

## Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (Çkka) Kullanılarak, Van İli Merkez İlçelerinin Kentsel Taşkın Duyarlılık Değerlendirmesi, Van / Türkiye

### *Urban Flood Susceptibility Assessment of Central Districts of Van Province, Turkey, Using Geographic Information System (GIS)-Based Multi Criteria Decision Analysis (MCDA)*

LEVENT SELÇUK<sup>1\*</sup>, AZAD SAĞLAM SELÇUK<sup>1</sup>, DİLAN KASAPÖĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Tuşba 65080 Van, Türkiye

Geliş (received) : 30 Haziran (June) 2015

Kabul (accepted) : 22 Ocak (January) 2016

#### ÖZ

Van (Türkiye) ili su baskınlarının sıklıkla gözlemlendiği şehirlerimizden birisidir. Son 60 yıllık istatistiksel çalışmalar içerisinde Van ili ve ilçelerinde toplam 166 su baskını olayı meydana gelmiştir. Bu durumun en önemli nedenleri; sonbahar ve ilkbahar aylarında gözlenen aşırı yağışlar, özellikle karların erimesiyle birlikte yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu doygun zemin koşulları, yerleşim alanlarının kapalı yüzeyler yaratması ve yetersiz kanalizasyon alt yapısıdır.

Bu çalışmanın amacı coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılarak, Van merkez ilçelerinde kentsel taşkın duyarlılığının değerlendirilmesidir. Çalışmada oluşturulan model 6 ayrı faktörü içerir. Bunlar; litoloji, yeraltı su tablası derinliği, eğim, yükseklik, drenaj kanallarına olan mesafe ve alan kullanımıdır. Taşkın duyarlılık haritası tüm tanımlı faktörlerin birbiri ile kıyaslanmasından oluşan karşılaştırma matrisi kullanılarak elde edilmiştir. Haritanın güvenilirliği ve doğruluğu, söz konusu merkez ilçelerinde meydana gelen taşkın olaylarının karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiştir. Aşırı yağışlara bağlı olarak gerçekleşen taşkın olayları, harita içerisinde tanımlı yüksek duyarlı alanlar içerisinde yer almaktadır. Duyarlılık haritasına göre, Van ili İpekyolu merkez ilçesi, diğer ilçelere göre çok daha yüksek taşkın potansiyeline sahiptir. Yüksek duyarlılık genellikle düşük eğimli, genel olarak geçirimsiz litolojik birimlerin yer aldığı alanlar olarak dikkat çekmektedir. Dolayısıyla, olası taşkınlardan korunmak amacıyla dere yataklarının ve kanalizasyon alt yapı sistemlerinin iyileştirilmesi en etkin yöntemler olarak görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi bilgi sistemi (CBS), çok kriterli karar analizi (ÇKKA), duyarlılık, taşkın, Van.

#### ABSTRACT

Van (Turkey) is one of the easily affected cities in the flooding. According to the latest 60-year statistical data, a total of 166 flood events were occurred in Van province and its districts. The most important reason for the flooding is the impermeable cover of residential areas and poor substructure systems within heavy rainfall in the spring which ground water level is close to the surface due to melting of snow.

The scope of this study is to evaluate the flood susceptibility of the central district of Van, using multi-criteria decision analysis (CPL), and geographic information systems (GIS). The susceptibility model developed in this study contains six different factors. These are: lithology, the depth of groundwater table, distance to the discharge channels, slope, elevation (above mean sea level) and land-use. The susceptibility assessment is conducted by using a comparison matrix where all identified criteria of GIS layers are compared against each other. The acceptability

\* L. Selçuk

e-posta: lselcuk@yyu.edu.tr

*and reliability of the model was determined using historical events. All of these events plotted over the model showed that there is a remarkable coincidence with high susceptibility areas. The flood susceptibility model shows that İpekyolu, central district of Van city, has much more flood hazard potential than those of other districts. High susceptibility to flooding in the study area is mainly related with flat terrain features so that the area has a low slope angle, impermeable lithology and the presence of urban stream channels with poor maintenance plan. Therefore, in order to prevent the possible flooding, site planning, improving the stream beds and substructure systems should be effectively integrated in potential areas.*

**Keywords:** Geographical information system (GIS), multi-criteria decision analysis (MCDA), susceptibility, flood, Van.

## GİRİŞ

Su baskınlarından etkilenen afetzede sayıları ülkemiz genelinde değerlendirilmeye alındığında, Van ili ve ilçeleri taşkın olaylarından en çok etkilenen yerleşim alanları içerisinde yer alır. Sonbahar ve özellikle ilkbahar aylarında şiddetli yağışlar, Van ili ve ilçelerinde 1950-2008 yılları arasında 166 ayrı su baskınına neden olmuştur. AFAD (2008) tarafından rapor edilen bu olaylardan etkilenen toplam afetzede sayısı ise yaklaşık 1480'dir. Son 15 yıllık süreç içerisinde ise (2000-2015) sadece merkez ilçelerde meydana gelen su baskını sayısı yaklaşık 30 civarındadır. Bu istatistiksel veri her yıl farklı yağışlarla birlikte en az iki su baskını olayının şehir merkezinde yaşandığını göstermektedir.

Taşkın olayları bölgenin meteorolojik özellikleri ve topoğrafik yapısıyla yakından ilişkilidir. Her ne kadar ana etmen bölgenin yağış karakteri, jeolojik ve jeomorfolojik koşullar olsa da, özellikle dere yataklarındaki kontrolsüz yapılaşma, inşaat hafriyatı ve yetersiz altyapı sistemleri gibi yanlış arazi kullanımı sonucu doğan ve hidrolik dengeyi bozan insan aktiviteleri de önemli etkenler arasındadır. Özellikle Van ili gibi hızlı büyüyen şehirlerde, artan nüfus atık suların artmasına ve buna bağlı olarak aşırı yağışlarla birlikte kentsel taşkın olaylarının gelişmesinde ana etkindir. Yüzeyde suyun akışını kontrol eden yollar ve kaldırım, ayrıca zeminin büyük bir kesimini kapsayan binalar ile engellenen doğal drenaj alanları, suyun akışını kısıtlayarak taşkın etkisini arttırmaktadır (Harris ve Rantz, 1964; Konrad ve Booth, 2002; Konrad ve Booth, 2005; Fernandez ve Lutz, 2010). Taşkın olaylarının azaltılmasında kent alanlarındaki atık suların tahliyesi ve kanalizasyon alt yapısı önemli rol oynamaktadır.

Kent nüfusunun artışı ile birlikte söz konusu etkinin şiddeti de artmaktadır. Bu nedenle, olası taşkın duyarlılığının değerlendirilmesinde, meteorolojik koşulların yanında, yeraltı su derinliği, jeolojik durum ve kentin bu etki üzerindeki rolü de dikkate alınmalıdır. Özellikle yoğun yerleşim alanlarında taşkın etkisi çok daha şiddetli hissedilmektedir. Çünkü etkilenen alanlar genellikle drenaja kapalı yüzeyler ve yetersiz yeraltı drenaj kanallarını içermektedir. İlimli yağışlarda bile, kanalizasyon alt yapısında yüksek debili akımlar söz konusu olabilmektedir. Aşırı yağışlara meyilli alanlarda bu durum, riskin artmasında önemli bir olgudur.

Meteorolojik verilere bağlı olarak olası taşkınların tahmini günümüzde sınırlı iken, kentsel taşkın duyarlılık haritaları veya modelleri olası tehlikenin değerlendirilmesinde ve kentin gelişiminin planlanmasında önemli veriler sağlamaktadır. Ayrıca söz konusu modeller genellikle taşkın meyilli alanların drenaj altyapı ihtiyaçlarını belirlemek içinde kullanılmaktadırlar (Büchle vd., 2006). Bu kapsamda Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) kullanımı duyarlılık haritalarının oluşturulmasında oldukça önemli bir araçtır. Çünkü CBS, doğal afetlerin değerlendirilmesinde gerekli olan topografik arazi bilgilerini analiz eder ve fazla sayıda kriteri çok sayıda arazi verisi ile değerlendirmeye olanak tanır. CBS ile birlikte çok kriterli karar analizinin (ÇKKA) birlikte kullanımı, karmaşık karar problemlerin, tasarım, değerlendirme ve alternatif kararların çözüm teknikleri üzerine zengin bir koleksiyon sunar (Malczewski, 2006). Özellikle doğal afetlerin ve jeolojik çevrenin değerlendirilmesinde, CBS ve ÇKKA yaklaşımlarının kullanılması birçok çalışmada önerilmektedir (Ayalew vd., 2004; Gamper vd., 2006; Fernandez ve Lutz, 2010; Dai vd., 2001; Joerin vd., 2001; Kolat vd., 2006; Selçuk, 2013).

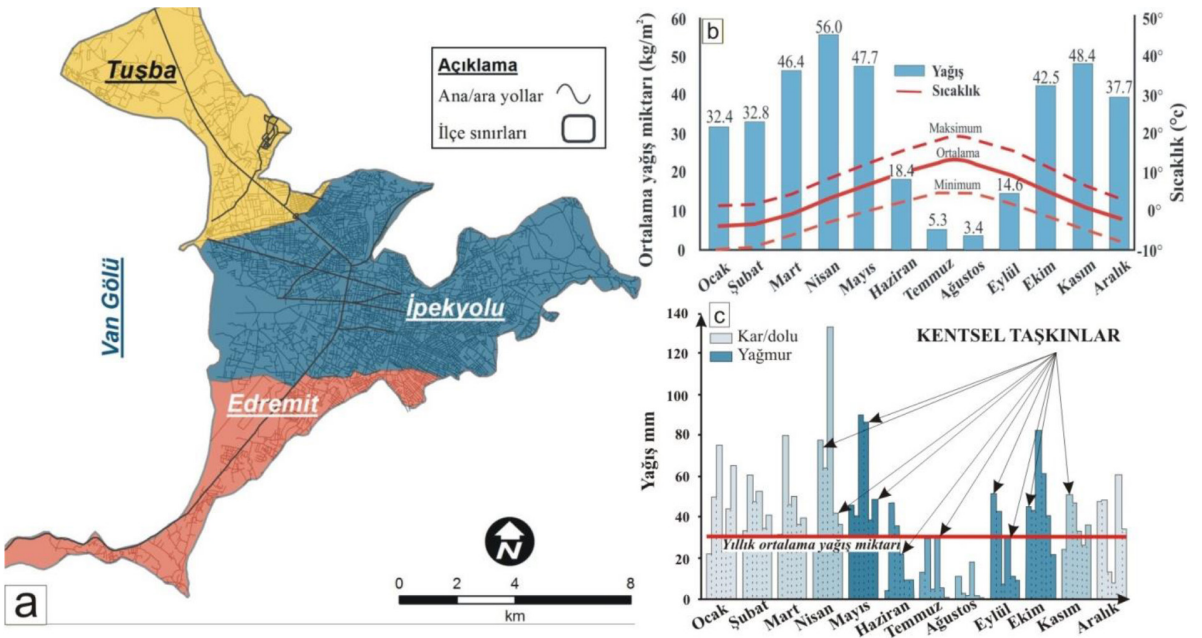
Bu çalışmanın amacı CBS tabanlı ÇKKA kullanılarak, Van merkez ilçelerinde taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasıdır. Çalışmada oluşturulan model 6 ayrı faktörü içermektedir. Bu faktörler litoloji, yeraltı su tablası derinliği, eğim, yükseklik, kanal mesafesi ve alan kullanımıdır. Duyarlılık modeli tüm tanımlı kriterlerin birbiri ile kıyaslanmasından oluşan karşılaştırma matrisi kullanılarak elde edilmiştir. Modelin güvenilirliği ve doğruluğu, söz konusu merkez ilçelerinde meydana gelen olayların model ile karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiştir.

### ÇALIŞMA ALANI

Van ili merkez ilçeleri, yaklaşık 1650 m ile 1770 m kotları arasında, Van Ovası üzerinde yer almaktadır. Ortalama yükseklik farkı (relief) 120 m'dir. Yerleşim alanının batı sınırını oluşturan Van Gölü kıyısında 1° ile 2° olan eğim değeri, doğu ve güney kesimlerde 6° ile kısmen 16° değerlerine ulaşmaktadır. Bu açıdan, Van ili merkez ilçeleri genel olarak düşük eğimli geniş düzlüklerden oluşmuş bir topografyaya sahiptir.

Çalışma alanı İpekyolu, Tuşba ve Edremit merkez ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 1a). Yaklaşık 116 km<sup>2</sup> içerisinde yer alan ilçe merkezlerindeki toplam nüfus 538.801' dir (TİK, 2015). Bu nüfusun %51'i eski yerleşim alanının da içinde bulunduğu İpekyolu ilçesindedir. Söz konusu ilçe yüksek katlı yapılaşmanın yoğun olarak gözleendiği merkez konumundadır. İpekyolu ilçesinin nüfus yoğunluğu, topografyası ve alan kullanımı Erek Dağı eteklerinden Van Gölü'ne doğru değişkendir. Edremit ve Tuşba ilçeleri ise göreceli olarak düşük katlı yapılaşmanın hâkim olduğu konut alanlarını içermektedir. Tarihsel süreç içerisinde, kent yaşamı ipekyolu (D300 Devlet Karayolu) ile demiryolu arasında gelişmeye başlamıştır. Süreç içerisinde kent ipekyolunun sağladığı ulaşım kolaylıkları ile beraber karayoluna ve karayolu aksı boyunca yayılmasını sürdürmüştür.

Bölgenin iklim durumu denizlerden uzak ve yüksek olmasından dolayı şiddetli karasal iklim tipidir. Bu iklim kendini özellikle çok soğuk ve uzun kışlarla belli eder. Sert ve uzun kışların hüküm sürdüğü bu yüksek bölüm içinde, nispeten



Şekil 1. a) Çalışma alanının yer bulduru haritası, b) Van il merkezi için ortalama yağış miktarı ve sıcaklık eğrileri, c) 2008-2013 yılları arasında meydana gelen taşkın olayları.

Figure 1. a) Location map of the study area, b) Annual average precipitations and temperature lines of Van Province, c) several flood events occurred between 2008 and 2013 years.

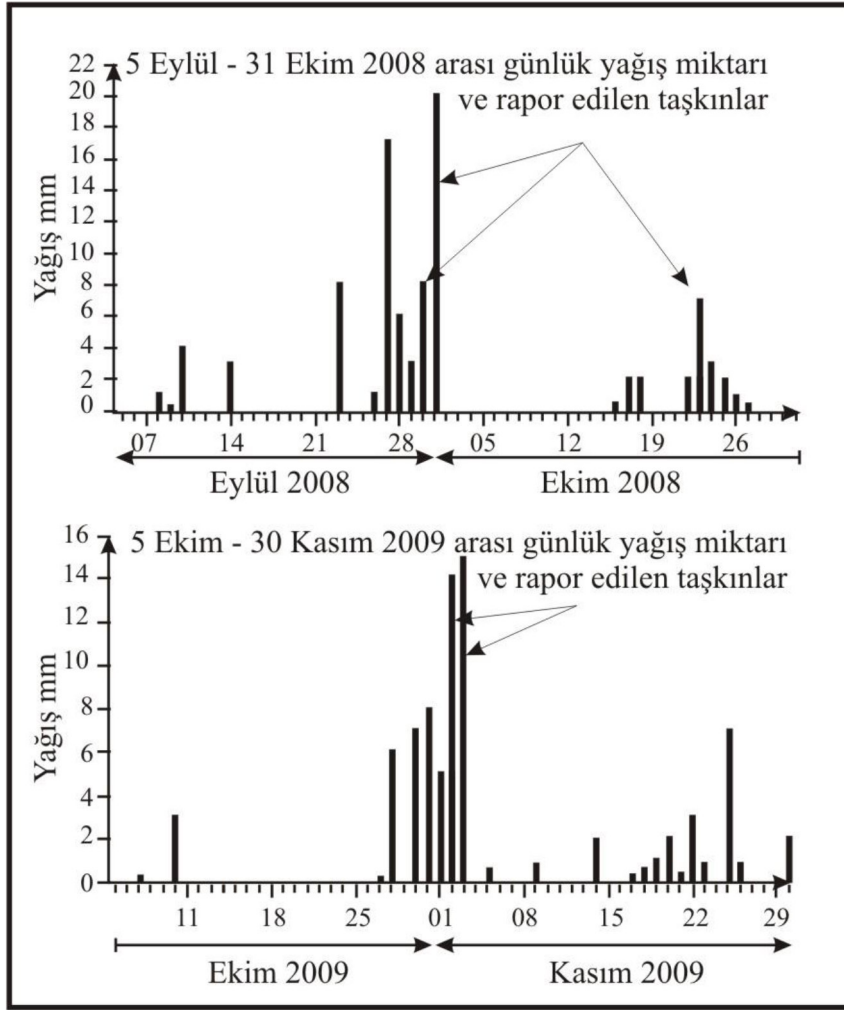
alçak kısımlar, özellikle Van gölü kıyılarında yer alan ovalar, kışların çok şiddetli olmadığı çukur alanlardır. Bu ovaların en büyüğü, merkez ilçe yerleşim alanlarının da üzerinde bulunduğu, Van Gölü'nün doğusunda, göl ile Erek Dağı arasında uzanan ve yüksekliği 1650-1850 m'ye varan Van Ovası'dır. Van ovasında kışlar, gölün yumuşatıcı etkisinden dolayı Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki diğer alanlar kadar şiddetli geçmediği gibi, yaz ayları sıcaklık değerleri de yüksek değildir (Kalelioğlu, 1991). 1950-2014 yılları arası istatistiksel verilere göre, yılın en soğuk ayı olan ocak ayının ortalama sıcaklığı  $-3.5^{\circ}\text{C}$ , en sıcak ay olan temmuz ayının ortalama sıcaklığı  $22^{\circ}\text{C}$  kadardır (MGM, 2015). Karasal tip yağış rejiminin görüldüğü ovada, kutupsal cephenin oluştuğu ve konvektif yağışların başladığı ilkbahar, yılın en yağışlı mevsimidir (Şekil 1b). Yıllık ortalama yağış miktarı  $385.7 \text{ kg/m}^2$ 'dir. Karasal yağış rejiminin görüldüğü ovada, yıllık yağışın % 28.5' i kış, % 37.5' i ilkbahar, % 6.5' i yaz ve % 27.5' i sonbahar aylarında meydana gelir.

Van Ovası'nı kateden en önemli drenaj hattı Engüsnar (Değirmendere) Çayı'dır. Dere kuzeydoğudan başlayarak ovanın kuzey kesimi boyunca devam eder. Ova içerisindeki hattı ise Akköprü Deresi'dir. Ovanın güney kısmında ise Erek Dağı etekleri boyunca devam eden Kurubaş (Doni Çayı) Deresi bulunur. Bu dere yan kollara ayrılarak ovanın güneydoğu kenarını izler. Bu ana dere yatakları ile birlikte ilkbahar döneminde karların erimesiyle oluşan mevsimlik dereler taşıdıkları sedimanlar ile ovadaki alüvyon birikim sürecini günümüzde sürdürür. Son yıllarda kent gelişimine paralel olarak, dere yatakları etrafında gelişen mahallelerdeki atıklar ve akarsuyun getirdiği blok boyutu malzeme, dere yataklarının drenaj kapasitesini etkilemiştir. Bu durumun en önemli örnekleri 1 Ekim 2008 ve 3 Kasım 2009 tarihlerinde anlık yağışlara bağlı olarak gelişen Tuşba ve İpekyolu ilçelerinde yaşanan ani taşkın olaylarıdır (Şekil 2). 1 Ekim 2008 tarihinde Akköprü ve Kurubaş dereleri taşmıştır. Tuşba ilçesinde İstasyon, Akköprü, Beyüzümü, Altıntepe, A. Gazi mahalleleri, İpek yolu ilçesinde ise Selimbey, Yenimahalle, Karşıyaka, Seyyit Fehim Arvası, Cevdetpaşa Mahalleleri ve yakın çevresi, Edremit ilçesinde ise Süphan mahallesi taşkından sıklıkla etkilenen

yerleşim alanlarıdır (Şekil 3). 3 Kasım 2009 tarihinde Akköprü Deresi'nin taşmasına bağlı olarak, dere yatağında bulunan Altıntepe mahallesindeki yaklaşık 20 konut ve geniş bir arazi su altında kalmıştır.

Yaklaşık son 15 yıllık dönemde rapor edilen taşkın olayları incelendiğinde, afetlerin merkez ilçeler için farklılık gösterdiği görülmektedir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi, İpekyolu ve Tuşba merkez ilçeleri, Edremit merkez ilçesine göre söz konusu afetlerden daha fazla etkilenmektedir. Bu durum, Edremit ilçesindeki yerleşim alanlarının büyük bir kısmının ilçenin güney ve güney doğusunda, yüksek kesimli alanlarda yer almasından kaynaklanır (Şekil 3 ve 4). Yüksek eğimli alanlarda yağmur suları eğim boyunca yüksek hız ile akarken, çok daha düşük eğime sahip Tuşba ve İpekyolu merkez ilçelerinde şiddetli yağışlar drenaj sistemlerini aşarak yüksek kapasitede yüzey akışlarına neden olmaktadır. Son yıllarda yaşanan su baskını olayları incelendiğinde, söz konusu olayların genellikle aylık ortalama yağışların üzerinde, aşırı yağışlara bağlı olarak meydana geldiği görülmektedir (Şekil 1c ve 5a). 2013 ve 2014 yılları Nisan ve Mayıs aylarında, şehir yaşamının yoğun olduğu İpekyolu ilçesinde, yaşanan su baskınları şehir yaşamını olumsuz yönde etkilemiş ve Cumhuriyet mahallesinde birçok işyeri zarar görmüştür. Van merkez ilçeleri için 1980-2015 yıllarına ait yağış verileri dikkate alındığı zaman, 1984 yılı Mayıs ayında en fazla yağışın meydana geldiği görülmektedir. Söz konusu bu yağış değerinin yineleme dönemi 36 yıl, olasılık değeri ise yaklaşık % 1'dir. Bölge için en yüksek yağış değerinin kısa dönem içerisinde oluşma olasılığı düşük olsa da, aylık ortalama değerlerin üzerinde meydana gelebilecek yağışların olasılığı oldukça yüksektir. Örneğin, 3 yıllık yineleme periyodu içerisinde Nisan ve Mayıs ayları için elde edilebilecek olan yaklaşık yağış değerleri sırasıyla 64 ile 60 mm'dir. Bu değerler söz konusu aylar için ortalamasının (ortalama; 56 mm ve 48 mm) üzerindedir (Şekil 5b). Aylık ortalama yağışlar için gerekli dönüş periyodu ise 2.1 yıldır ve oluşma olasılığı yaklaşık % 49' dur.

Diğer taraftan yaşanan su baskınlarının şiddetini arttırıcı yönde rol oynayan, yeraltı su seviyesi ve zemin doygunluğu önemli parametreler



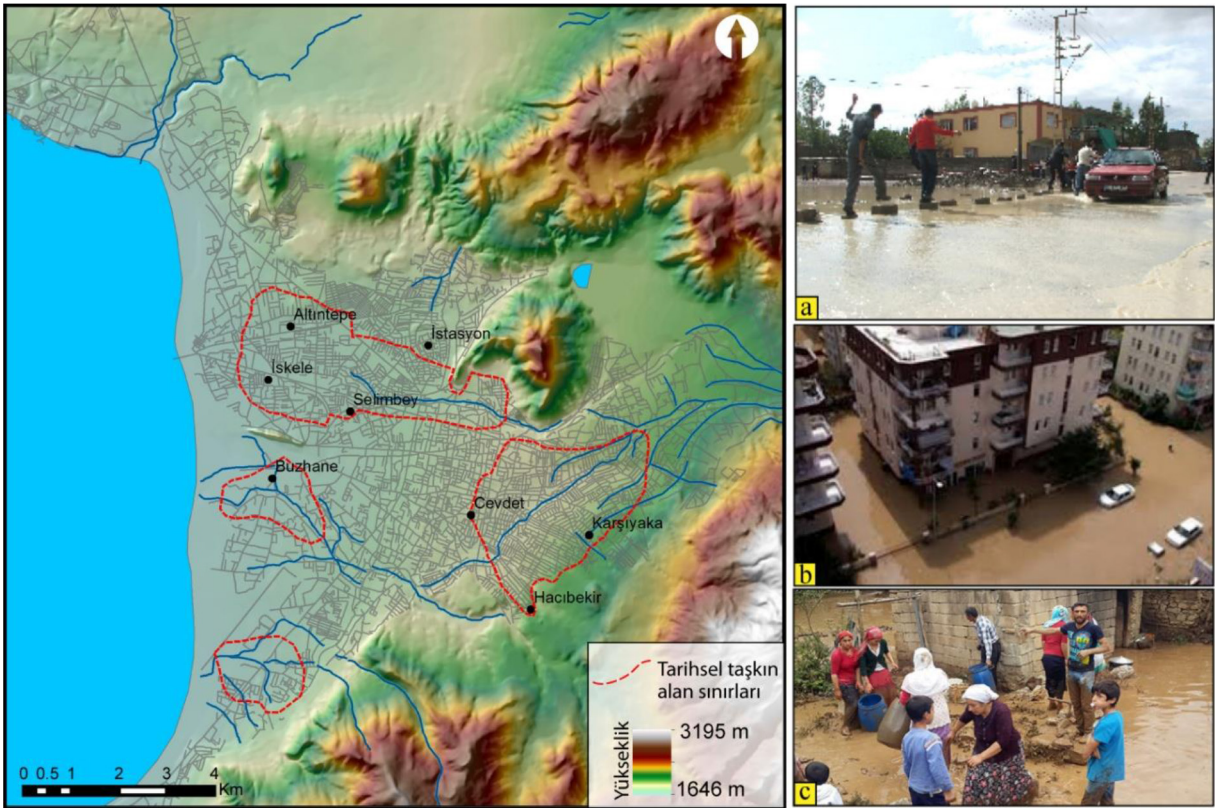
Şekil 2. 2008 ve 2009 güz döneminde günlük yağış miktarları ve rapor edilen taşkınlar.  
Figure 2. The daily rainfall amounts and the flood events reported in the fall of 2008 and 2009 years.

olsa da, özellikle yaz ayları sonrası anlık yağışlara bağlı olarak yaşanan taşkınlarda şehir yaşamını etkilemektedir. Yaz aylarının ortalama yağış yükseklikleri değerlendirildiğinde Eylül ve Ekim ayları sonlarında henüz zeminin doygunluğa ulaşması mümkün değildir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, 1 Ekim 2008 ve 3 Kasım 2009 tarihlerinde merkez ilçelerde meydana gelen taşkınlar yeraltı su seviyesinin düşük veya zeminin suya doymun olmadığı anlık yağışlara bağlı olarak gelişmiştir. Söz konusu afetler altyapının yetersiz veya zeminin yağışa kapalı olduğu alanlarda, anlık yağışlara bağlı olarak sıklıkla yaşanmaktadır. Dolayısıyla bölgede yaşanan taşkın olayları, jeolojik ve hidrojeolojik koşullar dışında, kontrolsüz yapılaşma ve yetersiz altyapı sistemleri

gibi yanlış arazi kullanımına sebep olan uygulamalardan da önemli derecede etkilenmektedir.

## YÖNTEM

Taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasında kullanılan akış şeması Şekil 6'da verilmiştir. Yöntemin ilk aşaması, kentsel taşkın potansiyelinin değerlendirilmesinde etkin faktörleri ve bu faktörlerin veri analizlerini içerir. Bu kapsamda mahalle bazında 1/1000 ölçekli hâlihazır imar paftalarından yararlanılarak, çalışma alanı için detaylı dijital yükseklik modeli (DEM) oluşturulmuştur. DEM kriging interpolasyon yöntemiyle 1 m x 1 m hücre boyutunda yüksek çözünürlük ile üretilmiştir. Söz konusu yükseklik modeli



Şekil 3. Van merkez ilçeleri için taşkın alan sınırları ve bazı taşkın/su baskını olaylarının a) Ekim 2008, b) Haziran 2012, c) Mayıs 2013 tarihli görüntüleri.

Figure 3. Flood areas for Van central districts and the views of some flood events in a) October 2008, b) June 2012, c) May 2013.

kullanılarak ilçe merkezlerine ait eğim katmanını oluşturulmuştur. Çalışma alanında yapılan önceki araştırmalardan, imar paftalarından ve çalışma kapsamında elde edilen sondaj verilerinden yararlanılarak bölgenin litoloji, yeraltı su seviyesi ve alan kullanımı gibi diğer katmanları üretilmiştir. Söz konusu her bir katman taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasında bir kriter olarak ele alınmıştır.

Yöntemin sonraki aşaması her bir CBS katmanı için ağırlık değerlerinin hesaplanmasıdır. Ağırlık değerlerinin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılmıştır. AHP, çok kriterli karmaşık karar problemlerinin analizinde yaygın olarak kullanılan matematiksel bir yöntemdir. AHP, 1/9 (az önem derecesi) ile 9 (çok önem derecesi) değerleri arasında bir karşılaştırma ölçeği kullanarak, matris içerisinde tanımlı her bir kriterin birbiriyle kıyaslanmasına ve her bir

kriter için yüzde cinsinden ağırlık değerlerinin belirlenmesine olanak tanır (Saaty ve Vargas, 1991).

AHP kendi içinde tutarlı bir sistematığe sahip olsa da, sonuçların gerçekçiliği doğal olarak, karar vericinin kriterler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığına bağlıdır. Dolayısıyla AHP bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için tutarlılık oranını (CR) önermektedir. CR, önemli kriterlerin ve dolayısıyla kriterler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesini sağlar. Saaty (1980) tutarlılık oranını (CR) hesaplamada aşağıdaki bağıntıyı önermiştir (Eşitlik (1)).

$$CR = CI/RI \quad (1)$$

Burada CI, tutarlılık değerindeki sapmayı belirleyen tutarlılık indeksi, RI ise karşılaştırmada

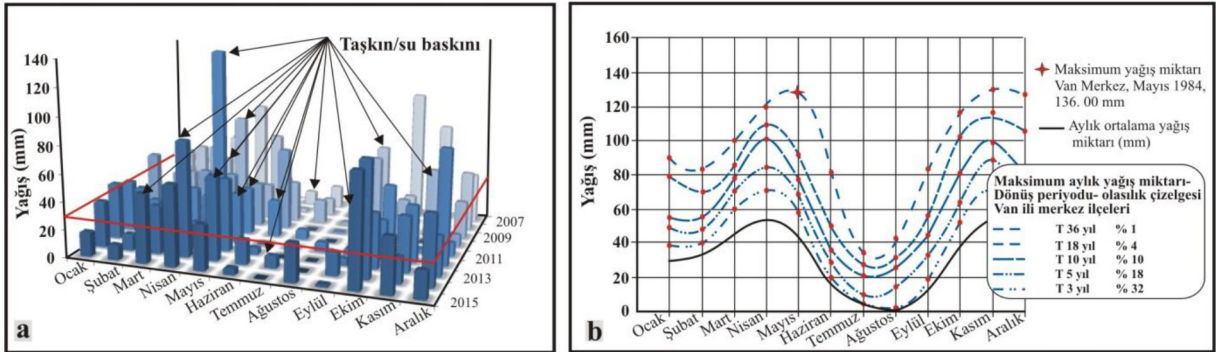
Çizelge 1. Van merkez ilçelerinde meydana gelen bazı taşkın olayları (AFAD, 2015).  
 Table 1. Some flood events occurred in the central district of Van (AFAD, 2015).

İPEKYOLU		TUŞBA		EDREMİT	
YER	TARİH	YER	TARİH	YER	TARİH
Merkez	16/04/2003	Akköprü, Mh	01/10/2008	Süphan Mh	30/09/2008
Araştırma H	18/09/2003	Beyüzümü Mh	01/10/2008	Süphan Mh	01/10/2008
Cumhuriyet Cad	06/03/2004	A.Gazi Mh	01/10/2008	Merkez	25/09/2011
Merkez	04/06/2007	A.Yesivi İÖO	21/11/2008		
Merkez	14/06/2007	Seyrentepe Mh	02/11/2009		
Merkez	24/05/2007	Akköprü Mh	03/11/2009		
Hacıbekir Mh	30/09/2008	Altıntepe Mh	03/11/2009		
Karşıyaka Mh	30/09/2008	E. Vakfi İÖO	03/11/2009		
S. F. Arvasi, Mh	01/10/2008	Istasyon Mh	09/04/2009		
Yeni Mh	01/10/2008	Istasyon Mh	09/03/2009		
Cevdetpaşa Mh	01/10/2008	A.Yesevi İÖO	11/04/2011		
Z. Hanım Cad	23/10/2008	Mar. Sitesi	27/04/2011		
Merkez	02/11/2009	Merkez	04/05/2011		
Merkez	12/06/2011	Merkez	02/05/2011		
Merkez	30/05/2011	İstasyon Mh	25/06/2012		
Kumru Sk	19/05/2011	İskele, Vatso	20/05/2013		
Merkez	22/04/2011	Altıntepe Mh	22/04/2014		
Yeraltı Çarşısı	20/05/2013	Beyüzümü Mh	22/04/2014		
Merkez	23/07/2014				
Yeni Mh	22/04/2014				
Hacıbekir Mh	22/04/2014				
Karşıyaka Mh	22/04/2014				
Halılağa Mh	22/04/2014				
Selimbey Mh	22/04/2014				
Cevdetpaşa Mh	22/04/2014				
Yeraltı çarşısı	01/05/2014				
Selimbey Mh	16/02/2015				
Kale Alanı	30/03/2015				

Not: yağış değerleri Şekil 5a' da verilmiştir.



Şekil 4. Van merkez ilçeleri tanımlayan genel görüntüler.  
Figure 4. General views of Van central districts.



Şekil 5. a) Van merkez ilçeleri için 2007-2015 yılları arası yağış verileri ve su baskını olayları, b) 1980-2015 yılları arası yağış verilerine bağlı olarak hazırlanan yağış-olasılık ve dönüş periyodu ilişkileri.  
Figure 5. a) Precipitation data and flooding events between 2007 and 2015 years for Van central districts, b) precipitation, probability and return period relations obtained from 1980 -2015 years.

kullanılan kriterlerin sayısına bağlı standart düzeltme değeridir. (2) no.lu eşitlik kullanılarak tutarlılık indeksi değeri elde edilir.

$$CI = \frac{(y_{maks} - n)}{n - 1} \quad (2)$$

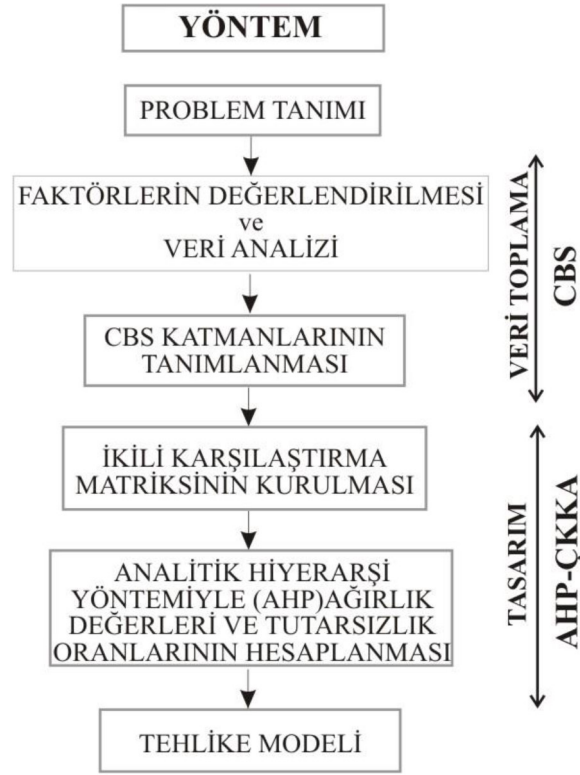
Sayısal değerler açısından, kriterin önem değerlerinin ağırlık değerlerine bölümünden elde edilen eşik değeri ( $y_{maks}$ ), her zaman karşılaştırma yapılan kriterlerin sayısına (n) eşit veya eleman sayısından büyük bir değere sahiptir. Hesaplanan CR değerinin 0.10' dan küçük olması karar

vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10 değerinden büyük olması bir hesaplama hatasını ve/veya karar vericinin karşılaştırmadaki tutarsızlığını göstermektedir.

## FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÇKKA ile birbirinden farklı özelliğe sahip ve bağımsız faktörler bir arada değerlendirilir. Böylelikle, çok daha güvenilir sonuçların elde





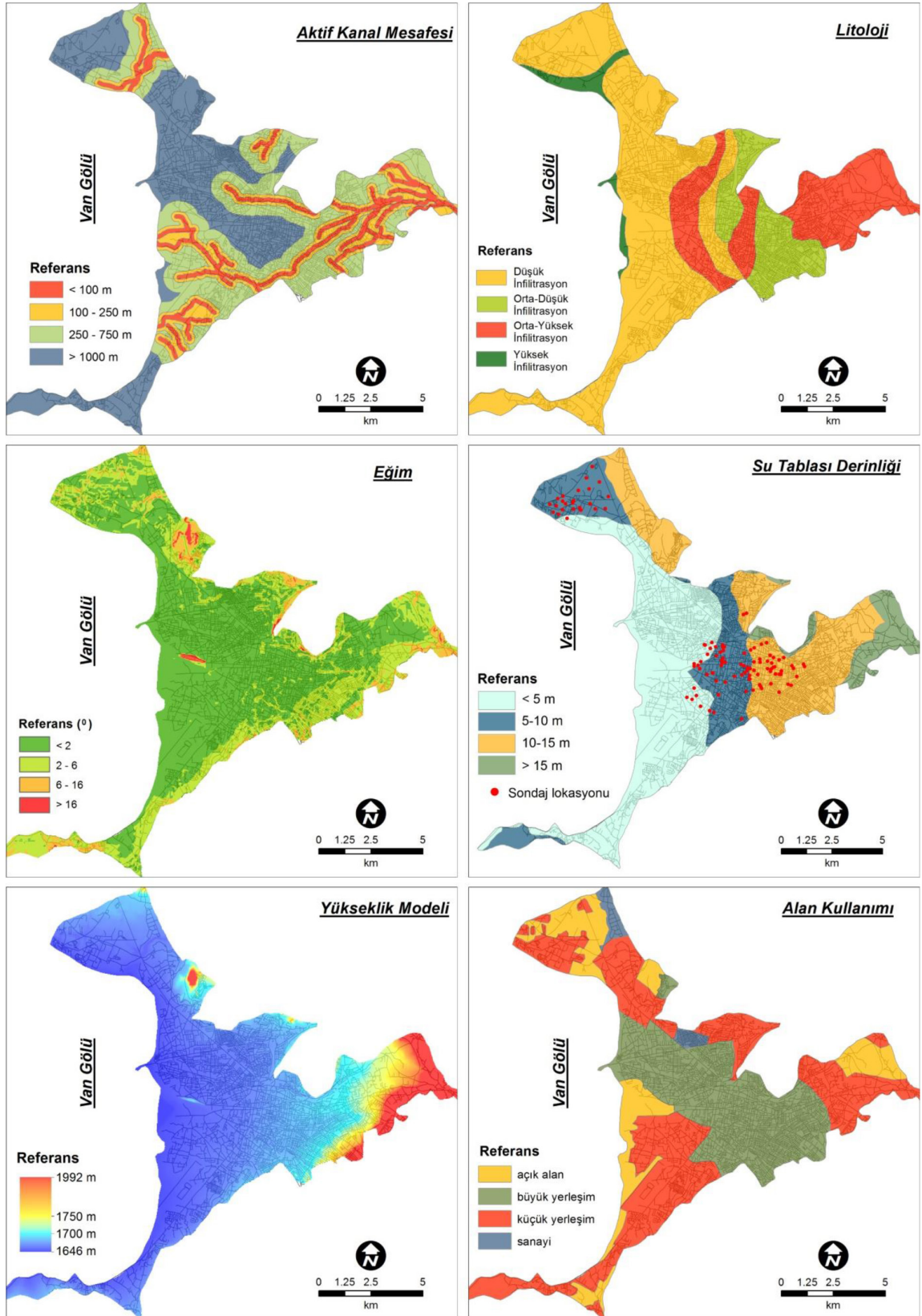
Şekil 6. Taşkın duyarlılık değerlendirmesi için akış şeması.  
Figure 6. Flowchart of procedure for flood assessment.

edilmesi ve karar verme sürecinde birden fazla alternatifin değerlendirilmesi sağlanır. Taşkın duyarlılık değerlendirmesinde, ÇKKA ile çok sayıda faktör birlikte değerlendirilmiştir. Bölgeye olan yağış miktarı ve iklimsel meteorolojik bileşenler günlük hava durumu ile ilişkilidir ve sürekli değişim gösterirler. Bu nedenle, çalışmada meteorolojik veriler yerine, çok daha süreklilik gösteren, şehirleşmenin hidrojeolojik etkisi ve jeolojik durum üzerinde durulmuştur. Şehirleşme süreci içerisinde, doğal jeolojik ortam geçirimsiz olabileceği gibi, bina ve yollar ile geçirimsiz yüzeylerin oluşturulması da söz konusudur. Dolayısıyla, ana akış yollarının değişmesi ve potansiyel sızma miktarının azalması taşkın tehlikesini artırır. Çalışmada taşkın duyarlılığını değerlendirmek için, şehirleşme sürecine ve jeolojik duruma bağlı olan hidrojeolojik etkiler dikkate alınarak, 6 ayrı faktör içerisinde değerlendirme yapılmıştır (Şekil 7). Bu önemli faktörler, litoloji, su tablası derinliği, eğim, yükseklik, kanal mesafesi ve alan kullanımıdır. Taşkın duyarlılık

modelinin değerlendirilmesinde kullanılan her faktöre ait ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

### Eğim

Eğim değerleri potansiyel taşkınların değerlendirilmesinde önemli bir arazi parametresidir. Literatürdeki sonuçlara göre su toplama havzaları 4 grup içerisinde değerlendirilmektedir. İlk grup arazi eğim değerlerinin  $2^\circ$ 'den az olduğu durumdur. Bu grupta taşkın olayları topografyaya oldukça duyarlıdır. Eğim değerlerinin  $2^\circ$  ile  $6^\circ$  arasında olması durumunda yine topografyaya olan duyarlılık yüksektir ancak ilk gruptan daha düşük bir duyarlılık söz konusudur. Eğim değerlerinin  $6^\circ$  ile  $16^\circ$  arasında olması durumunda az duyarlılık söz konusu iken, eğim değerlerinin  $16^\circ$ 'den yüksek olması durumunda taşkın parametreleri topografya için önemli değildir (Masoudian, 2009). Genellikle eğimin düşük olduğu düz alanlar yüzey akışının düşük olduğu geçici su toplanma alanlarıdır.



Şekil 7. Taşkınların değerlendirilmesi için CBS katmanları ve alt kriterleri.  
Figure 7. GIS layers and their criteria for flood assessment.

Çalışma alanının genel akış yönü doğudan batıya doğrudur. Eğim değerleri genellikle 16°' den batıya doğru 2° arasında değişmektedir. Çizelge 2'de verildiği gibi eğim değerleri 4 grup içerisinde değerlendirilmiştir.

### Kanal Mesafesi

Drenaj kanalına olan uzaklık, kent planlamasında özellikle taşkın açısından önemli bir faktördür. Çünkü yerleşim alanlarında meydana gelen taşkın olaylarında en çok etkilenen kesimler

Çizelge 2. Her bir katman içerisindeki kriterlerin ağırlık değerleri.  
Table 2. Assigned weight values for criteria in each layer.

Katmanlar	Ağırlık	Kriter	Değerler
Aktif kanal mesafesi	0.3012	>750	0.5791
		750-250	0.2326
		250-100	0.1213
		<100	0.0670
		<b>Tutarsızlık oranı: 0.007625</b>	
Litoloji	0.2126	Yüksek infiltrasyon	0.6273
		Yüksek-orta infiltrasyon	0.2033
		Orta-düşük infiltrasyon	0.1084
		Düşük infiltrasyon	0.0610
<b>Tutarsızlık oranı: 0.012359</b>			
Eğim	0.2365	>16°	0.5923
		16°-6°	0.2724
		6°-2°	0.0844
		<2°	0.0508
<b>Tutarsızlık oranı: 0.017831</b>			
Su tablası derinliği	0.0842	>15	0.6678
		15-10	0.1971
		10-5	0.0703
		<5	0.0647
<b>Tutarsızlık oranı: 0.01935</b>			
Yükseklik	0.0985	>1770	0.6644
		1770-1750	0.1815
		1750-1700	0.0981
		<1700	0.0559
<b>Tutarsızlık oranı: 0.016383</b>			
Alan kullanımı	0.0669	Açık alan	0.5967
		Sanayi	0.2819
		Büyük yerleşim	0.0627
		Küçük yerleşim	0.0586
<b>Tutarsızlık oranı: 0.015675</b>			

drenaj kanallarına yakın olan mesafelerdir (Weli ve Oye, 2014). Drenaj havzası içerisinde insan faaliyetleri, dere yatağının değiştirilmesine bağlı olarak olası su baskını potansiyelini arttırmaktadır. Çalışmada kanal mesafe aralıkları 100 m'den küçük, 100 m ile 250 m, 250 m ile 750 m ve 750 m'den büyük olacak şekilde tampon bölgelere ayrılmıştır.

### **Yükseklik**

Yağış, sıcaklık ve rüzgar gibi meteorolojik faktörler yüksekliğe bağlı olarak değişim gösterirler. Genel olarak yüksek rakımlarda, yağış tipi ve rüzgâr küresel kuşaklara bağlı olarak değişim gösterirler. Özellikle düşük kotlarda nispeten sıcak hava koşullarına bağlı olarak yağış tipi yağmur olarak yüze düşer. Ayrıca yükseklik, taşkın yönünün kontrolünde ve yeraltı su tablası derinliği içinde önemli bir rol oynar (Fernandez ve Lutz, 2010).

Çalışma alanı, 1650 m ile 1770 m yükseklik değerleri içerisinde değişen düşük eğimli Van Ovası üzerinde bulunmaktadır. Yükseklik değerleri doğuya doğru gidildikçe artmaktadır. Oluşturulan dijital yükseklik modelinde 4 ana grup içerisinde değerlendirilme yapılmıştır. 1770 m ile 1800 m yükseklik değerleri taşkın duyarlılığının düşük olduğu en uygun yükseklik değerleridir. 1700 m ve daha düşük yükseklik değerleri potansiyel taşkın meydana gelebileceği uygun olmayan yükseklik değerleri olarak tanımlanmıştır. 1750 m-1770 m ve 1750 m-1700 m yükseklik değer aralıkları ise orta gruplar olarak değerlendirilmiştir.

### **Litoloji**

Litoloji yüzey akışını etkilemesi nedeniyle önemli bir faktördür. Örneğin karstik bir yapı ani taşkın oluşumunu engellerken, düşük geçirgenliğe veya infiltrasyona sahip fliš veya Neojen yaşlı sedimanlar taşkın duyarlılığını arttırmaktadır (Bonacci vd., 2006; Kourgialas ve Karatzas, 2015). Çalışmada sondaj verileri kullanılarak Plio-Kuvaterner yaşlı sedimanların geçirgenlik değerleri dikkate alınarak 4 ana grup içerisinde değerlendirilme yapılmıştır. Bu gruplar yüksek infiltrasyon (SP), yüksek-orta infiltrasyon (SM),

orta-düşük infiltrasyon (ML-MH) ve düşük infiltrasyon (CL-CH) olarak değerlendirilmiştir.

### **Su Tablası Derinliği**

Sızma kapasitesi yeraltı suyunun derinliğinden etkilenir. Özellikle ilkbahar aylarında yağışların artması ve karların erimesine bağlı olarak yeraltı su seviyesi yüze yaklaşmakta ve zemin uygun hale gelmektedir. Bu durum söz konusu akış miktarını da arttırmaktadır. Havzanın depolama kapasitesinin belirlenmesinde, efektif su tablası derinliğinin bilinmesi gerekliliğine birçok çalışmada değinilmiştir (Trosh vd.,1993; Yin ve Li, 2001; Fernandezve Lutz, 2010). Bu çalışmada elde edilen yeraltı su tablası derinlikleri, mahalle bazında yapılan sondaj çalışmaları ile bölgede önceki dönemlerde yapılan jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalardan elde edilen verilerin birlikte korele edilmesiyle oluşturulmuştur. Ancak çalışma alanının litolojik ve benzer olarak hidrojeolojik parametreleri anlık olarak değişkenlik sergileyebilmektedir. Özellikle veri yetersizliği olan alanlarda yapılan kısıtlı sayıdaki çalışmalardan elde edilen verilerin süreklilik gösterdiği kabul edilmiştir (Şekil 7). Çalışmada 15 m'den daha derinde bulunan yeraltı su tablası değerleri taşkın tehlikesinin düşük duyarlılığa sahip olduğu bir kriter olarak değerlendirilmiştir. 0 ile 5 m arasında değişen yeraltı su seviyesi değerleri ise taşkın için elverişli koşullar sağlamaktadır. 5 m ile 10 m ve 10 m ile 15 m derinlikler ise diğer kriterler olarak değerlendirilmiştir.

### **Alan Kullanımı**

Bina, yol, otopark gibi asfaltlanmış alanlar zeminin sızma kapasitesini ve akış miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Şehirleşmede tipik olarak yüzey suyu ve tahliye edilecek suyun miktarı artmaktadır. Söz konusu mahallelere ait alan kullanım sınıflaması, şehir imar planı dikkate alınarak yapılmıştır. Burada sayısal değerler olarak hektar başına düşen konutların sayısı dikkate alınmıştır. Bu aynı zamanda şehrin yoğunluk (R) kodunu oluşturmaktadır. Örneğin R35 hektar başına 35 konut demektir. Her yoğunluk kodu da minimum veya ortalama taban alanı gereksinimlerini getirir. Bu değerler uluslararası tasarım kodları içerisinde tanımlıdır. Van için ortalama

olarak R17 yoğunluk kodu hesaplanmıştır. Bu kod değeri azami 500 m<sup>2</sup> gereksinimini sunmaktadır. Elbette ki bu ortalama değer, şehrin cazibe noktalarına veya mahallelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu değerden daha küçük olan alanlar daha yoğun yapılaşmanın olduğu, daha büyük değerler ise seyrek yapılaşmanın olduğu alanları tanımlar. Buna göre çalışma alanı; açık alanlar (tarım ve park alanları), sanayi (ticari ve iş merkezleri), büyük (<500 m<sup>2</sup>) ve küçük (>500 m<sup>2</sup>) yerleşim alanları olmak üzere 4 ayrı bölge içerisinde değerlendirilmiştir.

### DUYARLILIK MODELİNİN OLUŞTURULMASI

6 ayrı CBS kriteri ve her CBS katmanı içerisinde tanımlı faktörlerin ağırlık değerleri ikili karşılaştırma matrisi temel alınarak belirlenmiştir. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken, yukarıda tanımlı her bir kriterin önem derecesi mühendislik bakış açısı içerisinde değerlendirilmiştir. Karşılaştırma matrisleri içerisinde elde edilen her bir katman içerisinde tanımlı faktörlerin ağırlık değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Karşılaştırma matrislerinden elde edilen tutarsızlık oranı (CR) değerleri, Saaty (1980) tarafından önerildiği gibi 0,10 değerinden küçüktür.

Her bir kriterin ağırlık değeri, CBS katmanlarında tanımlı gerçek veriye bağlı olarak değerlendirilmektedir. Ancak, (AHP) içerisinde kriterlerin önem derecesi, bu konuda uzman kişinin mühendislik yargısına bağlı olduğundan dolayı

oldukça subjektiftir. Bu kişisel yargıyı önlemek için, Çizelge-3’de görüldüğü gibi her bir katman için ağırlık değerlerinin belirlenmesinde, bölgeyi tanıyan, konusunda yeterli bilgi ve beceriye sahip farklı uzmanların önem dereceleri hakkındaki değerlendirmeleri dikkate alınmıştır. Taşkın duyarlılık değerlendirmesinde uzmanların vermiş olduğu yüksek önem dereceleri aktif kanal mesafesi ve eğim katmanları üzerinedir. Bu katmanların ağırlık değerleri diğer katmanlara oranla daha yüksektir. Litoloji katmanı üzerinde ise genel olarak uzmanlar eşit derecede bir değerlendirmede bulunmuşlardır. Diğer CBS katmanları ise (yükseklik, su tablası derinliği ve alan kullanımı) göreceli olarak daha az önem derecesine sahiptir. Modelin oluşturulmasında her bir kriter için uzmanlar tarafından verilen ağırlık değerlerinin ortalaması kullanılmıştır. Ortalama ağırlık değerlerine göre söz konusu faktörlerin önem sırası; aktif kanal mesafesi, eğim, litoloji, yükseklik, su tablası derinliği ve alan kullanımı şeklindedir.

Çalışmada her bir CBS katmanı kendi içerisinde alt kriterlere ayrılmıştır. Dolayısıyla, taşkın modelinin elde edilmesinde 6 ayrı CBS katman içerisinde, tanımlı 24 ayrı kriterin ağırlık değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Söz konusu modelin oluşturulmasında kriterlerin ağırlık değerleri aşağıdaki ilişki ile belirlenmiştir.

$$H_i = \sum w_i x_i \quad (3)$$

Çizelge 3. 4 ayrı uzmana göre Van il merkezinde taşkın duyarlılığı için CBS katmanlarının ağırlık değerleri.

Table 3. Assigned weight values of GIS layers for flood susceptibility in Van city according to 4 experts.

CBS katmanları	Yazarlar	Uzman A	Uzman B	Uzman C	Ortalama
<b>Aktif kanal mesafesi</b>	0.4872	0.1347	0.1244	0.4587	0.3012
<b>Litoloji</b>	0.2287	0.2035	0.1244	0.2941	0.2126
<b>Eğim</b>	0.1289	0.3653	0.3641	0.0877	0.2365
<b>Su tablası derinliği</b>	0.0638	0.0809	0.1244	0.0675	0.0841
<b>Yükseklik</b>	0.0503	0.0809	0.212	0.0508	0.0985
<b>Alan kullanımı</b>	0.0411	0.1347	0.0507	0.0412	0.0669
<b>Tutarsızlık Oranı(CR)</b>	0.016279	0.012376	0.009876	0.015271	0.0134505

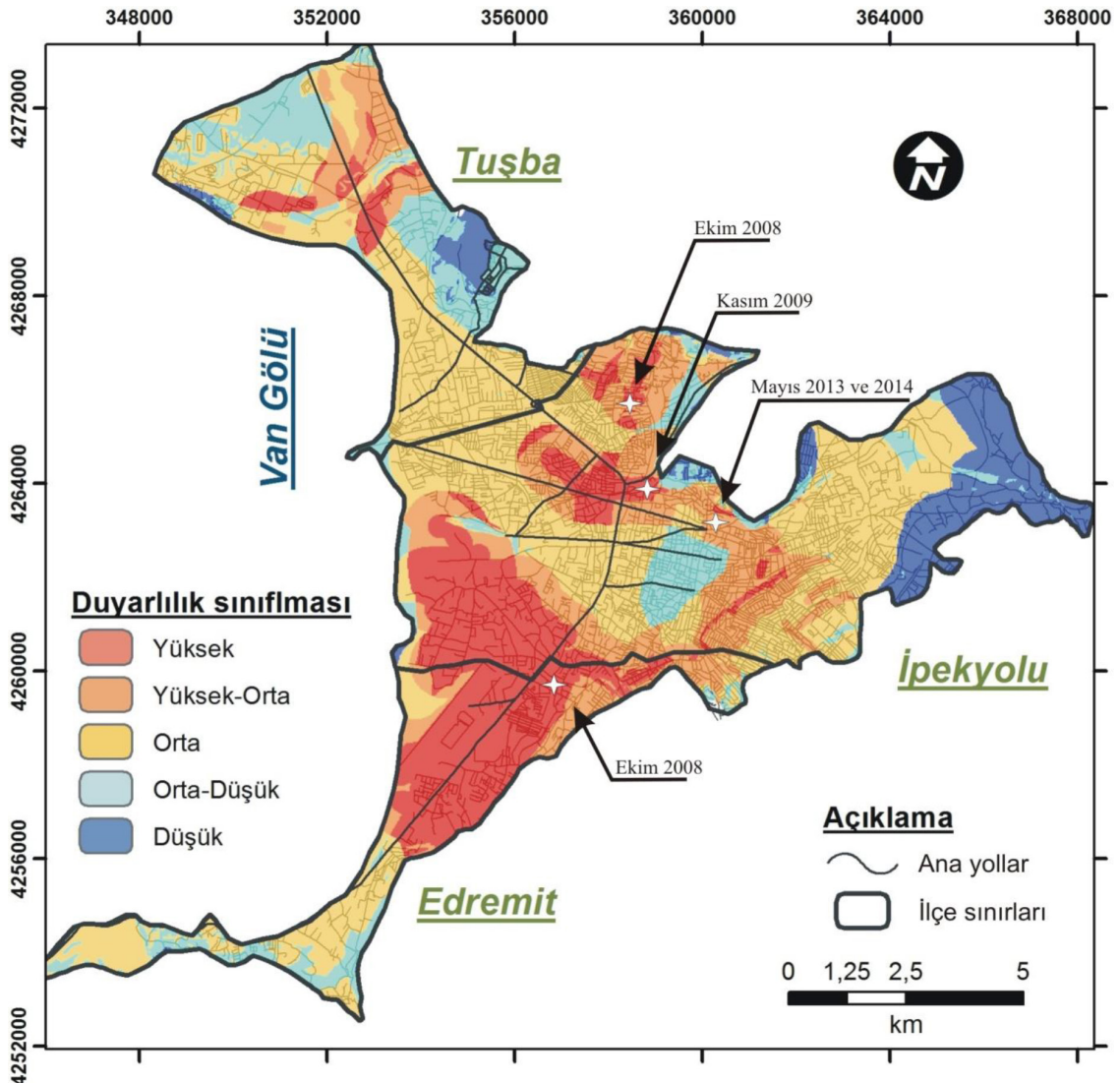
Burada,  $H_i$  model haritanın piksel ağırlık değeridir.  $w_i$  her bir CBS katmanı için belirlenen ağırlık değeri,  $x_i$  ise her bir CBS katmanında tanımlı alt kriterlerin (i) ağırlık değeridir.

Çalışma alanı için oluşturulan duyarlılık modeli 5 ayrı bölgeye ayrılmıştır (Şekil 8); Yüksek Duyarlılık, Yüksek-Orta Duyarlılık, Orta Duyarlılık, Orta-Düşük Duyarlılık ve Düşük Duyarlılık. Modelde bölgelerinin sınır ağırlık değerleri belirlenirken, doğal kesiklik sınıflaması (Natural Breaks Classification) yöntemi kullanılmıştır. Jenks optimizasyonu olarak bilinen yöntem, veriyi en ideal

ayrım ile sınıflara ayırmaktadır. Yöntemdeki sınır değerlerin elde edilmesinde, her sınıfta gözlenen değerler ile ortalama değerler arasındaki farkların kareler toplamlarının tekrarlı karşılaştırması dikkate alınmaktadır (Jenks, 1967). Bölgeleri tanımlayan bu sınır değerlerin uygunluğu, söz konusu faktörlerin önem derecesine bağlı olarak ayrıca değerlendirilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Taşkın duyarlılık modelinin oluşturulmasında CBS tabanlı ÇKKA yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 8. Çalışma alanının taşkın duyarlılık modeli.  
Figure 8. Flood susceptibility model of the study area.

Yöntem birçok faktörün birlikte değerlendirilmesinde ortaya çıkan problemlerin pratik olarak çözümlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesinde ve çok sayıdaki verinin bütünleştirilmesinde yöntemin kapasitesi ve kolaylığı, doğal afetlerin farklı faktörler içerisinde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Bu kapsamda oluşturulan duyarlılık modelinde, İpekyolu ilçesi yüksek duyarlı alanları içermektedir. Yüksek duyarlı alanlar İpekyolu merkez ilçesinin toplam alanının yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır. Söz konusu ilçede taşkın duyarlılığının çok yüksek olduğu mahalleler Hatuniye, Buzhane, Alipaşa, S.Fehim Avrasi, Yeni mahalle ve Cevdetpaşa mahalleleridir. Taşkın yüksek olduğu mahalleler ise Selimbey, Yalı, Cumhuriyet ve Esenler mahalleleridir. Taşkın duyarlılığının orta ve düşük olduğu mahalleler ise Şerefiye ve Serhat mahalleleridir. Tuşba ilçesinde ise Akköprü, İstasyon, Beyüzümü, Altıntepe ve Abdurrahman Gazi mahalleleri yüksek duyarlı bölgeler içerisinde yer alırken, Edremit ilçesinde Şabaniye ve Süphan mahalleleri dışında genellikle orta ve kısmen düşük duyarlılık söz konusudur. 3 ayrı merkez ilçe dikkate alındığı zaman, yüksek duyarlı alanlar toplam alanın % 19.9'ünü oluşturmaktadır. Yüksek-orta ile orta duyarlı alanlar ise sırasıyla toplam alanın % 18.4 ve % 39.8'ini oluşturmaktadır. Bu değerler merkez ilçelerin önemli bir bölümünün olası bir taşkın olayında yüksek derecede etkilenebileceğini göstermektedir. Nitekim oluşturulan modelde yüksek duyarlılığa sahip mahallelerin büyük bir kesimi 1 Ekim 2008 ve Kasım 2009 tarihlerinde meydana gelen taşkın olaylarından aşırı derecede etkilenmiştir (AFAD, 2015). Dolayısıyla, taşkın potansiyeli yüksek olan bölgelerde yaşayan insanların güvenliği ve taşkın olaylarına karşı etkin bir planlama için, oluşturulan duyarlılık modeli yararlı bilgiler sağlayabilir. Bu kapsamda yapılacak olan uygulamalarda öncelik bu alanlarda, yoğunluğun fazla olduğu idari merkezlere verilmelidir.

Geliştirilen model, taşkından etkilenen alanlar ile karşılaştırıldığı zaman tutarlı sonuçlar sağlamaktadır (Şekil 8). Ayrıca modelde olası bir taşkın olayında çok daha geniş alanların yüksek derecede etkilenebileceği görülmektedir. Bu

durum oluşturulan modelin çok sayıdaki faktörü birlikte değerlendirmesinden kaynaklanmaktadır. Her ne kadar modelde aktif kanal mesafesi ve eğim önemli faktörler olsa da, merkez ilçelerindeki jeolojik durum, alan kullanımı, yeraltı su tablası derinliği ve yükseklik değerleri de taşkın duyarlılığını tanımlamada gerçeğe yakın sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Söz konusu bu faktörler modelde tanımlı yüksek duyarlı bölgelerin çok daha geniş alanlar kaplayabileceğini göstermiştir.

Oluşturulan duyarlılık modeli geliştirilmiş bir yöntemi uygulayarak dijital formda oluşturulmuştur. Dolayısıyla, veri yetersizliği olan alanlarda güncellenerek, bu kapsamda çalışan kurum ve kuruluşlar arasında paylaşım yapılarak çok daha sağlıklı değerlendirmelerin elde edilmesi sağlanabilir. Ayrıca ülkemizin jeolojik, jeomorfolojik yapısı ve sahip olduğu iklimsel özellikleri her an can ve mal kaybına yol açabilecek doğal afetlerle karşılaşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmadan elde edilen sonuçların ve kullanılan yöntemin, meteorolojik parametrelerle birlikte yeniden değerlendirilmesiyle, henüz uygulama alanı bulamamış yerleşim alanlarında "Planlı Kentleşme" kavramına mühendislik jeolojisi açısından bir çözüm sağlayabileceği de açıkça görülmektedir.

## SONUÇLAR

Van ili merkez ilçelerinin taşkın duyarlılık değerlendirmesi, bölgenin jeolojik, jeomorfolojik ve alan kullanımı dikkate alınarak CBS tabanlı olarak dijital ortamda gerçekleştirilmiştir. Aktif kanal mesafesi, jeolojik durum ve eğim değerleri, taşkın duyarlılığını değerlendirmede önemli faktörler olarak ele alınmıştır. Oluşturulan modele göre, yüksek ve yüksek-orta duyarlı alanlar, toplam alanının % 39'ünü oluşturmaktadır. Yüksek ve yüksek-orta duyarlılığa sahip alanlar, bölgede meydana gelen taşkın olayları ile oldukça uyumludur. Bu alanlar özellikle İpekyolu ilçesinin kuzeydoğu ve güneybatı mahalleleri ile Edremit ve Tuşba ilçelerinin kuzeydoğu mahalleleridir. Bu alanlar özellikle ana drenaj kanalına yakın olup, aynı zamanda düşük eğimli ve litojeolojik olarak geçirimsiz birimler üzerinde yer almaktadır. İpekyolu ilçesinin merkez kesiminde

şehir yaşamı oldukça yoğundur. Bu alanlarda bina ve yol gibi drenaja kapalı yüzeylerin geniş bir alan kaplaması, özellikle bahar aylarında aşırı yağışlarla birlikte su baskını olaylarının sıklıkla gelişmesine neden olmaktadır.

Çalışmada uygulanan yöntem doğal afetlere karşı güvenilir ve sağlıklı bilgilerin elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu kapsamda üretilen duyarlılık modeli, özellikle yüksek duyarlı alanlarda, taşkına karşı yapılacak olan uygulamaların çok daha planlı ve sağlıklı bir şekilde yürütülmesinde önemli rol oynayacaktır. Ayrıca modelin oluşturulmasında, veri yetersizliği olan alanlarda güncellenerek ve/veya bu kapsamda çalışan kurum ve kuruluşlar arasında paylaşım yapılarak çok daha sağlıklı değerlendirmelerin elde edilmesi mümkündür. Oluşturulan duyarlılık modeli taşkın afetlerinde ilk aşamada meydana gelebilecek olan tehlikenin boyutlarını değerlendirmek amacıyla ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından kullanılmalıdır. Bu kapsamda güvenilir yağış ve akış verileri ile birlikte çok daha güvenilir tehlike modellerinin oluşturulması sağlanabilir.

### KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışma kapsamında, değerli görüşlerinden dolayı, Doç.Dr. Harun Aydın'a (Yüzüncü yıl Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü), Yrd.Doç.Dr. Serkan Üner'e (Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve Yrd.Doç. Dr. Turgay Beyaz'a (Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü) ve makalenin değerlendirilme aşamasında öneri ve düzeltmeleri ile katkı sağlayan hakem Dr. İbrahim Uçar'a ve ismi belirtilmeyen diğer hakemlere teşekkürlerini sunarlar.

### KAYNAKLAR

- AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2008. Türkiye'de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bölgeleri envanteri (Editörler; Oktay Gökçe, Şenay Özden ve Ahmet Demir), Ankara, 127 sayfa.
- AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2015. Türkiye ulusal afet arşivi, <https://>

[tuaatest.afad.gov.tr/main.jsp](http://tuaatest.afad.gov.tr/main.jsp), 15 Mart 2015.

- Ayalew, L., Yamagishi, H., and Ugawa, N., 2004. Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination: The case in Tsugawa area of Agano River. *Landslides*, 1, 73–81.
- Bonacci, O., Ljubenkov, L. and Roje-Bonacci, T., 2006. Karst flash floods: an example from the Dinaric karst (Croatia). *Natural Hazards and Earth System Sci.* 6 (2), 195-203.
- Büchle, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., and Nestmann, F., 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6, 485-503.
- Dai, F.C., Lee, C.F., and Zhang, X.H., 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology*, 61, 257–271.
- Gamper, C., Thoni, M., and Weck-Hannemann, H., 2006. A conceptual approach to the use of cost benefit and multi criteria analysis in natural hazard management. *Natural Hazards and Earth System Science*, 6, 293–302.
- Fernandez, D.S., and Lutz, M.A., 2010. Urban flood hazard zoning in Tucuman Province, Argentina, using GIS and multicriteriadecision analysis. *Engineering Geology*, 111, 90-98.
- Harris, E., and Rantz, S., 1964. Effects of urban growth on stream flow regimes of Permanente Creek, Santa Clara County, California. *USGS WSP 1591B*.
- Jenks, G.F., 1967. The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186–190.
- Joerin, F., Theriault, M., and Musy, A., 2001. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15, 153–174.
- Kalelioğlu, E., 1991. Van Ovasının İklim Özellikle-



- ri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 35 (2), 155-166.
- Kolat, C., Doyuran, V., Aydan, C., and Suzen, L.M., 2006. Preparation of a geotechnical microzonation model using Geographical Information Systems based on multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 87, 241–255.
- Konrad, C.P., and Booth, D.B., 2002. Hydrologic trends associated with urban development in western Washington streams, United States Geological Survey Water-Resources Investigations Report 02-4040. Tacoma, Washington.
- Konrad, C.P., and Booth, D.B., 2005. Hydrologic changes in urban streams and their ecological significance. *American Fisheries Society Symposium*, 47, 157-177.
- Kourgialas, N. N., and Karatzas, G. P., 2011. Flood management and a GIS modeling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal* 56 (2), 212-225.
- Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 703–726.
- Masoudian, M., 2009. The topographical impact on effectiveness of flood protection measures, Ph.D. thesis, Kassel University.
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), 2015. Resmi istatistikler, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx#sfU>, 16 Nisan 2015.
- Saaty, T.L., and Vargas, L.G., 1991. Prediction, Projection and Forecasting. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Selçuk, L., 2013. An avalanche hazard model for Bitlis Province, Turkey, using GIS based multicriteria decision analysis. *Turkish Journal of Earth Science*, 22, 523-535
- TİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2015. Temel İstatistiksel veriler, Nüfus ve Demografi, <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, 30 Nisan 2015.
- Trosh, P., De Trosh, F., and Brutsaert, W., 1993. Effective water table depth to describe initial conditions prior to storm rainfall in humid regions. *Water resources research* 29 (2), 427-434.
- Weli, V.E., and Oye, I., 2014. The Effect of Urbanization on Channel Adjustment and Flood Vulnerability of Woji Basin, River State, Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*. 4 (10), 86-94.
- Yin, H., and Li, C., 2001. Human impacts on floods and flood disasters on the Yangtze River. *Geomorphology* 41 (2-3), 105-109.

