

## ŞAHNADERE (MERSİN) SU TOPLAMA HAVZASININ HEYELAN OLASI TEHLİKE DEĞERLENDİRMESİ\*

*Landslide Hazard Assessment Of The Sahna (Mersin) River Watershed*

Engin ÇİL  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tolga ÇAN  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

### ÖZET

Bu çalışmada farklı tarihlerde çekilmiş hava fotoğrafları incelenerek Şahnadere su toplama havzasının çok zamanlı heyelan envanter haritası hazırlanmıştır. İlk olarak heyelanların mekansal olabilirliğinin belirlenmesi amacıyla mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak belirli zaman aralığında gelişmiş heyelanlar için heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Zamansal olabilirlik değerleri, tetikleyici faktörler göz önünde bulundurularak, yağış frekans ilişkileri kullanılarak belirlenmiştir. Buradan 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık zaman dilimi içinde heyelan oluşma olasılıkları hesaplanmıştır. Heyelanların alansal olarak olabilirliği ise 1969 yılı, heyelan olay envanter haritasından elde edilen frekans dağılımlarına göre belirlenmiştir. Frekans dağılımına uygun olasılık yoğunluk fonksiyonu ise üç parametrelili ters gama dağılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Belirli bir alana sahip heyelanların oluşma olasılık eğrisi ise gama dağılımının integrali alınarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık heyelan oluşma olasılıklarına göre farklı büyüklüklerde ( $0.1 \text{ km}^2$ ,  $0.05 \text{ km}^2$  ve  $0.01 \text{ km}^2$ ) olabilecek heyelanların mekansal ve zamansal olabilirliğini gösteren heyelan olası tehlike haritaları üretilmiştir. Heyelan olası tehlike haritaları, heyelan risk değerlendirme çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle üretilen olası tehlike haritalarının bölgesel heyelan risk azaltma çalışmalarına önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok zamanlı heyelan envanter, mekansal olabilirlik, zamansal olabilirlik, alansal olabilirlik, heyelan olası tehlike.

### ABSTRACT

In this study multi-temporal landslide inventory maps were prepared by interpretation of aerial photographs taken in different time intervals in Şahna river watershed. In order to determine the spatial probability of landslide occurrence, susceptibility maps were prepared by using logistic regression method. Temporal probability of landslides was determined by considering the triggering factors as rainfall – frequency relationships. The exceedance probability of landslides occurrence in 5, 10, 25, 50 and 100 years time intervals were calculated. The probabilities of landslide size (extent) were obtained from frequency – size distribution of 1969 event landslide inventory. Probability density function in convenience with frequency distribution was achieved by three parameter inverse

---

\* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

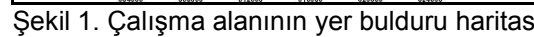
gamma distribution. By integration of the gamma distribution, the probability of landslide against the landslide size was determined. Finally, landslide hazard maps for different landslide sizes ( $0.1 \text{ km}^2$ ,  $0.05 \text{ km}^2$  and  $0.01 \text{ km}^2$ ), that will occur having exceedance probabilities for 5, 10, 25, 50 ve 100 years periods were obtained. Landslide hazard maps constitutes important stage for the landslide risk assessment procedure, so the hazard maps produced in this study will provide a basis for the landslide risk-management studies of the region.

**Keywords:** Multitemporal landslide inventory, spatial probability, temporal probability, probability of landslide extent, landslide hazard.

### Giriş

Doğal olası tehlikelere karşı etkin mücadele, doğa olayı öncesi, sırası ve sonrasında oluşacak risklerin tamamen ortadan kaldırılması veya uzun süreli azaltılmasına yönelik bir yaklaşım modelinin geliştirilip, uygulanması ile mümkündür. Ülkemizin jeolojik ve coğrafi yapısı nedeniyle deprem, heyelan ve sel olayları aynı bölgelerde tekrarlanmalı olarak meydana gelmekte ve çoğu kez afete dönüşmektedir. (Gökçe vd. 2006 ve 2008) Bu çalışmada, Mersin il sınırları içerisinde, toplam alanı  $210.5 \text{ km}^2$  olan, Şahnadere havzasının Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı, çok zamanlı heyelan envanter, duyarlılık ve olası tehlike değerlendirmeleri yapılmıştır (Şekil 1). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, heyelan arşiv kayıtlarının incelenmesi sonucu, Mersin il sınırları içerisinde 1968 Kasım – Aralık ayları ile 1969 Ocak ayında etkili olan aşırı yağışların tetikleme sonucu, toplam 1285 konutun, 2001 yılı Aralık ayında meydana gelen aşırı yağışlar ile de toplam 338 konutun yıkıldığı veya ağır hasara uğradığı belirlenmiştir (Çan vd., 2007). Varnes (1984) tarafından, olası tehlike, belirli bir bölgede, belirli bir zamanda, zarar verme potansiyeline sahip bir olayın (heyelan) gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanmıştır. Bu tanım yaygın olarak kullanılmakla birlikte, Guzzetti vd., (1999), Varnes'in olası tehlike tanımına, alansal büyüklüğünde ekleyerek, heyelan olası tehlike tanımını "belirli bir bölgede, belirli bir zamanda ve belirli bir büyüklükte heyelanın oluşma olasılığı" olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada, heyelan olası tehlike değerlendirmeleri, Guzzetti vd., (1999)'un tanımına uygun olarak, heyelanların mekansal, zamansal ve alansal olabilirlik parametreleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

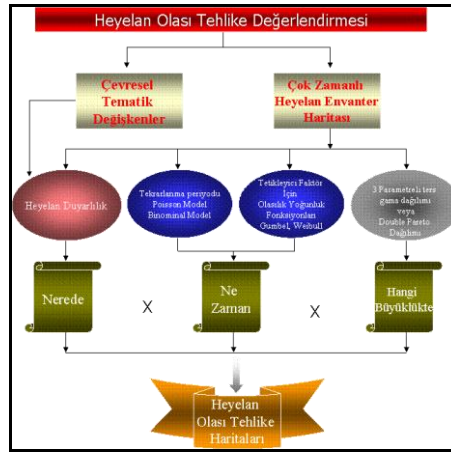
Çalışmanın ilk aşamasında, çalışma alanı ile ilgili heyelan arşiv kayıtları incelenmiştir. Daha sonra bölgenin değişik tarihlerde çekilmiş hava fotoğrafları temin edilerek, ayrıntılı hava fotoğrafı analizleri ve arazi çalışmaları sonucu çok zamanlı (multi-temporal) heyelan envanter haritaları üretilmiştir. mekansal olabilirliğinin belirlenmesi amacıyla, çok zamanlı heyelan envanter haritası kullanılarak heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Çalışma alanında heyelan olaylarının aşırı yağışların tetikleme sonucu meydana gelmesinden dolayı, olası tehlike tanımında yer alan zamansal olabilirlik parametresi, yağış verilerinin değerlendirilmesi sonucu, yağış-frekans analizleri ile belirlenmiştir. Heyelanların alansal olabilirlik değerleri ise 1969 yılı heyelan olay envanter haritası kullanılarak gerçekleştirilen büyüklük – frekans analizlerinden elde edilmiştir.



Çalışma alanı Akdeniz Bölgesi'nde Mersin ilinin Merkez (KB) ve Erdemli

### Metot

Guzzetti vd., (1999) olası tehlikenin tanımını, belirli bir büyüklükteki heyelanın belirli bir zaman aralığında ve belirli bir bölgede oluşma olasılığı olarak ifade etmektedir. Bu tanım heyelanların mekansal (nerede), zamansal (ne zaman) ve alansal (hangi büyüklükte) olabilirlik değerlerinin bilinmesini gerektirmektedir. Yukarıda verilen tanıma uygun olarak Heyelan olası tehlike değerlendirme aşamaları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Heyelan Olası tehlike değerlendirme ile ilgili akış şeması (Guzzetti vd. (2005)' den değiştirilerek alınmıştır.).

Çalışma alanında olası tehlike haritalarını üretebilmek için hava fotoğrafları ve arazi çalışmaları ile çok zamanlı heyelan envanter haritası üretilmiştir. Üretilen çok zamanlı heyelan envanter haritası kullanılarak heyelanların mekansal olabilirliğini belirlemek amacı ile çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden mantıksal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Heyelanların ne zaman meydana gelebileceğini tahmin edebilmek için heyelanları tetikleyen aşırı yağışlar kullanılarak yağış frekans analizleri yapılmış ve elde edilen sabit tekrarlanma periyodu ile heyelanların 5, 10, 25, 50 ve 100 yılda en az bir defa meydana gelme olasılıkları hesaplanmıştır. Heyelan olası tehlike haritalarının üretiminde gerekli olan son parametre olan alansal olabilirlik parametresinin üretiminde heyelanlara ilişkin büyüklük – frekans ilişkileri ortaya konulmuş ve üç parametrelili ters gama olasılık yoğunluk fonksiyonu yardımı ile  $0.1 \text{ km}^2$ ,  $0.05 \text{ km}^2$  ve  $0.01 \text{ km}^2$ 'den büyük alana sahip heyelanların olma olasılıkları hesaplanmıştır. Olası tehlike haritalarının üretiminde gerekli olan üç parametrenin bir birleri ile çarpılması sonucunda çalışma alanı için heyelan olası tehlike haritaları üretilmiştir.

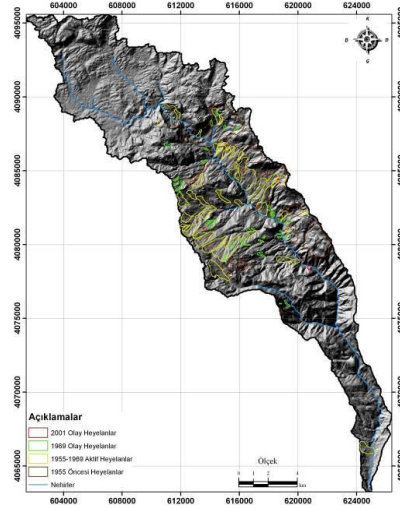
### Araştırma Bulguları

Bu çalışmada Erdemli (Mersin) yöresi içerisinde yer alan Şahnadere su toplama havzasında 1968-1969 yılları arasında 7 köyde heyelan meydana gelmiş

ve 143 konut aşırı yağışların tetiklemesi sonucu oluşan heyelanlardan etkilenerek hasara uğramıştır. 2001-2002 yılları arasında gelişen heyelanlardan ise 18 konut hasara uğrayarak oturulamaz hale gelmiştir (Çan vd. 2009). Bölgedeki heyelan aktivitelerinin halen devam etmekte olması ve yerel halkın bölgede gelişebilecek heyelanlar ile can ve mal kaybı risklerini taşımasından dolayı bölge için heyelan olası tehlike haritaları üretilmiştir Olası tehlike haritalarının temelini oluşturan çok zamanlı heyelan envanter haritası yaklaşık 210 km<sup>2</sup>'lik çalışma alanı için 1955, 1969, 1990 ve 2000 yıllarına ait hava fotoğrafları analizleri ile arazi çalışmaları sonucunda 1955 öncesi, 1955-1969 yılları arası aktif, 1969 olay ve 2001 olay heyelan envanter haritaları olarak oluşturulmuştur. Çalışma alanı ile ilgili en eski tarihli olan 1955 yılı hava fotoğraflarının incelenmesi sonucu çalışma alanında çok sayıda büyük ölçekli kompleks heyelanların bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 3.). Yapılan ayrıntılı hava fotoğrafı ve arazi çalışmaları sonucunda inceleme alanında toplam alanı 38.77 km<sup>2</sup> olan 116 adet heyelan haritalanmıştır (Şekil 4).



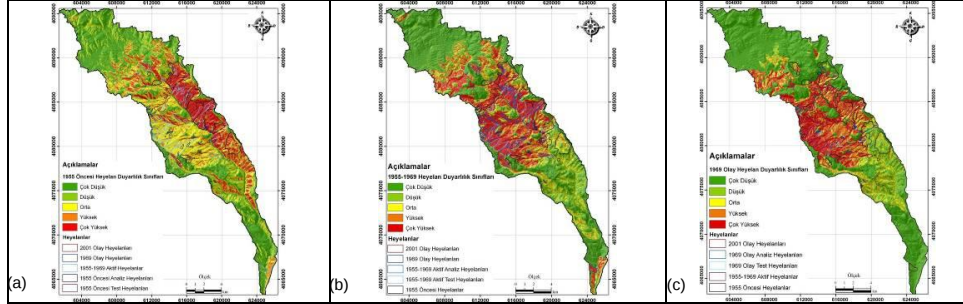
Şekil 3. Çevlikgüzlesi bölgesinde gelişen kompleks heyelanın genel görünümü.



Şekil 4. Çalışma alanının çok zamanlı heyelan envanter haritası.

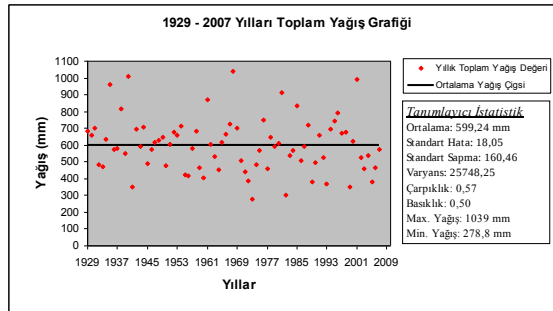
Olası tehlike haritalarının üretiminde mekansal olabilirliği belirlemek amacı ile çok zamanlı heyelan envanter haritası yardımıyla bölge için 3 adet (1955 öncesi, 1955-1969 aktif ve 1969 olay) heyelan duyarlılık haritaları üretilmiştir. Duyarlılık haritalarının üretimi esnasında, başta jeoloji olmak üzere heyelanları hazırlayıcı faktörler (yamaç eğimi, yamaç yönelimi, topografik nemlilik indeksi, sediman taşıma kapasite indeksi, nehir aşındırma gücü indeksi, yamaç durum indeksi, arazi sınıflaması, yamaç eğriliği) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımı ile hazırlanmıştır. Analizlerde kullanılmak üzere, çalışma alanı 25x25m boyutunda toplam 336.794 adet piksel ile temsil edilmektedir. Üretilen çok zamanlı heyelan envanter haritaları olan 1955 öncesi (tarihsel), 1955-1969 aktif ve 1969 olay envanter haritaları ise sırasıyla 35.829, 23.622 ve 2.105 adet piksel ile temsil edilmiştir. Analizlerde kullanılan envanter haritalarının her biri yaklaşık 1/5 oranında (alansal dağılım ve piksel sayısı dikkate alınarak) rastgele seçim yöntemi ile iki gruba ayrılmıştır. İkiye ayrılan bu grubun %80'lik kısmına karşılık gelen bölümü duyarlılık analiz veri setinde; kalan %20'lik kısım ise doğrulama veri seti olarak kullanılmıştır. Bilindiği üzere mantıksal regresyon denklemi bir olayın olup olmaması koşulunu az çok eşit sayıda veri kullanıldığı zaman verimli sonuçlar vermektedir. Bu durum göz önüne alınarak her bir duyarlılık analizi için kullanılan heyelanlı harita birimi (1 olayı) sayısı kadar heyelansız harita birimi sayısının seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla veri setinden her bir analizde kullanılmak üzere heyelanlı piksel sayısı kadar 5 adet heyelansız piksel veri kümesi (0 olayı) rastgele seçim yöntemi ile seçilmiş ve 1955 öncesi duyarlılık analizleri için 20 adet, 1955-1969 aktif duyarlılık analizleri için 20 adet olmak üzere iki farklı zamana ait olan toplamda 40 adet veri seti oluşturulmuştur. Heyelan olası tehlike haritalarının üretimde 1969 olay envanter haritasının da kullanılabileceği düşüncesi ile 6 adet veri seti oluşturularak mekansal olabilirlik parametre analizlerinde kullanılmıştır.

Yapılan regresyon analizi sonucunda hangi veri setinin duyarlılık analizlerinde kullanılacağına dair verilen karar, bütün istatistiksel değerlendirmelerde veri setleri arasındaki değerlerin birbirlerine çok yakın çıkması nedeniyle mantıksal regresyon denkleminde elde edilen değerlere göre yapılan duyarlılık sınıfları içerisindeki test verisi olarak kullanılan heyelanların dağılım yüzdelere bakılarak hangi veri setinin kullanılacağına karar verilmiştir. Sonuç olarak 1955 öncesi, 1955-1969 aktif ve 1969 olay heyelan duyarlılık haritaları için üç dönem içinde ayrılan yaklaşık %20'lik doğrulama verilerinin yüksek ve çok yüksek duyarlılık sınıfları içerisindeki yüzde toplamlarına bakıldığında, 1955 öncesi tarihsel duyarlılık haritası için Tp2set4 veri seti %93.6, 1955-1969 aktif heyelanlar için yapılan duyarlılık haritası için %94.91 oranı ile Ap3set5 veri seti, 1969 olay heyelan duyarlılık haritası için %84.56 oranı ile Op1set2 veri seti kullanılmıştır. Üretilen heyelan duyarlılık haritaları Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Çalışma alanı için üretilen (a) 1955 öncesi, (b) 1955-1969 aktif, (c) 1969 olay heyelan duyarlılık haritaları.

Olası tehlike haritalarının üretimindeki ikinci parametre olan zamansal olabilirlik parametresi yağış frekans analizleri ile belirlenmiştir. Mersin meteoroloji istasyonu verilerinin 1929 yılından itibaren alınmaya başlamasından ve 1968 ve 2001 yıllarında aşırı yağışların tetiklediği heyelanların oluşum tarihleri bilindiğinden dolayı zamansal olabilirlik hesaplamalarında uç (extrem) değerlerin tanımlanmasında kullanılan Normal, LogNormal, Gumbel, LogGumbel, Pearson Tip 3, LogPearson Tip 3 ve Genelleştirilmiş Extrem Değer dağılımları sürekli olasılık fonksiyonları olarak tercih edilmiştir. Mersin meteoroloji istasyonundan alınan 1929-2007 yılları arasındaki yıllık toplam yağış verilerinin dağılımına bakıldığında, ortalama yıllık yağışın 600 mm civarında olduğu, bölgede en yüksek yağışın 1968 yılında (1039 mm) ve en düşük yağış değerinin ise 1973 yılında (278.8 mm) meydana geldiği görülmektedir (Şekil 6.).



Şekil 6. Mersin meteoroloji istasyonu uzun yıllar yıllık toplam yağış değerleri

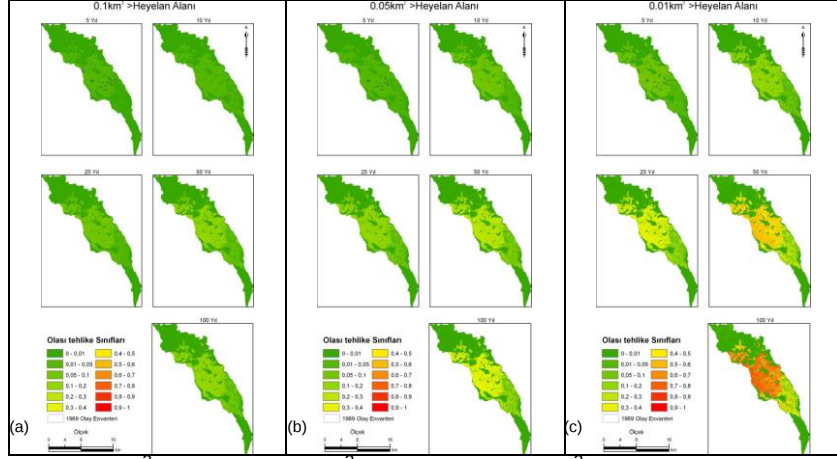
Heyelanları tetikleyen yağış olaylarında, heyelanların meydana geldiği zaman öncesi yağışların da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle 1929-2007 yılları arasında her yıl için 1, 3, 5, 10, 15, ve 30 günlük ekstrem yağış değerleri belirlenmiştir. Belirlenen zaman aralıklarına ait (1, 3, 5, 10, 15, ve 30 gün) yağış değerleri için daha önce de belirtilen 7 farklı olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre tekrarlanma periyotları hesaplanmıştır. Belirlenen günlük yağış

değerleri için hangi dağılımın uygun olduğu K-S ve Kikare testleri sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 1.).

Çizelge 1. K-S ve Ki-Kare testine göre en uygun olasılık yoğunluk fonksiyonları

|                |            |
|----------------|------------|
| 1 Günlük Max.  | Gumbel     |
| 3 Günlük Max.  | Log Gumbel |
| 5 Günlük Max.  | Gumbel     |
| 10 Günlük Max. | LP3        |
| 15 Günlük Max. | LP3        |
| 30 Günlük Max. | LP3        |

26 Aralık 1968 ve 3 Aralık 2001 tarihlerinde meydana gelen günlük yağış değerlerinin sırasıyla 199 ve 175 mm olduğu ve heyelanların da başlangıç olarak bu tarihlerden itibaren gelişmeye başladığı belirlenmiştir. Ancak heyelan – yağış etkileşiminde olay öncesi yağış sürelerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Heyelan öncesi meydana gelen yağış değerlerinin 1968 ve 2001 yıllarındaki değişimi ve karşılaştırılması bakımından her iki tarih içinde heyelan meydana geldiği günden 3, 5, 10, 15 ve 30 gün geriye gidilerek kümülatif yağış değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Analizler sonucunda 3 günlük kümülatif yağış değerlerinin 300 mm'ye yaklaştığı ve bu tarihlerden 15 gün öncesi yağış değerlerine kadar olağan üstü bir artışın gözlenmediği görülmektedir. Bu nedenle ilgili tarihlerde gelişen heyelanların ortalama tekrarlanma aralığı açısından 3 günlük veriler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Buradan olası tehlike haritalarında 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık zaman aralığında en az 1 defa meydana gelme olasılıkları Poisson dağılımı ile belirlenmiştir. Çalışma alanı içinde yer alan 1969 olay heyelan envanterleri kullanılarak büyüklük–frekans ilişkileri kullanılarak çalışma bölgesindeki heyelanlar için olasılık yoğunluk değerleri hesaplanmıştır (Malamud vd., 2004). Elde edilen olasılık yoğunluk değerleri üç parametrelili ters gamma olasılık yoğunluk fonksiyonuna uyumlu hale getirilmiştir. Elde edilen uygun gamma eğrisinin parametreleri kullanılarak üç parametrelili ters gamma olasılık yoğunluk fonksiyonunun integrali alınmış ve çalışma alanında belirli bir büyüklükten daha büyük bir heyelanın oluşması için gerekli olan alansal olabilirlik değerleri hesaplanarak sırasıyla 0.1 km<sup>2</sup>, 0.05 km<sup>2</sup>, 0.01 km<sup>2</sup>'den büyük bir heyelanının gerçekleşme olasılığı 0.23, 0.46, 0.98 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada olası tehlike haritaları Guzzetti vd. (1999) tarafından yapılan tanıma uygun şekilde 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık zaman içerisinde ve farklı büyüklüklerde (0.1 km<sup>2</sup>, 0.05 km<sup>2</sup> ve 0.01 km<sup>2</sup>) olabilecek heyelanların oluşma olasılıklarına göre, heyelan olaylarının mekansal, zamansal ve alansal olabilirliğini bir arada gösteren heyelan olası tehlike haritaları üretilmiştir (Şekil 7.)



Şekil 7. (a) 0.1km<sup>2</sup>'den (b) 0.05km<sup>2</sup>'den ve (c) 0.01km<sup>2</sup>'den büyük heyelanların farklı zaman aralıkları için olası tehlike haritaları

### Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada Mersin ilinin kuzeybatısında, yaklaşık 210 km<sup>2</sup>'lik Şahna dere su toplama havzası içerisinde, çok zamanlı heyelan envanter, duyarlılık ve olası tehlike haritaları yapılmıştır. Çalışma alanı için yapılan çok zamanlı heyelan envanter haritası, farklı tarihli hava fotoğrafları ve arazi çalışmaları ile 1955 öncesi, 1955-1969 aktif, 1969 olay ve 2001 olay olmak üzere 4 farklı dönemde değerlendirilmiştir. Çok zamanlı heyelan envanter haritasında toplam alanı 38.77 km<sup>2</sup> olan, 116 adet heyelan haritalanmış olup heyelanlı alanlar, çalışma alanının yaklaşık % 18'ini oluşturmaktadır. Heyelan olası tehlike haritalarının, ilk aşamasını oluşturan heyelan duyarlılık haritaları (mekansal olabilirlik), heyelanları hazırlayıcı faktörlerden jeoloji, yamaç şekli, arazi sınıflaması, yamaç durum indeksi ve diğer sayısal yükseklik modeli türev haritalarından üretilen toplam 41 adet bağımsız değişken ile gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel yaklaşımlarda haritalama birimi olarak 25x25 m boyutlarında piksel birimi kullanılmıştır. Çalışma alanı, toplam 336.794 adet piksel birimi ile temsil edilmiştir. Mekansal olabilirlik parametresinin üretiminde kullanılmak üzere hazırlanan veriler çok değişkenli istatistiksel analizlerden biri olan mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak 1955 öncesi, 1955-1969 aktif ve 1969 olay heyelan envanterlerine göre ayrı ayrı üretilmiştir. Heyelan olası tehlike haritalarının ikinci parametresi olan zamansal olabilirlik değeri ise 7 adet olasılık yoğunluk fonksiyonu ile yağış frekans analizleri yaparak gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan sabit tekrarlanma periyoduna göre Poisson dağılımından 5, 10, 25, 50 ve 100 yılda en az 1 defa heyelan olma olasılıkları sırasıyla % 10, % 18, % 39, % 63 ve % 86 olarak hesaplanmıştır. 1969 olay heyelanları için büyüklük – frekans ilişkisi göz önünde bulundurularak 0.1, 0.05 ve 0.01 km<sup>2</sup>'lik alandan daha büyük olma olasılıkları Power-Law ve Üç Parametrelili Ters Gamma dağılımları kullanılarak sırası ile 0.23, 0.46, 0.98 olarak bulunmuştur. Çalışma alanı için elde edilen

mekansal, zamansal ve alansal olabilirlik parametrelerinin bir arada değerlendirilmesiyle, belirli bir büyüklükteki heyelanın, belirli bir zaman aralıklarındaki oluşma olasılıkları elde edilmiş ve 5, 10, 25, 50, 100 yıllık, 0.1, 0.05 ve 0.01 km<sup>2</sup> den büyük heyelanın oluşma olasılıklarını bir arada gösteren heyelan olası tehlike haritaları üretilmiştir. Üretilen olası tehlike haritalarının bölgesel ölçekte, tarihsel gelişim süreci içinde, heyelan olayları ayrıntılı olarak ortaya konarak, ileri tarihli zaman aralıklarına ilişkin, olasılık değerlerine göre, gerçekleşebilme ihtimali bulunan heyelanlar ile bunların meydana getirebileceği olası çevresel ve ekonomik kayıpları belirten risk haritalarının üretimine önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

#### **Teşekkür**

Bu çalışma, TÜBİTAK, ÇAYDAG 107Y138 nolu proje ve Çukurova Üniversitesi, MMF2008YL26 no'lu Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

#### **Kaynaklar**

- ÇAN, T., ÇİL E., MAZMAN T., DUMAN T. Y., 2009. Şahnadere (Mersin) su toplama havzasının heyelan duyarlılık değerlendirmesi ve doğruluğu. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri 360-361, Ankara, Nisan 13-17.
- ÇAN, T., ÇİL, E., ŞEN, S., C., 2007. Sarılar köyü (Mersin) heyelanının gelişimi ve afet iyileştirme uygulamalarının etkinliği. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, Ankara, 68-69.
- GÖKÇE O., ÖZDEN, Ş., DEMİR, A., 2008. Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Ankara, 118 s.
- GÖKÇE, O., DEMİR, A., ÖZDEN, Ş., 2006. Türkiye'de heyelanlı yerleşim birimlerinin dağılımı ve CBS ortamında sorgulanması. 1. Heyelan Sempozyumu, Trabzon, 24-40.
- GUZZETTI F., REICHENBACH P., CARDINALI M., GALLI M., ARDIZZONE F., 2005. Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale. Geomorphology 72, 272–299.
- GUZZETTI, F., CARRARA, A., CARDINALI, M., AND REICHENBACH, P., 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy, Geomorphology, 31, 181-216.
- MALAMUD B. D., TURCOTTE D. L., GUZZETTI F., ve REICHENBACH P., 2004. Landslide inventories and their statistical properties. Earth Surface Processes and Landforms, v. 29, no. 6, p. 687–711.
- VARNES, D.J., 1984. Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. In Natural Hazards, Vol. 3, UNESCO, 63 pp, Paris.