13.95	18.55	22.0	22.11	18.27	13.03	6.43	3.15

3.2. Nisbi Nem Üzerine Etkileri

Barajsız bir vadide, yamaçtan yukarı çıkıldıkça nem miktarı lineer bir şekilde artar. Ancak baraj yapıldıktan sonra nem oranı, en büyük değerini hazne su yüzeyinde alır ve yamaçtan yukarı çıktıkça hızlı bir şekilde düşmektedir. Barajsız bir vadide yamaç tabanı ile yamaç tepesi arsında nem oranı %3 nispetinde farklıdır. Oysa baraj yapıldıktan sonra yamaç tabanında %10-15 nispetinde daha fazla nem bulunur. Göl yüzeyinde yüksek miktarda oluşan nem ters bir hava hareketi ile göl üstünde sis oluşturur. Bunun için baraj yapımından sonra vadilerde sis oluşma sıklığı artar. Bu durum rüzgarsız havalarda daha belirgin hale gelmektedir (4,6).



Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	71.3	71.3	62.7	57.6	55.6	47.6	51.0	49.4	46.7	53.8	62.1	70.4
88-98	66.68	63.80	61.35	57.26	55.11	52.31	54.01	55.3	51.54	59.0	67.31	74.01

Şekil2. Barajların yapımından önce ve sonrası dönemlere ait ortalama nisbi nem değerleri

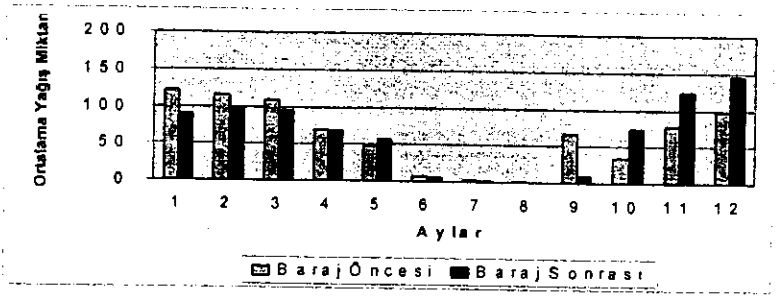
Araştırma alanının 1963-1972 ve 1988-1998 yılları arası aylık ortalama nisbi nem verileri şekil 2'de verilmiştir. Periyotlar arasında yıllık ortalama nisbi nemdeki değişmeler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur.

Şekil 2'de görüldüğü üzere, baraj gölleri oluşumundan sonra baraj öncesine göre nem oranında ocak şubat ayında belirgin bir düşme olmasına rağmen, diğer Haziran ve Aralık ayları arasındaki periyotta belirgin bir yükselme gözlenmiştir. Özellikle yaz aylarındaki nem oranının hızlı bir şekilde artması sonucu yöre iklimi deniz bölgelerindeki yerleşim birimlerinin iklimiyle benzerlik göstermiştir. Yaz aylarında artan sıcaklık ve nem nedeniyle yörede bunaltıcı bir hava oluşmaktadır.

3.3. Yağış Durumu Üzerine Etkileri

Yapılan istatistiki analizlerde 1963-1972 ve 1988-1998 yılları arası yağış değerlerindeki yıllık değişimler önemli bulunmuştur. Yıllık yağış miktarı 1963-1972 yılları arasında ortalama olarak 749.43 m^3 yağış meydana gelmiştir. 1988-1998 yılları arasında ise ortalama yıllık yağış 767.32 m^3 olarak belirlenmiştir. Buna göre baraj göllerinin oluşması sonucunda 17.89 m^3'lük bir yağış artışı gözlenmiştir.

Bunların sonucu olarak bölgede barajların faaliyete geçmesiyle Kış, İlkbahar, Yaz mevsimlerinde Şekil 3' de görüldüğü gibi kısmi bir azalma, sonbahar mevsiminde ise kısmi bir artış saptanmıştır.

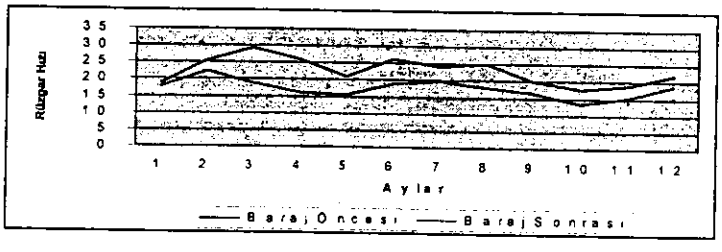


Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	120.85	115.79	109.43	69.25	47.88	7.42	2.07	1.31	67.2	33.65	76.96	97.53
88-98	89.38	98.09	95.45	68.47	56.63	6.01	0.94	0.62	9.12	73.7	123.62	145.29

Şekil 3. Barajların yapımından önce ve sonrası dönemlere ait ortalama aylık yağış miktarı değerleri

3.4. Rüzgar Durumu Üzerine Etkileri

Baraj göllerinin oluşumundan sonra yakın göl havzaları boyunca maksimum rüzgar hızında belirgin bir azalma görülmüştür. 1963-1972 yılları arasında en yüksek maksimum rüzgar hızı 29.31 m/s ile mart ayında olur iken 1988-1998 yılları arasında ise en hızlı maksimum rüzgar hızı 22.36 m/s ile şubat ayında gözlenmiştir.



Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	18.77	25.6	29.31	25.96	20.98	26.21	24.12	25.11	20.14	17.8	18.86	21.92
88-98	17.82	22.36	18.81	16.15	15.50	18.97	19.85	17.99	16.61	13.45	15.41	18.83

Şekil 4. Barajların yapımdan önce ve sonrası dönemlere ait ortalama rüzgar hızı değerleri

Rüzgar yönünde ise baraj gölleri oluşmadan önce hakim rüzgar yönü Kuzey-Doğu iken (NE),baraj gölleri faaliyete geçtikten sonra hakim rüzgar yönü değişmiştir. Rüzgar yönündeki bu değişmenin Güney-Batı (WNW) yönünde olduğu saptanmıştır.

3.5. Kar Yağışı Üzerine Etkisi

Baraj göllerinin oluşumuyla birlikte yörede kar yağışında belirgin bir değişiklik gözlenmiştir. Barajlar faaliyete geçmeden önceki 1963-1972 yılları arasında bölgede kar yağışlı günler aylar itibariyle şöyle sıralanmaktadır. Barajlar faaliyete geçmeden ocak ayında 21 gün, şubat ayında 8 gün ve mart ayında 1 gün,aralık ayında 3 gün kar yağışlı geçmiştir. Barajlar faaliyete geçtikten sonra toplam kar yağışlı gün sayısında belirgin bir azalma görülmektedir. Baraj gölleri oluştuktan sonra 1988-1998 yılları arasında ocak ayında 10 gün kar yağışlı,şubat ayında 16 gün kar yağışlı geçmiştir. Barajlar yapıldıktan sonra ocak ayında ve mart ayında kar yağışlı günler sayısı azalmış, şubat ayında ise kar yağışlı günler sayısı artmıştır. Aralık ayında da kar yağışlı günler sayısında azda olsa bir azalma saptanmıştır.

Tablo 3. Barajların yapımdan önce ve sonrası dönemlere ait ortalama kar yağışlı günler sayısı

Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	2.1	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
88-98	0.91	1.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18

Kar yağışlı günler sayısında görülen değişiklik ,en yüksek kar örtüsü kalınlığı üzerinde de belirgin olarak görülmektedir. Baraj göllerinin oluşumu öncesinde kar yağışlı gün sayısının fazla olmasıyla birlikte kar kalınlığının büyük olması ile de dikkat çekmektedir. En yüksek kar kalınlığı ortalaması barajlar faaliyete geçmeden öncesi şubat ayında 7.6 cm ile birinci sırayı almakta olup, bunu 7.2 cm ile ocak ayı ve 1cm ile aralık ve mart ayları takip etmektedir. Baraj göllerinin oluşumu sonucunda kar örtüsü kalınlığındaki azalma dikkat çekicidir. Bu değişim bölge iklimindeki yumuşamanın bir göstergesi olarak da kabul edilebilir. Baraj göllerinin faaliyete geçmesi sonucu 1988-1998 yılları arasında ortalama en yüksek kar örtüsü Şubat ayında 3.81 cm olarak bulunmuştur. Bunu takip eden en yakın ortalama kar örtüsü kalınlığı ocak ayında 3.0 cm olarak saptanmıştır

Tablo 4. Barajların yapımdan önce ve sonrası dönemlere ait ortalama kar örtüsü kalınlığı

Yıllar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
63-72	7.20	7.60	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88-98	3.0	3.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kahramanmaraş bölgesinde baraj göllerinin oluşumundan sonra iklimde değişikliklerin meydana geldiği yapılan istatistiki incelemeler sonucu ortaya konulmuştur. Kahramanmaraş meteoroloji istasyonun verilerinin incelenmesi ile yağış, sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü ile nem değerlerinin istatistiki yöntemlerle analizi sonucunda. baraj göllerinin oluşmasıyla; yağışlarda bir artış gözlendiği ortaya çıkmıştır. Yağışlardaki artışların ise baraj gölünden hakim rüzgar yönü istikametinde yükselerek soğuyan nemli havanın yağış olarak yer yüzeyine dönüşüyle açıklanabilir. Genel olarak, yıllık yağış miktarında ve buharlaşma miktarında artmalar. karlı günler ve kar örtüsü kalınlığında azalmalar görülmektedir.

Bütün bu iklim elemanlarının değişimi sonucunda, yörenin kışların uzun ve şiddetli yazların ise kurak ve sıcak karakterize edilen "Akdeniz Bölgesinin Dağ İklimi", baraj göllerinin oluşmasını takip eden yıllar içerisinde "Akdeniz Bölgesinin Karakteristik Sahil İklimine" değişime uğrayarak dönüştüğü ortaya konulmuştur.

5 .KAYNAKLAR

1. "Dams", http://www.sandelman. ottowa. on. cal./dams/

2-Çetin, E., "Barajların Çevre Üzerindeki Etkileri (Keban Barajı Örneği)", İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1994.

3. Kadıoğlu, M. ve Hazar, T., "Keban Barajı Öncesi ve Sonrasında Çevre İkliminin Fraktal Analizi" , İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1994.

4. Anonim, "Meteoroloji Bülteni", Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, 1999.

5-Kadıoğlu, M. ve Satılmış, S., "Büyük Su Yapılarının Çevre İklimine Etkisi", DSİ 40. Kuruluş Yılı Su Ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri Kitabı, Cilt 3 S.1098, Ankara, 1994.

6. Xiutai, W., "Enviromental impact Of The Sanman George Projet", Water Power And Dam Construction, November , 1986.

7. Güldal, V. ve Ağıralioğlu, N. "Baraj Haznelerinin İklime Etkisi (Keban Barajı Örneği)" (DSİ 40. Kuruluş Yılı Su Ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri Cilt 1 S.417, Ankara, 1994.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

ATATÜRK BARAJI VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ PROJESİ (GAP) ÖNCESİ-SONRASINDA İKLİMSEL PARAMETRELERDEKİ DEĞİŞİMİN İNCELENMESİ

Mehmet ŞİMŞEK[1] Tahsin TONKAZ[2] Halil KIRNAK[1] Remziye YILMAZ[3]

[1]Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 63200 Şanlıurfa
msimsek@hotmail.com, hkirnak@usa.net
[2]Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü 01330, Adana
tcemre@mail.cu.edu.tr
[3]Devlet Su İşleri XV. Bölge Müdürlüğü, 63200, Şanlıurfa

ÖZET

Bu çalışmada, Atatürk Baraj gölünün ve GAP sulamalarının bazı meteoroloji istasyonları gözlemlerine olan etkileri araştırılmıştır. Şanlıurfa, Bozova ve Akçakale Devlet Meteoroloji istasyonlarından elde edilen 1981-1999 yılları arası aylık ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, nispi nem ve yağış gözlemleri kullanılmıştır. Gözlemlerin zamanla değişimi Kendall Sıra Korelasyon testi ile analiz edilmiş ve bazı mevsimlerde gözlemlerin artma veya azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Daha sonra gözlemlerin baraj öncesi ve sonrası ortalamalarındaki değişim Mann-Whitney testi ile analiz edilmiş ve gözlem ortalamalarının özellikle kış aylarında minimum sıcaklıklarda ve yaz aylarında nispi nemde istatistiksel anlamda farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: GAP, Parametrik Olmayan Testler, İklimsel Değişim

ABSTRACT

In this study, effects of Atatürk Dam reservoirs and irrigations on observations of climatic stations were investigated. Monthly time series of observations of State Meteorology Stations in Şanlıurfa, Bozova and Akçakale were obtained from period of 1981-1999. The observation set contains monthly averages of maximum, minimum, mean temperature, relative humidity and precipitation. Trend components of the time series were analyzed using Kendall's Rank Correlation test and found that observations have increasing or decreasing trends during some sessions. Then Mann-Whitney test used to determine changes of mean values of observations between before and after the Dam and irrigations. The tests showed that minimum winter temperatures and summer relative humidity observations have statistically important changes.

Keywords: Southeastern Anatolian Project, Nonparametric Tests, Climate Change

1. GİRİŞ

Bir bölgenin ikliminin büyük su yapıları ve sulama projeleri ile etkilemesi olasıdır. Herhangi bir bölgenin ikliminin değişmesi çeşitli nedenlere bağlıdır. Bu nedenler küresel ısınma olabileceği gibi bir bölgeyi etkileyebilecek su yapıları, sulama projeleri, ağaçlandırma çalışmaları veya şehirleşme olabilmektedir.

Güneydoğu Anadolu bölgesinde olası iklim değişikleri GAP kapsamında yapılan barajlar, sulamaya açılan geniş alanlar ve yine GAP projesine bağlı olarak hızla artan şehirleşme gibi değişik nedenlere bağlanmaktadır. Gerçektende dünyanın sayılı barajlarından olan Atatürk barajının ve suladığı alanların çevre iklimini etkilemesi doğal bir beklentidir.

İklim değişiklerinin incelenmesi konusunda yurdumuzda ve dünyada çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Kadıoğlu 1993 yılında GAP bölgesinde beklenen iklim değişikliklerini, küresel ısınma ve baraj göllerinin etkisi açılarından incelemiştir [1]. Türkeş ve arkadaşları 1996 yılında, Türkiye'de maksimum ve minimum hava sıcaklıklarında gözlenen değişiklikleri parametrik olmayan testlerle ortaya koymuşlardır [2]. Karaca ve arkadaşları 1995 yılında, trend analizi, regresyon analizi ve Mann-Kendall testleriyle şehirleşmenin İstanbul ve Ankara'da iklime etkilerini incelemişlerdir [3]. Sharma 1985 yılında, stokastik yöntemlerle hidrolojik değişimleri değerlendirmiştir [4]. Kadıoğlu 1993 yılında, Türkiye'de iklim değişikliği ve olası etkilerini parametrik olmayan yöntemle ortaya koymuşlardır [5].

Bu çalışmanın amacı Atatürk barajının ve barajdan yapılan sulamaların çevre istasyon gözlemlerinde meydana getirdiği etkileri ve değişimleri incelemektir.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğüne bağlı Şanlıurfa, Bozova ve Akçakale meteoroloji istasyonlarından elde edilen 1981-1999 yılları arası aylık ortalama maksimum, minimum ve ortalma sıcaklık, nispi nem ve yağış verileri kullanılacaktır.

Zamana bağlı olarak yapılan gözlemlerde, zaman boyutunda gözlemlerin ortalamasının azalması veya artması trend yani gidiş olarak tanımlanmaktadır. Gözlemlerdeki gidiş, belli zaman dilimlerimde olabileceği gibi, gözlem istasyonunu etkileyebilecek büyük su yapıları ve arazi kullanımının değişmesi veya iklimsel değişimler gibi değişik nedenlerle uzun süreli de olabilir.

Gözlemlerdeki gidiş bileşeni Kendall Sıra Korelasyon testi ve Sperman Sıra Korelasyon testi gibi parametrik olmayan testlerle incelenmektedir. Bu çalışmada gidiş bileşeninin önemliliği Kendal Sıra Korelasyon testi ile analiz edilecektir.

Gözlem serisinin ortalamasının belli bir dönemden sonra değişip değişmediği homojenlik testi ile analiz edilebilir. Gözlem serisinin homojenliğinin bozulması yine çevre ve iklim faktörlerinin zamanla değişmesine bağlıdır. Bir barajın yapılması ve özellikle kuru tarım yapılan büyük toprak gruplarının sulu tarıma açılması homojenliği bozabileçek temel unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada gözlem serisinin baraj öncesi ve sonrası ortalamasındaki değişim, serinin iki alt gruba ayrılmasıyla parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Whitney testi ile analizi yapılacaktır.

Bu amaçla veriler öncelikle mevsimlik bazda kış, bahar, yaz ve güz olmak üzere dört gruba ayrılacak daha sonra ise baraj öncesi ve baraj sonrası olarak iki ayrı grupta incelenecektir. Baraj öncesi ve sonrası olası iklim değişikliklerini incelemek amacıyla mevsimlik verilerin gidiş bileşenlerinin olup olmadığı (zamanla artma veya azalma olup olmadığı) incelenecektir. Daha sonra; baraj öncesi ve sonrası gözlemlerin istatistiksel anlamda biribirinden farklılığı parametrik olmayan yöntemlerle analiz edilecektir.

2.1. Kendall Sıra Korelasyon Testi

Kendall sıra korelasyon testi, τ testi olarakta bilinen ardaşık gözlemlerin belirli bir değeri geçmesine dayalı bir testtir. $X_1, X_2 \ldots X_n$ olarak tanımlanan bir seride (X_i, X_j; $j>i$) X_j'lerin X_i'leri geçme sayıları toplamına p dersek ($i= 1$, $j= 2,3,4 \ldots n$, $i=n-1, j=n$) τ'nun beklenen değeri ve varyansı denklem (1) ile hesaplanır.

$$\left.\begin{aligned} V &= 4\left[\frac{p}{n(n-1)}\right]-1 \\ Var(V) &= 2\left[\frac{(2n+5)}{9n(n-1)}\right] \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Z istatistiği denklem (2) ile deyimlenmektedir.

$$Z_{hesap} = \frac{V}{\sqrt{Var(V)}} \qquad (2)$$

Z_{hesap} değeri α= 0.05 önem seviyesindeki tablo değerini aşması durumunda gidişin varlığına karar verilir [6].

2.2. Mann Whitney Testi

Mann-Whitney testi iki bağımsız örnek grubunun ortalamalarının farklı olup olmadığını saptayan t testinin yerine kullanılan parametrik olmayan bir testtir. Elimizde m ve n sayıda eleman içeren iki örnek olduğunu varsayarsak Mann-Whitney testinde bu örnekler karıştırılıp küçükten büyüğe doğru dizilirek en küçük olana bir ve en büyük olanada m+n=N verilmek üzere herbirine sıra değerleri verilir. m>10 ve n>10 olması durumunda, m sayıdaki örnek grubunun rank sayıları toplamı olan Wx'in dağılımı normal dağılıma yaklaşır. Wx'in ortalaması ve standart sapması denklem (3) ile verilmiştir.

$$\left.\begin{aligned} \mu_{Wx} &= \frac{m*(N+1)}{2} \\ \sigma_{Wx} &= \sqrt{\frac{m*n*(N+1)}{12}} \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Z_{hesap} değeri denklem (4) ile verilmiştir.

$$Z_{hesap} = \frac{W_x \pm 0.5 - \mu_{Wx}}{\sigma_{Wx}} \qquad (4)$$

Eğer Z_{hesap} değeri α= 0.05 önem seviyesindeki tablo değerini aşması durumunda iki grubun ortalamalarının farklı olduğuna karar verilir [7].

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şekil 1'de Kendall Sıra Korelasyon testine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Şekil incelendiğinde aylık ortalama sıcaklıklarda Şanlıurfa ve Akçakale'de önemli değişimler gözlenmezken Bozova'da sadece kış ayları ortalama sıcaklıklarının istatistiksel olarak değişime uğradığı gözlemlenmiştir. Aylık ortalama minimum sıcaklıklarda ise; Şanlıurfa'daki tüm mevsimlerde, Akçakale'de kış,

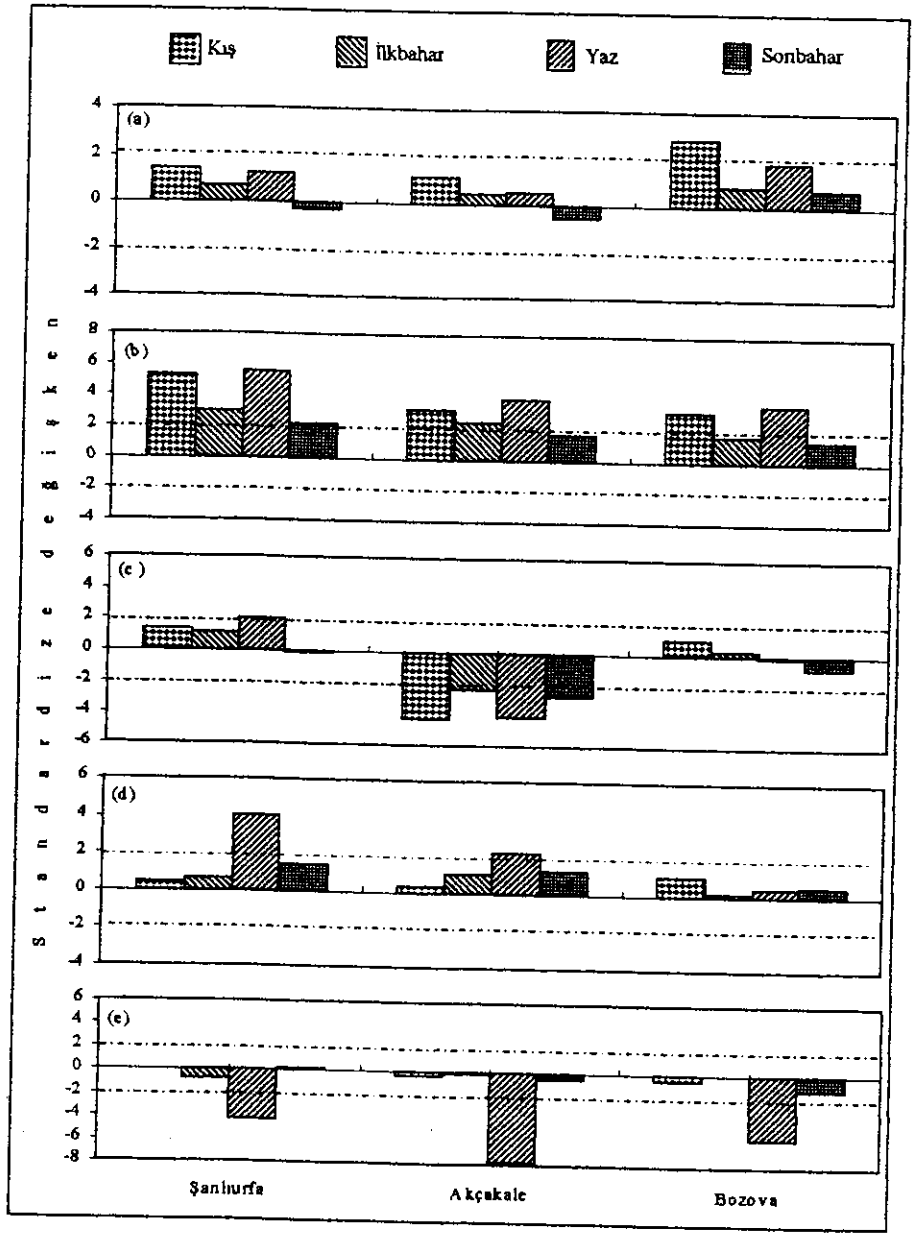
yaz ve bahar aylarında, Bozova'da ise kış ve yaz aylarında istatistiksel olarak bir gidiş bileşenine sahip olduğu görülmektedir. Aylık ortalama maksimum sıcaklıklarda ise sadece Akçakale'de tüm mevsimlerde gidiş bileşeni vardır. Aylık ortalama nispi nemde ise Şanlıurfa ve Akçakale istasyonlarının yaz aylarındaki gözlemlerinde gidiş bileşeni tespit edilmiştir. Aylık ortalama yağış verileri incelediğinde ise her üç istasyonda da yaz aylarında gidiş bileşeni tespit edilmiştir.

Şekil 2'de üç istasyona ait gözlemlerin Mann-Whitney testi ile analiz sonuçları grafiksel olarak verilmiştir. Bu analiz, Atatürk barajının işletmeye açıldığı yıl olan 1992 yılı baz alınarak veriler iki gruba ayrılarak yapılmıştır.

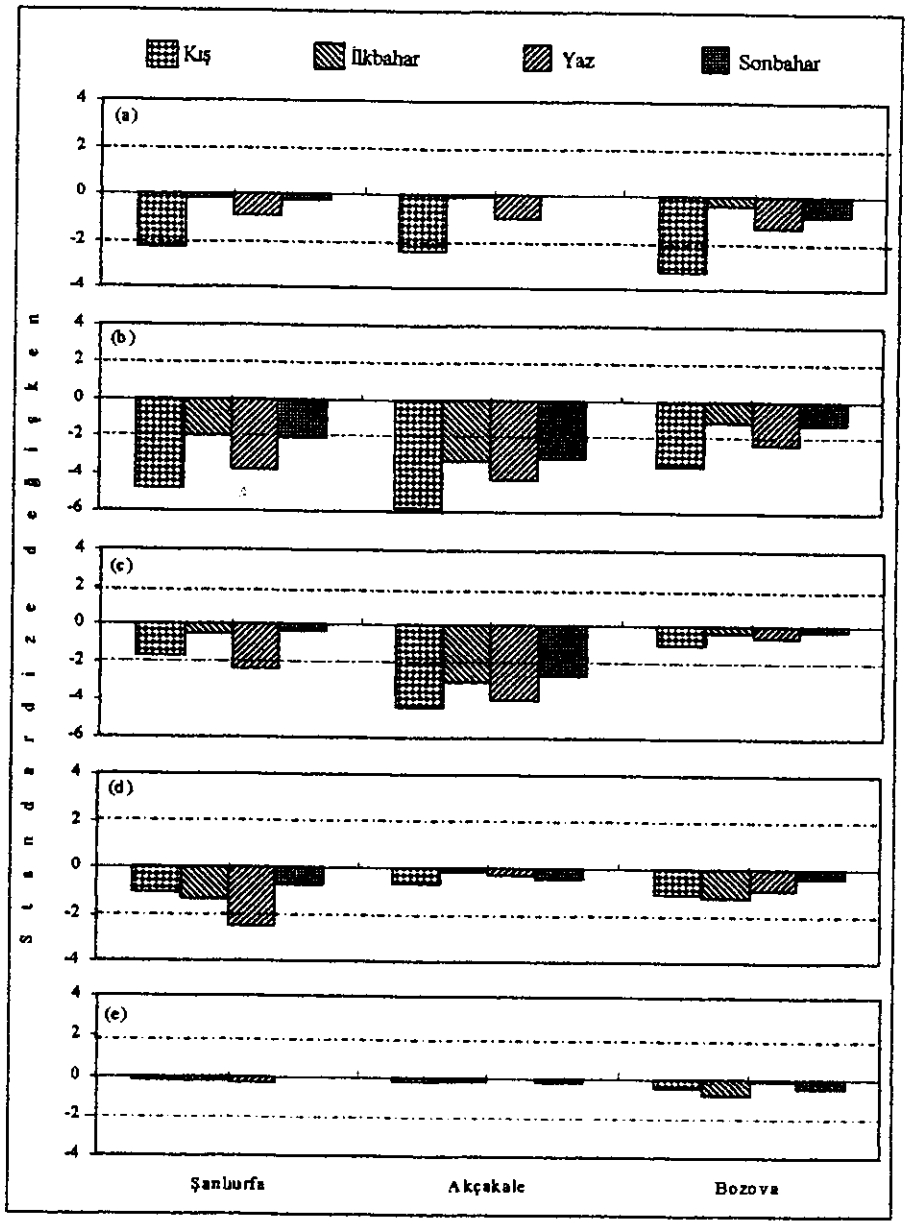
Şekil 2 incelendiğinde, aylık ortalama sıcaklıkların her üç istasyondada kış aylarında istatistiksel olarak ortalamalarının farklı olduğu belirlenmiştir. Aylık ortalama minimum sıcaklıklarda ise Şanlıurfa ve Bozova'da kış ve yaz aylarında, Akçakale'de tüm aylarda gözlemlerin ortalamalarının baraj öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak farklı olduğu tesbit edilmiştir. Aylık ortalama maksimum sıcaklıklarda Akçakale'de tüm mevsimlerde ortalamalar baraj öncesi ve sonrası farklılık gösterirken Şanlıurfa'da sadece yaz mevsiminde önemli farklılıklar gözükmektedir. Aylık ortalama nispi nem değerlerinde ise sadece Şanlıurfa istasyonunun yaz mevsimi değerlerinde baraj öncesi ve sonrası önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Aylık ortalama yağış gözlemleri hiçbir istasyonda baraj öncesi ve sonrası istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermemiştir.

Maksimum ve minimum sıcaklıkların eğilim ve dalgalanmaları üzerine birçok araştırıcı tarafından incelemeler yapılmıştır. Minimum sıcaklıklarda görülen değişimlerin özellikle kentsel ısı adası olarak adlandırılan bir özelliğin neden olduğu bildirilmektedir [8]. Özellikle Şanlıurfa ve Akçakale'deki minimum sıcaklıkların artış göstermesinde baraj ve sulama etkilerinin yanı sıra kentleşmeninde etkili olduğu düşünülmeli ve kentleşmeninde etkileri araştırılmalıdır.

Maksimum sıcaklıkların Akçakale'de bütün mevsimlerde düşüş göstermesi sulama ile birlikte bir miktar radyasyonun suyun buharlaştırılmasında kullanıldığı düşünülebilir. Atatürk barajına en yakın olmasına rağmen Bozova'da maksimum sıcaklıkların hiçbir mevsimde değişme göstermemesi sulamaları bu bölgede yapılmıyor olmasına bağlanabilir.



Şekil 1. Aylık Ortalama Değerler İçin Kendall Testi Sonuçları (a-Ortalama sıcaklıklar, b-Minimum sıcaklıklar, c-Maksimum sıcaklıklar, d- Nispi nem, e- Yağış, -------- % 95 üst ve alt güven sınırları)



Şekil 2. Aylık Ortalama Değerler İçin Mann-Whitney Testi Sonuçları (a-Ortalama sıcaklıklar, b-Minimum sıcaklıklar, c-Maksimum sıcaklıklar, d- Nispi nem, e- Yağış, ——— % 95 üst ve alt güven sınırları)

Nispi nemin özellikle Şanlıurfa ve Akçakale'de yaz aylarında artış göstermesinin nedeni olarak yoğun sulama yapılması gösterilebilir. Bozova'da nispi nemin önemli değişiklikler göstermemesi sulama alanlarına uzak olmasına bağlanabilir.

Yağış değerleri ortalamalarının bütün istasyonlarda dört mevsimde de istatistiksel anlamda değişme göstermemesi yağış değerlerinin baraj ve sulamalardan henüz etkilenmediğini göstermektedir. Gidiş analizlerinde yaz mevsiminde yağış değerlerinde gözüken gidiş gerçek anlamda baraj öncesi ve sonrası yağış ortalamalarını değiştirecek ölçüde değildir.

4. KAYNAKLAR

[1] Kadıoğlu, M., "GAP Bölgesinde Beklenen İklim Değişiklikleri", TMMOB GAP'ta Teknik Hizmetler Sempozyumu, s.327-343, Ankara, 1993

[2] Türkeş, M., Sümer, U. M. and Kılıç, G., "Observed Changes in Maximum and Minimum Temperatures in Turkey", International Journal of Climatology, Vol:16, 463-477, 1996.

[3] Karaca, M., Tayanç, M. and Toros, H., "Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara", Atmospheric Environment, Vol:29, No:2, 3411-3421, 1995.

[4] Sharma, T. C., "Stochastic Models Applied to Evaluating Hydrologic Changes", Journal of Hydrology, 78, 61-81, 1985.

[5] Kadıoğlu, M., "Türkiye'de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri", Türk Devletleri Arasında İlmi İşbirliği Konferansı, s.34-37, Çevre'93, Almati, Kazakistan, 1993.

[6] Kottegoda, N. T., "Stochastic Water Resources Technology, Department of Civil Engineering" , University of Birmingham, The McMillan Press Ltd., London, 1980.

[7] Siegel, S. ve Castellan, N. J. Jr., "Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences", McGraw-Hill Book Company, 1988.

[8] Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Kılıç, G., "Türkiye'de Maksimum ve Minimum Hava Sıcaklıklarında Gözlenen Değişiklikler", TUJJB Bilimsel Kongresi, s.1-15, Ankara, 1995.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

GLOBAL ISINMANIN SU KAYNAKLARINA ETKİSİ

Ali AYTEK

İTÜ İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı, 80626, Maslak-İstanbul
aytek@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, global ısınmanın su kaynakları üzerinde yapabileceği olumsuz etkiler araştırılmıştır. Global ısınma sera gazlarının etkisini tanımlayan bir terimdir. İlk olarak, 1860'lı yıllardan beri düzenli olarak ölçülen hava sıcaklıklarındaki yükselmenin ana sebebi üzerinde durulmuştur. Atmosferdeki karbondioksit gazlarının artması global ısınmaya sebep olmuştur. Daba sonra global ısınmadan dolayı canlılar, tarım, insan sağlığı ve özellikle de su kaynaklarında meydana gelebilecek değişiklikler incelenmiştir. Sonuç olarak da global ısınma karşısında alınabilecek tedbirler tespit edilmeye çalışılmıştır.

***Anahtar Kelimeler** : Global Isınma, İklim Değişimi, Su Kaynakları*

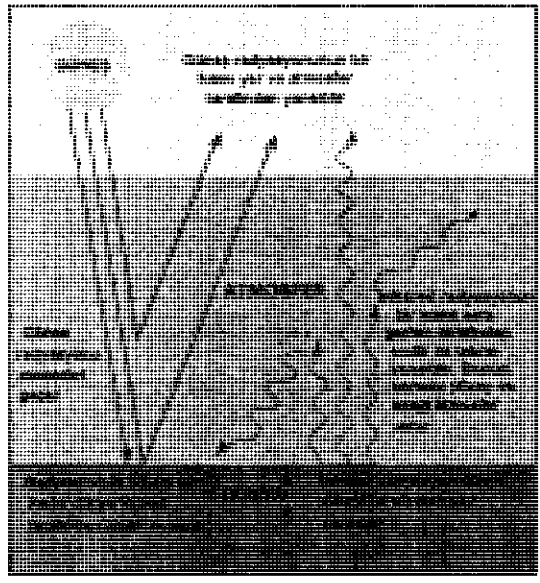
ABSTRACT

In this study, the impact of global warming on water resources is investigated. Global warming is a term that describes the "greenhouse" effect. Heat from the sun enters the Earth's atmosphere and is trapped by certain gases like carbon dioxide. Emissions of these greenhouse gases have been growing since the industrial revolution due to the burning of fossil fuels like coal, oil and gas. The effect of global warming on sea level rise, human health, agriculture, plants is also investigated in this study. At the conclusion, some important points are emphasized to decrease the effect of global warming.

***Key Words:** Global Warming, Climate Change, Water Resources*

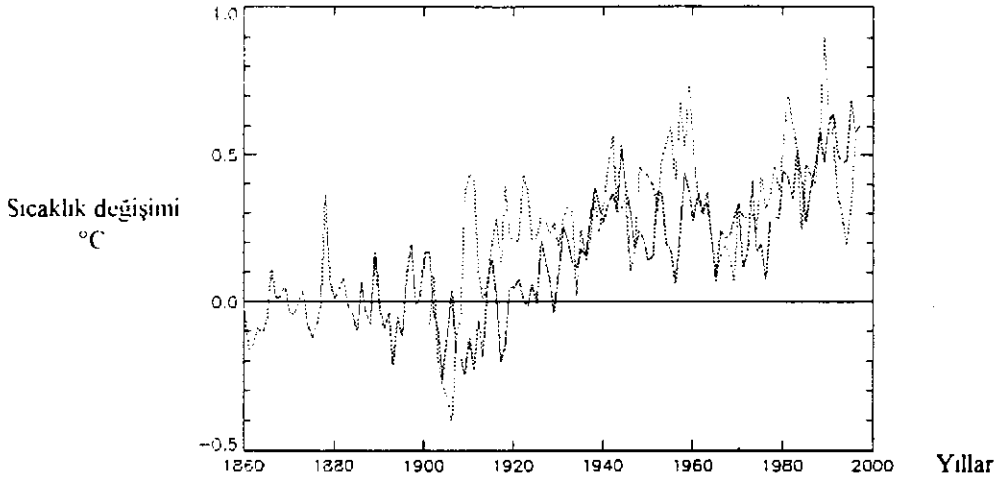
1. GİRİŞ

Fosil yakıtların yanması, ormanların yokedilmesi, endüsriyel etkinlikler gibi insan aktiviteleri beraberinde sera gazları denilen karbondioksit, metan, ozon ve diazot monoksit vb. gazların atmosferde artmasına neden olmaktadır. Sera gazları iklim sistemi içinde vazgeçilmez bir yere sahiptir. Güneşten gelen kısa dalga boylu radyasyon atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır. Yer tarafından tutulan güneş radyasyonu daha sonra uzun dalga boylu yer radyasyonu olarak atmosfere bırakılır. Güneşten gelen radyasyon ışınlarının dünya tarafından nasıl yansıtıldığı şekil 1 de gösterilmiştir. Bırakılan uzun dalga boylu radyasyonun bir bölümü atmosferde bulunan gazlar (sera gazları) tarafından tutulur ve tekrar bırakılır. Ayrıca atmosferde çeşitli insan kaynaklı nedenlerle miktarı artan bu gazlar yeryüzünün sıcaklığında belirgin artmalara neden olmaktadır.



Şekil 1. Güneşten gelen radyasyon ışınları

Şekil 2. 1860 lı yıllardan beri Hadley Centre for Climate Prediction and Research enstitusu tarafından sıcaklıktaki değişim gösterilmiştir. y ekseni sıcaklık değişimini, x ekseni de yılları göstermektedir. 1860 lı yıllardan beri insanoğlu kömür ve yağları kullanmaya başladığında yeryüzündeki karbondioksit oranı % 30 kadar artmıştır ve ortalama küresel sıcaklık 0.6 °C yükselmiştir.



Şekil 2 1860 dan beri global ortalama sıcaklık değişimi; üsteki çizgi insan yapısı faktörler ve doğal faktörlerin içine katıldığı iklim modeli sonuçları alt çizgi gözlem sonuçları

Kömür, yağ ve gaz gibi fosil yakıtları iklim değişimini etkileyen temel karakterlerdir. Bu yakıtlar karbon içermektedir. Bunların yakılması karbondioksitin oluşmasına sebep olmaktadır.

Karbondioksit gazları atmosferde ısıyı yükseltmektedir. Atmosfere daha fazla karbondioksit gazı eklendiğinde, güneş ısısı daha fazla sorun olacaktır. İnsanlar fosil yakıtlarını daha fazla yaktıkça atmosferdeki karbondioksit gazları da yükselmektedir. Ve bu uzun süre böyle devam ettikçe ortalama atmosfer sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır.

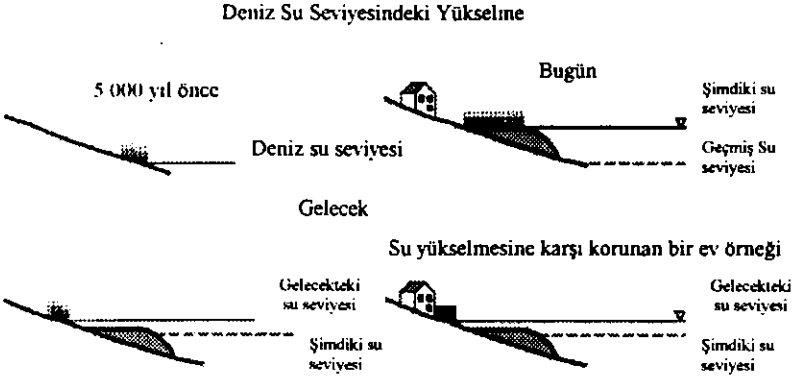
2. GLOBAL ISINMA NEDİR?

Karbondioksit, metan, Azotoksit, Ozon ve Kloroflorokarbonlar (CFC) atmosferdeki sıcaklığı yükseltmektedirler. Bu sıcaklık yükselmesinden dolayı atmosferde bir iklim değişimi meydana gelmektedir. Atmosferin ısınması global ısınma (global warming) olarak tanımlanmıştır.

3. GLOBAL ISINMANIN SU KAYNAKLARINA ETKİSİ

3.1 Deniz Su Seviyesi

Eğer, atmosfer ısısı beklendiği gibi olursa, okyanus suları ısınacak ve genleşecektir. Bunun sonucunda daha fazla yer kaplanacak ve deniz su seviyesi yükselecektir. Dağlardaki buzullar da eriyecek ve dolayısıyla deniz su seviyesi yükselecektir. Geçtiğimiz 100 yılda deniz seviyesi ortalama 10-25 cm yükselmiştir. Bu olayın 1860 yılından beri düzenli olarak ölçülen ortalama hava sıcaklığının 0.3-0.6 °C yükselmesi ile çok yakın ilişkisi vardır. Modeller deniz seviyesinin 2100 yılına kadar 15-95 cm yükseleceğini göstermektedir. Beklenen bu yükselme geçmiş 100 yılda meydana gelen yükselmeden 2-5 kat daha kısa zamanda oluşabilecektir. Ayrıca deniz seviyesindeki değişimin büyüklüğü ve oranı bölgeden bölgeye değişim gösterecektir. Deniz su seviyesinin zamanla nasıl değiştiği şekil 3 de gösterilmiştir.[5]



Şekil 3 Tarih boyunca deniz su seviyesindeki yükselme ve bir koruma yapısının görünüşü

Deniz seviyesinin yükselmesi ekonomik sektörlere zarar verecektir. Beslenme ile ilgili olarak kıyı bölgelerindeki balıkçılık ve tarım üretimi özellikle risk altındadır. Diğer riskli sektörler ise turizm, yerleşim ve sigortadır. Beklenen deniz seviyesindeki yükselme sonucu düz alanlar seller altında kalarak kıyı üretim alanları zarar görecektir. Bunun sonucu milyonlarca insan kıyı alanları ve küçük adalardan göç edecektir.

Denizlerin yükselmesi kıyı alanlarda tatlı su kaynaklarına zarar verir. Kıyı su alanları, tuzlu suyun yeraltı sularına karışmasından dolayı tehlike altındadır.

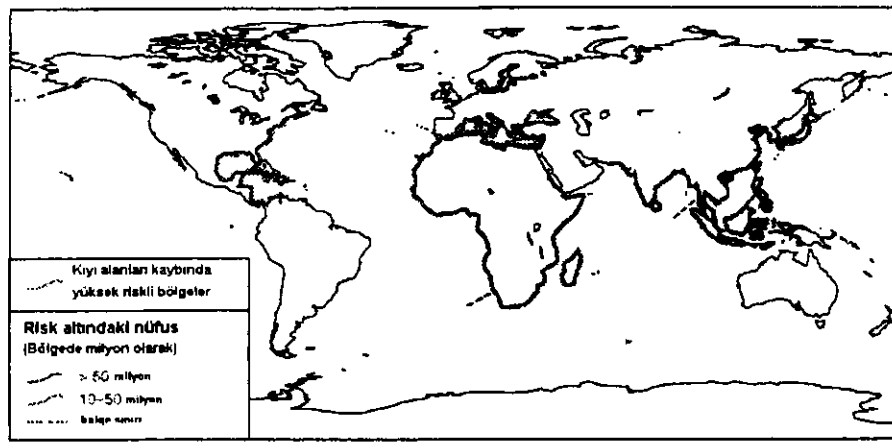
Deniz su seviyesindeki yükselmesinin kıyı erozyonu, taşkınlardaki yükselmeler, tarımda ve haliçlerde tuzlu su karışımı, tatlı su kaynaklarının tahribatı, ıslak sahaların yok olması, iç su yolu taşımacılığındaki aksaklıklar, kıyı sularının kirlenmesi, kıyı çizgisinin yok olması, gelgit periyodundaki düzensizlikler, kıyı boyu katı madde miktarındaki değişmeler gibi çevresel etkileri olacaktır [2].

3.2 Kıyı Bölgeleri

Düşük kotlu kıyı alanları deniz su seviyesinin yükselmesinden etkilenecektir. 2050 li yıllarda okyanuslar 20 cm ye kadar yükselebilecektir. Böyle bir durumda dünya nüfusunun 92 milyonu taşkın riskiyle karşı karşıya gelecektir. Bu da çok ciddi kıyı tahribatlarına sebep olacaktır. Gelişmekte olan ülkeler ile güçsüz ekonomileri büyük bir riskle yüz yüzedir. Fakat gelişmiş ülkelerdeki kıyı bölgeleri de ciddi şekilde etkilenecektir.

3.3 Tehlike altındaki bölgeler şunlardır

Hollanda, Bangladeş, Endonezya, Pakistan, Tayland,Gambiya, Mozambik, Senegal, Mısır, Surinam, Uruguay gibi bir çok ülke topraklarının bir kısmı yok olmakla karşı karşıya kalacaktır. Şekil 4 de, su yükselmesinden dolayı kıyı alanlarında oluşabilecek tahribatlar gösterilmiştir.



Şekil 4. 2080 yılında deniz seviyesindeki yükselmeye karşı halen uygulanan koruma yöntemlerinin devamı halinde risk altındaki insan sayısı ve kıyı alanları

3.4 Yağışlar ve Akışlar

Bazı bölgelerde yağış artarken bazı bölgelerde azalacaktır. Yağışta meydana gelecek herhangi bir değişim yüzey nemliliği, yüzey yansıtma katsayısı ve bitki örtüsünü etkileyecektir. Bu da evapotranspirasyonu ve bulut örtüsünü etkileyerek yağışı etkilemektedir. Bir çok model sağanakların şiddetini arttıracağını öngörmektedir. Bu da suyun toprakta süzülmesinin azalarak sellerin artacağını göstermektedir. Mevsimlik iklim değişim yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının bölgesel dağılımını etkileyebilecektir.

Büyük yağışlardan dolayı yüksek enlem bölgelerinde büyük akışlar görülebilir. Kaynaklar ve havzalar etkilenecektir. Buharlaşma ve akıştaki yeni oluşumlar doğal ekosistemleri etkileyecektir. Suyun sıcaklığında ve termal yapısındaki değişimler organizmaların hayatta kalması ve büyümesi ekosistemlerin türü ve çoğalmasını etkiler. Akıştaki değişim, yeraltı suları ve yağış göller ve akarsular üzerinde direkt olarak besinler ve organik oksijenin çözünmesine etki eder. Bu da suyun kalitesi berraklığı üzerinde etkilidir.

Su kaynaklarındaki azalma tarım ve çevre üzerindeki etkisinden dolayıda insanlar üzerinde ek etki yapacaktır. Gelişmekte olan ülkelerde bölgesel su kaynakları 21.yy. da büyük tehlike altında kalacaktır. İklim değişimi; kirlilik, artan nüfus ve ekonomiden dolayı meydana gelen etkileri arttıracaktır. En büyük tehlike altındaki bölgeler kurak ve yarı kurak alanlar, bazı kıyı alanları, deltalar ve küçük adalardır.

Buzulların kütlesi ve kar tabakasının azalması nehirlerin mevsimlik akışlarını etkileyecektir. Bunun sonucunda da hidroelektrik santralar ve tarım büyük ölçüde zarar görecektir [1].

4. ALINABİLECEK ÖNLEMLER

a- *Kömür, yağ ve akaryakıt yerine daha temiz enerji kaynaklarının kullanılması* karbondioksit oranını azaltacaktır. Burada üzerinde durulması gereken önemli faktör kömür, yağ ve akaryakıta alternatif düşük maliyetli temiz bir enerji kaynağının bulunup bulunmamasıdır.

b- *Araçlarda akaryakıt yerine, etanol, hidrojen ve elektrik kullanılması.* Teknolojinin gelişmesi araçların bu sistemlerle çalışmasına olanak tanıyabilir ve bunlar da alternatif bir temiz enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Etanol tahıllardan üretilen bir çeşit alkoldür. Eğer etanol yeteri kadar tarımdan üretile bilinirse veya eğer hidrojen ve elektrik yenilenebilir kaynaklardan elde edile bilinirse araçların yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit oranı büyük bir oranda azalacaktır. Fakat elektrik ve hidrojenle çalışan araçlar oldukça pahalıdır ve çiftçilerin etanol yapımı için yeterli miktarda tahıl üretebilip üretemeyeceği de meçhuldür.

c- *Konut ve sanayii elektrik kullanımı yerine doğal gaz kullanılması.* Konutların ve suyun ısıtılması için doğal gaz elektrik kullanımından daha verimlidir. Doğal gaz daha ucuzdur ve atmosfere daha az karbondioksit bırakır.

d- *Kömür ve yağla çalışan bütün aletlerin daha yeni teknikler kullanılarak doğalgaza dönüştürülmesi:* Doğal gazın yanması kömürün yanmasından daha az karbondioksit oluşur. Eğer kömür ve yağla çalışan bütün cihazlarla daha modern tekniklerle doğal gaz sistemine dönüştürüle bilinirse atmosferdeki sera gazları oranı hayati derecede azalacaktır. Fakat göz ardı edilmemesi gerekir ki bütün bu ihtiyaçları karşılayabilecek yeterli miktarda doğal gaz bulunup bulunmamasıdır.

e- *Kömür ve yağla çalışan cihazların bir kısmının güneş enerjisine dönüştürülmesi;* Yeryüzünün yüzeyine gelen yıllık güneş enerjisi miktarı oldukça fazladır. Fosil yakıtları kullanımından binlerce kat daha fazladır. Güneş enerjisi maliyeti elektrik, aydınlanma, ısı ve endüstri için oldukça pahalıdır. Sıcak bölgelerde evlerin sıcak su ihtiyacını karşılamak için güneş enerjisi oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

f- *Mümkün olan yerlerde, bütün fosil yakıt cihazlarını nükleer enerji ile çalışan cihazlara dönüştürülmesi;* Nükleer enerji maliyeti, patlama riski ve çevre üzerindeki olumsuz etkiler, yüzünden temiz enerji kaynağı olarak tercih edilmemiştir. Fakat atmosferdeki sera gazlarını azaltıcı etkisi bulunmaktadır. Nükleer enerji üretiminin iyileştirilmesi ve avantajlarının azaltılması durumunda tercih edilen bir enerji kaynağı olarak düşünülebilir

g- *Tarım, ormanların yok edilmesi ve diğer insan aktiviteleri* de atmosferdeki sera gazlarının artmasına neden olmaktadır. Ormanların korunması ve yeni ormanlık alanların ağaçlandırılması gerekir.

h- *Atık suların düzenlenmesi ve daha modern tarım tekniklerinin kullanılması* metan gazının azalmasını sağlar. Metan gazı insanlardan kaynaklanan önemli bir sera gazıdır. Metan gazı pirinç, inek gibi geviş getiren hayvanlar ve sıkıştırılmayan çöp atıklarından oluşmaktadır.

i- *İnsan, tarım ve endüstri alanlarının yer değiştirilmesi*; Özellikle kıyı bölgelerinde ve akarsuların deltalarına yakın yerleşim alanlarının ve endüstri yapılarının daha yüksek kotlara alınması, sulama sistemlerinin geliştirilmesi ve yeni ürünlerin geliştirilmesi iklim değişimini yavaşlatabilir.

5. SONUÇLAR

1- Global ısınmanın ülkemiz su kaynakları üzerinde yapacağı etkiler bir proje kapsamında ele alınmalı, konu detayıyla araştırılmalıdır.

2- Doğadaki sera gazlarını azaltmak için, bütün ülkelerin Kyoto protokolü çerçevesinde gerekli ünlemleri almaları gerekir.

3- Kıyı alanları koruma altına alınmalı ve insan yerleşimcilerinin bu alanlarda inşaat yapılması kanunlarla yasaklanmalıdır.

4- Orman katliamlarına son verilmeli, her ne amaçla olursa olsun ormanların katledilmesine izin verilmemeli ve kırsal alanlarda yeni ağaç dikimine hız verilmelidir.

5- Deniz seviyesindeki yükselmeye karşı bir çok koruma tedbirleri geliştirilmelidir. Bu tedbirler; koruma (setler, sulak alanların düzenlenmesi), yerleşme (yeni imar yönetmelikleri, tehdit altındaki ekosistemlerin korunması) ve emniyetli alanların planlanması (yeni kıyı alanlarının gelişimi için düzenlemeler) dir. Diğer özel

örnekler ise; limanların temizlenmesi, denize açık yapılar için dizayn standartlarının geliştirilmesidir.

6. REFERANSLAR

1. *Working Group Two of the Intergovernmental Panel on Climate Change Second Assessment Report.*
2. *Dr. Stephen P. Leatherman ; 1995 Intergovernmental Panel on Climate Change Second Assessment Report; Dept. of Natural Resources Protection, Broward County, 1995.*
3. U.S. Congress, Office of Technology Assessment, *Changing by Degrees: Steps to Reduce Greenhouse Gases*, OTA-O-482, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1991.
4. *Policy Implications of Greenhouse Warming -- Mitigation, Adaptation and the Science Base*, National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, DC, 1992.
5. Tilus, J.G., Greenhouse Effect and Coastal Wetland Policy, Environmental management 15 (1), p. 39-58, 1991.
6. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, J.T. Houghton, G.J. Jenkins, J.J. Ephraums, eds., Cambridge University Press, 1990.
7. *Climate Change 1992: The IPCC Supplementary Report*, J.T. Houghton, B.A. Callander and S.K. Varney, eds., Cambridge University Press, 1992.
8. *http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/Brochure97/water.html*
9. http://www.api.org/globalclimate/bigpicture.htm

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

KİMİ İKLİM ÖGELERİNDE PERİYODİK BİLEŞENİN OTOKORELASYON YAPISI ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Mahmut ÇETİN[1] Tahsin TONKAZ[2] Ali YÜCEL[3] Fatih TOPALOĞLU[4]

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330 Balcalı-Adana
[1]mcet64@mail.cu.edu.tr [2]tcemre@mail.cu.edu.tr [3]ayucel@usa.net [4]ftopal@mail.cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma ile, kimi iklim öğelerinde periyodik bileşenin otokorelasyon yapısı üzerine etkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Çalışmada, Niğde ili meteoroloji istasyonunun 1935-1996 gözlem dönemini kapsayan aylık *toplam yağış* (P, mm), *24 saat süreli en büyük yağış* (P_{24}, mm), *ortalama oransal nem* (RH, %) ve *ortalama sıcaklık* (T, ^{0}C) değerleri kullanılmıştır. Ardışık Mann-Kendall U(t) istatistiği kullanılarak %95 olasılık düzeyinde serilerde gidiş olmadığı belirlenmiş; ortalama ve standart sapmadaki periyodik bileşen Fourier analizi ile saptanmış ve seriden uzaklaştırılarak seriler durağan hale getirilmiştir. Gözlenen serilere ilişkin otokorelasyon fonksiyonlarının, %5 önem düzeyinde anlamlı olan 12 periyotlu salınımlar yaptığı saptanmıştır. Durağan hale getirilen standardize P ve P_{24} serilerine ilişkin korelogramların birbirine benzer davranışlar gösterdiği ve güven sınırları içinde rastgele değiştiği belirlenmiştir. Standardize RH serisinin korelogramı üssel olarak azalmış; büyük gecikme değerlerinde bile anlamlı olarak sıfırdan farklı bulunmuştur. Standardize T serisinin korelogramı incelenmiş ve serinin mevsim etkisi altında olduğu sonucuna varılmıştır. Model çalışmalarında; gidiş, periyodik ve korelogram analiz sonuçlarının kullanılması önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Yağış; Sıcaklık; Oransal Nem; Mann-Kendall Gidiş Testi; Fourier Analizi; Otokorelasyon.*

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PERIODIC COMPONENT ON THE AUTOCORRELATION STRUCTURE OF SOME CLIMATOLOGICAL OBSERVATIONS

ABSTRACT

In this study, it was aimed at determining the effect of periodic component on the autocorrelation structure of some climatological observation series. The study was carried out mainly with the use of *long-term monthly precipitation* (P, mm), *maximum 24-hr precipitation* (P_{24}, mm), *relative humidity* (RH, %) and *temperature* (T, ^{0}C) series, recorded at Niğde Meteorological Station of the Turkish State Meteorological Service, during the period 1935-1996. Sequential version of the Mann-Kendall trend test was applied for the description of the temporal cycle of beginnings and ends of recurrent events. No significant trend was found in the series at 0.05 level of significance. In the analysis of series, the correlogram technique was used to detect the periodicity and seasonal effects, which was then analysed by Fourier analysis technique. Autocorrelations, r(k), of all observed series oscillated significantly with the period 12. r(k) of standardised series P and P_{24} fluctuated within the confidence limits (CL). However, r(k) of T fluctuated significantly outside the CL at the lags 12, 24, 36 etc. showing the seasonal effect. Additionally, it was found that r(k) of standardised RH decayed exponentially and stayed outside the CL for all lags, indicating rather high time dependence. Based on analysis results, recommendations were made for time series modelling.

Keywords : *Precipitation; Temperature; Relative Humidity; Mann-Kendall Trend Test; Fourier Analysis; Autocorrelation.*

1. GİRİŞ

Yağış, sıcaklık, buharlaşma, rüzgar hızı, oransal nem vb. meteorolojik olaylar iklimin en önemli öğelerindendir. Herhangi bir bölgede bu özellikler iyi bilindiği takdirde tarım, ormancılık, endüstri, askeri vb. kesimlerdeki faaliyetlerin planlanması ve yürütülmesi daha güvenli esaslara dayandırılabilir [1]. Ülkemiz koşullarında, bu kesimlerden en hassas ve riskli olanı tarımdır. Tarımsal faaliyetler genellikle doğa koşullarına tabii olarak yürütülmektedir. Bu nedenle, söz konusu meteorolojik elemanların belirli bir ön dönemdeki meydana gelme durumlarının öngörüsü günden güne daha fazla önem arzetmektedir.

Ancak; meteorolojik öğelerin rastgele karakterli olmaları nedeni ile gelecekte alacakları değerlerin önceden bilinmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, her bir öğenin standart yinelenme yılları için alacakları değerleri hesaplamak ve yapılacak işleri bu olasılıklara göre planlamak en akılcı yol olarak gözükmektedir [1]. Öte yandan; meteorolojik gözlemlere ilişkin zaman serilerindeki ardışık gözlemler genellikle birbirleri ile yüksek korelasyon nedeni ile rastlantısal olmayan süreç özelliği gösterirler. Stokastik süreçlerin analizinde, değişkenin olasılık dağılım fonksiyonu belirlenmeden önce gidiş, periyodik ve iç bağımlılık yapılarının [2,3] belirlenmesi gerekmektedir.

Şehirleşme, endüstrideki gelişmeler, fosil yakıt kullanımındaki artışlar vb. etmenler sonucu meteorolojik zaman serilerinin durağanlığı bozulmakta; artan veya azalan yönde gidiş göstermektedir [4]. Gidiş bileşeni ve gidişin başlangıç noktasının saptanmasında dağılımdan bağımsız parametrik olmayan test teknikleri kullanılmaktadır [4,5]. Gidiş bileşeninden arındırılmış zaman serisinin parametrelerindeki periyodiklik, iç bağımlılık yapısı üzerine etki etmektedir. Serinin iç bağımlılık yapısı ise, uydurulacak zaman serisi modelinin kararlaştırılmasında iyi bir yol gösterici olmaktadır [6]. Bu nedenle, gidiş ve periyodik bileşenin deterministik olarak modellenmesi ve seriden uzaklaştırılması zaman serisi analizinin önemli aşamalarından birini oluşturmaktadır.

Bu çalışmada; Niğde iline ilişkin ***aylık toplam yağış, 24 saat süreli en büyük yağış; ortalama oransal nem ve ortalama sıcaklık*** gözlem serilerinin ***gidiş ve periyodik bileşenlerinin modellenmesi***; gidiş bileşeninden arındırılmış agrometeorolojik gözlem serilerinin ortalama ve standart sapmalarındaki periyodikliğin saptanması ve iç bağımlılık yapıları üzerine olan etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Araştırmada; DMİ Genel Müdürlüğü'ne bağlı Niğde ili meteoroloji istasyonunun 1935-1996 gözlem dönemini kapsayan aylık *toplam yağış* (P, mm), *24 saat süreli en büyük yağış* (P_{24}, mm), *ortalama oransal nem* (RH, %) ve *ortalama sıcaklık* (T, ^{0}C) değerleri kullanılmıştır.

2.2. Metot

Çalışmada izlenen yöntem; *Gidiş Analizi, Periyodik Analiz ve Otokorelasyon Analizi* olmak üzere üç grup altında toplanmış olup, izleyen kısımlarda kısaca açıklanmıştır.

2.2.1. Gidiş Analizi

Hidrolojik serilerin gidişlerinin saptanmasında çok sayıda yöntem geliştirilmiştir [7]. Gidişin saptanmasında hesaplama kolaylığı, lineer olmaması ve serideki gidişin başlangıç noktası hakkında da bilgi vermesi nedeni ile ardışık Mann-Kendall $U(t_i)$ testi yaygın olarak kullanılmaktadır [4,8]. Bu test, gözlem değerleri yerine sıra sayılarını (y_i) esas almaktadır [3,8]. n elemanlı bir seri artan yönde sıralandığında, yeni bir dizi oluşturan sıra sayılarının i>j için (i=2,...,n; j=1,...,i-1), $y_i > y_j$ koşulunu sağlayan y_j elemanlarının sayısı, n_i, saptanarak her alt grup i için, test istatistiği t_i, beklenen değeri $E(t_i)$, varyansı $Var(t_i)$ ile standardize değişken $U(t_i)$ *Eşitlik 1* ile hesaplanabilir [8].

$$t_i = \sum_{k=2}^{i} n_k \; ; \quad i = 2,3,4,\ldots,n \; ; \quad E(t_i) = \frac{i(i-1)}{4}$$

$$Var(t_i) = \frac{i(i-1)(2i+5)}{72} \; ; \quad U(t_i) = \frac{t_i - E(t_i)}{\sqrt{Var(t_i)}} \qquad (1)$$

Eşitlik 1'de verilen hesaplamalar, serinin sonundan başlangıcına doğru tekrarlanarak $U'(t_i)$ standardize değişkeni hesaplanır. $U(t_i)$ ve $U'(t_i)$ standardize değişkenleri zamana karşı grafiklenerek belirlenen α önem düzeyinde gidişin varlığı ve yönü saptanır. Kottegoda [9], gözlem serisinde gidiş saptanması halinde, regresyon analizi yöntemi ile seriden uzaklaştırılabileceğini bildirmektedir.

2.2.2. Periyodik Analiz

Aylık gözlemlerden oluşan bir serinin ortalama, standart sapma vb. parametrelerindeki olası periyodik bileşen Fourier yaklaşımı kullanılarak *Eşitlik 2* ile temsil edilebilir [10]. *Eşitlik 2*'deki

Fourier katsayıları ve anlamlı harmoniklerin saptanması Yevjevich [11], Salas ve ark. [10] ve Bulu [12]'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

$$V_\tau = \bar{u} + \sum_{j=1}^{h}\left[A_j \cos(\frac{2\pi j\tau}{w}) + B_j \sin(\frac{2\pi j\tau}{w})\right],\ \tau = 1,2,3,...,w;\quad \bar{u} = \frac{1}{w}\sum_{\tau=1}^{w} u_\tau$$

$$A_j = \frac{2}{w}\sum_{\tau=1}^{w} u_\tau \cos(\frac{2\pi j\tau}{w});\qquad B_j = \frac{2}{w}\sum_{\tau=1}^{w} u_\tau \sin(\frac{2\pi j\tau}{w});\ \ j = 1,2,3,....,h \tag{2}$$

Burada;

u_τ = Hidrolojik serinin gözlenen parametresi, τ = Ay

A_j, B_j = Fourier katsayıları, h = Toplam harmonik sayısı

w = Periyot, aylık seriler için 12 alınır.

Ortalama ve standart sapmanın periyodik bileşenleri (m_τ ve s_τ) saptandıktan sonra, süreçteki i yılı ve τ ayındaki gözlenen $x_{i,\tau}$ seri elemanları *Eşitlik 3'te* verilen dönüşüm yardımı ile durağan hale getirilir [13].

$$y_j = \frac{x_{i,\tau} - m_\tau}{s_\tau};\quad i = 1,2,...,v;\quad \tau = 1,2,3,...,12;\quad j = 1,2,3,...,N;\quad N = v * 12 \tag{3}$$

Burada: $x_{i,\tau}$ gidiş bileşeninden arındırılmış seri elemanlarını; y_j ise, ortalama ve standart sapma bakımından durağan süreci gösterir.

2.2.3. Otokorelasyon Analizi

Gidiş ve periyodik bileşenden arındırılmış olan y_j durağan sürecinin k gecikmeli otokorelasyon (serisel korelasyon) katsayıları, r(k), çevrimsel seri yaklaşımı ile şöyle deyimlenir [14, 15, 16].

$$r(k) = \frac{Cov(y_j, y_{j+k})}{Vor(y_j)} \tag{4}$$

Örnekten hesaplanan r(k) değerlerinin, %95 olasılık düzeyinde sıfırdan anlamlı derecede farklı olup olmadığı, *Eşitlik 5* ile verilen Anderson testi kullanılarak belirlenebilir [17].

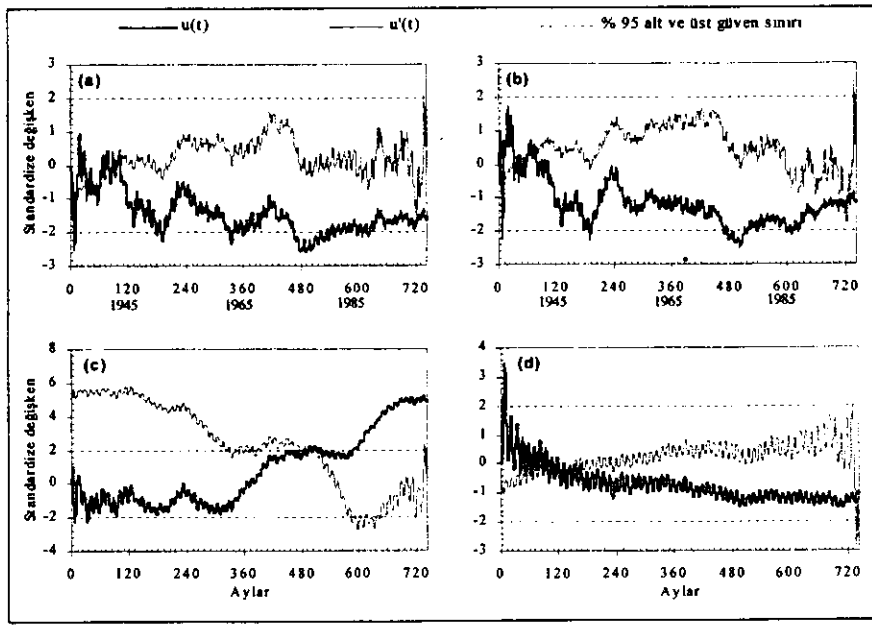
$$r(k) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{N-k-2}}{N-k-1} \tag{5}$$

Benzer şekilde, gözlenen serinin de r(k) değerleri hesaplanır ve y_j stokastik sürecinin korelogramı ile kıyaslanarak periyodik bileşenin etkisi ortaya konulabilir [16,17].

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. Gidiş Analizi Sonuçları

Aylık toplam yağış (P), ayda gözlenen 24 saat süreli en büyük yağış (P_{24}), aylık ortalama oransal nem (RH) ve aylık ortalama sıcaklık (T) serileri Mann-Kendall gidiş testine tabi tutulmuş ve ardışık olarak hesaplanan standardize değişkenlerin zamanla değişimi *Şekil 1*'de sunulmuştur.



Şekil 1. Mann-Kendall gidiş testinin ardışık analizinden elde edilen U(t) ve U'(t) standardize değişkenlerinin zamanla değişimi: (a) Toplam yağış, (b) 24 saat süreli en büyük yağış, (c) Oransal nem, (d) Sıcaklık

P ve P_{24} serileri genellikle benzer davranış göstermişlerdir (*Şekil 1a ve b*). Önemli olmamakla birlikte, gidiş 1943-1975 yılları arasında azalan yönde, 1975 yılından sonra ise artan yönde meydana gelmiştir. Uzun dönemde yağış serilerinde bir azalma olduğu göze çarpmaktadır. Fakat, söz konusu bu azalma ve artışlar %95 olasılık düzeyinde önemli bulunmamıştır. U(t)'nin birkaç değeri kritik 1.96 değerinin üzerine çıkmıştır. Bu dalgalanmalar, bölgede hakim olan hava kütlelerinin dolaşımı, şehirleşme, çölleşme ve global iklim değişimlerinden kaynaklanabilir.

RH serisi, 1960 yılına kadar rastgele davranış göstermiştir. Serideki 1960-1985 döneminde meydana gelen artış istatistiksel olarak önemsiz, 1975-1996 yılları arasındaki değişimler ise

önemli bulunmuştur (*Şekil 1c*). Bu nedenle, serinin davranışı hareketli ortalama yöntemi ile de incelenerek 1990'lı yıllarda gidişin azalma eğilimine girdiği görüldüğünden, kesin karara varabilmek için gözlemlere devam edilmesi ve ileriki yıllarda tekrar değerlendirmenin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Diğer yandan, T serisinde herhangi bir gidiş özelliği saptanmamış (*Şekil 1d*), dalgalanmalar güven sınırları içerisinde kalmıştır.

3.2. Periyodik Analiz Sonuçları

P, P_{24}, RH ve T serilerinin ortalama ve standart sapmalarındaki periyodik bileşen Fourier analizi ile modellenmiş; gözlenen ve modelle tahmin edilen parametreler *Şekil 2*'de verilmiştir.

Fourier analizi ile, ortalamadaki periyodikliğin P serisi için 1., 2., 3., 5.; P_{24} serisi için 1., 2., 6.; RH serisi için 1., 2.; T serisi için 1. harmonik kullanılarak %96 ve daha büyük olasılık düzeylerinde açıklanabileceği sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde, standart sapmadaki periyodiklik P serisinde 1., 2., 3., 4., 5.; P_{24} serisinde 2., 6.; T serisinde 1., 2., 3. harmonikler kullanılarak aynı olasılık düzeyinde ifade edilebilirken; RH serisindeki periyodik bileşen 1., 2., 3., 6. harmonikler kullanılarak %92 olasılık seviyesinde modellenebilmiştir.

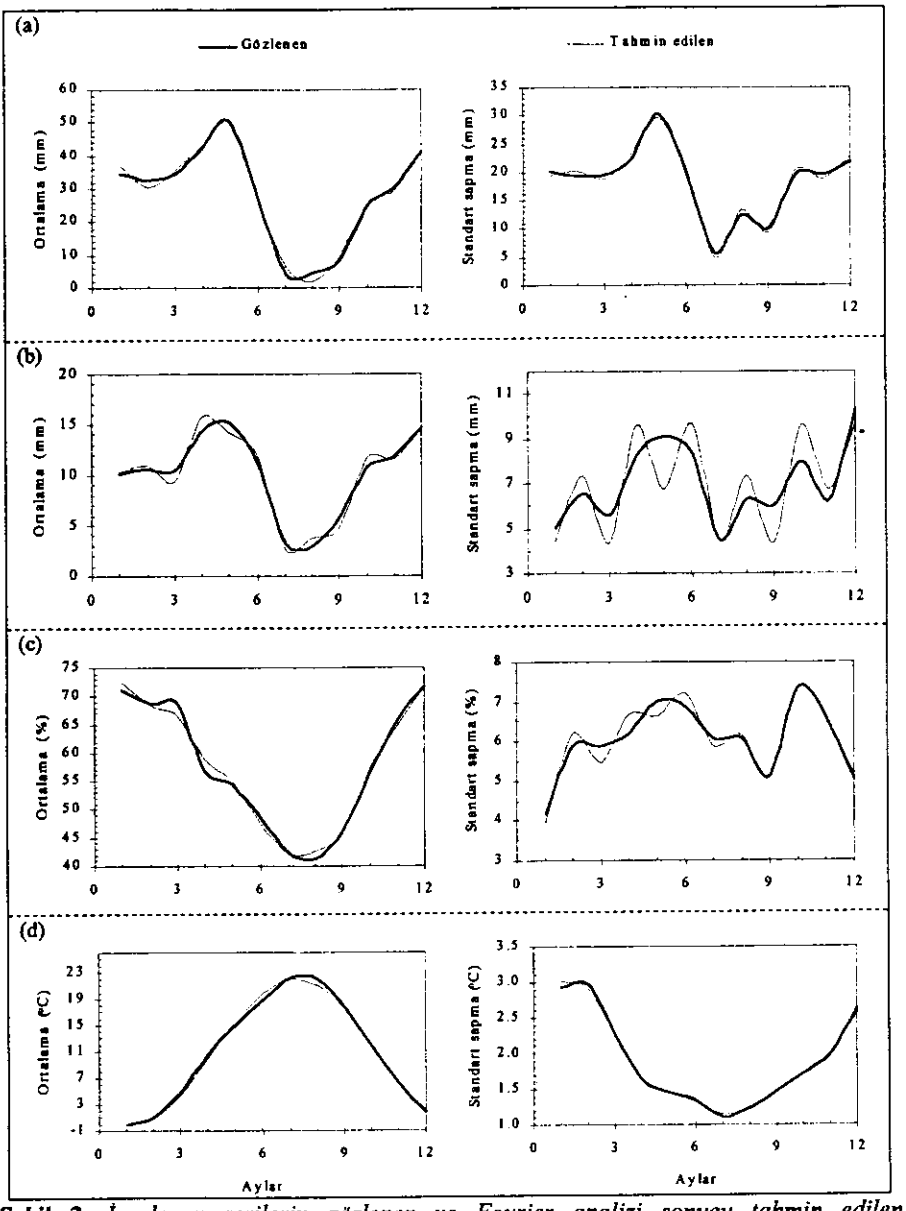
P, RH ve T serilerinin tahmin edilen parametrelerinin gözlenen değerlerine oldukça yakın (*Şekil 2a, c, d*); P_{24} serisinde ise, özellikle standart sapmada uyum eksikliğinin daha belirgin olduğu görülmüştür (*Şekil 2b*). Buna neden olarak, P_{24} değerlerinin ayın sadece bir gününde kaydedilmesi; diğer değişkenlerin ise, günlük gözlenerek aylık değerlere dönüştürülmesi gösterilebilir.

3.3. Otokorelasyon Analizi Sonuçları

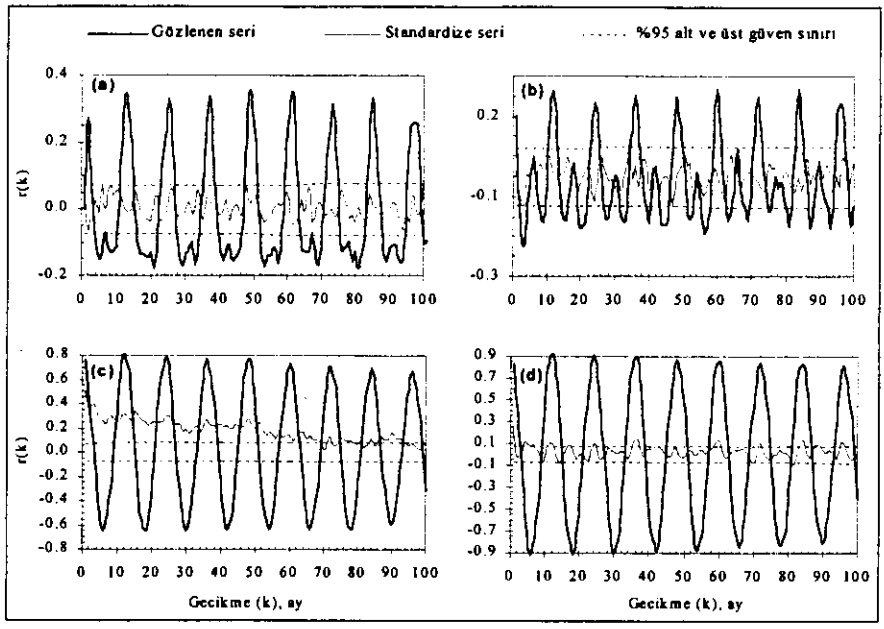
Gözlenen ve durağan hale getirilen (standardize) süreçlerin otokorelasyon fonksiyonları ve güven aralıkları birlikte çizilerek davranışları ortaya konulmuştur (*Şekil 3*).

Gözlenen ve standardize yağış serilerinin korelogramları birbirine benzer davranışlar göstermiştir (*Şekil 3a, b*). Gözlenen serilerin korelogramlarının 12 periyotlu ve %95 olasılık düzeyinde anlamlı salınımlar yaptığı görülmektedir (*Şekil 3*). Ortalama ve standart sapmadaki periyodik bileşenin gözlenen serilerden uzaklaştırılması, otokorelasyon fonksiyonundaki anlamlı periyodik salınımları ortadan kaldırmıştır. Standarize P ve P_{24} serilerinin otokorelasyon katsayıları tüm k gecikmeleri için güven sınırları içinde dalgalanırken (*Şekil 3a, b*), standardize T serisinin 12, 24,... ay gecikmeli otokorelasyon katsayıları pozitif ve anlamlı bulunmuştur

(*Şekil 3d*). Bu ise, seride mevsim etkisinin olduğunu; dolayısıyla, serinin modellenmesinde mevsimsel modellerin kullanılmasının uygun olacağını göstermektedir.



Şekil 2. *İncelenen serilerin gözlenen ve Fourier analizi sonucu tahmin edilen parametrelerinin yıl boyunca değişimi: (a) Toplam yağış, (b) 24 saat süreli en büyük yağış, (c) Oransal nem, (d) Sıcaklık*



Şekil 3. *Gözlenen ve standardize serilerin korelogramları: (a) Toplam yağış, (b) 24 saat süreli en büyük yağış, (c) Oransal nem, (d) Sıcaklık*

Standardize RH serisinin otokorelasyon fonksiyonu üstel olarak azalmış; k=70 ve daha büyük gecikmelerde bile sıfırdan anlamlı ölçüde farklılık göstermiştir (*Şekil 3c*). Bu tür davranış; serinin durağan olmadığını veya ardışık elemanları arasında sıkı bir bağımlılık bulunduğunu, bir başka ifade ile serinin zamandan bağımsız olmadığını göstermektedir. Otokorelasyon fonksiyonunun üssel olarak azalması ise, serinin otoregresif (AR) bir model ile tanımlanabileceğini ima etmektedir.

4. KAYNAKLAR

1. Tülücü, K., "Olasılık ve Tekerrür Yöntemleri: Adana İklim Verilerine Tatbiki", 7. TÜBİTAK Bilim Kongresi, 6-10 Ekim, TOAG Tebliğleri, Adana, 1980.
2. Kömüşçü, A. Ü., "Türkiye'nin Yıllık Ortalama Sıcaklıklarındaki Salınımların Periyodik Analizi", Ulusal Su Kaynaklarımız Sempozyomu, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1997.
3. Türkeş, M., "Vulnerability of Turkey to Desertification With Respect to Precipitation and Aridity Conditions", Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 23, p.363-380, 1999.

4. Kadıoğlu, M., Toros, H. ve Kurtuluş, B., "Küresel Isınma ve Türkiye'de Yağış Trendleri", DSİ 40. Kuruluş Yılı, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, Cilt 1, Ankara, 1994.

5. Karaca, M., Tayanç, M., and Toros, H., "Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara", Atmospheric Environment, Vol: 29, No: 23, p. 3411-3421, 1995.

6. Orhunbilge, N., "Zaman Serileri Analizi Tahmin ve Fiyat İndeskleri", İTÜ İşletme Fakültesi, İşletme Fakültesi Yayın No: 277, İstanbul, 1999.

7. WMO, "Climatic Change", WMO Technical Note, 79, World Meteorological Organization, Geneva, 1966.

8. Sneyers, R., "On the Statistical Analysis of Series of Observations", WMO Technical Note, 66, World Meteorological Organization, Geneva, 1990.

9. Kottegoda, N. T., "Stochastic Water Resources Technology", Department of Civil Engineering, University of Birmingham, The McMillan Press Ltd., London, 1980.

10. Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V. And Lane, W.L., "Applied Modeling of Hydrologic Time Series", Water Resources Publications, Littleton, Colorado, U.S.A., 1980.

11. Yevjevich, V., "Structural Analysis of Hydrologic Time Series", Hydrology Papers, No. 56, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1972.

12. Bulu, A., "Günlük Debilerin Stokastik Yapısı Dikkate Alınarak Taşkın Tekerrür Analizleri", Doktora Tezi, İTÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1976.

13. Salas, J. D. and Yevjevich, V., "Stochastic Structure of Water Use Time Series", Hydrology Papers, No:52, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1972.

14. Clarke, R. T., "Mathematical Models in Hydrology (Reprinted)", FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 19, Rome, Italy. 1984.

15. Salas-la cruz, J. D. and Yevjevich, V., "Stochastic Structure of Water Use Time Series", Hydrology Papers, No. 52, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1972.

16. Çetin, M., "Jeoistatistiksel Yöntem İle Nokta ve Alansal Yağışların Saptanması ve Stokastik Olarak Modellenmesi Örnek Havza Uygulamaları", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 1996.

17. Roesner, L. A. and Yevjevich, V. M., "Mathematical Models For Time Series of Monthly Precipitation and Monthly Runoff", Hydrology Papers, No. 15, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1966.

I. TÜRKİYE SU KONGRESİ, 8-10 Ocak 2001, İSTANBUL, Cilt I
Editörler: Z. ŞEN, S. SIRDAŞ, A. ALTUNKAYNAK

İSKİ SU POMPALARI ELEKTRİK HARCAMALARININ RÜZGAR ENERJİSİ İLE KARŞILANMASI İMKANI

Zekai Şen[1] ve Ahmet Duran Şahin[2]

[1]İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı, 80626 Maslak/İstanbul, e-posta: sahind@itu.edu.tr

[2] İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, 80626 Maslak/İstanbul, e-posta: sahind@itu.edu.tr

ÖZET
Herhangi bir sistemin verimli bir şekilde çalışabilmesi için enerjiye ihtiyaç vardır. Endüstri devriminden 20. yüzyılın son yarısına kadar bu enerji gereksinimi genel olarak yenilenemiyen enerji kaynakları olarak bilinen fosil kaynaklardan (kömür, petrol, doğalgaz) sağlanmıştır. Şehirlerin giderek büyümesi sonucunda başta büyük şehirlerde olmak üzere enerji tüketimi ülkelerin en yüksek oranlarına buralarda ulaşmıştır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenme ile karşı karşıya olması sonucunda, yeni yönelimler başlamıştır.
Bunlar sonucunda ülkeler enerjilerinin bir bölümünü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlama yoluna gitmişlerdir. Bu yönelim sonucunda otoprodüktör statüsünde olmak üzere bölge veya ülke enerjilerinin tüketiminde önemli bir rol oynayan çeşitli şirket ve kurumlar da kendi enerjilerini yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etme yoluna gitmiştir. İstanbulda tüketilen enerjinin yaklaşık %10'u İSKİ tarafından kullanılmaktadır. Bu oranda büyük enerji miktarının yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar ile sağlanması hem ülke açısından hemde İSKİ açısından büyük yararlar sağlayacaktır. Bu yazıda İSKİ'nin ne oranda rüzgar enerjisinden yararlanarak şebeke suyunun akmasını sağlayacağı konusuna değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, rüzgar enerjisi, İSKİ

ABSTRACT
Any system needs energy for efficient work. Generally, after industrial revoluation till last past half of the twenty century, energy requirement is met with nonrenewable (coal, fuel, natural gas) energy sources. Energy requirement increased due to industry and technology. In addition to this some cities developed rapidly and most of the energy consumptions occur in country at large cities. Different renewable energy sources are searched due to non renewable energy sources that face exhaustion. As a result, countries try to obtain some of their energy consumption from renewable energy sources. Due to these stiuations, consumption institutions try to get their energy as otoproductor status with renewable energy sources. İSKİ consume approximately 10% electricity of İstanbul city. This paper represents the possibilities of wind energy usase ratios for electiricity by İSKİ in order to pump water to the distribution system.
Key words: Energy, wind energy, İSKİ

1. GİRİŞ

Rüzgar bir anlamda rüzgar enerjisinin yakıtıdır. Rüzgar, yeryüzünün uniform olmayan ısınması ve soğuması sonucu ortaya çıkan kuvvetlerin etkisi ile oluşan yatay hava hareketidir. Yani rüzgar enerjisinin kaynağı da güneş'tir. Rüzgar hızı, yönü ve esme sayısı gibi özellikleri ile etkili olan bir iklim elemanıdır. Rüzgarın özellikleri, yerel coğrafi farklılıklara ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak zamansal ve yöresel değişiklikler gösterir. Buradan hareketle nem, basınç ve sıcaklık gibi rüzgarı birinci derecede etkileyen değişkenlerin çok iyi analiz edilmesi gereklidir.

Rüzgar enerjisi kaynağı ilk defa M.Ö. 5000'li yıllarda Nil nehrinde kayıkları yelkenler ile hareket ettirmek için kullanılmıştır. Aynı tarihlerde, yine ilk defa Çinde ortaya çıkan basit yel değirmenlerinin su pompalaması için Tibet, Hindistan, Afganistan ve İran'da kullanılmıştır (1). Ayrıca, M.Ö. 700 yıllarında Farslıların da düşey eksenli rüzgar türbinleri kullandığı somut kanıtlardan bilinmektedir (2). Batı'da ise yel değirmenlerinin ortaya çıkışı 12. yüzyıl başlarına dayanmaktadır. 16. yüzyılda yel değirmenleri, özellikle İngiltere'de sanayi makinelerini harekete geçirmekte kullanılmış ve 17. yüzyılda ise Hollandalı göçmenler tarafından Amerika'ya götürülmüştür. Brezilya' da rüzgar enerjisi kullanımında güçlü bir geleneğe sahiptir. Bir başka gelenek, Brezilya'nın kuzeybatı ve güneybatısındaki tuz üretimi çalışmalarıdır. Burada ihtiyaç olan suyu sağlamak için su çeken yel değirmeni kullanımına gidilmiştir (3). Ayrıca Anadolu'da da yüzyıllardır kuyulardan su çekmede yel değirmenlerinin kullanıldığı ve hala işlevlerini yerine getirdikleri bilinmektedir (4).

Değişik çalışmalarda Batı Anadolu'daki rüzgar şiddetinin uzaysal değişimi ele alınmış (5) ve tüm Türkiye'yi içine alan rüzgar haritalarını elde etmiştir (6). Ayrıca, Akhisar bölgesi için rüzgar enerjisi türbinlerinin mikrokonuşlandırmasını yapılmıştır (7). Avrupa rüzgar atlası (8) çalışmasında Türkiye sınırına gelindiğinde hiç bir veriye rastlanmamaktadır. Yunanistan'ın sınırlarımıza yakın olan adalarında ise yüksek rüzgar enerjisi potansiyelli alanlar bulunmaktadır.

Dünyada kullanımı gittikçe artan rüzgar enerjisinin tercih edilmesinin en başta gelen nedeni yenilenebilir olması ve ayrıca çevre ile uyumlu bir enerji kaynağı olmasıdır. Rüzgar enerjisinin avantajları ile beraber dezavantajları da şöylece sıralanabilir.

Rüzgar enerjisi kullanımının avantajları şunlardır:

- Sera gazı etkisi meydana getirmez,
- Temiz bir enerji kaynağıdır,
- Tükenmez bir enerji kaynağıdır,
- Güvenirliği ve ucuzluğu gittikçe artmaktadır,
- Rüzgar türbini kurulan bir arazi ikili kullanım imkanlarına sahiptir.

Rüzgar enerjisinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır, bunlar ise,

- Bazı türbinlerin gürültü kirliliğine yol açması,
- Zaman zaman kuşların yaralanma ve ölümlerine sebep olması,
- TV görüntüleri ve iletişim sistemlerine etki etmesi,

sayılabilir.

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ

2.1 Dünyada Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü

Yapılan araştırmalar, rüzgar gücünün şu anda dünyada en hızlı yayılan enerji kaynaklarından biri olduğunu göstermiştir (9). Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği'nin (EWEA), yaptığı araştırmalar göre, Avrupa'nın 1998 yılı kapasite artırımı 1600 MW'tır. EWEA 2010 yılında, hedef olarak 40000 MW belirlemiştir (10). Tablo 1'de 1999 Eylül ayı itibarı ile günümüzde dünyada kurulu toplam rüzgar gücü verilmiştir (11).

Tablo 1. Dünya'da kurulu toplam rüzgar gücü (11).

AMERİKA KITASI

ÜLKE	1998 yılı sonunda kurulu güç (MW)
Amerika Birleşik Devletleri	2533
Kanada	125
Kosta Rika	26
Arjantin	13
Meksika	3
Brezilya	25
Amerika Toplam	**2725**

AVRUPA KITASI

Almanya	3817
Danimarka	1606
İspanya	1180
Hollanda	405
İngiltere	350
İsveç	197
İtalya	227
İrlanda	73
Portekiz	60
Yunanistan	79
Fransa	22
Finlandiya	32
Avusturya	35
Norveç	9
Belçika	6
Çek Cumhuriyeti	12
İsviçre	3
Lüksemburg	10
Avrupa Toplam	**8123**

ASYA KITASI

Çin	246
İran	11
Hindistan	1032
İsrail	6
Ukrayna	5
Japonya	68
Rusya	5
Asya Toplam	**1373**

Diğer	**41**
DÜNYA TOPLAMI	**12303**

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere en fazla yatırım ve çalışmaların Avrupa ülkelerinde meydana geldiği anlaşılmaktadır.

2.2 Türkiye'de Durum

Ülkemizde son yıllarda rüzgar enerjisine olan ilgi artmış ve şu anda rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretim amaçlı 3 rüzgar çiftliği bulunmaktadır. Bunlardan ilki 3 adet rüzgar türbini bulunan Çeşme Alaçatı Germiyan Köyü'nde 1.7 MW kurulu güçlü; diğeri de yine İzmir Çeşme Alaçatı'da 12 adet rüzgar türbinine sahip 7.2 MW kurulu güçlü çiftliktir. Sonuncusu ise Bozcaada çiftliği olup 10.2 MW'lık bir güce sahiptir. Bununla beraber, yakın bir gelecekte ülkemizde rüzgar çiftlikleri önemli bir artış göstereceği resmi kaynaklar tarafından doğrulanmaktadır. Şu ana kadar 2400 MW civarında bir başvuru gerçekleşmiştir (9).

2.3 Rüzgar Enerjisinin Diğer Enerji Kaynaklarıyla Karşılaştırılması

Türbinlerin ortalama ömürleri 40 yıldır. Bu değer, atmosferik nem, kararlı rüzgar yapısı vb gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca diğer önemli bir nokta da, rüzgar santrali kurulduktan sonra yapılan harcamalar sadece işletme ve bakım masraflarından ibarettir. Bu miktar da son derece düşüktür. Enerji üretiminde kullanılan diğer farklı yöntemlerden elde edilen elektriğin maliyet karşılaştırılması Tablo 2'de verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi, rüzgar enerjisi diğer yaygın enerji kaynakları kadar ekonomiktir. 1980 yılında rüzgardan elde edilen 1 kWh enerjini maliyeti 30 cent iken, 1999'da bu değer, 6 cent'e kadar düşmüştür. Bunun aksine diğer kaynaklarda sürekli bir artış görülmektedir.

Tablo 2. 1kWh enerjinin üretim maliyeti (9).

Güç Kaynağı	Minimum (cent)	Maksimum (cent)	Ortalama (cent)
Solar termal hibrid	6.0	7.8	6.9
Nükleer	5.3	9.3	7.3
Doğal Gaz	4.4	5.0	4.7
Hidrolik	5.2	18.9	12.1
Rüzgar	**4.7**	**7.2**	**6.0**
Kömür	4.5	7.0	5.8
Jeotermal	4.3	6.8	5.6
Biomass	4.2	7.9	6.1

3. RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİNİN YAPISAL PRENSİPLERİ

Halihazırda rüzgar enerjisi santralları (RES) ilgili özel bir yasal yapı mevcut değildir. Ancak Aralık 1984'de yayınlanan 3096 sayılı yasa ve bununla ilgili Ağustos 1985'te yayınlanan 85/9799 numaralı yönetmelik (düzenleme Nisan 1996) çerçevesinde özel şirketler elektrik enerjisi üretim, iletim ve dağıtım projelerini gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca, 85/9799 numaralı yönetmelik ETKB'nin 3096 sayılı yasanın 4.maddesine göre yatırımcı şirketlere sağladığı santral kurma ve belli bir süre için işletme izinlerinin ayrıntılarını vermektedir. Böylece Yap İşlet Devret modeline göre gerçekleştirilecek projelerin yasal temelleri oluşturulmuştur. Bu, hidro, termik, jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi projelerini de kapsamaktadır. Bu yönetmelik, aynı zamanda otoprodüktör veya otoprodüktör gruplarının kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve fazla üretimlerini TEAŞ veya TEDAŞ'a satmak üzere santral kurmalarına izin vermektedir. Bu durumda, özel sektör tarafından gerçekleştirilecek rüzgar enerjisi projeleri Y.İ.D. veya otoprodüktör şeklinde olabilmektedir (12-14).

3.1 OTOPRODÜKTÖR PROJELERİNİN YAPISAL PRENSİPLERİ

Yasal kuruluşlar veya yasal kuruluş grupları 3096 sayılı yasa ve 85/9799 sayılı düzenleme çerçevesinde kendi elektrik enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere otoprodüktör veya otoprodüktör grubu olarak santral kurabilir ve işletebilir.

3.1.1 Şirketin Kurulması

Odoprodüktörlerin santralı kurmak ve işletmek için ayrı bir şirket kurmaları gerekmez. Ancak odoprodüktör gruplarının grupta yeralan kuruluşları içeren ayrı bir şirket kurmaları gerekir.

3.1.2 Mülkiyet

Otoprodüktör tesisleri Y.İ.D. modelinin aksine otoprodüktör veya otoprodüktör grubuna aittir. Tesisin kurulacağı yer özel mülkiyet altındaysa şirket tarafından satın alınabilir, eğer hazine veya Orman Bakanlığına ait ise kiralanabilir.

3.1.3 Fazla Üretim

Otoprodüktör veya otoprodüktör grubu kendi ihtiyacı dışında üreteceği fazla enerjiyi TEAŞ, TEDAŞ ve bağlı kuruluşlara veya santrala bağlantısı olan tüzel kişi ve kuruluşlara dayanan elektirik şirketlerine satabilir. Eğer santral ulusal şebekeye bağlı ise elektirik kesintisi durumunda önemli zarara uğruyabilecek Otoprodüktör veya Otoprodüktör Grubuna ait endüstriyel tesisler (kimyasal, petrol, metalurjik, tekstil, maden, elektromekanik endüstrüler) elektrik gereksinimlerini ulusal şebekeden veya kendi üretim tesislerinden temin edebilirler. Otoprodüktör santralde üretilen fazla enerjinin satış fiyatı fonlar ve iştirak ödemeleri çıkarıldıktan sonra elektrik dagıtım şirketinin son kullanıcıya ülke düzeyinde elektrik satış fiyatının %100' ünü geçmeyecek şekilde belirlenir (15).

4. ÇALIŞMA ALANI

İSKİ, İstanbul'un su ihtiyacını karşılayan tek resmi kuruluş olmasından dolayı büyük oranda su pompalamak zorundadır. Nufusu 10 milyonu bulan İstanbul gibi bir megapol'de su ihtiyacının karşılanmasında büyük problemlerle karşı karşıya gelinecektir. Suyun kullanıcılara ulaşabilmesi için temel iki şartın bulunması gerekir. Bu şartların başında öncelikli olarak su miktarı daha sonrada elektrik tüketimi gelmektedir. Elektrik olmadan suyun olması pek anlam ifade etmemektedir. Bu iki temel şartın yanında diğer şartların da yerine getirilmesiyle su kullanıcıya ulaştırılmış olacaktır. Bu çalışmadaki asıl amaç İSKİ barajlarında tüketilen elektrik enerjisinin tamamı veya büyük bir kısmının rüzgar santralleri vasıtasıyla üretilmesidir.

İSKİ su toplama havzalarının büyük bir bölümü deniz-kara etkileşiminin olduğu karadeniz sahillerinde veya sahile yakın bölgelerde yer almaktadır. Ayrıca barajlar genel anlamda vadilere kurulduklarından rüzgar şiddetinin artmasında önemli rol oynayan oluk etkileri de sözkonusu olmaktadır. Bu durum, Türkiye'de yapılan ölçüm ve çalışmalarda Şile, Kumköy ve Sinop dışındaki Karadeniz sahili boyunca rüzgar potansiyeline sahip bölgeler yer verilmemiştir.

Kara-deniz etkileşiminin büyük oranda olduğu bu bölgede rüzgarın olmaması durumu bir tezat teşkil edecektir.

İSKİ su toplama havzalarında tesbit edilen rüzgar enerjisi üretimi potansiyeline sahip yerler Tablo 2'de verilmiştir. İSKİ'nin en büyük su toplama ve aktarma havzası olma özelliğine sahip Terkos (Durusu) bölgesi civarında rüzgar enerjisi üretimine çok uygun iki alan tespit edilmiştir. Bunun yanında İSKİ'nin yeni ve büyük bir yatırımı alanı olan Yıldız-Istıranca dağları projesi çerçevesinde bu bölgede de dört alan tespit edilmiştir. Ayrıca, Anadolu yakasının su ihtiyacını karşılamada katkı sağlayan Darlık barajı çevresinde, Şile ve Ömerli biriktirme haznesi civarın'da üç alan tespit edilmiştir. Bu alanların genel özellikleri ise barajlara yakın olmaları, maki türü bitki örtüleri ile kaplanmış olmaları ve rüzgar sürekliliklerinin alınan ilk bilgiler doğrultusunda yılın 200-250 günü civarında olmasıdır. Rüzgar'daki süreksizlik genel anlamda olumsuzluk olarak görülürken İSKİ su planlamasında olumluluğa dönüşebilmektedir. Su pompalanmasının rüzgar şiddetinin enerji üretebilecek seviyede olduğu zamanlarda yapılması ekonomik açıdan verim sağlayacaktır.

İSKİ'nin Avrupa yakasında yaklaşık olarak 60-70 MW'lık olan elektrik enerjisinin tamamına yakın kısmı bu çalışma ile sağlanmak istenmektedir. Bunun 30 MW'lık bölümü Terkos, 30-40 MW'lık bölümü Istıranca ve 20-30 MW'lık bölümü ise Şile ve Darlık bölgelerinden üretilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışma alanları ve elektrik üretimi için önerilen güç miktarları

Çalışma alanı genel konumu	**Rüzgar gücü (MW)**
Avrupa Yakası	
Karaburun/Yeniköy	8-10
Durusu (Terkos) biriktirme haznesi-Karadeniz arası	20
Düzdere biriktirme haznesi yakını	4.8-6
Kuzuludere biriktirme haznesi	1.2-1.8
Sultanbahçedere biriktirme haznesi	11.2-13.2
Kazandere biriktirme haznesi	23.6
Asya Yakası	
Şile Keson kuyuları yeri	10-15
Darlık biriktirme haznesi	10-12
Ömerli biriktirme haznesi kuzeyi	4.8-6.0
Toplam	93.6-107.6

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İstanbul'un hayati öneme sahip kurumlarından biri olan İSKİ'nin kullanacağı enerjiyi kendi imkanları ile sağlayabilmesi için sekiz farklı alana rüzgar santrali kurulması önerisi getirilmiştir. Hem tükenmez hem de çevre dostu olma özelliğine sahip olan rüzgar enerjisinin İSKİ alanları içerisinde kullanıma yönelik olarak elde edilmesi ekonomik ve çevresel olarak büyük katkılar sağlayacaktır. RES'lerin kısa zamanda kurulabilmeleri ve yatırımlarını geri karşılayabilmeleri otoprodüktör kuruluşlar için büyük kar getirmektedir. Bu anlatımlar çerçevesinde çalışmaların hızlandırılması ve hayata geçirilmesi önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

1. Gündüz, A., 1997. Marmara Bölgesi Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi, Lisans Tezi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul
2. Durak, M., 2000. Rüzgar Enerjisi Teknolojisi ve Türkiye Uygulaması: Akhisar Rüzgar Elektrik Santrali, Yüksek Lisans Tezi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
3. New Energy, 1999., Sayı 2, England.
4. Durak, M., Çaldağ, B. ve Şaylan, L., 2000. "Rüzgar enerjisinin tarımda kullanımı". III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, s.365-374, Cilt I, İstanbul.
5. Şen, Z. and Şahin, A.D., 1997. "Regional assessment of wind power in western Turkey by the cumulative semivariogram method", Renewable Energy, 12, 2.
6. Şen, Z. and Şahin, A.D., "Regional wind energy evaluation in some parts of Turkey", Wind Engineering and Industial Aerodynamics, 74-76, pp. 345-353, 1998.
7. Öztopal, A.,Şahin, A.D., Şen, Z. and Akgün, N., "On the regional wind energy potential of Turkey", *Energy* , 25, pp. 189-200, 2000.
8. Troen, I. and Petersen, E.L., European wind atlas, Riso National Laboratory, Roskilde, (1989)
9. AREB-TŞ,1999
10. Wind Power, 7/99
11. New Energy, 1999
12. Rüzgar Elektrik Santralleri Şartnamesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2000.
13. Kanun No: 3096, Sayı: 18610 TEDAŞ Genel Müdürlüğü Özelleştirme Dairesi Başkanlığı, 19 Aralık 1984.
14. Yönetmelik No: 18858, Karar Sayı No: 85/9799, RES Santralleri Fizibilite Raporunda Olması Gerekenler, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 4 Eylül 1985.
15. Karadeli, S., "Türkiyede rüzgar enerjisi santrallerinin yasal ve ekonomik yapısı". III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, s.281-290, Cilt I, İstanbul, 2000.

ISBN- 975-97034-1-6 (TK)
975-97034-3-2