

**T.C.
İstanbul Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Coğrafya Anabilim Dalı**

Doktora Tezi

**HAVRAN ÇAYI HAVZASININ (BALIKESİR)
CBS ve UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİYLE
TAŞKIN ve HEYELAN RİSK ANALİZİ**

**Hasan ÖZDEMİR
2502020007**

**Danışman
Doç. Dr. Hüseyin TUROĞLU**

“Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerince desteklenmiştir.
Proje No: T-583/17032005”

İstanbul, 2007

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüz COĞRAFYA Anabilim Dalı ders dönemindeki Eğitim-Öğretim Programını başarı ile tamamlayan 2502020007 numaralı HASAN ÖZDEMİR'İN hazırladığı "HAVRAN ÇAYI HAVZASININ (BALIKESİR) CBS VE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİYLE TAŞKIN VE HEYELAN RİSK ANALİZİ" konulu konulu YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZİ ile ilgili Tez Savunma Sınavı, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 35.Maddesi uyarınca 11.09.2007 SALI günü saat: 10.30 DA yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin~~KABULÜ~~.....'ne* OYBİRLİĞİ ~~YOÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATI(*)	İMZA
PROF.DR.M.YILDIZ HOŞGÖREN	Kabul	
PROF.DR.BARIŞ MATER	Kabulü	
PROF.DR.HAKAN YİĞİTBAŞOĞLU	Kabul	
PROF.DR.NEBİYE MUSAOĞLU	Kabul	
DOÇ.DR.HÜSEYİN TUROĞLU	Kabulü	

Besim Ömer Paşa Cad. Kaptan-ı Derya Sokağı 34452 Beyazıt – İSTANBUL
440 00 00 / 14218 – 14219 – 14220 – 14221 – 14222 – 14227
440 03 40

ÖZ

Bu çalışmada, Balıkesir ili sınırları içinde bulunan Havran Çayı havzasında meydana gelen taşkın ve heyelanlara ait risk analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemlerinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Havza ölçeğindeki risk yönetimi çalışmalarına temel oluşturacak bu çalışmada, havzadaki taşkın ve heyelanların farklı senaryolara göre ortaya çıkardığı riskler üzerinde durulmuştur.

Bunun için, öncelikle sahanın tanınması ve risk analizi çalışmasına yön vermesi bakımından havzanın genel fiziki özellikleri ele alınmıştır. Daha sonra riskin ortaya çıkmasında temel olan havzadaki beşeri faktörler ve doğal faktörler üzerinde durulmuştur. Son olarak da doğal faktörlerin değişik senaryolarına göre risk analizi çalışmaları yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, CBS tabanlı sayısal veriler ve UA verileri temel altlık olarak kullanılmış olup, bunların yanında birçok sözel ve istatistiksel veri ile arazi çalışmaları coğrafi perspektifte değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, çalışma sahasının olası taşkın ve heyelanlar karşısındaki etki alanları ve özellikleri ortaya konmuştur.

ABSTRACT

In this study, flood and landslide risk analysis of Havran river basin have been studied using GIS and Remote Sensing (RS) techniques. Risk analysis which is the first step in risk management have been introduced using different scenarios of floods and landslides in the basin.

Because of these, first of all to understand of the basin and to give the studies some guidance physical characteristics of basin have been considered. Secondly, element at risk and their vulnerabilities and potential damaging events like floods and landslides for the basin have been studied. Finally, risk analysis have been done according to different scenarios of the potential hazards in the basin.

GIS based digital data and RS data have been used in the study. Also, some attribute data, statistical data and field works have been mentioned in geographical perspective. Finally, effects and consequences of probable floods and landslides in the Havran river basin have been exposed.

ÖNSÖZ

“Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi” başlıklı bu çalışmada, ülkemizde son yıllarda yaşanan afetlerden en önemlisi olan depremlerin yanında, taşkın ve heyelanların da incelenmesi gerektiği, afet yönetimine esas olacak risk analizi çalışmalarının gerekliliği ve bu çalışmalarda CBS ve UA'nın önemi ve kullanılabilirliği vurgulanmaya çalışılmıştır.

Balıkesir ili sınırları içinde yer alan Havran Çayı, geçmişte büyük taşkınlara neden olmuş ve saha için büyük kayıplar meydana getirmiştir. Fakat çalışma alanı ve çevresi için, yağış değerlerinde meydana gelen değişme nedeniyle, geçtiğimiz 20 yıla aşkın süre içinde sahada ciddi taşkınlar meydana gelmemiştir. Buna rağmen çalışma alanının taşkın üretme kapasitesinin olmasından dolayı, Devlet Su İşleri (DSİ), Havran Çayı üzerinde İnboğazi mevkiinde hem taşkınları önleme hem de sulama amaçlı olarak Havran Barajı inşaat çalışmalarını başlatmış ve proje tamamlanma aşamasına gelmiştir. Ayrıca Havran Çayı yatağı, Havran yerleşmesini taşkınlardan koruma amaçlı olarak, yerleşmeye yakın olan kesimde beton duvarlarla sınırlandırılmış ve yapay kanal içine alınmıştır. Bunun yanında, havzanın iç ve yukarı kesimleri için heyelanların incelenmesi yapılmıştır. Sahada kayıtlara geçmiş, insan hayatını olumsuz yönde etkileyen büyük heyelanlara pek rastlanmazken, yapılan arazi çalışmaları neticesinde heyelanların da üzerinde durulması gerektiği kanaatine varılmıştır.

CBS ve UA yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmada sayısal veri tabanının ve bunlara ait sözel veri tabanının hazırlanması çalışmanın büyük ve önemli bir kısmını oluşturmuştur. Bunun yanında saha içinde gerek taşkınlar ve gerekse heyelanlar için arazi çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışma için başlangıçta hedeflenen çalışmaların tamamını gerçekleştirildiğini söylemek mümkün değildir. Bundan dolayı, çalışmalar sırasında, çalışmanın içerik ve gidişatını sınırlandıran bir takım olumsuzluklar ve veri engelleriyle karşılaşmıştır. Bunlar Giriş kısmında ayrı bir başlık altında detaylı olarak ele alınmıştır. Bütün bu olumsuzluklara rağmen, saha için taşkın ve heyelanların risk analizi çalışmaları tamamlanmıştır. Taşkın ve heyelan çalışmalarıyla ilgili olarak, gerek konunun değerlendirilmesi gerekse uygulanan yöntem bakımından konuyla ilgili çalışan bilim insanlarıyla paylaşılabir nitelikte olmasına özen gösterilmiştir.

Bu çalışmanın oluşturulmasında başından sonuna kadar beni destekleyen ve yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Hüseyin TUROğLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yine bilimsel olarak destek sağlayan Prof. Dr. Barış MATER ve Prof. Dr. Nebiye MUSAOğLU'na desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bunun yanında Balıkesir iline bağlı olan çalışma alanımda, araştırmalarıma destek çıkan Balıkesir Vali Yardımcısı Sayın Sadık İKİZEK'e ve Havran Kaymakamı Ali Murat KAYHAN'a teşekkür ederim. Gerek verilerin oluşturulması ve gerekse araştırmalarımda bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, Dr. Deniz EKİNCİ, Dr. Cengiz AKBULAK, Dr. Füsun Balık şANLI, Arş. Gör. Tolga GÖRÜM, Arş. Gör. Cihan BAYRAKDAR, Arş. Gör. Ebru AKKÖPRÜ, Arş. Gör. Abdurrahim AYDIN, Vedat KAPSUZ ve ğrencilerimizden İrfan AKAR, A. Mücella ABACI ve Zafer KEÇELİ'ye ve ismini sayamadığım birçok kişiye teşekkür ederim.

İstanbul - 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xix
GRAFİK LİSTESİ.....	xvi
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	xviii
HARİTA LİSTESİ.....	xix
GİRİŞ.....	1
Amaç ve Kapsam.....	2
Materyal ve Yöntem.....	3
Karşılaşılan Güçlükler.....	8
Önceki Çalışmalar.....	10
1. HAVZANIN GENEL FİZİKİ ÖZELLİKLERİ.....	14
1.1. Jeolojik Özellikler.....	14
1.1.1. Stratigrafik ve Litolojik Özellikler.....	14
1.1.2. Tektonik Özellikler.....	18
1.1.2.1. Çizgisellik Analizi.....	21
1.2. Morfometrik Özellikler.....	24
1.2.1. Eğim Özellikleri.....	24
1.2.2. Bakı Özellikleri.....	28
1.2.3. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral.....	29
1.2.4. Havza Asimetrisi.....	31
1.2.5. Akarsu Uzunluk-Gradyan İndeksi (SL İndeks).....	32
1.2.6. Akarsu Boyuna Profilleri.....	36
1.2.7. Akarsu Ağı ve Relief Özellikleri.....	40
1.2.8. Havza Şekli Analizi.....	51
1.3. İklim Özellikleri.....	54
1.3.1. Yağış.....	55
1.3.2. Sıcaklık.....	63
1.3.3. Rüzgar.....	67

1.3.4. Nem.....	69
1.4. Hidrografik Özellikler.....	70
1.4.1. Havran Çayı	Error! Bookmark not defined.
1.4.1.1. Alt Havzalar ve Özellikleri	70
1.4.1.2. Yatak Morfometrik Özellikleri	72
1.4.2. Debi (Akım) Özellikleri.....	77
1.4.3. Yeraltı Suları ve Kaynaklar.....	80
1.5. Bitki Örtüsü	82
1.5.1. Bitki Örtüsünün Dağılışı ve Tür Özellikleri.....	83
1.5.2. Bitki Örtüsünün Değişim Özellikleri	85
1.6. Toprak Özellikleri	88
1.6.1. Büyük Toprak Grupları	89
1.6.2. Hidrolojik Toprak Grupları	91
1.6.3. Havza Erozyon Duyarlılık Modeli	93
2. RİSKİ OLUŞTURAN FAKTÖRLER	96
2.1. Beşeri Faktörler.....	97
2.1.1. Fiziksel Özellikler.....	97
2.1.1.1. Yerleşmeler ve Mesken Özellikleri.....	97
2.1.1.2. Kamu Yapıları	104
2.1.1.3. Ulaşım Sistemleri.....	106
2.1.1.4. Elektrik ve İletişim Hatları	109
2.1.1.5. Su ve Kanalizasyon Sistemleri	111
2.1.2. Ekonomik Özellikler.....	112
2.1.2.1. Tarımsal Faaliyetler	112
2.1.2.2. Sanayi Faaliyetleri	118
2.1.2.3. Turizm Faaliyetleri	120
2.1.3. Sosyal Özellikler.....	121
2.1.3.1. Nüfus Özellikleri.....	121
2.1.3.2. Kültürel Özellikler.....	132
2.1.4. Çevresel Özellikler	134
2.2. Doğal Faktörler	138
2.2.1. Taşkınlar	138
2.2.1.1. Sahadaki Taşkınların Tarihçesi	138
2.2.1.2. Yağış-Akış Modellemesi	142
2.2.1.2.1. SCS Curve Number Metodu	143

2.2.1.2.2. Maksimum Akımın Hesaplanması.....	148
2.2.1.3. Taşkın Sıklık Analizleri.....	150
2.2.1.3.1. Gumbel EV I (Extreme Value I) Dağılımı	151
2.2.1.3.2. Log Pearson Tip 3 Dağılımı	154
2.2.1.4. Taşkın Haritalaması.....	157
2.2.1.4.1. Geometrik Verilerin Oluşturulması	159
2.2.1.4.2. HEC-RAS'ta Geometrik Verilerin Düzenlenmesi ve Taşkın Modelleri	165
2.2.1.4.3. Barajla İlgili Taşkın Modelleri	175
2.2.1.4.4. Hec-GeoRAS'ta Taşkın Modellerinin Haritalanması	181
2.2.2. Heyelanlar	187
2.2.2.1. Sahadaki Heyelanlar ve Dağılım Özellikleri	187
2.2.2.2. Heyelan Duyarlılık Analizi ve Yaklaşımlar	193
2.2.2.3. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Parametreler.....	195
2.2.2.4. Uygulanan İstatistiksel Yöntemler.....	201
2.2.2.4.1. Heyelan Duyarlılık Analizi (HDA)	202
2.2.2.4.2. İndeks Metodu (İM)	203
2.2.2.5. Heyelan Duyarlılık Haritalaması ve Doğruluk Analizi.....	204
3. RİSK ANALİZİ	208
3.1. Taşkın Risk Analizi.....	210
3.1.1. Baraj Dikkate Alınarak Ortaya Çıkan Senaryonun Risk Analizi.....	210
3.1.2. Dolu Savak Taşkınına Ait Senaryonun Risk Analizi	216
3.1.3. Baraj Yıkılmasına Ait Taşkın Senaryosunun Risk Analizi	220
3.2. Heyelan Risk Analizi	224
3.3. Havran Çayı Havzasının Taşkın ve Heyelan Risk (MultiRisk) Haritası.....	231
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	236
KAYNAKÇA.....	241
ÖZGEÇMİŞ.....	262

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1:	Çalışma alanının lokasyonu.....	3
Şekil 2:	Çalışmada kullanılan başlıca materyaller.	4
Şekil 3:	Çalışmada kullanılan yöntemin akım şeması.	6
Şekil 4:	Uydu görüntülerinin işlenmesine ait akış şeması.....	7
Şekil 5:	Havran Çayı Havzası Jeoloji Haritası	17
Şekil 6:	Çalışma alanı ve çevresi büyüklüğü 4 ve üzeri olan depremlerin dağılışı (1905-2006).	20
Şekil 7:	Çalışma sahası ve çevresindeki büyüklüğü 4'ten küçük depremlerin dağılışı (1905-2006).....	21
Şekil 8:	Coulomb stresin arttığı alanlar (gri renk) ve bazı deprem kayıtları (Nalbant vd, 1998).	21
Şekil 9:	Sahadaki çizgisellikler A) 1/100000 ölçekli jeoloji haritasında bulunan faylar, B) Sahadaki ana akarsu kolları C) Dört ana yönde Landsat TM 4,5 ve 7. bandlardan üretilmiş çizgisellikler.	23
Şekil 10:	Havran Çayı havzası eğim haritası.	27
Şekil 11:	Alt havzaların eğim özellikleri ve maksimum-ortalama-standart sapma eğim değerleri.	27
Şekil 12:	Havran Çayı havzası baki haritası.....	29
Şekil 13:	Havran Çayı havzasının, Bent kolu ve Kışla kolunun DEM ine ait histogramlar.	31
Şekil 14:	Havran Çayı havzası havza asimetrisi (Batıdan doğuya akış).	32
Şekil 15:	Ölçüm noktalarına ait öznitelik verileri.	33
Şekil 16:	Havran Çayı havzası SL İndeksi Dağılışı.	34
Şekil 17:	Denge profilinin oluşmasındaki parametrelerin karışık ilişkileri (Demoulin'den değiştirilerek).	36
Şekil 18:	Ana kola kuzeyden katılan kolların boyuna profilleri.....	37
Şekil 19:	Havran Çayı - Gelin kolu ve güneyden katılan kolların boyuna profilleri.	38
Şekil 20:	Düzensiz çukurluk ve yüksekliklerinin elimine edilmesi.	41
Şekil 21:	D8 metodundaki akış yönleri ve kodları ve örneklem.	42
Şekil 22:	Doğal akımın belirlenmesine örnek.	42
Şekil 23:	DEM'den akarsu üretim aşamaları.	43
Şekil 24:	Topografya haritasından Strahler metoduna göre üretilmiş çatallanma oranı ve değerleri.....	44
Şekil 25:	DEM'den üretilmiş akarsuların Strahler metoduna göre üretilmiş çatallanma oranları ve değerleri.	44
Şekil 26:	Alt havzalara ait etkinliklik sınıflarının haritalanması.	51

Şekil 27:	Havza şekil analizlerinde kullanılan değerlerin bir örneği.....	52
Şekil 28:	Havzadaki ortalama yağış değerlerinin Thiessen ve IDW teknikleriyle gösterilmesi.....	58
Şekil 29:	Havza içinde belirlenen noktaların tahmini yağış verileri.....	59
Şekil 30:	Havza için uzun yıllar ortalama yağış değerinin dağılışı.....	59
Şekil 31:	Belirlenen noktalara ait yaklaşık minimum ve maksimum sıcaklık değerleri.....	64
Şekil 32:	Havzadaki minimum sıcaklıkların Spline enterpolasyonla dağılışı.....	66
Şekil 33:	Havzadaki maksimum sıcaklıkların Spline enterpolasyonla dağılışı.....	67
Şekil 34:	Havran Çayı havzası alt kolları ve havzaları.....	71
Şekil 35:	Alt kolların vadilerine ait enine profil örnekleri.....	73
Şekil 36:	Anakol üzerindeki Örgülü mecrası ve değişimi.....	74
Şekil 37:	Anakol üzerinde mendereslenmenin nisbeten fazla olduğu kesim ve beton kanal içine alınan kesim.....	75
Şekil 38:	Havran Çayı ana kolunun denize döküldüğü kesim.....	76
Şekil 39:	Havzanın yeraltısuyu özellikleri ve kaynakları.....	81
Şekil 40:	Farklı zamanlı ve farklı çözünürlü sahanın NDVI değerleri.....	84
Şekil 41:	Sahanın 1975 tarihli Landsat MSS'ten üretilmiş NDVI dağılışı.....	86
Şekil 42:	Sahanın 2005 tarihli Spot XS'ten üretilmiş NDVI dağılışı.....	86
Şekil 43:	NDVI değerlerine ait histogramlar.....	87
Şekil 44:	Havran Çayı havzası Büyük Toprak Grupları haritası.....	90
Şekil 45:	Havzaya ait Hidrolojik Toprak Grupları haritası.....	92
Şekil 46:	Havran Çayı havzası erozyon duyarlılık modeli.....	94
Şekil 47:	Çalışma alanı içindeki yerleşmelerin dağılışı.....	99
Şekil 48:	Havran ilçe merkezinde bulunan mahalleler.....	100
Şekil 49:	İlçe merkezindeki 1976-2004 yılları arasındaki değişim.....	101
Şekil 50:	Havran Çayı'nın denize döküldüğü alandaki yerleşmelerin yayılışı.....	101
Şekil 51:	Bina ve konut parametrelerine göre toplam zarar görülebilirlik.....	103
Şekil 52:	Eğitim ve sağlık binalarının havza genelindeki dağılımı.....	104
Şekil 53:	Kamu yapılarının ilçe merkezindeki dağılımı.....	105
Şekil 54:	Çalışma alanı içindeki yolların dağılışı.....	107
Şekil 55:	Çalışma alanı içindeki köprülerin dağılışı.....	108
Şekil 56:	Çalışma sahasında bulunan ana elektrik hatları.....	110
Şekil 57:	Çalışma sahasında bulunan ana iletişim hatları.....	111
Şekil 58:	Ova tabanı ve yakın çevresi tarımsal faaliyetler (2004 Quickbird).....	114
Şekil 59:	Ova tabanı ve yakın çevresi tarımsal faaliyetler (1976 Hava Fotosu).....	115

Şekil 60:	Ova ve çevresi dışındaki alanlardaki tarımsal faaliyetlerin dağılışı (2005 Spot).	116
Şekil 61:	Ova ve çevresi dışındaki alanlardaki tarımsal faaliyetlerin dağılışı (1975 MSS).	116
Şekil 62:	Ova tabanında yer alan sanayi faaliyetlerinin dağılışı.	119
Şekil 63:	Sahadaki turizm alanlarının dağılışı.	121
Şekil 64:	Havran ilçe merkezindeki nüfusun dağılışı.	123
Şekil 65:	Havran ilçe merkezindeki nüfus yoğunluğu.	124
Şekil 66:	Çalışma alanındaki yerleşmelere ait nüfus değişimi.	125
Şekil 67:	18 yaş altı ve 65 yaş üstü nüfusun dağılışı.	127
Şekil 68:	Kadın nüfusun dağılışı.	128
Şekil 69:	Çalışma alanındaki okuma yazma bilmeyen nüfusun dağılışı.	129
Şekil 70:	Çalışma alanındaki nüfusun zarar görebilirlik özellikleri.	130
Şekil 71:	Havran İlçesinin mahallelerine ait nüfus zarar görebilirlik özellikleri.	131
Şekil 72:	Çalışma alanında havza içi arazi kullanımındaki değişim.	135
Şekil 73:	Çöp döküm sahası.	137
Şekil 74:	Arazi kullanımı/örtüsü ve hidrolojik toprak sınıflarından CNII değerinin hesaplanması.	145
Şekil 75:	CN değerini belirleme amacıyla datalara cross fonksiyonunun kullanılması.	146
Şekil 76:	Taşkın haritalamasında kullanılan akış grafiği.	158
Şekil 77:	TIN için kullanılan GPS ve eşyüksekti noktaları.	160
Şekil 78:	Modelleme için üretilen TIN.	161
Şekil 79:	Hec-GeoRAS'ta oluşturulan geometrik veriler.	164
Şekil 80:	HEC-RAS a aktarılan veriler.	165
Şekil 81:	Verisi tamamlanan köprülerden Havran ve Küçükçay köprüleri.	166
Şekil 82:	Modellemenin yapıldığı alandaki akarsu ve uzantıları.	167
Şekil 83:	HEC-RAS ta farklı tekraralama sıklıklarına göre taşkın modelleri A) Baraj dikkate alınmamıştır B) Baraj dikkate alınmıştır.	169
Şekil 84:	Baraj dikkate alınmadan oluşturulan 1000 yıllık sıklığa göre taşkın senaryosu.	170
Şekil 85:	Baraj dikkate alınarak oluşturulan 1000 yıllık sıklığa göre taşkın senaryosu.	170
Şekil 86:	Havran ve Çevreyolu köprülerinde baraj dikkate alınmadan oluşturulan taşkınlarda suyun konumu (5,10, 25, 50, 100, 200, 1000 yukarıdan aşağıya)	171
Şekil 87:	Havran ve Çevreyolu köprülerinde baraj dikkate alınarak oluşturulan taşkınlarda suyun konumu (5,10, 25, 50, 100, 200, 1000 yukarıdan aşağıya).	172

Şekil 88: Farklı tekraralama sıklıklarına göre topografyadan üretilen TIN den elde edilmiş taşkın modelleri A) Baraj dikkate alınmamıştır B) Baraj dikkate alınmıştır.	174
Şekil 89: Havran Barajı teknik bilgileri ve farklı su seviyelerinin dağılışı.	176
Şekil 90: Baraj yıkılmasına ait veriler ve kretteki gediğin son hali.	179
Şekil 91: Baraj yıkılmasıyla belirlenen alan içinde taşkına uğrayan alanlar.	179
Şekil 92: Dolu savak taşkın grafiği ile oluşturulmuş taşkın modeli.....	180
Şekil 93: Taşkınların farklı tekraralama sıklıklarına göre haritalaması.	183
Şekil 94: Dolu savak ve baraj yıkılması modellerinde taşkınların dağılışı alanı....	184
Şekil 95: İki farklı senaryoda 1000 yıllık taşkın tekrarlamada yatak dışına taşan suların dağılışı.	185
Şekil 96: Dolu savak ve baraj yıkılmasıyla ortaya çıkacak taşkınların dağılışı alanı.	186
Şekil 97: Çalışma alanı içerisinde belirlenen heyelanlar.	188
Şekil 98: Dönel kaymaya ait şekiller a) blok diagram b) eşyükselti eğrilerindeki görünümü c) araziden bir örnek d) boyuna profil, içbükey – dışbükey kesimler.	190
Şekil 99: Niceliksel yöntem içerisinde yer alan metotlar (Okimura ve Kawatani, 1987; Yin ve Yan, 1988; Van Westen, 1993, 1997; Carrara vd., 1991; Atkinson vd., 1998; Lee vd., 2003; Abolmasov ve Obradovic, 1997). ..	195
Şekil 100: Analizde kullanılan parametreler ve üretildiği kaynaklar.	196
Şekil 101: Heyelan duyarlılık analizi için seçilen parametreler.	198
Şekil 102: Duyarlılık analizinde kullanılan parametreler (devamı), (lejant ayrıntıları Tablo 54'tedir).	199
Şekil 103: Duyarlılık Analiziyle üretilmiş duyarlılık haritası (Sınıflandırılmamış)....	203
Şekil 104: İndeks Metoduyla üretilmiş duyarlılık haritası (Sınıflandırılmamış).....	204
Şekil 105: Heyelan duyarlılık analizine (HDA) göre üretilen sonuç duyarlılık haritası.	205
Şekil 106: İndeks metoduna (İM) göre üretilen sonuç duyarlılık haritası.	206
Şekil 107: Risk yönetimine ait aşamalar (Crozier ve Glade, 2005'ten değiştirilerek)...	208
Şekil 108: Zaman içinde sistemlerin etkileşimi (Hufschmidt vd., 2005)	209
Şekil 109: Barajın dikkate alındığı senaryoya ait taşkın tekraralama sıklıkları.	212
Şekil 110: Barajın dikkate alındığı senaryoya göre alandaki taşkın risk değerleri.	214
Şekil 111: Dolu savak taşkını senaryosunun alandaki risk dereceleri.	218
Şekil 112: Dolu savak taşkınında alan içindeki köprülerdeki suyun konumu.....	219
Şekil 113: Baraj yıkılmasıyla oluşacak taşkının risk dereceleri.	223
Şekil 114: Duyarlılık haritasından üretilen sahanın heyelan risk dereceleri.	225
Şekil 115: Heyelan riski altında kalan yollar.	228

Şekil 116: Heyelan riski altında kalan enerji hatları.	229
Şekil 117: Heyelan riski altında kalan telefon hattı ve eğitim-sağlık binaları.	229
Şekil 118: Heyelan riski altında kalan tarım alanları.	230
Şekil 119: Heyelan riski ve köylere ait nüfusun zarar görülebilirlik haritası.	230

TABLO LİSTESİ

Tablo 1:	Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait genel özellikler.	5
Tablo 2:	Havza içinde meydana gelmiş deprem ve frekansları.	20
Tablo 3:	Bandlara uygulanan dört ana yöndeki Sobel kernel.	22
Tablo 4:	Havran Çayı havzasının eğim özellikleri ve afet türü ilişkisi.	25
Tablo 5:	Alt havzaların eğim özelliklerinin alansal dağılımları.	26
Tablo 6:	Baki değerlerinin alansal dağılımı.	29
Tablo 7:	Hipsometrik eğri için veri değerleri.	30
Tablo 8:	Havzadaki akarsuların içbükeylik değerleri.	40
Tablo 9:	Topografya haritasından üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Parametreler).	48
Tablo 10:	Topografya haritasından üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Hesaplamalar).	48
Tablo 11:	DEM'den üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Parametreler).	49
Tablo 12:	DEM'den üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Hesaplamalar).	49
Tablo 13:	Alt havzaların akarsu morfometrik özelliklerine bağlı taşkın etkinlik sıralaması.	50
Tablo 14:	Havran Çayı havzasının şekil analiz tablosu.	53
Tablo 15:	Çalışma sahasının çevresinde yer alan meteoroloji istasyonları ve veri tipleri.	55
Tablo 16:	Havran, Burhaniye ve Edremit istasyonlarına ait aylara göre ortalama yağışlar.	60
Tablo 17:	Edremit, Burhaniye ve Havran meteoroloji istasyonlarına ait Ekstrem sıcaklıklar (°C).	65
Tablo 18:	Alt kollar ve havzalarına bazı sayısal değerler.	71
Tablo 19:	Havran Çayı yukarı kesimi üzerindeki AGİ'ye ait 35 yıllık ölçüm verileri.	78
Tablo 20:	2004 yılına ait yeraltı su seviyeleri (DSİ, 2005).	82
Tablo 21:	Alt havzaların 1975 – 2005 yıllarına ait NDVI değerlerinin değişimi	88
Tablo 22:	Hidrolojik toprak gruplarının belirlenmesindeki kriterler.	91
Tablo 23:	Çalışma alanı içinde yer alan yerleşmeler ve idari bölümlenmeleri.	98
Tablo 24:	İlçe merkezi mahallelere ait bina yapı tipleri (TÜİK, 2007a).	102
Tablo 25:	Konut ve bina sayılarına göre zarar görülebilirlik değerleri.	103
Tablo 26:	Sınıflandırmalara ait KHAT istatistiği sonuçları.	113
Tablo 27:	Çalışma alanının nüfus özellikleri	122
Tablo 28:	Çalışma alanı içinde göç alan yerler ve sayıları (Mutluer, 1990).	126
Tablo 29:	Mahalle nüfus özellikleri zarar görülebilirlik değerlendirmesi.	131

Tablo 30: Havzanın iç kesimlerinde arazi kullanımındaki değişim.....	136
Tablo 31: 1979 ve 1981 taşkınlarının toplam bilançosu (DSİ, 1988).	139
Tablo 32: Antecedent nem içeriği için belirlenen kategoriler.	143
Tablo 33: SCS modelde kullanılan CN değerleri.	146
Tablo 34: Havzaların değişik şartlara ait CN değerleri.	147
Tablo 35: SCS akış modeliyle elde edilmiş akış değerlerine ait maksimum akımlar ve Gelin Deresi üzerindeki istasyona ait ölçülmüş maksimum akımlar.	150
Tablo 36: AGİ, Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri akım verilerinin tekrarlar sıklıkları tablosu.	153
Tablo 37: Havran Çayı İnboğazı mevki AGİ istasyonu verilerinin Gumbel dağılımı... ..	153
Tablo 38: Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri akımlarına ait Gumbel dağılımı.....	154
Tablo 39: Althavzalara ait akım verilerinin Log., ortalama, ve Cskew değerleri....	155
Tablo 40: Havran Çayı İnboğazı mevki AGİ verilerinin LPT3 dağılımı.	156
Tablo 41: Küçükçay alt havzası maksimum akım verilerinin LPT3 dağılımı.	156
Tablo 42: Bent alt havzası maksimum akım verilerinin LPT3 dağılımı.	156
Tablo 43: Kışla alt havzası maksimum akım verilerinin LPT3 dağılımı.....	156
Tablo 44: Model için taşkın yatağı ve akarsu yatakları için kullanılan Manning's n değerleri.....	162
Tablo 45: Köprülerin geometrik verilerine ait bilgiler.	166
Tablo 46: Akarsu ve uzantılarının farklı tekrarlar sıklıklarına ait akım verileri... ..	167
Tablo 47: Baraj yapımından sonra oluşacak akım tablosu.	168
Tablo 48: Gedik aşınma zamanları ve pik akım değerleri.....	178
Tablo 49: Havran Barajı dolu savak taşkın hidrografı (DSİ, 1988).....	181
Tablo 50: Farklı senaryolara ait taşkınların sayısal özellikleri.....	184
Tablo 51: Çalışma alanı içinde kayda alınmış heyelanlar (AİGM, 2005).	187
Tablo 52: Sahadaki heyelanlara ait bazı istatistikî özellikler.	189
Tablo 53: Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan yöntemler.	194
Tablo 54: Parametreler, alt sınıflar ve heyelanların farklı metotlara göre ağırlık değerleri.....	200
Tablo 55: Sınıfların ve heyelanların dağılım yüzdeleri.	207
Tablo 56: Risk değerlendirmesi için baz alınan olasılık oranları.	211
Tablo 57: Risk derecelerine göre arazi kullanımlarının alansal değerleri.	215
Tablo 58: Risk derecelerine göre arazi kullanımları ve alansal değerler (m ²).	217
Tablo 59: Risk derecelerine göre arazi kullanımları ve alansal değerler (m ²).	221
Tablo 60: Heyelan riski altında kalan beşeri unsurlar.	231
Tablo 61: Taşkın risk senaryolarına göre oluşacak ekonomik kayıplar.	234

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Havran Çayı havzasının hipsometrik eğrisi.	30
Grafik 2: Havran Çayı SL indeks boyuna profili.....	35
Grafik 3: Bent Deresi SL indeks boyuna profili.....	35
Grafik 4: Tosun Dere SL indeks boyuna profili.....	35
Grafik 5: Değirmen Dere SL indeks boyuna profili.	35
Grafik 6: Ana kola kuzeyden katılan akarsuların normalleştirilmiş boyuna profilleri.	39
Grafik 7: Ana kola güneyden katılan kolların normalleştirilmiş boyuna profilleri....	39
Grafik 8: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonları Aralık 1981 günlük yağış değerleri.....	60
Grafik 9: Edremit meteoroloji istasyonu 1975-2005 yılları arası Aralık, Kasım ve Ocak ayları toplam yağış değerleri.	61
Grafik 10: Burhaniye meteoroloji istasyonu 1975-2004 yılları arası Aralık, Kasım ve Ocak ayları toplam yağış değerleri.	61
Grafik 11: Havran istasyonu 1985-1991 yıllarına ait Aralık, Kasım ve Ocak yağışları.	62
Grafik 12: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonlarının yıllara ait yağış yoğunluğu.	62
Grafik 13: Edremit ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarının aylara ait yağış yoğunluğu (1975-2005).....	63
Grafik 14: Edremit meteoroloji istasyonu, min., mak. ve ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalaması (1975-2005).....	64
Grafik 15: Burhaniye meteoroloji istasyonu, min., mak. ve ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalaması (1975-2005).....	65
Grafik 16: Havran meteoroloji istasyonu, min., mak. ve ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalaması (1985-1991).....	65
Grafik 17: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonları 1975-2005 yılları rüzgar gülü.	68
Grafik 18: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonlarına göre aylara ait esme sayıları (1975-2005).....	68
Grafik 19: Edremit meteoroloji istasyonu maksimum rüzgar yönü ve hızı (1975- 2005).....	68
Grafik 20: Kıvrımlılık-eğim ilişkisi.....	77
Grafik 21: Değişik yatak enkesitleri.	77
Grafik 22: 408 nolu AGİ'ye ait 35 yıllık ortalama ve maksimum akım verileri.....	79
Grafik 23: 408 nolu AGİ'ye ait 35 yıllık aylık ortalama akım verileri.....	79
Grafik 24: Aralık 1981 yılına ait günlük toplam yağış ve ortalama akım grafiği.	80

Grafik 25: Alt havzalara ait SPOT ve MSS NDVI değerleri alansal grafiği.	88
Grafik 26: Yükselti aralıklarına göre yerleşmelerin dağılışı.	99
Grafik 27: Çalışma alanı içindeki yolların uzunluk grafiği.	107
Grafik 28: Havzadaki tarımsal faaliyetlerin alansal değişimi.	117
Grafik 29: Havzadaki tarımsal faaliyetlerin alansal değişim grafiği.	117
Grafik 30: SCS modeline göre Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri alt havzalarına ait 1981 yılı yağış-akış ilişkileri.	148
Grafik 31: Alt havzalara ait maksimum akım grafiği.	149
Grafik 32: Alt havzaların akım verilerinin olasılık tekrarlama yüzdeleri.	152
Grafik 33: Farklı sıklık dönemlerine ait elde edilen akımların grafiği.	154
Grafik 34: Alt havzalara ait farklı sıklık dönemlerine ait elde edilen akımların grafiği.	157
Grafik 35: Gedik akım hidrografı.	178
Grafik 36: Duyarlılık sınıflarının alansal dağılışı grafiği.	207
Grafik 37: Heyelanların dağılışı grafiği.	207
Grafik 38: Ana koldaki su hızı.	213
Grafik 39: Ana kola katılan yan derelerdeki su hızı.	213
Grafik 40: Taşkın tekrarlama sıklıklarına ait risklerin alansal dağılışı.	215
Grafik 41: Dolu savak taşkınında ana kol üzerindeki kanaldaki suyun ortalama hızı.	216
Grafik 42: Dolu savak taşkın senaryosuna ait risk derecelerinin dağılışı grafiği.	219
Grafik 43: Ana kol üzerinde kanaldaki suyun ortalama hızlarının grafiği.	221
Grafik 44: Baraj yıkılması senaryosunda risk derecelerinin alansal dağılışı grafiği.	222
Grafik 45: Yolların risk derecelerindeki oransal dağılışı.	226
Grafik 46: Enerji hatlarının risk derecelerindeki oransal dağılışı.	226
Grafik 47: Kuru tarım ve Ot formasyonu dağılışı.	227
Grafik 48: Zeytin tarımı dağılışı.	227

FOTOĞRAF LİSTESİ

Foto 1: Kireçtaşı boşlukları.	16
Foto 2: Granadiorit ayrışma.	16
Foto 3: Neojen göl depoları.....	18
Foto 4: Kuaterner Alüvyonları.	18
Foto 5: Değirmen Dere SL indeksin arttığı yerdeki kanyon vadi.	35
Foto 6: Gelin 3 deresi üzerinde yer alan su düşüşü.....	38
Foto 7: Örgülü mecrada yer alan değişik boyuttaki akarsu malzemeleri.	75
Foto 8: Ormanlık ve açık alanlar.	85
Foto 9: Zeytinlikler.....	85
Foto 10: Taş evler, Çallı köyü.	102
Foto 11: Kerpiç ve ahşap evler, ilçe merkezi.	102
Foto 12: Farklı yatak genişliklerine göre köprü uzunluklarına örnek.	109
Foto 13: Eski zeytinyağı fabrikası.	118
Foto 14: Yeni zeytinyağı fabrikası.....	118
Foto 15: Eğmir demir yatağı.....	120
Foto 16: Eğmir demir yatağı (Spot XS, 3-2-1).....	120
Foto 17: İnboğazı mağaraları.....	132
Foto 18: Roma dönemi kalıntılar.....	132
Foto 19: Çeşme.	133
Foto 20: Tekke Cami.....	133
Foto 21: Yakın döneme ait ev.	133
Foto 22: Dar sokaklar.....	133
Foto 23: Cuma pazarından bir görünüm.	134
Foto 24: Belediye çöp döküm sahası.....	137
Foto 25: Karasu deşarjı.....	137
Foto 26: 1981 taşkınında zarar giderme çalışmaları (Mehmet Sütüven'den).	140
Foto 27: Değirmen Deresi ıslahı ve Büyükdere yerleşmesi.	140
Foto 28: Bent içindeki bitki örtüsü.....	141
Foto 29: Yatak içi malzeme çekimi.	141
Foto 30: Tersip benti gerisinde oluşmuş göl alanı.	141
Foto 31: Havran Barajı inşaatı (26.01.2006).....	142
Foto 32: Havran Barajı inşaatı (12.10.2006).....	142
Foto 33: Küçükçay kenarındaki beton duvarlar.....	142

Foto 34: Havran ayı kenarındaki beton duvarlar.	142
Foto 35: Üretilen TIN modeline ait aynı lokasyonu gösteren bazı fotolar.	161
Foto 36: Kanaliçi yapı.	162
Foto 37: Akarsu yatağı içindeki akışı engelleyen yapılara örnekler.	163
Foto 38: Havran ayı kenarında bulunan yapay leveler (sol kenar).	163
Foto 39: Havran köprüsü ayakları.	173
Foto 40: Çevreyolu köprüsü ayakları.	173
Foto 41: Kaya düşmesinden etkilenen akırdere Köyü ve volkanik kayalar.	188
Foto 42: a) Kaya düşmesi blok diagram, b) yol açması, c) fiziksel parçalanma.	191
Foto 43: Kireçtaşının olduğu alanlardaki yamaç döküntüleri.	191
Foto 44: Yüzeysel akma a) blok diagram b) sahadan bir örnek.	192
Foto 45: Blok devrilmesi a) blok diagram b) blok devrilmesi c) bloklar arası çatlaklar.	193

HARİTA LİSTESİ

Harita 1: Havran ayı Havzasının Taşkın ve Heyelan Risk (MultiRisk) Haritası.	235
--	-----

GİRİŞ

Nüfus sayısındaki artış ve doğal kaynakların hızla yok edilmesi ve yanlış kullanılmasından dolayı, meydana gelen doğa olaylarının etkileri de buna paralel olarak gün geçtikçe artış göstermektedir. Zararların oluşmasında insanların büyük etkisinin olduğu doğa olaylarına karşı, yine insanlar daha az kayıpla atlatmak ve zararları azaltmak amacıyla yönetim ve planlama kavramlarını geliştirmişlerdir (OAS, 1990; UNDRO, 1991). Afet yönetimi ve planlamasında yer alan önemli öğelerden birisi de, doğa olayının hareketinin tahmini ve değişik senaryolarıyla, muhtemel etki alanı içerisindeki beşeri unsurların zarar görülebilirlik özelliklerinden oluşan risk analizi çalışmalarıdır. Bu çalışmaların en küçük ölçekten en büyük ölçüğe kadar en iyi şekilde izlenmesi, gerekli olan yoğun bilginin elde edilmesi, oluşturulması, depolanması ve bir takım kantitatif sonuçlara ulaşılması ve değerlendirilmesi açısından CBS ve UA çalışmalarının büyük önemi bulunmaktadır (Van Westen ve Soeters, 1993; 1999). Risk Analizi çalışmalarında, öncelikle birtakım sorulara ait cevapların belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar (Van Westen, 1993);

- Çalışmanın amacı nedir?
- Hangi ölçekte ve ne derece doğrulukta sonuçlar sunulacaktır?
- İnsan gücü ve maddi destek konusunda kaynaklar nelerdir?

Amacın belirlenmesi, yapılacak çalışmanın içeriğinin ve kapsamının ortaya konmasında büyük öneme sahiptir. Ölçeğin belirlenmesi ise, çalışma esnasındaki hareket sınırının ortaya konması açısından önem arz etmektedir. Genel olarak analizlerde kullanılan ölçekleri aşağıdaki şekilde ayırmamız mümkündür;

- Ulusal ölçek (< 1:1.000.000)
- Sinoptik veya Bölgesel Ölçek (< 1:100.000)
- Orta ölçek (1:25.000 – 1:50.000)
- Büyük ölçek (< 1:10.000)

İnsan gücü ve maddi destek ise amacın eksiksiz olarak gerçekleştirilmesindeki önemli etmenlerdir. Çalışma alanımızla ilgili olarak, yukarıda belirtilen hususları netleştirmek için bu kısımda çeşitli alt başlıklarla çalışmanın ana hatları üzerinde durulmuştur.

Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada amaç, Balıkesir ili sınırları içinde yer alan Havran Çayı havzası genelinde, geçmiş dönemlerde meydana gelmiş taşkın ve heyelan doğa olaylarının havzanın yönetiminde esas olacak risk analizi çalışmalarını, CBS ve Uzaktan Algılama yöntemleriyle ortaya koymaktır.

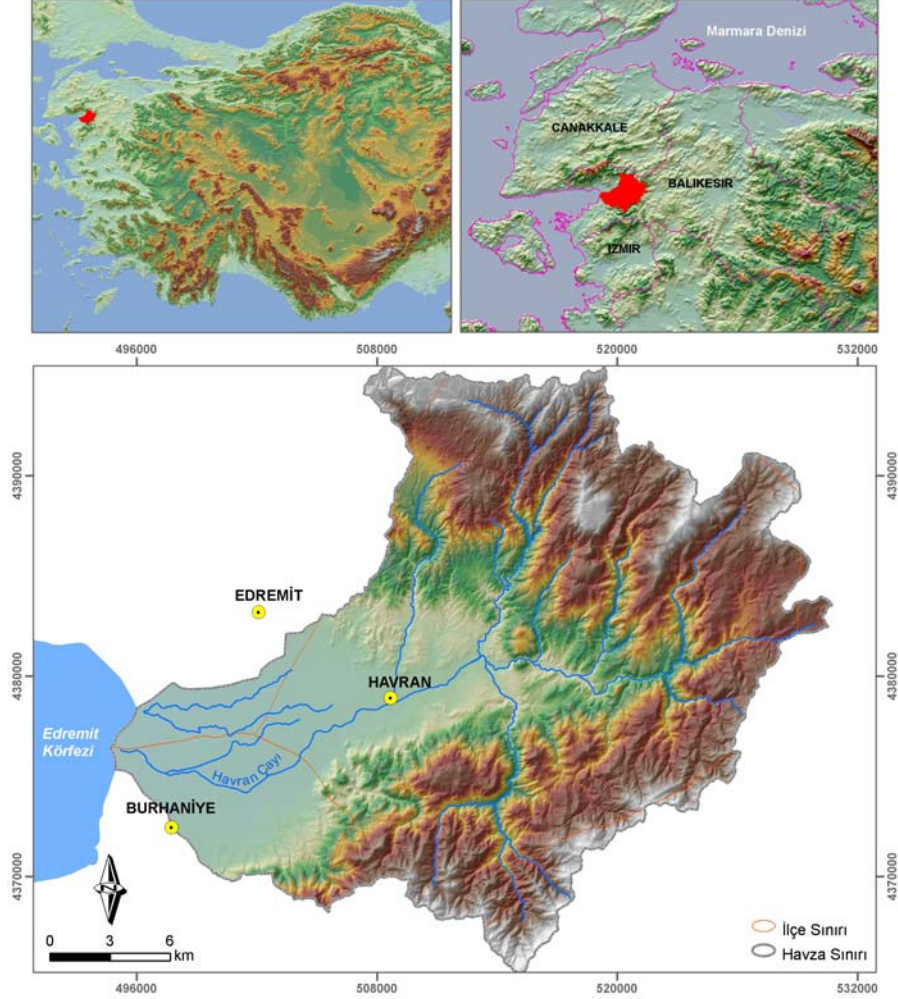
Çalışmada araştırılan taşkınların, geçmiş dönemlerde bölgenin geçim kaynağı olan tarım alanlarına ve yerleşmelere büyük zarar vermesi nedeniyle, Havran Çayı yatağı üzerinde birtakım düzenleme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca yine taşkınların etkisinden korunma amaçlı olarak, Havran Çayı üzerinde İnboğazı mevkiinde, Havran Barajı inşaat çalışmaları başlamıştır. Bütün bu önlemlere rağmen, sahada meydana gelebilecek olası taşkınların, mevcut yatak özelliklerine bağlı olarak CBS ve UA yöntemlerini kullanmak suretiyle, değişik senaryolarını ortaya koymak ve bunlara ait risk analizi çalışmaları yapmak araştırmanın taşkınlar kısmına ait başlıca kapsamını oluşturur.

Diğer bir konu olan heyelanlar, havzanın iç kesimlerinde daha çok eski heyelanlar şeklinde görülse de beşeri faaliyetlerden dolayı yamaç dengesinin bozulduğu alanlarda küçük de olsa heyelanlara rastlamak mümkündür. Havza içindeki tespit edilmiş heyelanlar temel alınarak, CBS ve UA yöntemleriyle heyelanlara ait risk alanlarını belirlemek ve analizini yapmak heyelanlara ait kapsamı oluşturur. Böylelikle havzanın sahip olduğu jeomorfik tehlikelere ait risk analizleri detaylı olarak ele alınmıştır.

Çalışma alanı, Balıkesir ili sınırları içinde yer almaktadır. Genelde Havran ilçesinin tamamını içine alan çalışma alanı, ova tabanı ve güney kesimde Burhaniye ve İvrindi ilçelerinden, kuzeyde ise Edremit ilçesinden bir kısım alanları içine alır. Alan, kabaca 494710.49 – 530815.24 X koordinatlarıyla, 4365124.09 – 4395798.11 Y koordinatları arasında olup, toplamda 570.40 km² alana sahip Havran Çayı'nın su toplama havzasından oluşmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı içinde bir merkez ilçe (Havran ilçesi), bir belde ve 31 köy bulunmaktadır.

Havran Çayı havzasının taşkın ve heyelanlara ait risk analizi çalışmaları kapsamında, öncelikle sahanın genel fiziki özellikleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra çalışmanın hedefine uygun olarak, riski oluşturan faktörlerden olan beşeri ve doğal faktörler ayrı ayrı incelenmiştir. Bu iki faktörün birlikte değerlendirilmesiyle de

havzanın taşkın ve heyelan risk analizi tamamlanmıştır. Bütün bu çalışmalar havza bazında değerlendirildiği için orta ölçek olan 1/25000 ölçeği kullanılmıştır.

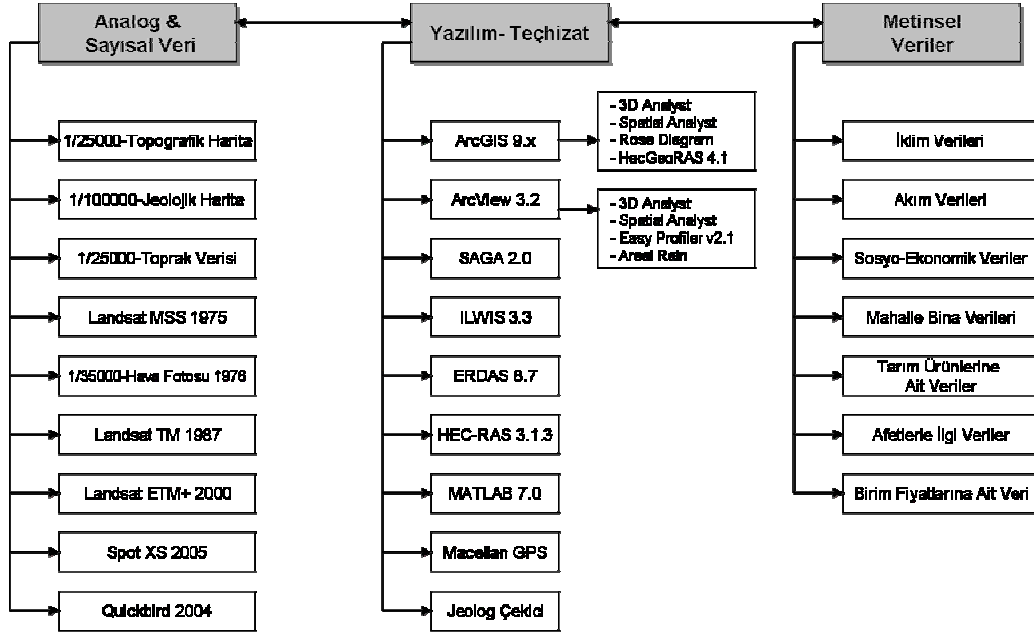


Şekil 1: Çalışma alanının lokasyonu.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde kullanılan materyalleri üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar, gerek mevcut olan gerekse çalışma esnasında oluşturulan analog ve sayısal veriler, yazılım - teçhizatlar ile metinsel dökümanlardır (Şekil 2). Analog ve sayısal verilerden çalışmada baz alınan 1/25000 ölçekli 8 adet topografik harita kullanılmıştır. Sahanın 1/25000 ölçekli jeoloji haritası mevcut olmadığı için, 1/100000 ölçekli jeoloji haritası kullanılmıştır. Toprak verileri ve bunlara ait özellikler Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden 1/25000 ölçeğinde

sayısal olarak temin edilmiştir. Havza içinde özellikle ova tabanındaki arazi kullanımı ve akarsu yatağındaki değişikliği daha ayrıntılı olarak inceleyebilmek için Harita Genel Komutanlığı'ndan 1/35000 ölçekli hava fotoları temin edilmiştir.



Şekil 2: Çalışmada kullanılan başlıca materyaller.

Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinden Landsat görüntüler internet üzerinden ücretsiz olarak temin edilmiş olup, havzanın tamamını içine alan Spot görüntüsü ve İnboğazı mevkiinden Edremit Körfezi'ne kadarki Havran Çayı kuzey ve güneyini içine alan Quickbird uydu görüntüsü ise İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Fonu'na temin edilmiştir. Kullanılan uydu görüntülerine ait bazı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Bu uydu görüntülerinin dışında sahadaki en büyük taşkın zamanı olan 25 Aralık 1981 tarihine ait Landsat MSS görüntüsü temin edilememiş, ancak 10 gün sonraki 07.01.1982 tarihli görüntü temin edilebilmiştir. Fakat sahanın %100'ü bulutlu çıkmasından çalışmada kullanılamamıştır.

Yazılım olarak CBS yazılımlarından ArcGIS 9.x, ArcView 3.2, SAGA 2.0 (System Automated Geoscientific Analyses), ILWIS 3.3 yazılımları ve bunlara ait alt analiz modülleri kullanılmıştır. Taşkın modelleri için ArcGIS 9.x içinde yer alan HecGeoRAS 4.1 modülü kullanılmıştır. Farklı CBS yazılımlarının kullanılmasının nedeni her bir yazılımın eksik kısımlarının bulunmasından dolayıdır. Uydu görüntülerinin işlenmesinde Erdas 8.7 uzaktan algılama yazılımı kullanılmıştır. HEC-RAS 3.1.3 (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) ise taşkınlarla ilgili

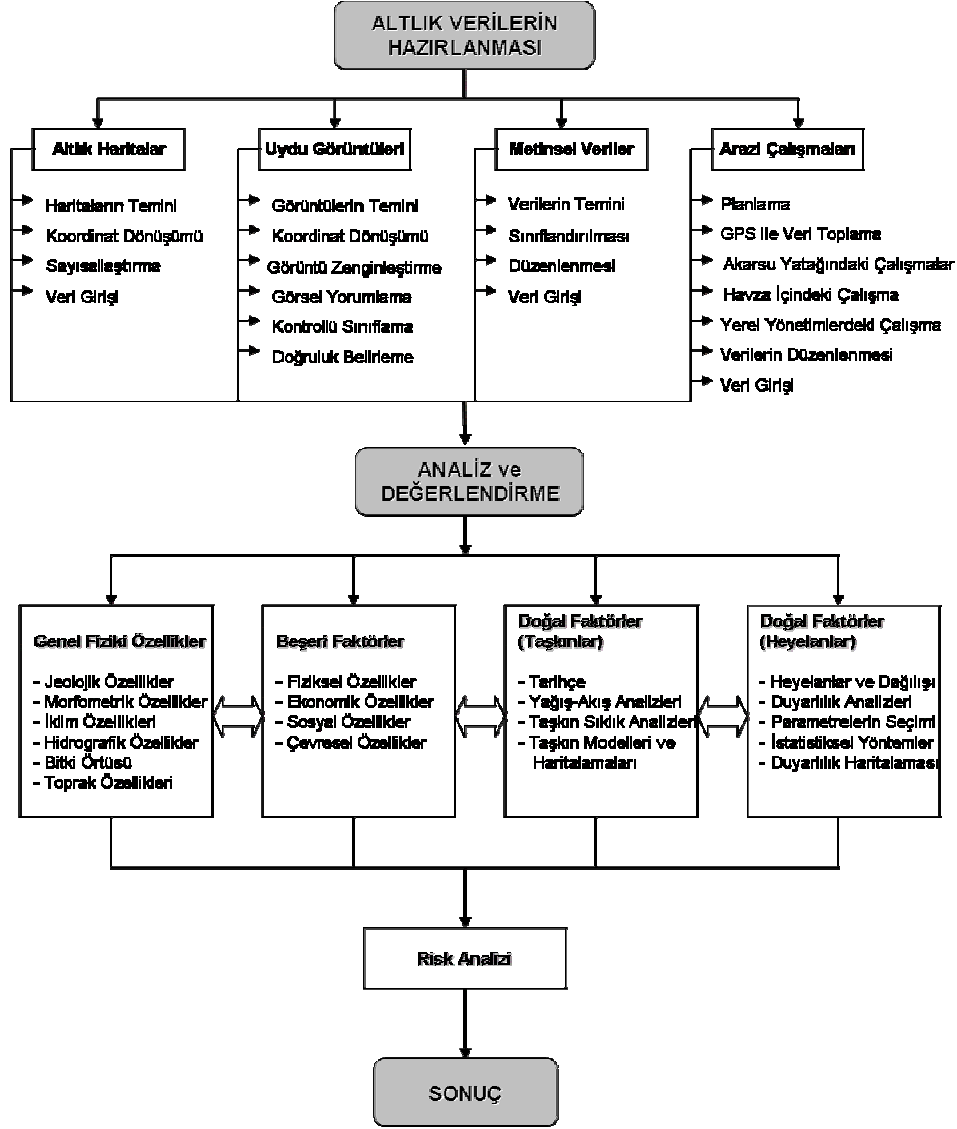
modellemelerin yapıldığı U.S. Army ürünü olan hidrolik modelleme yazılımıdır. MATLAB 7.0 yazılımı, çalışmaya katkısı olan bazı matematiksel işlemlerin çözümlenmesinde kullanılmıştır. Alet ve teçhizat olarak arazi çalışmaları esnasında kullanılmış olan Macellan marka el GPS'i ile jeolog çekici, asit ve fotoğraf makinesini sayabiliriz.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait genel özellikler.

Uydu Görüntüsü	Çekim Tarihi	Bantlar	Spektral Çözünürlük (μ)	Mekansal Çözünürlük (m)
Landsat 2 MSS	01.06.1975	4	0.5-0.6	80x80
		5	0.6-0.7	80x80
		6	0.7-0.8	80x80
		7	0.8-1.1	80x80
Landsat 5 TM	11.05.1987	1	0.45-0.52	30x30
		2	0.52-0.62	30x30
		3	0.63-0.69	30x30
		4	0.76-0.90	30x30
		5	1.55-1.75	30x30
		6	10.40-12.50	120x120
		7	2.08-2.35	30x30
Landsat 7 ETM+	06.07.2000	1	0.45-0.52	30x30
		2	0.52-0.62	30x30
		3	0.63-0.69	30x30
		4	0.76-0.90	30x30
		5	1.55-1.75	30x30
		6	10.40-12.50	120x120
		7	2.08-2.35	30x30
		8	0.50-0.90	15x15
Spot 4 HRVIR (XS)	12.08.2005	2	0.50-0.59	20x20
		3	0.61-0.68	20x20
		4	0.79-0.89	20x20
		5	1.58-1.75	20x20
Qucikbird Pan Sharpened	20.06.2004	1	0.45-0.52	0.60x0.60
		2	0.52-0.60	0.60x0.60
		3	0.63-0.69	0.60x0.60
		4	0.76-0.89	0.60x0.60

Çalışmada kullanılan metinsel verilerin her biri ilgili olduğu birimlerden temin edilmiştir. Bunlardan iklimsel veriler, 1975-2005 yılları arasını kapsamakta olup Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden, akım verileri Elektrik İşleri Etüt Daire Başkanlığı'ndan, sosyo-ekonomik, mahalle bina verileri ve tarım ürünlerine ait veriler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK), afetlerle ilgili veriler Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve İl Afet İşleri'nden temin edilmiştir. Birim fiyatları da yine ilgili kurum ve bakanlıklardan temin edilmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada takip edilen aşamalar Şekil 3'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

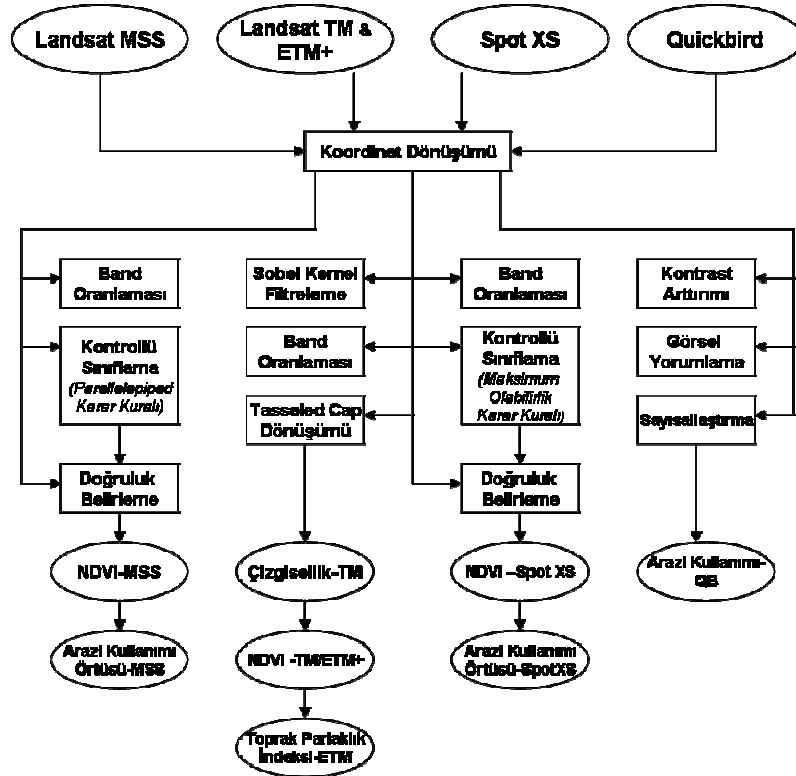


Şekil 3: Çalışmada kullanılan yöntemin akım şeması.

Buna göre, çalışmada verilerin hazırlanması ve veri girişi işlemleri en önemli ve en uzun zaman alan adımı oluşturmaktadır. 1/25000 ölçekli olan temel altılık haritalar I18 D1- D2- D3- D4, I18 C1- C4, J18 A1- A2 ve J17 B2 paftlarından oluşup toplam 9 paftadır. Jeoloji paftaları ise J18 a – b, I18 c-d paftalarından oluşan 1/100000'lik 4 paftadır. Bu altılık haritalar ve değişik uydu görüntülerinin UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyonu, European Datum 1950, 35. Zon kullanılarak

koordinat dönüşümleri yapılmıştır. Haritaların sayısallaştırılması uzun zaman almış olup, bununla birlikte sözel veri girişleri de tamamlanmıştır.

Uydu görüntüleriyle ilgili çalışmalar, arazi çalışmalarıyla birlikte koordineli yapılmış olup, bununla ilgili çalışmalar Şekil 4'te verilmiştir. Buna göre, çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin öncelikle koordinat dönüşümleri yapılmıştır. Uydu görüntülerinden Landsat MSS görüntüsü, yüksek çözünürlüğe sahip olmamasına rağmen sahaya ait eski tarihli arazi kullanımı/örtüsü ve bitki örtüsü dağılışı verilerinin oluşturulmasında faydalanılmıştır. Landsat TM ve ETM+ görüntüleri sahaya ait çizgiselliklerin, bitki örtüsü dağılışı ve toprak erozyonu için altlık olarak kullanılan Toprak Parlaklık İndeksinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Spot XS uydu görüntüsü havza genelindeki arazi kullanım özellikleri ve bitki örtüsü dağılışlarının çıkartılması için kullanılmıştır. Quickbird uydu görüntüsünden ise taşkın senaryolarında gerekli olan detaylı arazi kullanımının çıkartılmasında faydalanılmıştır. Görüntülerin işlenmesine ait detay bilgiler ilgili bölümlerde açıklanmıştır. Elde edilen metinsel veriler ve yapılan arazi çalışmalarıyla toplanan veriler bir araya getirilerek verilerin düzenlenmesi yapılmış, veri girişleri tamamlanmıştır.



Şekil 4: Uydu görüntülerinin işlenmesine ait akış şeması

Veri girişi, arazi çalışmaları ve uydu görüntülerinin işlenmesinden sonra verilerin analiz ve değerlendirme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, taşkın ve heyelan risk analizlerinde kullanılacak olan temel analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle sahanın genel fiziki özellikleri ele alınmıştır. Daha sonra riski oluşturan faktörlerin her biri ayrı ayrı incelenmiştir. Bunlardan beşeri faktörler sahada yer alan risk altındaki beşeri unsurlar ve bunların zarar görebilirlikleri kapsamında ele alınmış olup fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel özellikler başlıkları altında incelenmiştir. Doğal faktörler ise taşkınlar ve heyelanlar olarak iki alt başlıkta incelenmiştir. Bunlardan taşkınların öncelikle tarihçesini oluşturan sahada meydana gelen taşkınlar ve etkileri ele alınmıştır. Taşkınların oluşmasında rol oynayan alt kollara ait akım verileri olmadığından bunlara ait yağış-akış analizleri yapılmıştır. Geçmiş dönemdeki maksimum akımlarına bağlı olarak sahadaki taşkınların tekrarlama sıklıkları değişik istatistiksel yöntemler uygulanarak hesaplanmıştır. Saha taşkın riski açısından değerlendirildiği için taşkına neden olabilecek bütün etmenler değerlendirilmiş ve değişik taşkın senaryoları oluşturulmuştur. Bunların haritalamaları hidrolik ve CBS yazılımları kullanılarak yapılmıştır.

Doğal faktörlerden heyelanlar ise sahada çok etkin olmasa da büro ve arazi çalışmaları neticesinde belirlenen heyelanlar üzerinden, sahanın heyelan duyarlılık haritası çıkartılmıştır. Bunun için mevcut analiz tipleri değerlendirilmiş, seçilen istatistiksel yöntem için heyelan duyarlılığında kullanılacak parametreler belirlenmiştir. Böylelikle seçilen parametre ve belirlenen heyelanlar baz alınarak havzanın heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

Riski oluşturan faktörlerin tek tek incelenmesinden sonra, faktörler birlikte değerlendirilerek havzanın taşkın ve heyelan risk analizleri yapılmıştır. Öncelikle, her bir afet türü tek başına değerlendirilmiş, daha sonra ikisinin birlikte değerlendirildiği havzanın taşkın ve heyelan risk (MultiRisk) haritası üretilmiştir.

Karşılaşılan Güçlükler

Tez hazırlama aşmasında bir takım güçlüklerle karşılaşılmıştır. Bu güçlükleri iki ana başlık altında toplayabiliriz. Bunlar; verilerin eksikliği ile maddi imkanların yeterli olmamasıdır. Bu iki ana konu aşağıda detaylandırılmıştır.

Veri eksikliği ile ilgili güçlükleri şu şekilde sırlayabiliriz;

- Sahanın 1/25000 ölçekli detay jeolojik haritaların olmaması,
- Çalışma alanı içindeki dağlık kesimde meteoroloji istasyonlarının olmaması, mevcut olan istasyonlara ait verilerin özellikle taşkın analizinde kullanılacak olan günlük yağış verilerinin 1975 yılı öncesi için mevcut olmaması,
- Sahada en büyük taşkının yaşandığı 25 Aralık 1981 tarihine ait saatlik akım verilerinin, akım istasyonunun taşkından tamamen zarar görmesinden dolayı temin edilememesi,
- Sahada yaşanan taşkınlara ve en büyük taşkına ait fotoğraf vb. görüntülerin olmaması,
- Büyük taşkının yaşandığı tarihin eski olmasından dolayı ancak Landsat MSS görüntülerinin temin edilebilmesi. MSS görüntüsü optik görüntü olduğu ve zamansal çözünürlüğünün 25 Aralık 1981 tarihine denk düşen bir çekiminin olmaması, en yakın çekimin 07 Ocak 1982 olması ve bunda da sahanın olduğu kesimin %100 bulutlu çıkması,
- Taşkın için önemli olan yan derelere ait akım ölçüm istasyonlarının mevcut olmaması,
- İlçe merkezine ait elektrik, telefon hatları, su-kanalizasyon hatları, bina verileri gibi sayısal verilerin mevcut olmaması,
- Sahadaki beşeri faktörlere ait zarar görülebilirlik özelliklerinin mevcut olmaması,
- Sahada meydana gelen heyelanlara ait gün, tarih ve lokasyon özelliklerini gösterir detay arşiv envanterin olmaması,
- Havzada yer alan köylere ait sınır özelliklerini gösterir sayısal haritanın mevcut olmaması,
- Üretilen tarım ürünlerine ait sayısal verilerin olmamasıdır.

Çalışmada maddi imkanlar bakımından sadece İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri'nce, doktora tez bütçesi olan 9.000 YTL'lik bir destek sağlanmıştır. Bu desteğin çoğu sahayla ilgili olarak Spot, Quickbird ve Landsat uydu görüntülerinin teminine harcanmıştır. Kalan miktarın bir bölümü, arazi çalışmalarında, bir kısmı da tez çoğaltma işlemleri için kullanılmıştır. Bu destek haricinde çalışmanın amaca uygun bir şekilde tamamlanabilmesi için ek ödeneğe ihtiyaç duyulmuştur. Bununla ilgili yapılan çalışmalar ve karşılaşılan güçlükler şu şekildedir;

- Taşkın modellemelerinde ihtiyaç duyulan yüksek çözünürlüklü arazi modeli için LIDAR görüntüler dünya genelinde kullanılırken, bu görüntünün alınma imkanının olmamasından dolayı Orbview 3 stereo uydu görüntülerinden üretilmesi düşünülmüştür. Böylelikle taşkın modellemeleri, Havran Barajı'nın olduğu kesimden Edremit Körfezi'ne kadarki toplam 22 km'lik uzunlukta akarsu yatağı boyunca yapılması hedeflenmiştir. Bu görüntülerin temini amacıyla ek proje desteği için TÜBİTAK'a başvuruda bulunulmuş olup, 8 aylık bekleme sonucunda bir gerekçe gösterilmeden proje geri çevrilmiştir. Bundan dolayı, taşkın modellemeleri için kullanılan sayısal arazi modeli, Havran Barajı'nın olduğu kesimden Havran yerleşmesinin sonuna kadarki yaklaşık 9 km lik alanda topografik haritalar ve GPS ile akarsu yatağından temin edilen noktalar birlikte kullanılarak oluşturulmuştur. Bunun için modellemeler çok sınırlı bir alan için yapılabilmektedir. Ayrıca üretilen sayısal arazi modeli yatak içindeki yüzey şekillerini tam yansıtamadığı için sonuçları olarak gerçeği tam yansıtmasa da topografik haritalardan daha detaylı veri üretimi sağlanmıştır.
- Heyelan risk çalışmaları için, yeni bir teknik olan DINSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) kullanılmak suretiyle havza genelinde yüzeydeki hareketliliğe bağlı olarak risk çalışılması hedeflenmiştir. Fakat bunun bilimsel altyapısının oluşturulması ve gerekli olan radar görüntülerin sağlanmasında ek projeye ve ek maddi desteğe ihtiyaç duyulduğu için bu teknik uygulanamamıştır.
- İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri'nden sağlanan destekten arazi çalışmaları için ayrılan miktar, arazide planlanan çalışmaların tamamlanabilmesi için yeterli gelmemiştir. Bundan dolayı arazi çalışmaları yapılsa da istenen ve planlanan düzeyde gerçekleştirilememiştir.

Önceki Çalışmalar

Araştırma sahasındaki doğal riskler kapsamında yapılmış detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu sahayı ve çevresindeki alanları içine alan daha çok jeolojik, hidrojeolojik, jeomorfolojik ve beşeri coğrafya konularında çalışmalara rastlamak mümkündür. Bu çalışmalar salt kendi konularında olduğu için sahadaki doğal risklerden taşkın ve heyelanların detaylı bir incelenmesi yapılmamıştır. Dolayısıyla bu başlık altında sahada yapılmış önceki çalışmalardan bazılarına değinilmiştir.

Bu bölge ve çevresiyle ilgili olarak ilk çalışmalar, Tchihatcheff'e aittir (1853, 1869). Tchihatcheff yaptığı çalışmada; çalışma bölgesinin güneyinde yer alan Madra Dağı'nın jeolojik yapısıyla ilgili bilgiler vermiş olup, Kaz Dağı kütlesinde dik yamaçların olduğu kesimlerde bazı taş akmalarından bahsetmiştir.

Philippson (1918), yapmış olduğu çalışmada, Kaz Dağı'ndaki granitlerin yaşını Paleozoik olarak ifade etmiştir.

Zengin (1954), Eğmir Köyü çevresinde granit, andezit, kristalin şist, kuvarsit, mermerleşmiş kalker, metamorfik ve sedimanter sahrelerin yer aldığını belirtmiş, Edremit ve yakınlarında sıcak ve soğuk su kaynaklarından bahsetmiş, bu bölgedeki maden yatağının 4. zamanda oluştuğunu söylemiştir.

Ketin (1959), Havran ilçe sınırların içinde bulunan İnönü ve Sarnıç Köylerinin kuzeyindeki Trias oluşumları, kristalin temel üzerinde bir kaide konglomerası ile oturur ve bu bölge Biga yarımadası ile beraber temelini Kuzey Anadolu sıradağlarının oluşturduğu Pontid kuşağı içine girdiğini ifade etmiştir.

Schreiber (1959), DSİ adına bölgede yeraltı suyu potansiyeli ve imkanlarını ortaya koymak için çalışmalarda bulunmuştur.

Gümüş (1964), Kalabak-Eğmir Köyleri çevresinde yaptığı jeolojik çalışmalarda, Havran bölgesindeki Trias tabakalarının tamamen klastik bir yapı içerdiğini, Alt Jura'ya ait formasyonların sınırlı alanda rastlandığını söylemiştir.

Bilgin (1969), ovanın güneyindeki fayların varlığından, Havran Çayı'nın Havran yerleşmesinin 6 km doğusundaki kalker kütleyi sürempozisyon şekilde yarararak İnboğazını oluşturduğunu, Havran'ın kuzeyindeki kütlenin yamaçlardan inen akarsular tarafından genişçe yarıldığını, sahanın kuzeyinde yer alan granadioritin olduğu kesimlerde aşınım sathı parçalarının yer yer izlenebildiğini ifade etmiştir. Edremit ovasıyla ilgili olarak, ovanın batıdan doğuya doğru yükseldiğini, genellikle dik olan kenarlarla sınırlandığını ve ovanın doğuya doğru daraldığını söylemiştir. Havran Çayı'nın denize döküldüğü alanda yükseltinin iyice azaldığını, alçak kısımlarda geçici göller, lagünler ve bataklıkların bulunduğu söz etmiştir.

Yalçınlar (1970), Batı Anadolu'daki depresyonların Alp orojenezi esnasında meydana gelen Neojen çukurları olduğunu ve bunların fay diklikleri veya dik yamaçlarla sınırlandığından söz etmiştir.

Ardos (1979), Edremit ovasının genç tektonik hareketlerle oluşmuş bir graben olduğunu, bu grabenin Kazdağ masifinin güney kısmının çökmesiyle oluştuğunu söylemiştir. Ana fayın D-B uzanımlı olduğunu, Havran -Burhaniye arasında ise GB-KD uzanımlı olduğunu ifade etmiş olup bu duruma göre Edremit ovasının üçgen şekilli bir graben olduğundan bahsetmiştir.

Ketin (1982), Edremit Körfezi'nin iki tarafının normal faylarla sınırlandırıldığını ifade etmiştir.

DSİ (1988), "Edremit-Havran Projesi Planlama Raporu" isimli hazırlana raporda, sahadaki taşkınlar, nedenleri, Havran Barajıyla ilgili çalışmalar gerekçe ve bütçeleri hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Tezcan (1989), ova tabanındaki yeraltı suyu özelliklerini incelemiş olup alüvyonların olduğu kesimde serbest akifer ve tutuklu akifer özelliklerini görüldüğünü ve buradaki yeraltı suyu akım modelleri üzerine çalışmalar yapmıştır.

Mutluer (1990), ova ve çevresinin nüfus özellikleri, yerleşme özellikleri, kırsal yerleşmeler, sahadaki ekonomik etkinlikler ve ulaşım özelliklerini içine alan ayrıntılı bir şekilde beşeri ve iktisadi coğrafya özelliklerini incelemiştir.

Hocaoğlu (1991), Edremit ovası ve çevresi için detaylı jeomorfolojik çalışmalar yapmıştır. Sahanın havza relief şekli bakımından iki ana bölümden oluştuğunu, bunların Edremit Körfezi ve ovasının meydana getirdiği havza tabanı ile nispeten yüksek dağlık ve tepelik alanlarla muhtelif yüksekliklerdeki platolar olduğunu söylemiştir. Taşkınlardan jeomorfolojik problem olarak bahsetmiş olup saha için ele alınması gereken ciddi bir problem olduğundan söz etmiştir.

Darkot ve Tuncel (1995), kuzeyde Kazdağı'nın dik ve düz yamacın Edremit Körfezini ve bunun kara içindeki uzantısı olan Edremit – Havran ovasını kesin olarak sınırlayıp ve ova gelişimini engellediğini, bundan dolayı ovanın üçgen biçiminde kara içine sokulduğunu ifade etmişlerdir. Soğuk rüzgarlardan korunan ova ve kıyı, Akdeniz ikliminin çeşitli ürünlerinin yetişmesine elverişli olup, meyvecilik ve bağcılık geniş olanakların olduğunu, yamaçların gerçek bir monokültür örneği olarak gösterilebilecek biçimde zeytinliklerle kaplı olduğunu belirtmişlerdir.

Azaz (1998), sahadaki granadiorit kayaçlar üzerinde, çoğunlukla kırık zonlarına yakın ve mineralleşme zonlarında görülen ve birkaç santimden metrelerce kalınlığa

kadar ulaşabilen hidrotermal ayrışma ile, kayaç içine sızan meteorik sulardan kaynaklanan yüzeysel ayrışma türlerinin görüldüğünü belirtmiştir.

Nalbant vd. (1998) tarafından kuzeybatı Türkiye ve kuzey Ege'de 1912 den bu yana meydana gelmiş magnitüdü 6'dan büyük 29 depremin Coulomb stres dağılımı incelenmiştir. Çalışma sonucunda Edremit Körfezi ve çevresinin de içinde bulunduğu bazı alanlar, gelecekte hasar verici depremlerin meydana geleceği alanlar olarak belirtilmiştir.

Beyhan (1999), Edremit körfezinde sismik yansıma kesitlerinden elde edilen verilere dayanılarak, kuzey ve güneyden geçen oblik atımlı (çiçek yapısı özelliği gösteren doğrultu atımlı + normal faylar) faylarla sınırlanmış bir havza yapısının açıkça görüldüğünü ifade etmiştir. Saroz, Edremit ve Gökova Körfezlerinin gerek tektonik hızlar gerekse sahalardaki fayların kinematiği açısından ve sadece açılma bileşenleri göz önüne alındığında Edremit Körfezi'nin diğer ikisine göre en yavaş açılan basen olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz vd. (2001), tarafından sahadaki faylar 3 grupta toplanmıştır. Bunlar doğu – batı (D-B) yönündeki faylar, kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) uzanımlı faylar ve kuzey kuzeybatı-güney güneydoğu (KKB-GGD) uzanımlı faylardır. Genel olarak D-B uzanımlı faylar diğer ikisine göre daha gençtir.

1. HAVZANIN GENEL FİZİKİ ÖZELLİKLERİ

Sahayla ilgili risk analizi çalışmalarına yön vermesi ve çalışma alanının genel fiziki özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla, bu başlık altında havzanın jeolojik, morfometrik, iklim, hidrografik, bitki örtüsü ve toprak özelliklerine kısaca değinilmiştir.

1.1. Jeolojik Özellikler

Jeolojik özelliklerin, taşkın ve heyelanların oluşmasında gerek doğrudan ve gerekse dolaylı olarak etkisi bulunmaktadır. Jeolojik özellikler ve özellikle litolojik içerik, taşkınların oluşmasında dolaylı bir etkiye sahipken, heyelanların oluşmasında ise doğrudan bir etkiye sahiptir. Havza için yapılacak taşkın ve heyelanların risk analizinde bir katman olarak değerlendirilecek olan jeolojik özellikler, çok detaya inilmeden çalışmaya katkısı oranında ele alınmıştır.

Bu kapsamda jeolojik özellikler; stratigrafik - litolojik özellikler ve tektonik özellikler alt başlıkları altında incelenmiştir. Ayrıca sahadaki çizgisellikler, uydu görüntülerinin analizi ile ortaya konmuştur.

1.1.1. Stratigrafik ve Litolojik Özellikler

Havza içinde Paleozoik'ten Kuaterner'e kadarki zaman aralığında çeşitli litolojik birimler yer almaktadır. Havzanın şekillenmesinde önemli rol oynayan bu birimler, eksiden yeniye doğru ele alınmıştır.

Çalışma alanı, Biga Yarımadası'ndan Doğu Karadeniz dağlarına doğru uzanan Sakarya Zonu içinde yer alır. Kuzeyde Pontid kenedi, güneyde ise İzmir-Ankara kenedi ile sınırlanan bölgeye, Şengör ve Yılmaz (1981) tarafından bu ad verilmiştir. Sakarya Zonu içinde yer alan Jura öncesi temel, karmaşık bir şekilde deforme olmuş ve metamorfizma geçirmiştir (Şengör vd., 1984; Okay vd., 1990). Jura – Tersiyer birimleri ise daha az deformasyon geçirmiş ve hiç metamorfizma göstermeyen kayalardan oluşmuştur (Azaz, 1998).

Paleozoik: Havzadaki en eski birimleri, havzanın kuzeyinde kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı Paleozoik epimetamorfitle (Ep) oluşturur (Şekil 5). Bu sahadaki epimetamorfitle oldukça metamorfize olmuş mikalı, serisitli, kloritli, amfibollu şistlerden meydana gelmişlerdir. Epimetamorfitle kırıklı ve çatlaklı olup lokal olarak da faylanmışlardır (DSİ, 1977; Hocaoğlu, 1991).

Bunun dışında epimetamorfitleerin güney-güneybatısında Paleozoik kristalize kireçtaşı olistolitleri (P) yer alır. Yayılış alanı oldukça küçük olan bu birim, Alt Trias'ın yeşil şist ve metagrovakları arasında cepler halinde görülür (Şekil 5). Yer yerde bol miktarda kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahiptirler.

Mesozoik: Mesozoik birimlerin en eskilerini Alt Trias'ın yeşilşist ve metakumtaşı-metagrovakları (Dpo) oluşturmaktadır. Karakaya formasyonu olarak da adlandırılan birim çok az metamorfizma geçirmiştir. Sahanın kuzeyinde büyük alan kaplayan metakumtaşı-metagrovaklar yer yer iri bloklara ve küçük parçalar haline, kırık ve çatlak sistemleriyle ayrılmışlardır (Şekil 5). Tepeoba, Kızıklı Köyleri yakınlarında bu formasyon gri yeşilimsi beyaz renkte olup, metagrovaklara göre daha iri elemanlıdır ve metamorfize olmuş kumtaşı olarak adlandırılmaktadır. Bu kumtaşları genellikle çeşitli yönlerde gelişmiş çatlaklar vasıtasıyla ufalanabilir duruma gelmiştir. Yeşilşistler ise kırıklı çatlaklı olup serisit, klorit ve muskovit şistler halinde mostra verirler. Açık yeşil renkte olan ve yer yer sabunumsu olan bu şistler üzerinde bazen kalın ayrılmış toprak moloz tabakası oluşmuştur.

Sahadaki diğer Mesozoik birimler, tortul kayaçlar grubu içinde bulunan ve Üst Trias konglomeralarıdır (Kon). Bu birim kaba çakıllı, kumlu, silis çakıllı olup karbonat ve yer yer silis çimentoludur. Kırıklı ve çatlaklı olan bu birimde tabakalar az eğimlidir. Havran kuzeyinde yer alan Alt Jura Hornfles, Granotit ve Wallastonit'ten oluşan birim (KMK) kontakt metamorfik kayaçları oluşturur. Bunun dışında Üst Jura (Bilgin, 1969; Krushensky, 1970) havza içinde Büyükdere, Küçükdere Kızıklı Köyleri civarı, İnboğazı mevkii ve bunun kuzedoğusunda yayılış alanı sergileyen kireçtaşları (Kçtsy), mat ve kompakt bir yapıya sahiptirler. Kireçtaşları, belirli yönlerde gelişmiş kırıklar içermesi yanında, özellikle İnboğazı mevkiinde büyük karstik boşluklar görülür (Foto 1).

Senozoik: Saha içinde Senozoik arazilerini, Oligo-Miosen granodiyoritleri (Gd) (Ayan, 1979; Bingöl vd., 1982; Delaloye vd., 2000), Miosen andezit, tuf (A2+T2), polijenik aglomera, tuf, silt arakatkılı (AgPs), dasit, riyolit (DR) ve tuf'leri (Tyuf) ile Neojen göl depoları (ng) oluşturmaktadır (Akyürek vd.,1980). Bunlardan mağmatik intrüzyonlar olan granodiyoritler içerisinde bol miktarda kuvars, plajiolaz ve ortoklas bulunur. Sahadaki granodiorit kayaçlar üzerinde, çoğunlukla kırık zonlarına yakın ve mineralleşme zonlarında görülen ve birkaç santimden metrelerce kalınlığa kadar ulaşabilen hidrotermal ayrışma ile, kayaç içine sızan meteorik sulardan kaynaklanan

yüzeysel ayrışma türleri görülmektedir (Azaz, 1998). Hidrotermal ayrışma derinlere doğru inerken, yüzeysel ayrışma geniş yüzeyleri kapsar (Foto 2).



Foto 1: Kireçtaşı boşlukları.

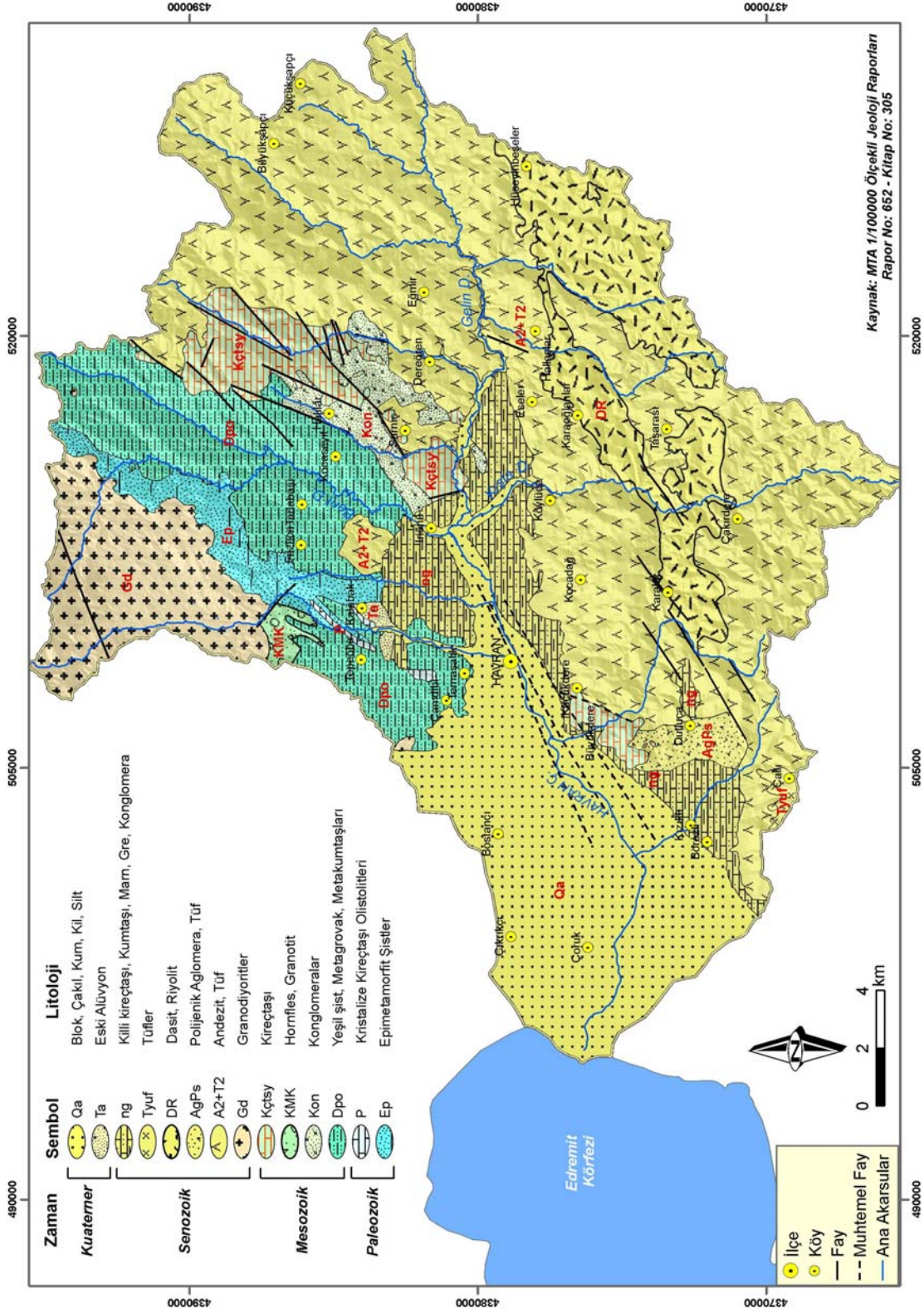


Foto 2: Granadiorit ayrışma.

Sahadaki diğer Senozoik elemanlar, yüzey volkanik kayalar olup genel olarak andezit, dasit, riyolit, aglomera ve çeşitli karakterdeki volkanik tüflerden meydana gelmişlerdir. Andezit ve tüfler sahanın büyük bir alanını kaplarlar. Özellikle doğu ve güney kısmı kapsayan andezit ve tüflerden andezitler, genellikle sert, yer yer kırıklı parçalı olup bol miktarda pilajoklaz, horblend kırıntıları ve az miktarda kuvarslardan meydana gelmiştir. Gri beyaz ve yeşilimsi gri renkte olup yer yer ayrışma gösterirler. Volkanik tüfler ise gevşek dokulu olup gri, beyaz ve açık pembe renklindedir. Tüfleri, andezitik, riyolitik ve dasitik olmak üzere bölgesel olarak ayırmak mümkündür. Sahanın doğu ve güneyinde yayılış alanı olan dasit ve riyolitler ise oldukça sert, yer yer faylı olup kuvars, feldspat ve siyah elemanlardan meydana gelmişlerdir.

Pliosen yaşlı neojen göl sedimentleri ise, killi kireçtaşları, kumtaşı, marn, gre ve konglomeradan meydana gelir (Bilgin, 1969; MTA, 1989). Killi kireçtaşları ve marnlar, bej renkli olup ince ve orta tabakalaşma gösterirler. Soma formasyonu olarak da adlandırılan bu birim, genellikle beyaz, sarı, boz, gri renkli ince-orta ve kalın tabakalanmalıdır (MTA, 1989) (Foto 3). Yatay ve yataya yakın tabakalanmalı olan birim sıkışma nedeniyle yer yer yatık, hatta devrik kıvrımlı yapı gösterir.

Kuaterner: Çalışma alanı içindeki genel olarak Kuaterner birimlerini, eski alüvyonlar ve yeni alüvyonlar olarak ayırmak mümkündür. Eski alüvyonları, genellikle Edremit ovasının kuzeyindeki akarsularda görülen taraça yüzeyleri (Ta) meydana getirir. Saha içindeki örneği ise Havran yerleşmesi kenarından Havran Çayı'na katılan Küçükçay Dere kolu üzerinde yer alırlar (Şekil 5).



Şekil 5: Havran Çayı Havzası Jeoloji Haritası

Sahadaki genç alüvyonları (Qa) ise çeşitli irilikte blok, çakıl, kum, silt ve kilden meydana gelmiştir. Yer yer kalın kil mercekleri mevcuttur. Bu alüvyon dolgu malzemesinin kaynağını daha çok çevredeki metamorfik, volkanik kayalar ile Neojen sedimentleri meydana getirir. Ovanın büyük bir bölümünde kumlu, siltli, killi tabakalar halinde görülen genç alüvyonlarda, körfeze yakın kesimlerde kil hakim duruma geçmektedir (Foto 4).



Foto 3: Neojen göl depoları.



Foto 4: Kuaterner Alüvyonları.

1.1.2. Tektonik Özellikler

Batı Anadolu, Türkiye'nin dört ana neotektonik bölgesinden birisidir (Şengör vd., 1985). Şengör vd.'ne göre (1985), Arap ve Anadolu kütlelerinin Orta Miosen'deki çarpışmaları sonucunda oluşmaya başlamıştır. Bu çarpışmanın bir sonucu olarak, Anadolu bloğu batı yönündeki kaçışı ile Türkiye'nin batısında doğu-batı (E-W) yönlü sıkışmaya neden olmuştur. Bu da kuzey-güney (N-S) yönlü açılmayı ortaya çıkarmış ve böylece Batı Anadolu'da birçok graben meydana gelmiştir. Yılmaz ve diğerlerine göre (1997) ise, Kuzey Ege ve Edremit Körfezi'nin çöküşü, Pleistosen başında Batı Anadolu'nun K-G yönlü açılmasına bağlı olarak oluştuğu ifade edilmektedir. Batı Anadolu ve Ege'deki deformasyon oranı, McKenzie ve Yılmaz (1991) ve Yılmaz vd. (2001) tarafından 3-6 cm/a-1, Eyidoğan (1987) tarafından ise 7-10mm/yıl olarak verilmiştir. Sahanın deformasyon oranı, sahanın sismik özelliğinden dolayı günümüzde diğer karasal bölgelere göre fazladır (McKenzie ve Yılmaz, 1991).

Batı Anadolu, dünyada en fazla sismik aktivitesi olan ve hızlı bir şekilde genişleyen bir bölgedir (Ambraseys, 1988; Ambraseys ve Jackson, 1998; Jackson ve McKenzie, 1988; Reilinger vd., 1997; Taymaz vd., 1991). Burada bulunan grabenler içerisinde, 80 km uzunluğu ve batıya doğru yaklaşık 5 km. ile 30 km.'yi geçen eniyle

Edremit grabeni en geniş grabenlerden birisidir (Yılmaz vd., 2001). Ayrıca Orbay vd. (1993) tarafından Edremit Körfezi ve civarındaki paleomagnetik çalışmalardan, Miosen örnekleri için Edremit Körfezi'nin kuzeyinde saatin tersi yönünde 25°, güneyinde ise yine saatin tersi yönünde 15°-40°lik dönmeler hesaplanmıştır. Böylece körfezin kuzey ve güneyinin iki farklı blok şeklinde incelenmesi gerektiği ve bunun yanında güney bloktaki saat tersi yönündeki dönmenin kuzeye göre daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Tektonik aktivitenin bir göstergesi olan faylar gerek çalışma alanında gerekse graben sahanın genelinde 3 grupta toplanabilir. Bunlar doğu – batı (D-B) yönündeki faylar, kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) uzanımlı faylar ve kuzeykuzeybatı-güneygüneydoğu (KKB-GGD) uzanımlı faylardır. Genel olarak D-B uzanımlı faylar diğer ikisine göre daha gençtir (Yılmaz vd., 2001). Çünkü, KD-GB uzanımlı faylar ve bunların yan kolları olan KKB-GGD uzanımlı faylar, D-B yönlü faylarla ani bir şekilde sonlandırılmıştır. Edremit Körfezinde sismik yansıma kesitlerinden elde edilen verilere dayanılarak, kuzey ve güneyden geçen oblik atımlı (çiçek yapısı özelliği gösteren doğrultu atımlı + normal faylar) faylarla sınırlanmış bir havza yapısı açıkça görülmektedir (Beyhan, 1999). Ayrıca aynı araştırmacı tarafından Saroz, Edremit ve Gökova Körfezlerinin gerek tektonik hızlar, gerekse sahalardaki fayların kinematiği açısından ve sadece açılma bileşenleri gözönüne alındığında Edremit Körfezi'nin diğer ikisine göre en yavaş açılan basen olduğu belirtilmiştir.

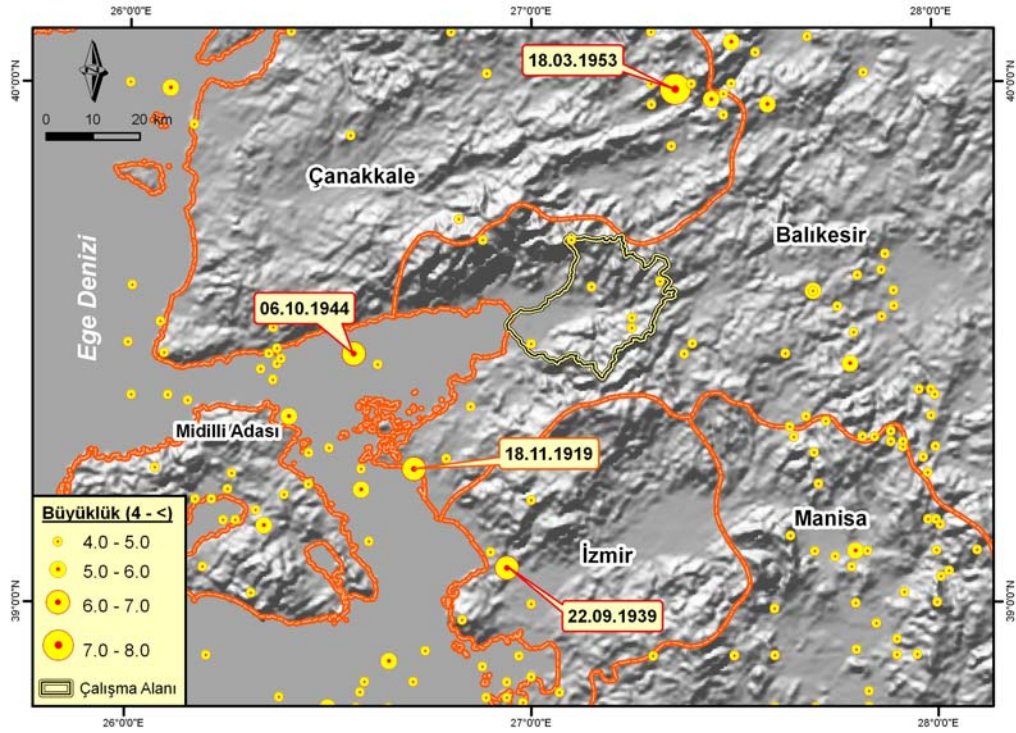
Edremit grabeni ve çevresi ayrıca Batı Anadolu'daki sismik aktivitenin fazla olması yanında, düşük magnitüdü depremler gözle görülür derecede birbirlerine yakın bir şekilde kümelenmişlerdir (Üçer vd., 1985). Birçok kaynakta bu depremlerin episantr uzaklığı 0-50 km. arasında değiştiği belirtildense, ana depremlerin 10-15 km. den daha derin olmadıkları saptanmıştır (Jackson ve Fitch, 1979; Eyidoğan ve Jackson, 1985). Saha ve çevresi için 1905 ten günümüze meydana gelmiş depremler incelendiğinde, büyüklüğü 4 ve üstü depremlerin fazla olduğu dikkat çeker. Bu depremlerden 6'dan büyük olanlar çalışma sahasına lokasyon olarak çok yakın olan 1919 Soma (Büyüklük: 6.9), 1939 Bergama (Büyüklük: 6.5), 1944 Ayvacık (Büyüklük: 6.8) ve 1953 Yenice-Gönen (Büyüklük: 7.2) depremleridir (Şekil 6) (Ambraseys, 1970, 1988). Çalışma alanı içinde büyük magnitüdü depreme rastlanmazken büyüklüğü 2-5 arasında değişen depremleri görmek mümkündür (Şekil 7). Meydana gelmiş bu depremler havza içinde daha çok Havran Çayı kuzey bölgesinde yoğunluk kazanmıştır (Şekil 7). Frekans olarak büyüklüğü 2-3 arasında

değişen depremler daha fazla olurken bunu 3-4 ve 4-5 arası büyüklüğe sahip depremler takip eder (Tablo 2).

Tablo 2: Havza içinde meydana gelmiş deprem ve frekansları.

Deprem Büyüklüğü (M)	Frekans (Adet)
2.0 – 3.0	41
3.0 – 4.0	27
4.0 – 5.0	6

Ayrıca Nalbant vd. (1998) tarafından kuzeybatı Türkiye ve Kuzey Ege’de 1912 den bu yana meydana gelmiş magnitudü 6’dan büyük 29 depremin Coulomb stres dağılımı incelenmiştir. Buna göre Şekil 8’de de gösterildiği üzere gri tonlama yapılan bölgeler gelecekte hasar verici depremlerin meydana geleceği alanlar olarak belirtilmiştir.



Şekil 6: Çalışma alanı ve çevresi büyüklüğü 4 ve üzeri olan depremlerin dağılışı (1905-2006).

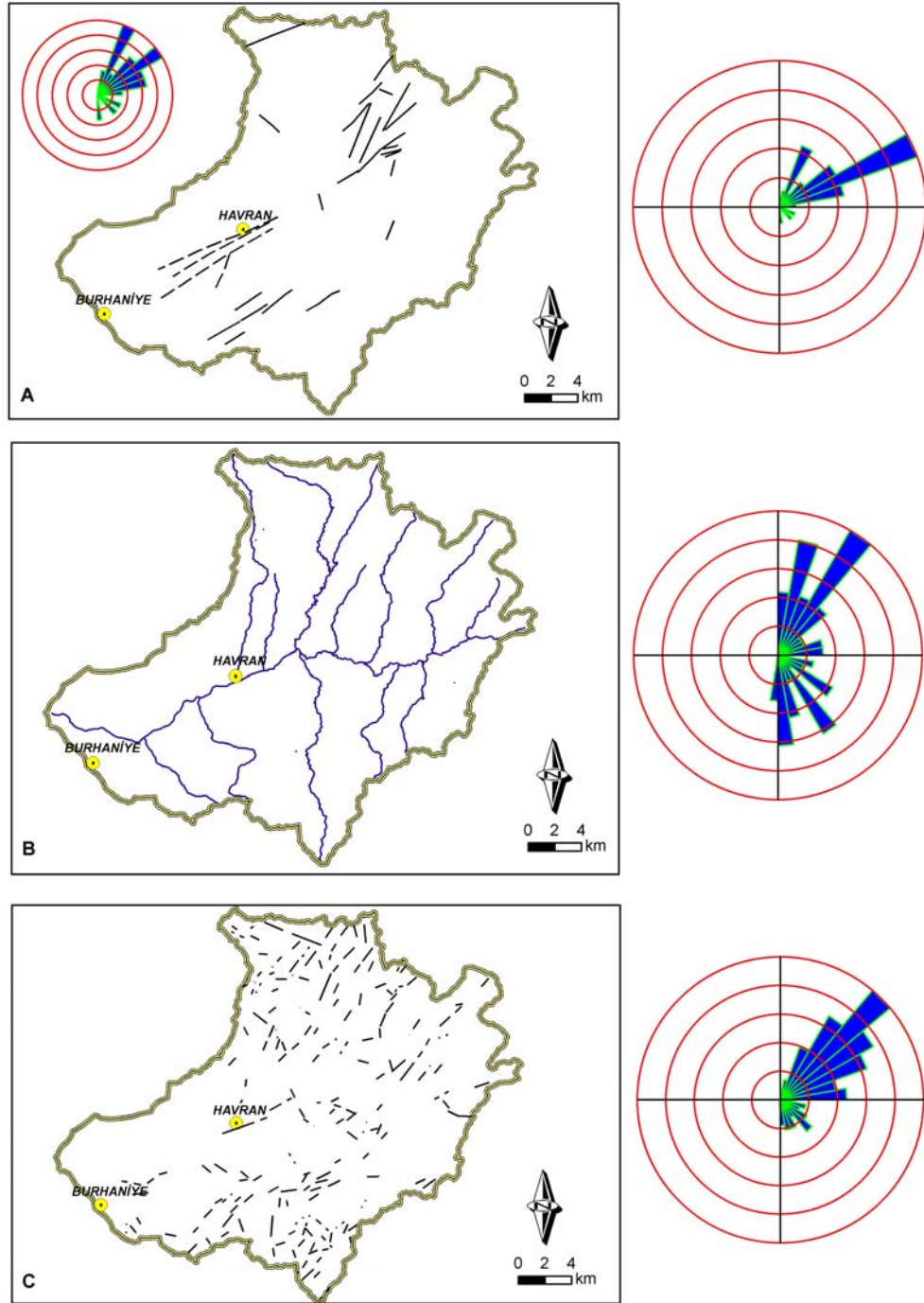
mekanizmalarını anlayabilmek amacıyla ve heyelan risk belirleme çalışmalarındaki öneminden dolayı (Stefouli vd., 1996) bu kısımda çizgisellik analizine yer verilmiştir.

Sahadaki çizgiselliği ortaya koymak amacıyla sahaya ait Landsat TM (Mayıs 1987) uydu görüntüsünün 4, 5 ve 7. bandları kullanılmıştır. Bu bandların tercih edilmesinin nedeni; 4. bandın diğer bandlara göre jeolojik çizgiselliği daha iyi göstermesi (Akhir vd., 1997), 5. bandın, litolojik ve yapısal haritalamada kullanılışlı olması (Voldai, 1995) ve 7. bandın ise atmosferik püskan dolayı nemlilik etkisi ve kontrast kaybının minimum olmasından dolayıdır (Süzen vd., 1998). Bu bandlar, Sobel Directional filtrelemeye tabi tutulmuş (Tablo 3) (Morris, 1991; Philip, 1996; Süzen ve Toprak, 1998), elde edilen görüntülere Tekstür analizi uygulanarak, filtreleme sonucundaki üretilen görüntüler netleştirilmiştir. Sonuç görüntüden manuel sayısallaştırmayla çizgisellik çıkarımı yapılmıştır. Daha sonra bütün bandlardan sayısallaştırılan çizgisellikler birleştirilerek rose diyagramında gösterilmiştir. Buna göre çıkan hakim yön N 45° E olarak bulunmuştur (Şekil 9).

Tablo 3: Bandlara uygulanan dört ana yöndeki Sobel kernel.

N-S	NE-SW	E-W	NW-SE
-1 0 1	-2 -1 0	-1 -2 -1	0 1 2
-2 0 2	-1 0 1	0 0 0	-1 0 1
-1 0 1	0 1 2	1 2 1	-2 -1 0

Çizgiselliklerle sahada bulunan ana akarsu kollarının uzanışı ve 1/100000 ölçekli jeolojik haritada bulunan mevcut fayların yön ve uzanırları karşılaştırıldığında üçünde de hakim yönün kuzeydoğu olduğu açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 9). Fakat Şekil 9 A'da görüldüğü gibi fayların yönü, E 30° K çıkmıştır. Bunda jeoloji haritasında gösterilmiş olan Havran yerleşmesi yakınlarındaki muhtemel fayların etkisi büyüktür. Bu muhtemel fayların hesaba katılmaması durumunda, hakim yön yine kuzeydoğu olarak bulunmuştur. Aynı şekilde havzadaki ana akarsu kollarının hakim yönü N 40° E olarak bulunmuştur. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi Landsat TM den üretilen çizgiselliklerin sahadaki çizgisel olan diğer katmanlarla hemen hemen aynı uzanımı vermesi çıkan sonucun doğruluğunu ispatlar niteliktedir.



Şekil 9: Sahadaki çizgisellikler A) 1/100000 ölçekli jeoloji haritasında bulunan faylar, B) Sahadaki ana akarsu kolları C) Dört ana yönde Landsat TM 4,5 ve 7. bandlardan üretilmiş çizgisellikler.

1.2. Morfometrik Özellikler

Morfometri, arazinin sayısal olarak ifade edilmesidir. En basit olarak yüzey şekillerinin büyüklük, yükselti (maksimum-minimum ve ortalama) ve eğim özellikleriyle tanımlanmasıdır. Sayısal ölçümler, farklı arazi şekillerinin karşılaştırılması ve parameterlerin hesaplanmasında jeomorfologların daha objektif olmasını sağlarlar (Keller ve Pinter, 2002). Jeomorfometri olarak adlandırılan morfometrik özelliklerin ölçüm ve analizi, CBS yardımıyla günümüzde, eskiye göre daha kolay ve otomatik olarak yapılabilmektedir (Goudie, 2004a).

Morfometrik özelliklerin analizi sonucu elde edilecek kantitatif verilerle, havzanın oluşum ve gelişmesinde rol oynayan etmenlerin daha iyi yorumlanabilmesi, taşkın ve heyelanların oluşmasındaki etki derecelerinin anlaşılabilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla eğim özellikleri, bakı özellikleri, hipsometrik egri – integrali, havza asimetrisi, akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL İndeksi), akarsu boyuna profilleri, akarsu ağı ve relief özellikleri ve havza şekil analizleri gibi konular ele alınmıştır.

1.2.1. Eğim Özellikleri

Eğim faktörü, havzanın morfometrik özellikleri içinde yer alır. Özellikle tez konumuzu oluşturan taşkın ve heyelanların oluşmasında çok önemli bir etkiye sahiptir.

Bütün koşulların aynı olması şartıyla, eğimin fazla olduğu alanlarda yağışla gelen suların toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara nisbeten daha azdır. Bunun sonucunda da yağmur suları direkt akışa katılırlar. Bu da akım değerini fazlalaştırır. Özellikle bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda erozyonel faaliyetleri başlatır ve akarsuyun taşıdığı sediment miktarını artırır.

Ayrıca kütle hareketlerinin oluşmasında yamacın yerçekiminin etkisine bağlı olarak harekete geçmesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bundan dolayı eğim değerinin fazla olduğu alanlarda, heyelanlar diğer şartlar da uygun değerler içeriyorsa, kolaylıkla meydana gelirler.

Havza için eğim haritası 1/25000 ölçekli topografik haritalar baz alınarak üretilen DEM (Digital Elevation Model) (10x10 m) verisinden elde edilmiştir. Eğim değeri derece cinsinden olup taşkın ve heyelanlar için baz alınan aralık değerleri ve bunların havza ve alt havzalardaki dağılışı Tablo 4, 5 ve Şekil 10, 11' de verilmiştir. Eğim sınıflaması Verstappen, 1983 ve Bogomolov, 1963 baz alınarak yapılmıştır.

Tablo 4: Havran Çayı havzasının eğim özellikleri ve afet türü ilişkisi.

Eğim (°)	Morfolojik Tanımı	Alan (km ²)	Ekzojenik Afet Türü	Alansal Dağılım Grafiği
0-2	Çok az eğimli (Düz)	124.2	Taşkın	<p>0.1% (45-<) 14.2% (25-45) 30.5% (15-25) 33.3% (2-15) 21.8% (0-2)</p>
2-15	Az eğimli	190.0	Taşkın, Sel - Heyelan	
15-25	Hafif eğimli (Orta)	174.2	Heyelan	
25-45	Dik	81.2	Heyelan	
45-< (68)	Çok Dik	0.5	Heyelan	

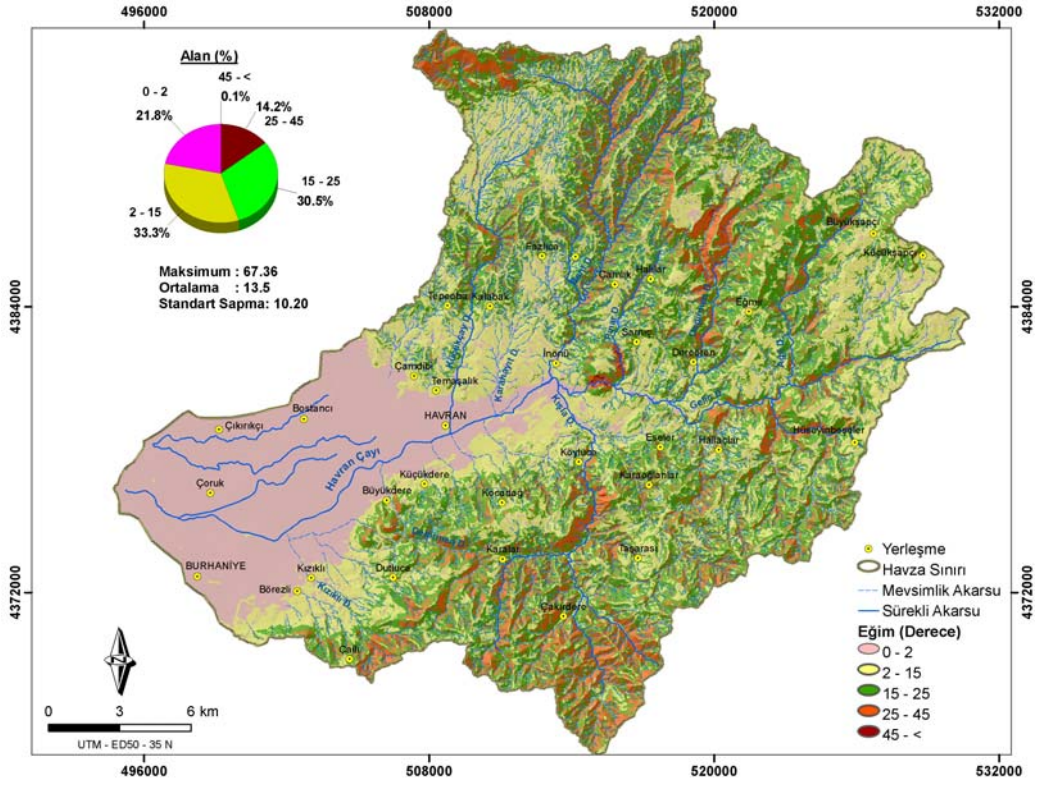
Buna göre Tablo 4 ve Şekil 10' da görüldüğü üzere havzanın eğim değeri 0-68° arasında değişen bir değer aralığına sahiptir. Havzanın ortalama eğim değeri ise 13.5° dir. Bu değerlerin 2-15° ile 15-25° aralıkları, havzanın yarısından fazlasını (% 63.8) oluşturmaktadır. Bunun yanında havzadaki çok az eğimli alanlar ile dik yamaçların bulunduğu alanlar azınmayacak bir orana sahiptir. Havza eğim değerinin standart sapması ise 10.20 dir. Bu değer, havzanın akarsular tarafından aşındırıldığıнын bir göstergesidir (Goudie, 2004b).

Alt havzalarda ise 0-2° lik eğim aralığı Havran Çayı kolunda (%72.0), 2-15° eğim aralığı Karahayıt kolunda (%63.9), 15-25° eğim aralığı Değirmen kolunda (%45.3), 25-45° eğim aralığı Kışla kolunda (%27.2) ve 45° ve üstü ise Gelin kolunda (%0.2) yer almaktadır (Tablo 5).

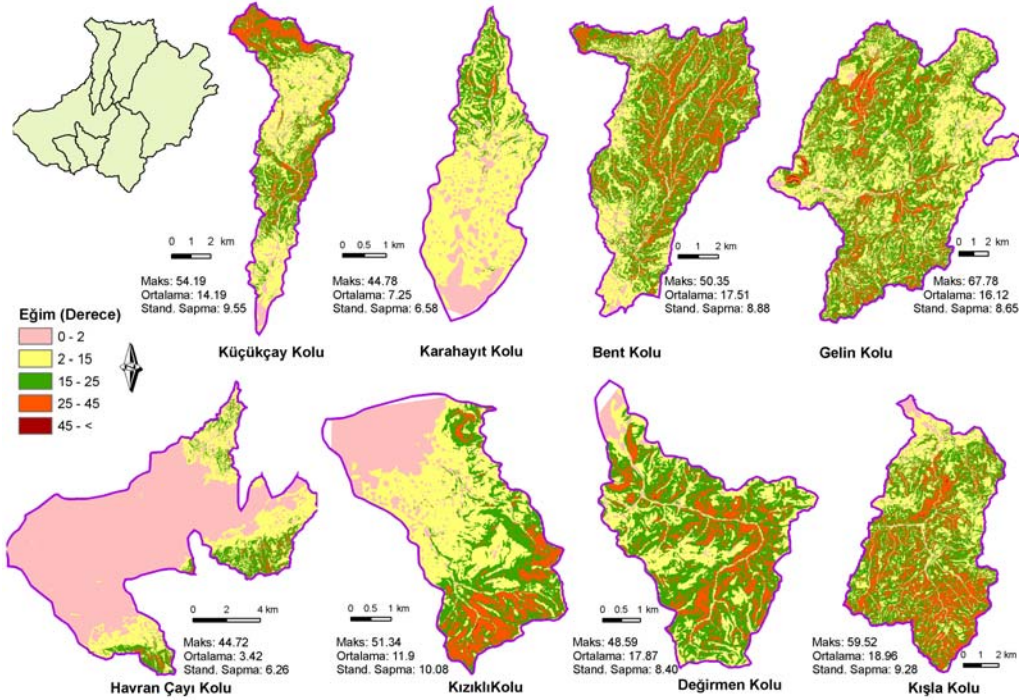
Ayrıca alt havzalardaki maksimum, ortalama ve standart sapma eğim değerlerine bakıldığında (Şekil 11), maksimum değer 67.78° ile Gelin kolunda olduğu görülmektedir. Maksimum değer en düşük olduğu alt havza ise 44.72° ile Havran Çayı kolu'dur. Alt havzaların ortalama değerleri olarak 18.96° ile Kışla kolu en yüksek değere sahipken hemen arkasından 17.87° ile Değirmen kolu gelmektedir. Bu iki alt havza, ana kola güneyden katılmakla birlikte, kuzeyden ana kola dahil olan Bent kolu'nun ortalama eğimi 17.51° dir. Ortalama eğimi en düşük olan alt havza ise yine Havran Çayı koludur. Standart sapma değerleri olarak alt havzalar 6-10 arasında değişen düşük değerlere sahiptirler.

Tablo 5: Alt havzaların eğim özelliklerinin alansal dağılımları.

Alt Havzalar	Eğim (°)	Alan (km ²)	Dağılım Grafiği
Havran Çayı Kolu	0-2	90.7	
	2-15	24.8	
	15-25	8.8	
	25-45	1.6	
	45-<	-	
Küçükçay Kolu	0-2	4.0	
	2-15	20.3	
	15-25	12.3	
	25-45	6.5	
	45-<	0.01	
Karahayıt Kolu	0-2	2.3	
	2-15	6.9	
	15-25	1.3	
	25-45	0.1	
	45-<	-	
Bent Kolu	0-2	4.4	
	2-15	23.3	
	15-25	30.4	
	25-45	15.4	
	45-<	0.01	
Gelin Kolu	0-2	10.7	
	2-15	77.5	
	15-25	74.0	
	25-45	27.9	
	45-<	0.4	
Kışla Kolu	0-2	4.0	
	2-15	23.5	
	15-25	32.6	
	25-45	22.5	
	45-<	0.07	
Değirmen Kolu	0-2	1.1	
	2-15	6.2	
	15-25	9.6	
	25-45	4.2	
	45-<	0.003	
Kızıklı Kolu	0-2	5.0	
	2-15	8.2	
	15-25	4.7	
	25-45	2.6	
	45-<	0.005	



Şekil 10: Havran Çayı havzası eğim haritası.



Şekil 11: Alt havzaların eğim özellikleri ve maksimum-ortalama-standart sapma eğim değerleri.

1.2.2. Bakı Özellikleri

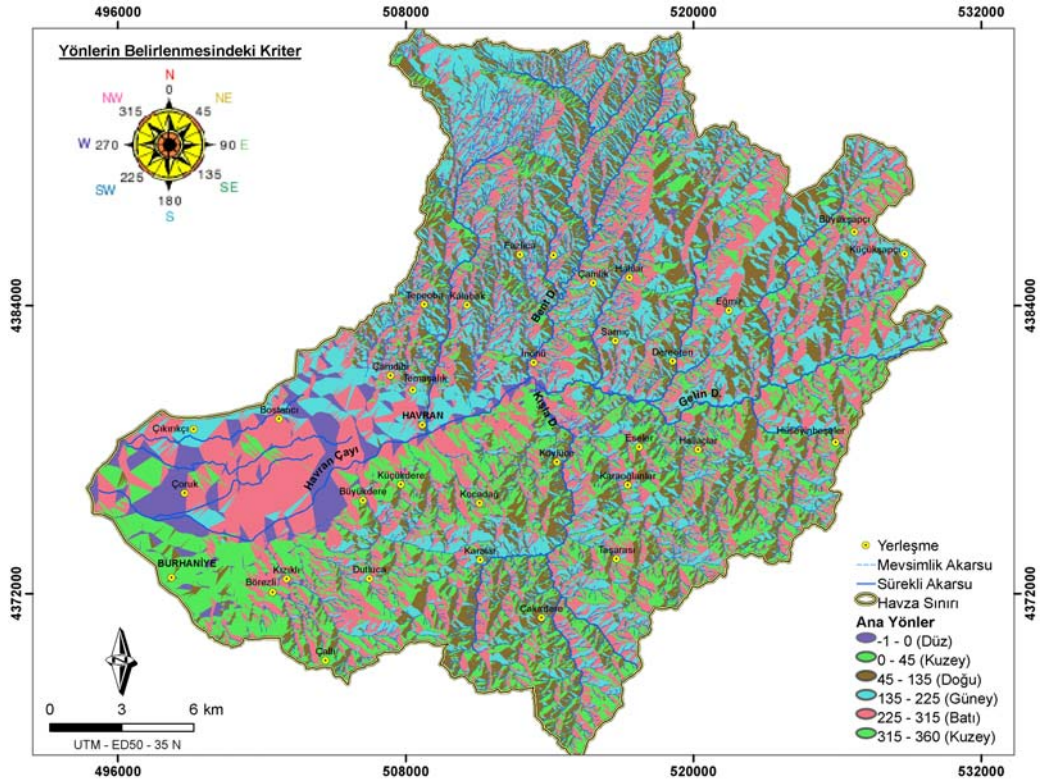
Ülkemizin kuzey yarımkürede yer almasından dolayı genel olarak güneye bakan yamaçlar, kuzeye bakan yamaçlara oranla daha fazla kısa dalgalı güneş radyasyonunu alırlar. Buna karşın doğu ve batıya bakan yamaçlar daha orta derece bir etkiye sahip olurlarken, doğuya bakanlar sabahları fazla, batıya bakan yamaçlar ise akşamları daha fazla güneş ışığı alırlar (Goudie, 2004b).

Bakının etkisiyle kuzey ve güney yamaçlardaki jeomorfik proses üzerinde bazı farklılıklar ortaya çıkar. Bunlar, kuzeye bakanlara göre daha fazla radyasyon alan güneye bakan yamaçlarda, evapotranspirasyon oranı fazlaşır ve yağmurdan sonra bitki örtüsünde ani bir su ihtiyacı doğar. Bunun sonucu olarak bitki örtüsü daha seyrek olup ve kuraklığa dayanıklı türlerden oluşur. Seyrek bitki örtüsünün olduğu yerlerde yüzeysel akış daha fazla olmakla birlikte erozif faaliyetlerde artış gösterir. Kuzeye bakan yamaçlar ise toprak nemliliğini yağıştan sonrada uzun bir süre muhafaza eder, böylelikle nemliliği seven bitki örtüsü gelişir. Bu da toprak oluşumu için uygun şartlar sunar. Bu özellik infiltrasyonu artırıcı ve yüzeysel akışı azaltıcı bir etki oluşturmasına karşın derin toprak oluşumu ve yüksek nemlilik içeriğinden dolayı kütle hareketleri için uygun şartlar sağlar (Kirkby vd., 1990; Goudie, 2004a; Mater, 1998; Turoğlu ve Özdemir, 2005).

Bu özellikler dikkate alınarak havzanın DEM'inden 8 farklı yön ve düz alanlardan oluşan bakı haritası üretilmiştir. Üretilen farklı yönler, daha genel olarak değerlendirmek amacıyla 4 ana yön ve düz alanlardan oluşan 5 yönde gösterilmiştir (Şekil 12). Kuzey, güney, doğu ve batı olan dört ana yöne bakan yamaçlar ile düzlük alanların alansal dağılımları ve oranları Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre, batıya dönük yamaçlar havza içinde fazla alan kaplamakla birlikte bunu sırasıyla kuzey ve güneye bakan yamaçlar takip etmektedir. Havran Çayı'nın kuzey ve güneyi olarak baktığımızda kuzeyde güneye bakan yamaçlar, güneyde de kuzeye bakan yamaçların daha fazla olduğu haritadan anlaşılmaktadır (Şekil 12).

Tablo 6: Bakı değerlerinin alansal dağılışı.

Bakı	Alan (km ²)	Bakı Alansal Dağılışı
Düz	37.8	
Doğu	101.6	
Batı	177.3	
Kuzey (KD, K, KB)	130.0	
Güney (GD, G, GB)	123.3	



Şekil 12: Havran Çayı havzası bakı haritası.

1.2.3. Hipsometrik Eğri ve Hipsometrik İntegral

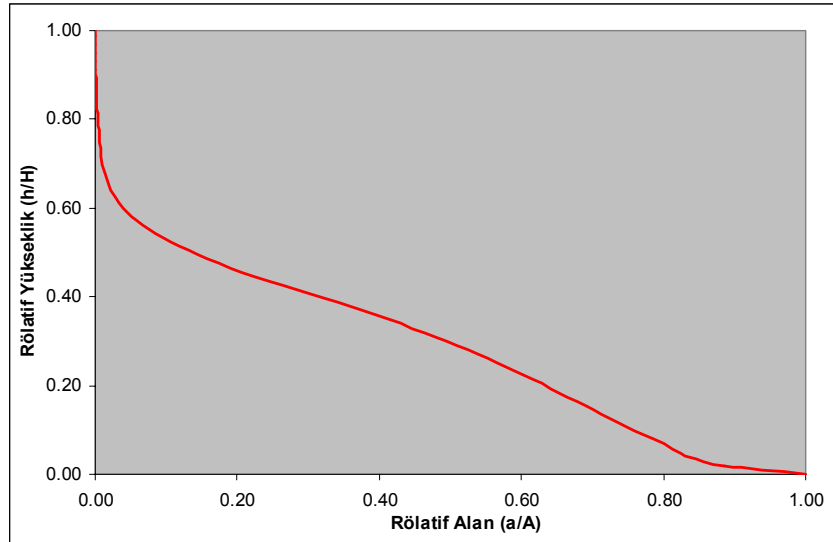
Hipsometrik eğriler, üzerinde çalışılan bölgenin yükseklik dağılımını gösterirler. Hipsometrik eğri, toplam yükseklik oranının (h/H = Rölatif Yükseklik), toplam alana (a/A = Rölatif Alan) karşı izdüşürülmesiyle belirlenir (Strahler, 1952). Rölatif alan (a/A) değeri her zaman için rölatif yüksekliğin (h/H) 0.0 olduğu havzanın en alçak

noktasından, rölatif yüksekliğin (h/H) 1.0 olduğu havzanın en yüksek noktasına, 1.0 ile 0.0 arasında değişiklik gösterir (Keller ve Pinter, 2002).

Havran Çayı havzasındaki uygulamada yükseklik aralığı olarak 100 metre alınmış ve buna göre hipsometrik eğri oluşturulmuştur (Tablo 7, Grafik 1). Alansal değerler havza için oluşturulan DEM'den elde edilmiş olup izdüşüm alan değil yüzey alanı kullanılmıştır.

Tablo 7: Hipsometrik eğri için veri değerleri.

Yükseklik (h)	Max. Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı) m^2	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m^2	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	1290	597835240	597835240	0,00	1,00
100	1290	470812396	597835240	0,08	0,79
200	1290	412187239	597835240	0,16	0,69
300	1290	352719374	597835240	0,23	0,59
400	1290	286281391	597835240	0,31	0,48
500	1290	203813677	597835240	0,39	0,34
600	1290	114148512	597835240	0,47	0,19
700	1290	50933300	597835240	0,54	0,09
800	1290	18009304	597835240	0,62	0,03
900	1290	6366360	597835240	0,70	0,01
1000	1290	2985237	597835240	0,78	0,00
1100	1290	1354246	597835240	0,85	0,00
1200	1290	373447	597835240	0,93	0,00
1300	1290	0	597835240	1,00	0,00



Grafik 1: Havran Çayı havzasının hipsometrik eğrisi.

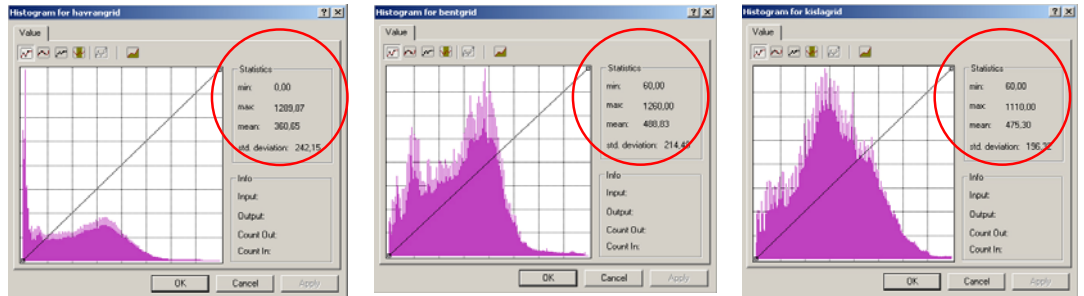
Hipsometrik integral, hipsometrik eğri altında kalan toplam alandır ve çalışılan drenaj havzası için hipsometrik eğriyi karakterize etmenin en basit yoludur (Keller ve Pinter, 2002). İntegrali hesaplamının formülü (Pike vd., 1971; Mayer, 1990);

$$H_i = \frac{\text{OrtalamaYükseklik} - \text{MinimumYükseklik}}{\text{MaksimumYükseklik} - \text{MinimumYükseklik}}$$

Havza için oluşturulan DEM'in histogram verilerini kullanarak (Şekil 13) havza için hipsometrik integral hesaplandığında;

$$H_i = \frac{361 - 0}{1290 - 0} = 0.27$$

gibi bir değer çıkmaktadır. Bu değer, Havran Çayı havzasının yaşlılığa yakın olgunluk safhasında olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Havran Çayı drenaj havzasının akarsular tarafından daha çok aşındırıldığını ispatlar. Saha Edremit Körfezinde, graben sahasının başlangıcı, kuzey ve güneydeki horstların birleşme noktasında bulunmasından dolayı, havza geneli için olan bu değer yanında, kuzey ve güneydeki en büyük kolları olan Bent ve Kışla kolunun hipsometrik integrali de hesaplanmıştır. Hesap sonucu, Bent kolu için 0.35, Kışla kolu için 0.39 değeri bulunmuştur. Bu değerler de havzanın olgunluk safhasında olduğunu ispatlar nitelikte olmakla birlikte genel havza değerinden fazla olması, kuzey ve güneyin olgunluk safhasına daha yakın olduğunu gösterir.



Şekil 13: Havran Çayı havzasının, Bent kolu ve Kışla kolunun DEM ine ait histogramlar.

1.2.4. Havza Asimetrisi

Akarsu açığı geometrisini tanımlamanın nicel ve nitel yolları vardır. Asimetri faktörü ile, aktif tektonizmanın da etkilemiş olduğu havzalarda, akarsu ağlarının kendilerine ait doku ve geometrisi nicel olarak ortaya konabilir (Keller ve Pinter, 2002).

Asimetri faktörü (**AF**) = **100 (Ar/At)** formülüne göre hesaplanır. Formülde verilen,

Ar = Havza içinde ana akarsu gövdesinin akış yönüne göre sağ alanı (km²)

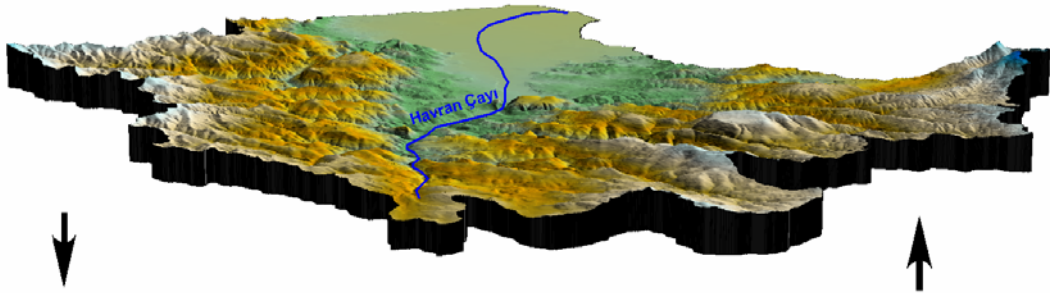
At = Havzanın toplam alanı (km²).

Formül Havran Çayı havzasına uygulandığında ise,

$$AF = 100(319.3/570.4) = 55.97$$

gibi bir değer çıkmaktadır. Bu değer yani $AF > 50$ olması havzadaki tektonik aktiviteden kaynaklanan çarpılmanın (tilt), havzanın akarsuyun akış yönüne göre sol tarafına doğru olduğunu gösterir (Şekil 14). Bunu ispatlayan diğer bir özellik de havzanın sağ tarafında kalan; yani kuzeyden Havran Çayı'na katılan akarsuların güneydeki akarsulara göre daha uzun olmalarıdır. Bu da kuzeyden katılan kolların su toplama havzalarının, güneydekilerine oranla daha büyük olduğu sonucunu verir ki, taşkınlarla ilgili yapılacak risk çalışmalarında, kuzeydeki kolların dikkate alınması bakımından önemlidir.

Havzalardaki asimetrinin oluşmasında sadece tektonik aktivitelerden kaynaklanan çarpılmalar değil, kayaçların özellikleri ve farklı iklim özelliklerinden kaynaklanan bitki örtüsü farklılaşması da bunda etkili olur (Gardner vd., 1987). Fakat buna rağmen çalışma sahamızın konumu itibarıyla asimetrisindeki farklılaşmanın tiltlenmeden kaynaklandığını söyleyebiliriz.



Şekil 14: Havran Çayı havzası havza asimetrisi (Batıdan doğuya akış).

1.2.5. Akarsu Uzunluk-Gradyan İndeksi (SL İndeksi)

Akarsu uzunluk-gradyan indeksi (SL İndeksi), akarsuyun gücüyle ilişkilidir. Akarsu yatağının belirli bir kolunda sahip olunan toplamdaki akarsu gücü, onun yatağını aşındırma ve sediment taşınması açısından önemli bir hidrolik değişkendir. Bu güç su yüzeyinin eğiminin ve akımın bir ürünüdür (Keller ve Pinter, 2002). Akarsu yüzey gradyanı, yatak eğimiyle doğru orantılıdır. SL indeksi kanal eğimindeki değişikliğe

son derece duyarlı olduğu için, havza içindeki olası tektonik aktiviteyi, kayaçların dayanıklılığı ve topografyanın değerlendirilmesinde son derece önemlidir.

SL indeksinin ortaya konabilmesi için kullanılan formül (Keller ve Pinter, 2002),

$$SL = (\Delta H / \Delta L) L \text{ dir.}$$

Bu formülde,

ΔH = Hesaplanan kolun yükseklik değişimi (m)

ΔL = Kolun uzunluğu (m)

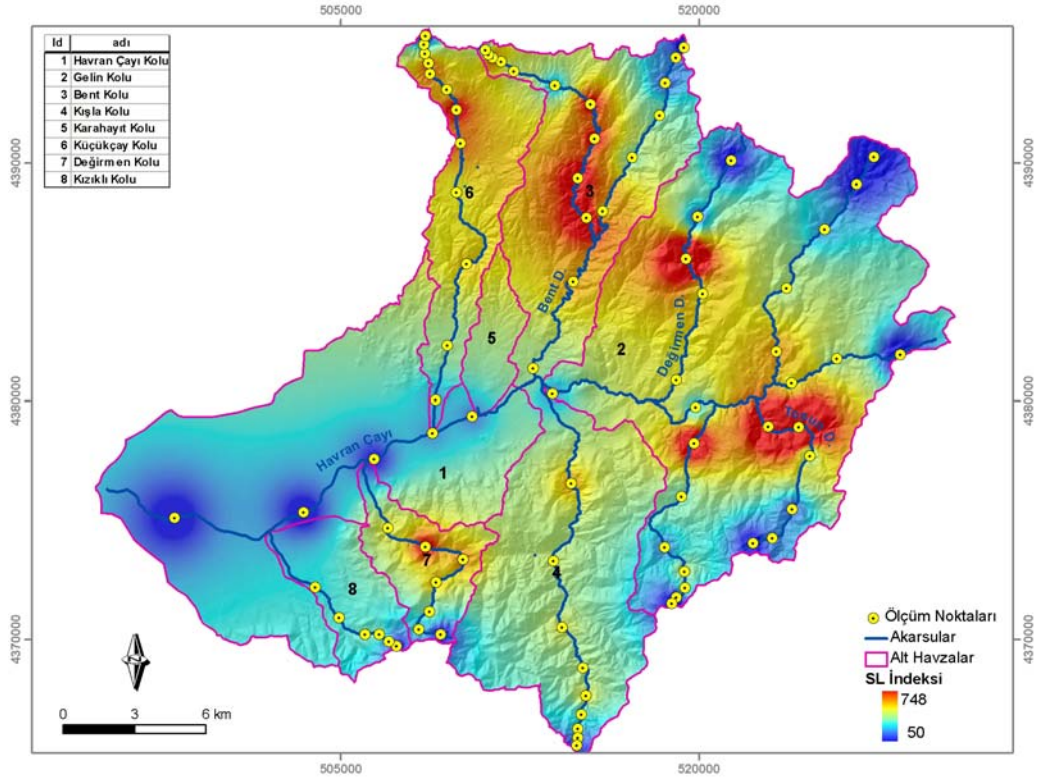
$\Delta H / \Delta L$ = Akarsu yatak eğimi (gradyan)

L = İndeksin hesaplandığı yerden vadinin en yüksek noktasına kadar olan mesafedir.

Havran Çayı havzası SL indeksi, 50 m. yüksekliğe kadar 10 m aralığı ve daha sonra 100 metre yükseltisinden başlamak üzere 100 er metrelik aralıklarla eşyükselti eğrileri baz alınarak oluşturulmuştur. Havzanın içinde Havran Çayı anakol olarak alınmış ve buna katılan kuzey ve güney kolları ayrı hesaplanmıştır. SL indeksi için alınan örneklem noktaları belirlendikten sonra CBS yardımıyla akarsular üzerindeki ΔH , ΔL ve L değerleri hesaplanmış ve her bir noktanın SL indeksi bulunmuştur (Şekil 15).

Attributes of Ölçüm Noktaları				
SHAPE*	Delta_H	Delta_L	L	SL
Point	10	6217	39893	64
Point	10	5882	33811	57
Point	10	3603	29591	82
Point	10	1912	26705	140
Point	10	1920	24890	130
Point	10	1249	18496	148
Point	50	7460	20317	136
Point	50	3808	16074	211
Point	50	5134	22145	216
Point	50	1876	9295	248
Point	50	1441	4862	169
Point	100	7657	12454	163
Point	100	2016	6792	337
Point	100	2929	7193	246
Point	100	2252	4709	209
Point	100	3218	1726	54

Şekil 15: Ölçüm noktalarına ait öznelik verileri.

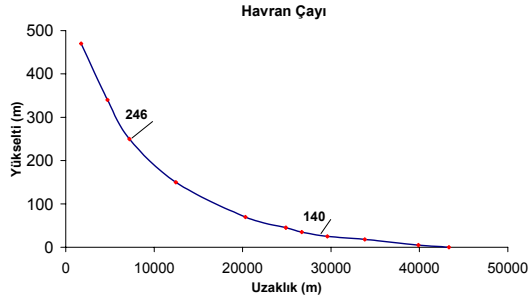


Şekil 16: Havran Çayı havzası SL İndeksi Dağılışı.

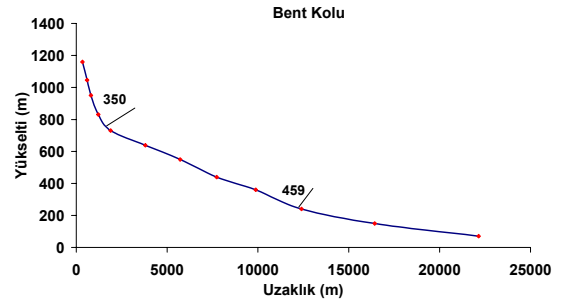
Inverse Distance Weighted (IDW) nokta enterpolasyonu kullanılarak, bulunan SL indeks değerlerinin havza içindeki dağılışı haritalanmıştır (Şekil 16). Buna göre, havzadaki SL indeks değeri 50 ile 748 arasında değişmekle birlikte, genel olarak havzanın kuzeyinde, kuzeybatı-güneydoğu istikametinde, değer artışı göstermektedir. Ayrıca, güneyde de SL indeks değeri güneybatı-kuzeydoğu istikametine yakın artış göstermektedir.

Ayrıca Havran Çayı ana kolu, kuzeyden Bent Deresi kolu ve Gelin Deresi kolunda yer alan ve yüksek SL indeks değerini içeren Değirmen Dere ve güneyden Kışla Deresi kollarına ait SL indeks değerleri, ölçülen örneklem noktaları baz alınarak boyuna profilleri oluşturulmuştur. Grafiklerdeki SL indeks noktaları kırmızı nokta ile gösterilmiştir. Bu grafiklere göre; 200-500m. yükseklikler arasındaki grafiklerdeki farklılaşmadan da anlaşılacağı üzere bir uyumsuzluk söz konusudur (Grafik 2, 3, 4, 5). Kuzey, güney ve ana kol üzerinde hemen hemen aynı seviyelerde olması, tektonik hareketlerle sahanın yükseldiğini kuvvetlendirmektedir. Ayrıca havzada SL indeksin en fazla olarak hesaplandığı Gelin kolu içinde bulunan Değirmen Dere ve Tosun Derede uyumsuzluğun görüldüğü yükselti de aynıdır (Grafik 5, Foto 5).

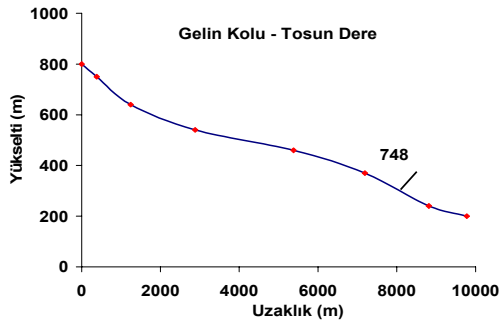
Yüksek SL indeks değerlerinin ana kolun kuzeyinde daha fazla yayılış göstermesi, havza asimetrisinde ortaya konan kuzey sektörün güneye göre daha fazla yükseldiği yönündeki bulguyu ispatlar niteliktedir.



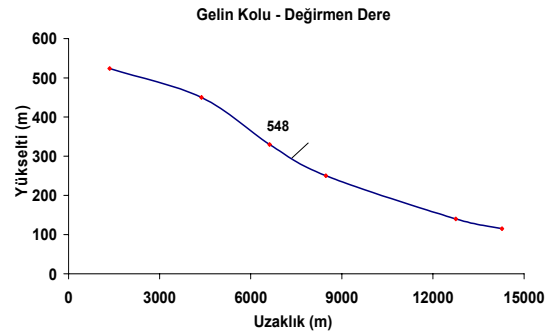
Grafik 2: Havran Çayı SL indeks boyuna profili.



Grafik 3: Bent Deresi SL indeks boyuna profili.



Grafik 4: Tosun Dere SL indeks boyuna profili.



Grafik 5: Değirmen Dere SL indeks boyuna profili.



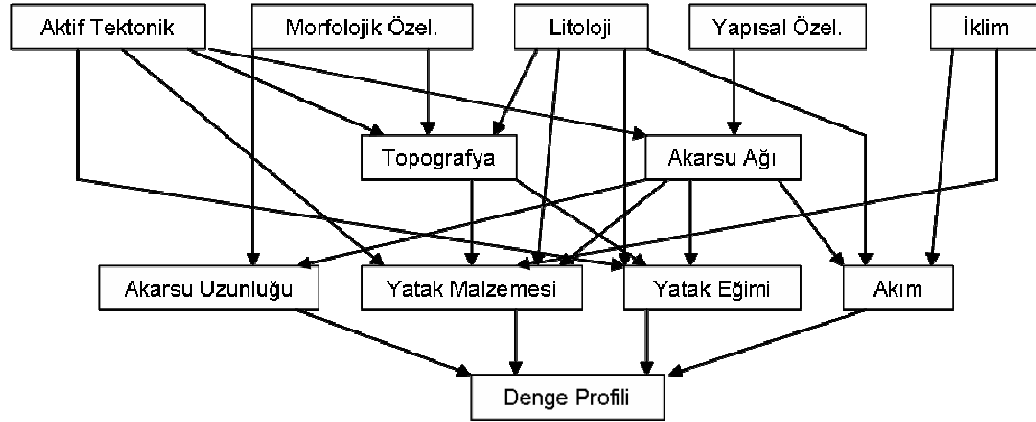
Foto 5: Değirmen Dere SL indeksin arttığı yerdeki kanyon vadi.

1.2.6. Akarsu Boyuna Profilleri

Akarsuların denge profiline ulaşmasında etkili olan parametreler arasında karmaşık ilişkiler vardır (Demoulin, 1998). Bu karmaşık ilişkiler bir bütün olarak Şekil 17’de verilmiştir. Buna göre öncelikli 5 faktör, direkt veya dolaylı olarak 4 akarsu özelliği üzerinde etkili olurlar. 4 ana akarsu özelliği de akarsuların denge profilini almasında etkilidir. Ayrıca aktif tektonik ve litoloji, akarsu yataklarının eğimleri üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir.

Çalışma sahasında bulunan akarsular, bu başlık altında da ana kol ve bu kola kuzey ve güneyden katılan kollar şeklinde incelenmiştir. Ana Havran Çayı’nın Gelin koluyla birlikte tek bir profili alınmış olup, kuzeydeki ve güneydeki kolların kaynaktan Havran Çayı’na katıldıkları noktaya kadar profilleri oluşturulmuştur. Ayrıca boyuna profillerin yorumlanmasında katkısı olan ve birçok araştırmacı tarafından kullanılan regresyon analizine dayalı exponential matematik fonksiyonu profillere uygulanmıştır (Demoulin, 1998; Radoane vd., 2003) (Şekil 18, 19).

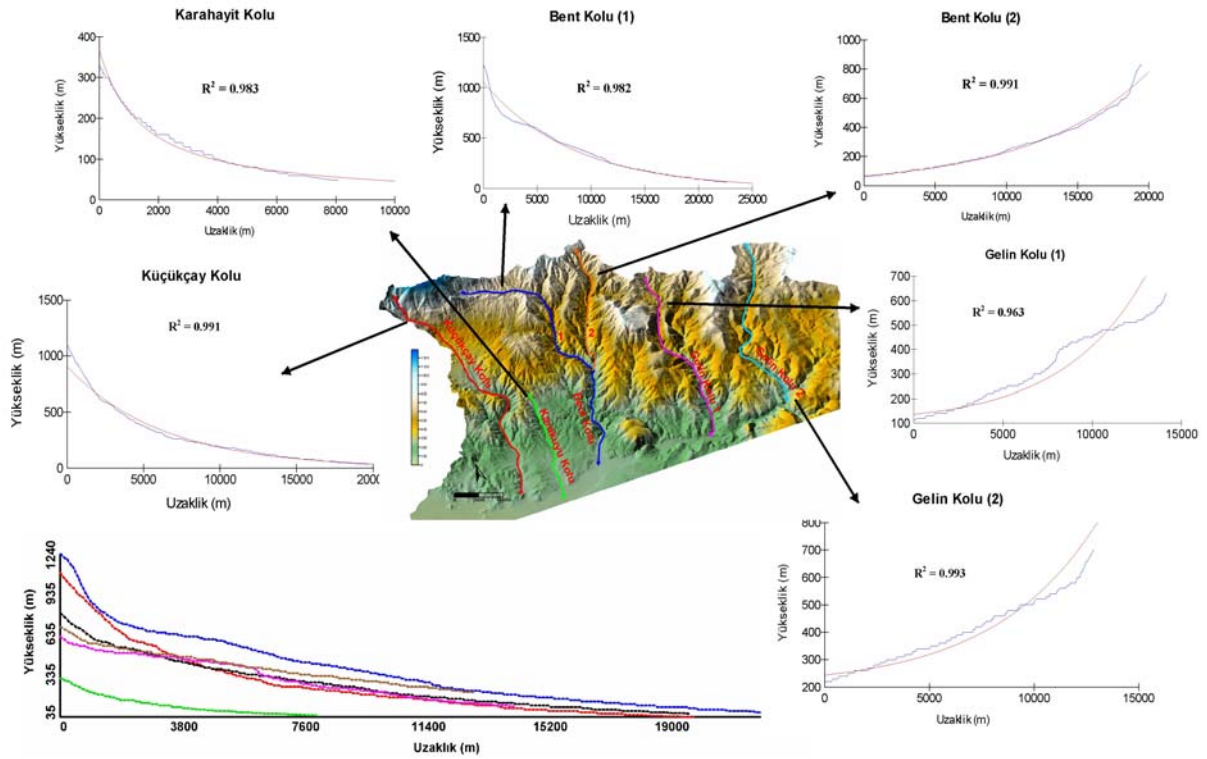
Bu fonksiyonun dışında power, liner ve logaritmik fonksiyonlar da olmakla birlikte exponential fonksiyonu daha çok tercih edilenidir (Morris ve Villiams, 1997; Angelier ve Chen, 2002; Ohmori ve Shimazu, 1994; Radoane vd., 2003; Demoulin, 1998) ve sahamız için en iyi uygunluk değerini veren (R^2) fonksiyondur (Şekil 18, 19).



Şekil 17: Denge profilinin oluşmasındaki parametrelerin karışık ilişkileri (Demoulin'den değiştirilerek).

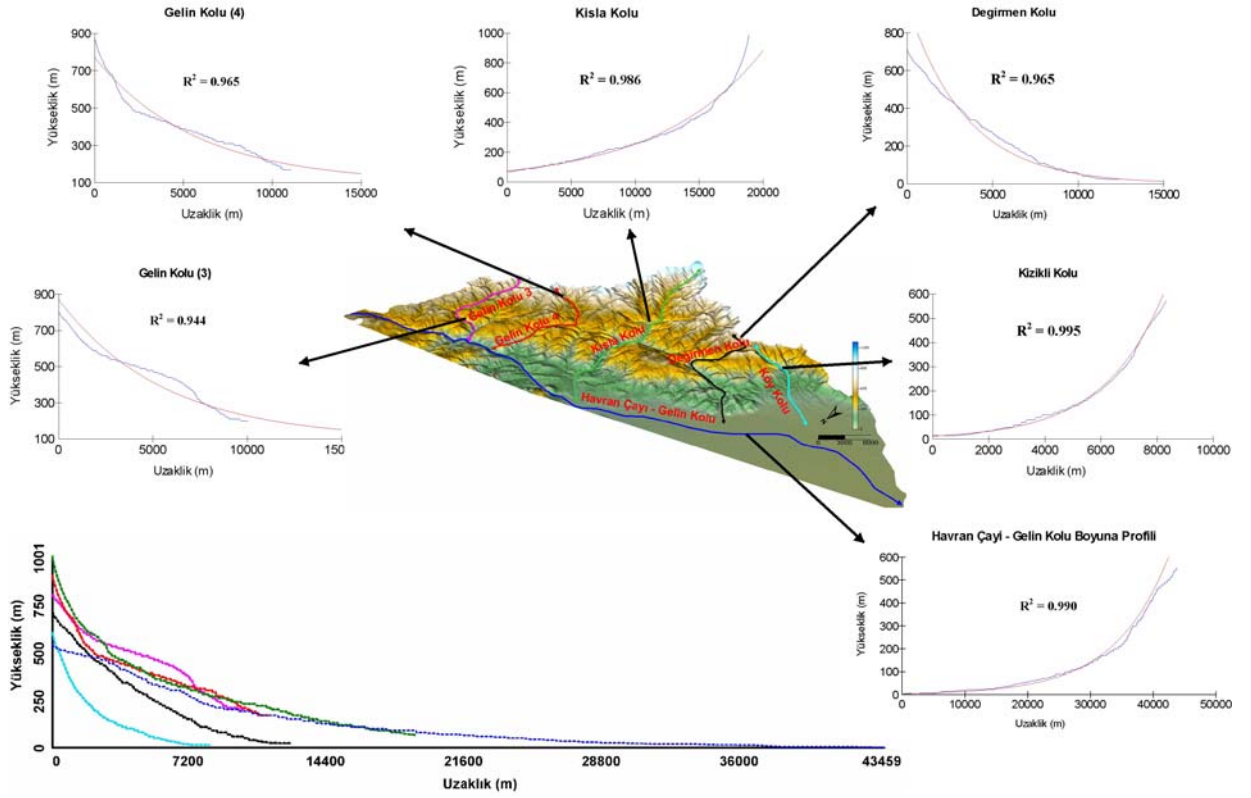
Buna göre bütün akarsular genel olarak iç bükey bir görünüm arz eder. Bu da havzanın gelişim aşamalarından gençlik safhasını tamamladığını gösterir. Bunun yanında exponential eğrisiyle profil eğrileri arasındaki farklar değerlendirildiğinde; kuzeyden anakola katılan akarsularda genel olarak 200 – 500m yükseklikleri

arasında pozitif bir anomali bulunmaktadır. Fakat bu anomali Gelin 1 ve 2 de diğerlerine göre fazladır. Özellikle Gelin 1 üzerinde pozitif anomalinin çok fazla olması tektonik olarak sahanın yükselmesi yanında jeolojik yapının da etkisi vardır (Angelier ve Chen, 2002). Ayrıca bu saha SL indeks değerinin de havzada en fazla olduğu yere tekabül eder (Şekil 16). Bunun yanında Gelin kolu 1-2 de kaynak tarafındaki geriye aşındırma kısmen yavaşlamış olmakla birlikte, diğer kollarda geriye aşındırma devam etmektedir (Şekil 18). Bu özelliğin, SL indeks değerlerinin bu kısımlarda fazla olması ve havza asimetrisinin havzanın kuzey tarafındaki yükselmeye paralel olduğu dikkatini çekmektedir.



Şekil 18: Ana kola kuzeyden katılan kolların boyuna profilleri.

Güneydeki kollarda da hemen hemen aynı yükseklik arasında pozitif anomaliler görülür (Şekil 19). Yine bu kollar içinde Gelin 3 kolu pozitif anomalinin en yüksek olduğu alan olarak karşımıza çıkar. Sahadaki arazi çalışmaları neticesinde ise burada 25-30 m lik su düşüşüne rastlanmıştır (Foto 6). Bu değer yine SL indeks'teki değer artışı ile orantılıdır (Şekil 16). Buna karşın, genel olarak akarsular yukarı çığırlarındaki aşındırma faaliyetlerini az da olsa yavaşlatmışlardır.



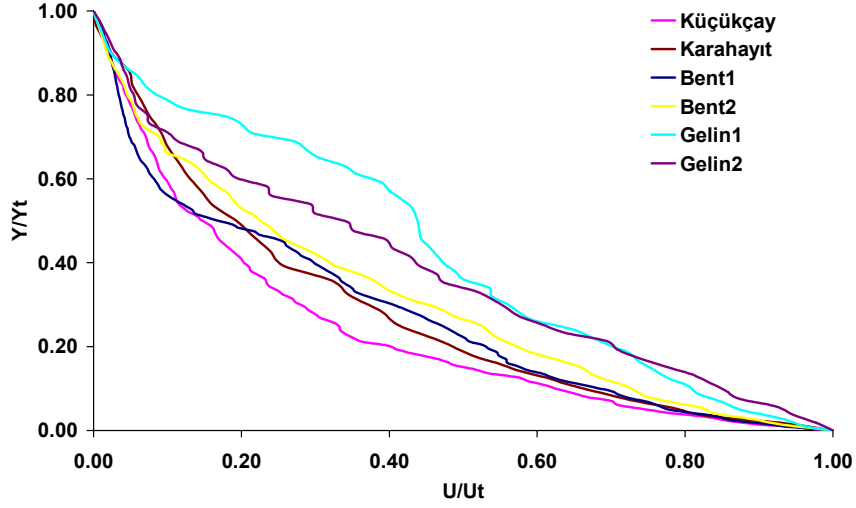
Şekil 19: Havran Çayı - Gelin kolu ve güneyden katılan kolların boyuna profilleri.



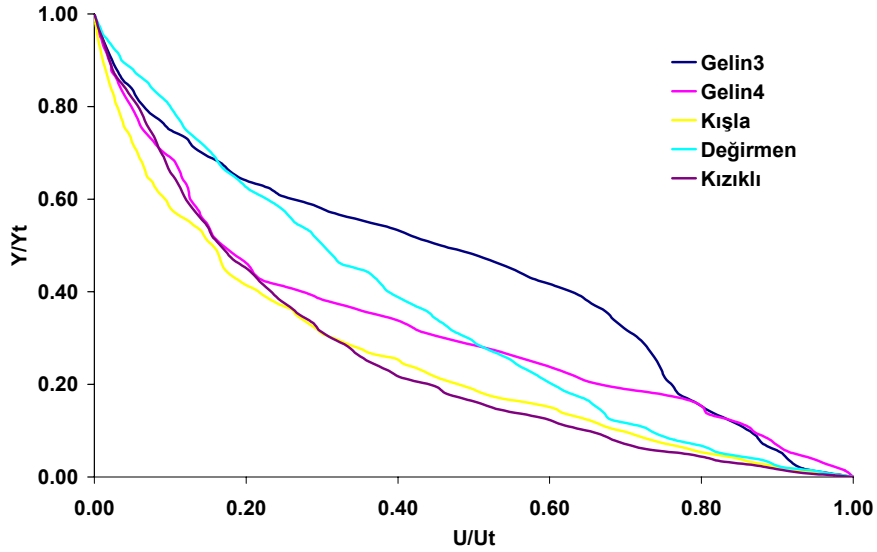
Foto 6: Gelin 3 deresi üzerinde yer alan su düşüşü.

Bunun yanında, akarsuların ana kola kuzey ve güneyden katılan akarsulara ait normalleştirilmiş boyuna profilleri çıkartılmıştır. Bunda amaç, değişik yükselti ve uzaklık özelliklerine sahip akarsuların, bu değişkenliğini ortadan kaldırarak aynı form

içinde değerlendirilmelerini sağlamaktır (Radoane vd. 2003). Bunların oluşturulmasında 10 m. eşyüksekti aralığı kullanılmıştır. Normalleştirilmiş boyuna profiller, akarsuyun kaynaktan Havran Çayı'na kadarki alanda, her eşyüksekti eğrisi için, yükselti farkının toplam yükselti farkına oranı (H/H_0) ile, kaynağa olan uzaklığının toplam uzaklık farkı oranına (L/L_0) bağlı olarak çıkartılmıştır (Grafik 6, 7).



Grafik 6: Ana kola kuzeyden katılan akarsuların normalleştirilmiş boyuna profilleri.



Grafik 7: Ana kola güneyden katılan kolların normalleştirilmiş boyuna profilleri.

Yükselti değerleri ve arasındaki mesafeler ArcView 3.2 CBS yazılımının Easy Profiler v. 2.1 uzantısı kullanılarak çıkartılmıştır. Çıkartılan profillerin içbükeylik

indeksi çıkartımında kolaylık sağlayacak profil altı alansal değerleri Matlab v.7.0 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra içbükeylik indeksleri bulunmuştur. İçbükeylik indeksi için öncelikle grafiklerin x ve y eksenlerinin uçları düz bir çizgiyle birleştirilmiştir. Normalize edilmiş profilin üstünde kalan alanın (A1), oluşturulan dik üçgenin alanına (A2) bölünmesiyle içbükeylik indeksi çıkartılmıştır (Radoane, vd., 2003) (Tablo 8). Sonucun 0.0 yakın olması durumunda profil düz çizgiye daha yakındır, fakat sonucun 1.0 yakın çıkması durumunda ise profil "L" şeklini almıştır ve denge profiline yaklaşmıştır demektir.

Tablo 8 sonuçlarına göre, havza içinde kuzeyde Gelin 1, güneyde ise Gelin 3 kolların 0 değerine en yakın olan değerler olarak karşımıza çıkar. Bu da SL İndeks değeri artışıyla paralellik gösterir. Genel olarak 0.5 altında olan değerler, sahanın olgunluk safhasında olduğunu, aşındırmanın daha devam ettiğini gösterir. 0.5 üzerine geçen değerler ise Küçükçay kolu (0.536) ve Havran – Gelin kolu (0.535) dur. Bu kolların denge profiline daha yakın olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 8: Havzadaki akarsuların içbükeylik değerleri.

Akarsular	Profil Altı Alan	A1	A2	İçbükeylik İndeksi (Ca)
Küçükçay	0.232	0.268	0.5	0.536
Karahayıt	0.274	0.226	0.5	0.452
Bent 1	0.270	0.229	0.5	0.458
Bent 2	0.306	0.193	0.5	0.386
Gelin 1	0.418	0.081	0.5	0.163
Gelin 2	0.375	0.124	0.5	0.250
Gelin 3	0.439	0.061	0.5	0.122
Gelin 4	0.324	0.176	0.5	0.352
Kışla	0.251	0.248	0.5	0.497
Değirmen	0.350	0.149	0.5	0.299
Kızıklı	0.252	0.247	0.5	0.495
Havran - Gelin	0.232	0.267	0.5	0.535

1.2.7. Akarsu Ağı ve Relief Özellikleri

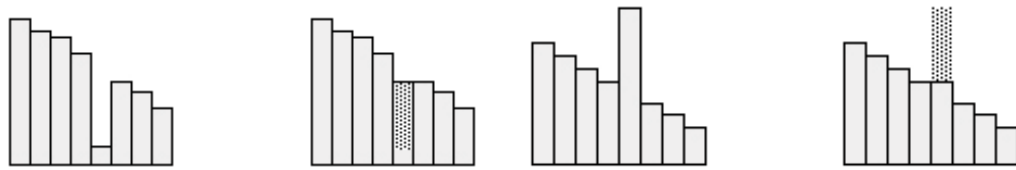
Taşkın ve heyelanların oluşmasında ve bunların anlaşılmasında, önemli morfometrik parametrelerden birisi de akarsu ağı ve havzanın relief özellikleridir. Bu başlık altında Havran Çayı ve buna bağlı alt kollarına ait drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, çatallanma oranı ve tekstür oranı gibi akarsu ağını ilgilendiren parametreler incelenirken, relief özellikleri olarak da havza reliefi, engebelilik değeri ve bu değerlerin kontrolündeki akım toplanma zamanı (time of concentration) ele alınacaktır.

Bu parametreler, sonuçların karşılaştırılması ve potansiyelin ortaya konabilmesi açısından iki akarsu ağına uygulanmıştır. Bunlardan birisi mevcut 1/25000 ölçekli topografya haritaları üzerindeki sürekli ve mevsimlik akarsulardır. Bu verilere ait değerler manuel olarak akarsu katmanının öznetelik verilerine girilmiş ve değerlerin hesaplaması yapılmıştır.

Diğeri ise 10m. piksel değerli DEM verisi kullanılarak oluşturulan akarsu ağı'dır. Bunun oluşturulmasında ArcGIS 9, Spatial Analyst tool u içindeki Hydrology uzantısı kullanılmıştır. DEM'den akarsuların elde edilmesindeki aşamalar sırasıyla Şekil 23'te verilmiş olup bunlara ait açıklamalar aşağıda verilmiştir.

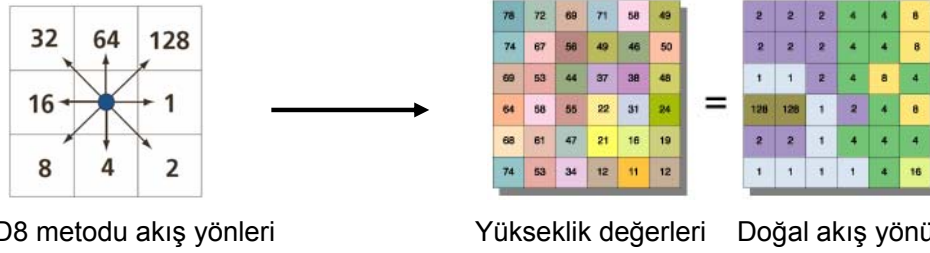
DEM den üretilecek olan akarsuların gerçeğe yakın olması için DEM'in iyi çözünürlükte olması gerekmektedir, aksi taktirde büyük düzlük alanlar doğal olmayan bir drenaj ağının oluşmasına neden olurlar (Maidment, 2002). Bu bakımdan sahamız için seçilen DEM çözünürlüğü havzanın iç kesimleri ve yükseltinin fazla olduğu alanlar için yeterli olurken, havzanın ve Havran Çayı'nın aşağı kesimindeki düzlük alan için yeterli gelmemiştir.

İkinci olarak, kullanılacak DEM'in içindeki çukurluk ve normalden fazla olan yüksekliklerin giderilmesi aşamasıdır. Bunun giderilmesinin sebebi oluşacak akarsu ağındaki kesiklikleri engellemektir (Tarboton vd., 1991) (Şekil 20).



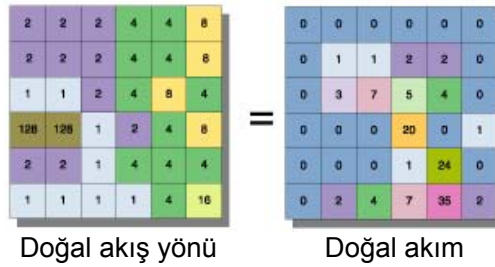
Şekil 20: Düzensiz çukurluk ve yüksekliklerinin elimine edilmesi.

Üçüncü aşama olarak, düzeltilmiş DEM verisinden doğal akış yönleri belirlenmiştir. Bu yönlerin belirlenmesinde D8 metodu kullanılmıştır (Şekil 21). Buna göre piksellerin sahip olduğu yükseklik değerine göre, 3x3 komşuluk ilişkisindeki alan içinde merkezdeki piksel, suyun kendisi kabul edilerek, eğimin en fazla olduğu yöne doğru akışı gerçekleşeceği piksellere akış yönü kodları atanmıştır (Şekil 21).



Şekil 21: D8 metodundaki akış yönleri ve kodları ve örneklem.

Dördüncü aşama olarak üretilen bu doğal akım da yüzey sularının hiç bir şekilde kayba uğramadan direkt yüzeysel akışa geçtiği kabul edilmektedir (Şekil 22). Doğal akış yönlerinin toplanmasıyla elde edilen doğal akım, sahada oluşabilecek maksimum akarsu ağını verir.

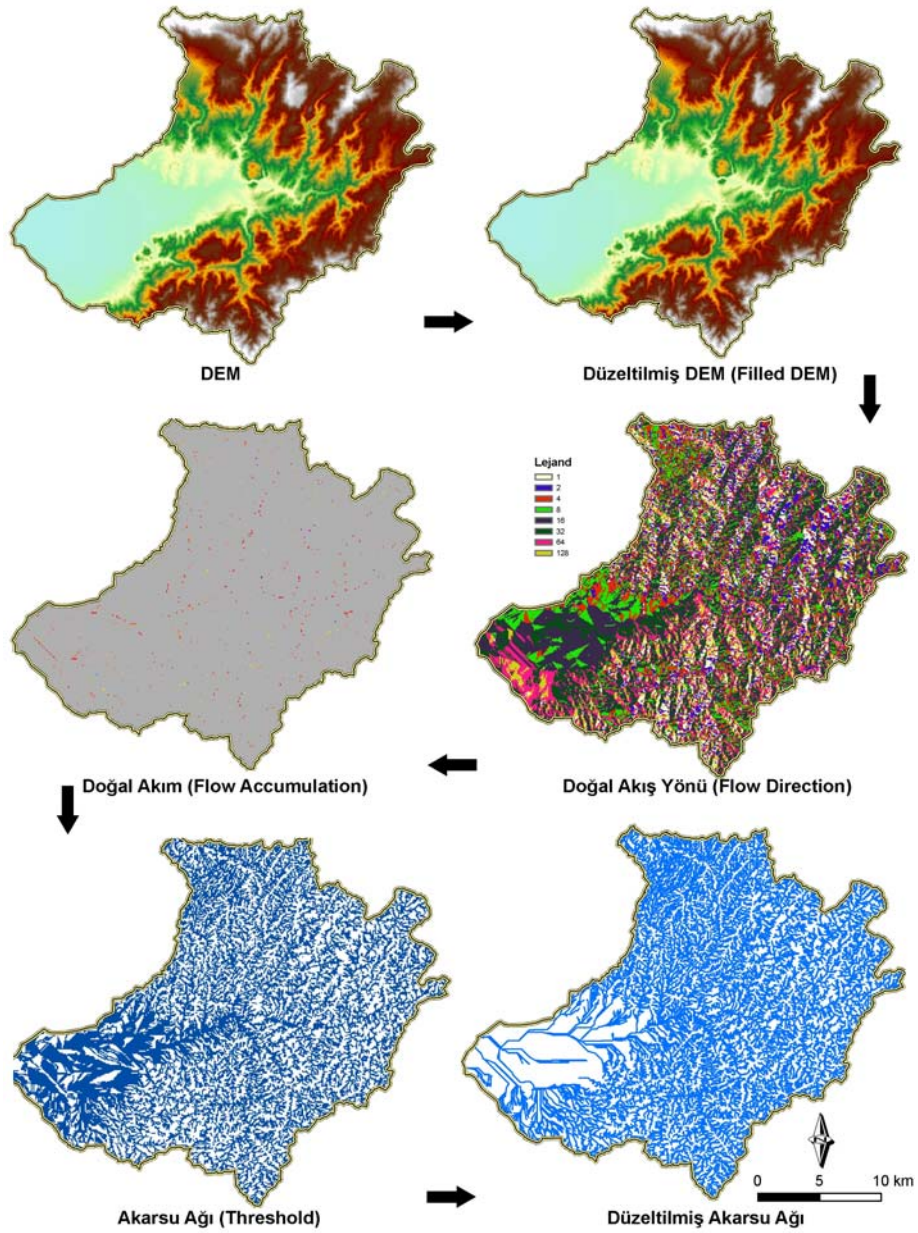


Şekil 22: Doğal akımın belirlenmesine örnek.

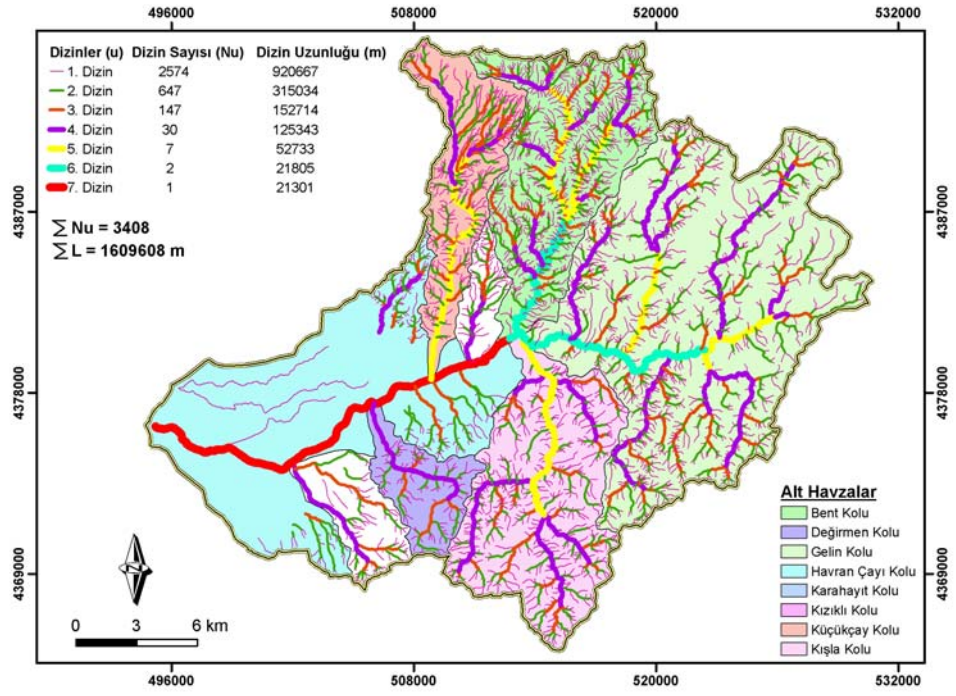
Beşinci aşama olarak DEM den üretilecek akarsu ağının oluşturulması aşamasıdır. Burada doğal akım olarak elde edilen haritaya eşik (threshold) "con (flowacc > 75, 1)" değeri verilerek akarsu ağı üretilmiştir. Değerden de anlaşılacağı gibi 75 piksel değeri esas alınarak sahaya uygulanmıştır. Bunun nedeni, sahada gerçeğe yakın olan ve maksimum akım potansiyelini ortaya koyan piksel değerinin bu olmasıdır. Fakat buna rağmen, düz alanlar için yeterli çözünürlüğe sahip olmayan DEM'den dolayı, havzanın aşağı kesimindeki düzlük alanlarda gerçeğe uygun olmayan akarsu ağı oluşmuştur. Bunların düzenlenmesi manuel olarak yapılmıştır.

Topografya haritasından elde edilen akarsular ve DEM den üretilen akarsu ağına ait özelliklerin incelenmesinde Strahler akarsu dizinleri metodu kullanılmıştır. Havran Çayı havzasının gerek toplamda gerekse alt havzaları bazında sahip olduğu akarsu ağı ve relief özellikleri Şekil 24, 25 ve Tablo 9, 10, 11 ve 12'de ele alınmıştır. Alt havzaların oluşturulmasıyla ilgili detaylar hidrografik özellikler başlığı altında verilmiştir.

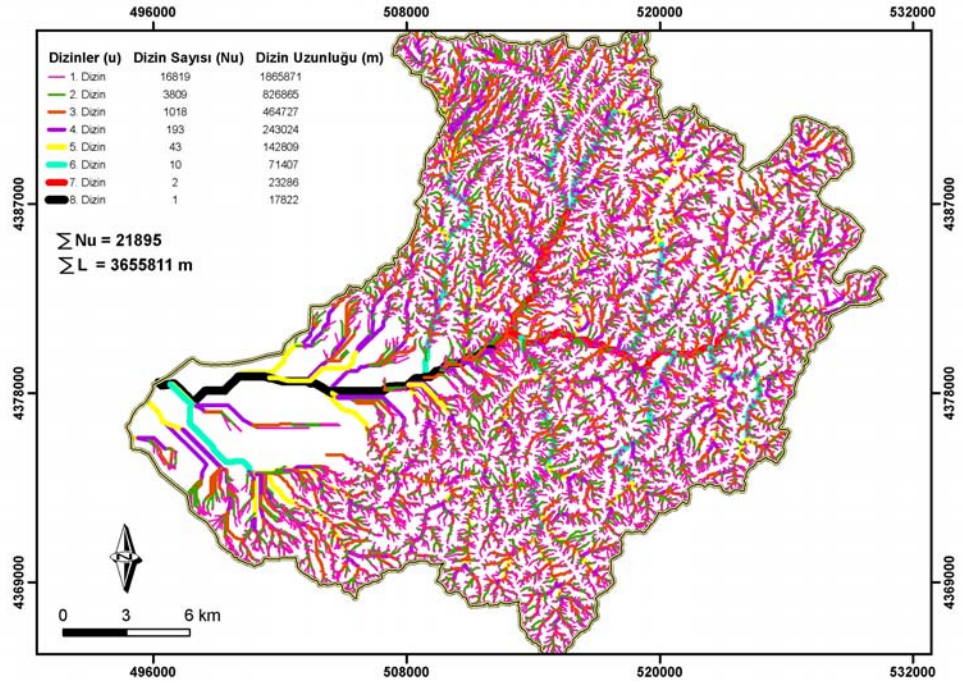
Tablo 9 ve 11'de genel havza ve alt havzalara ait akarsu ağı ve relief özelliklerinin belirlenmesinde yardımcı olacak parametreler ve değerleri verilmiştir. Bunlarla ilgili hesaplamalar ise Tablo 10 ve 12'de verilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde Havran Çayı alt havzası dikkate alınmamıştır. Bunun nedeni, taşkınının modelleneceği ana kol olmasındandır. Diğerler alt havzalar ise ana kola olan etkileri bakımından değerlendirilmiştir.



Şekil 23: DEM'den akarsu üretim aşamaları.



Şekil 24: Topografya haritasından Strahler metoduna göre üretilmiş çatallanma oranı ve değerleri.



Şekil 25: DEM'den üretilmiş akarsuların Strahler metoduna göre üretilmiş çatallanma oranları ve değerleri.

Tablo 9, 10 ve 11, 12'ye göre alt havzalar içinde en fazla yükseklik değerine sahip olanlar, büyükten küçüğe doğru sırasıyla Küçükçay, Bent, Kışla, Gelin, Değirmen, Kızıklı ve Karahayıt'tır. Alansal büyüklük olarak değerlendirildiğinde ise, Gelin, Kışla, Bent, Küçükçay, Değirmen, Kızıklı ve Karahayıt sıralaması ortaya çıkmaktadır. İki durumdan da anlaşılacağı gibi ilk dört akarsu alansal ve yükseklik değerleri bakımından farklılık arz eder. Önem bakımından da bu akarsu alt havzalarının üzerinde daha dikkatlice durulacaktır.

Alansal büyüklüklere de bağlı olarak her bir dizin sayısı ve toplamdaki dizin sayısı değişkenlik göstermektedir. Fakat Kışla alt havzasının Bent alt havzasından alansal olarak daha büyük olmasına rağmen, Bent alt havzasındaki dizin sayısı ve dizinlerin kümülatif uzunluk değerleri daha fazladır. Bu da havza asimetrisine bağlı havzanın kuzeyinin yükselti şartlarının daha fazla olmasına ve geçirgensiz zemin özelliklerine bağlanabilir (Reddy vd., 2004). Buna karşın yüzeye düşen bütün yağmur sularının herhangi bir kayba uğramadan akışa geçtiği varsayımıyla oluşturulan DEM'den üretilmiş akarsu ağında ise büyüklüğe paralel bir sıralanışın devam ettiğini görmekteyiz (Tablo 11). Bunun yanında toplam dizin sayısı ve dizin uzunluk değerleri çok fazla artış göstermiştir.

Yeni kurulan akarsu şebekesi, başlangıç olan ana yataktan itibaren birinci derece kolları daha sonra ikinci, üçüncü derece ve diğerleri ile artan bir sıklık göstererek gelişir ve dallanır (Turoğlu, 1997). Havza geneli ve alt havzaların dizin çatallanma oranı (R_b), Verstappen'in havzaların 3.0 – 5.0 arasında değişen değerler gösterdiği görüşünü destekler niteliktedir (Verstappen, 1983). Havran Çayı alt havzası dikkate alınmazsa değerlerin 3.8 – 4.5 arasında değiştiğini görmekteyiz (Tablo 9). Fakat bu değer, sadece DEM'den üretilmiş akarsu ağında Değirmen alt havzasında 5.3 olmuştur (Tablo 11). Havza içindeki çatallanma oranlarında birinci ve ikinci dizinler arasında çıkan değerlerin, en yüksek dizin ve bir önceki dizin arasından çıkan değerden fazlalığı oranında havza içinde gully'lerin ve dar-derin vadilerin oranında bir artış olmaktadır (Verstappen, 1983). Buna göre, Bent alt havzasının fark değeri en fazla olurken (1.9 kat), bunu Gelin (1.1) ve Küçükçay (0.8) alt havzaları takip eder. Gelin alt havzasında bu değeri arttıran koşullar daha çok kuzey sektöründeki yükseklikler olarak kabul edildiğinde, havzanın gelişimi bakımından da havza asimetrisi, SL indeksi sonuçlarını doğrular niteliktedir.

Yapısal kontrol altında olan ve paralel ve sub-paralel drenaj özelliği gösteren havzalarda çatallanma oranı 4 ve üzeri değerler gösterir (Verstappen, 1983). Bu

özelliğe göre havza genelinde akarsu ağı dandritik bir ağ gibi görülmekte, alt havzalara ait ana kolların, Havran Çayı'na katılma şekillerine dikkat edildiğinde paralel ve sub-paralel bir biçim sergilerler. Ayrıca Küçükçay alt havzasında granodiyoritlerin olduğu alanlarda paralel ve sub-paralel bir drenaj ağını görmek mümkündür ki burada çatallanma oranı 4.1 lik bir değer gösterir (Tablo 9).

Drenaj yoğunluğu (D_d), havzanın akarsular tarafından parçalanma derecesini gösteren bir ölçüdür ve toplam akarsu uzunluğunun ($\sum L$) havza alanına (A) bölünmesiyle elde edilir (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004; Macka, 2001; Baker vd., 1988; Turoğlu; 1997). Diğer yandan da drenaj yoğunluğu, yüzeysel akışı kontrol eden faktörlerin bir sonucudur ve havzadaki sediment ve su çıkışını etkiler (Macka, 2001). Yoğunluğu etkileyen faktörler olarak zeminin geçirgenlik özelliği, bitki örtüsünün seyreklik veya sıklığı, relief özellikleri ve iklimik faktörler olarak sıralanmaktadır (Reddy vd., 2004; Baker vd., 1988; Verstappen, 1983). Havza genelinde D_d değeri 2.8 olurken, alt havzalardan en fazla Bent alt havzasında yüksek değer gösterir (4.6). Daha sonra sırasıyla Küçükçay (3.9), Karahayıt (3.6), Kışla (3.4) ve Gelin (2.7) alt havzaları gelmektedir. Diğerleri daha küçük değerler gösterirler (Tablo 10). Bu değerler genel havza değerinin (2.8) üzerinde olup, bu alt havzalarda infiltrasyonun diğerlerine göre daha az olduğu sonucunu verir. Gelin alt havzasının alansal büyüklüğüne rağmen yoğunluğun düşük olması, havzanın fiziki özelliklerinin, yüzeye düşen suların yüzeysel akışa geçmeden önce kayba uğraması için elverişli koşullar sunduğu sonucunu ortaya koyar.

DEM'den üretilmiş akarsu ağı için drenaj yoğunluğuna bakıldığında, buradaki değerlerin daha fazla olduğunu görmekteyiz (Tablo 12). Bunun nedeni, yüzeye düşen yağmur sularının hiç bir kayba uğramadan akışa geçtiği hesap edilmesindedir. Bu değerlerde yoğunluğun fazla olduğu alt havza Karahayıt ve Küçükçay alt havzalarıdır. Bunları Bent, Gelin ve Kışla alt havzaları takip etmektedir (Tablo 12).

Akarsu sıklığı (F_u), havzadaki toplam dizin sayısının ($\sum Nu$) havza alanına bölünmesiyle elde edilir. Bu bakımından yüksek sıklık değerleri, geçirgen olmayan zemin özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük sıklık değerleri ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak relief özelliklerini ortaya koyar (Reddy vd., 2004). Buna göre havza genelindeki akarsu sıklığı 5.9'luk bir değer gösterirken, havzada en fazla değer Bent alt havzasında (12.0) karşımıza çıkar. Bunu, Küçükçay (8.3), Karahayıt (7.7), Kışla (7.4) alt havzaları takip eder

(Tablo 10). Alansal büyüklük olarak Gelin alt havzası en büyük değere sahip olmasına rağmen sıklık bakımından havza genelinden de düşük bir değere sahiptir (5.4). Bunun nedenini, geçirgen zemin özelliklerine ve düşük relief özelliklerine bağlamak mümkündür. Diğer şartların etkisiz olması koşuluyla, DEM'den üretilmiş akarsuların oluşturduğu sıklık değerinin Gelin alt havzasında en yüksek değere sahip olduğu görülür (Tablo 12).

Tekstür oranı (T), havza içindeki toplamdaki birinci dizin sayısının (N_{D1}) havza çevre uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Reddy vd., 2004, Biswas vd.,1999). Buna göre bu değer alt havzalar için 1.9 ile 13.0 arasında değişiklik gösterir. Havza genelinde ise 18.5 gibi yüksek bir değerdir. Değerin fazla olduğu alt havzalar sırasıyla Bent, Gelin, Kışla ve Küçükçay alt havzalarıdır (Tablo 10). DEM'den üretilmiş akarsu ağı için alt havzalarda 20.2 ile 86.3 arasında bir aralığa sahipken, havza genelinde 121.1 olarak karşımıza çıkar (Tablo 12). Bu da çok yüksek değer demektir ki, havzaya düşen bütün suların akışa geçmesiyle yüksek bir akımın ortaya çıkacağını gösterir.

Havza relief özelliklerinin (B_n) ve havza eğiminin hidrolojik parametre olarak önemi bilinmektedir (Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Baker vd., 1988). Relief değerinin artmasıyla daha dik yamaçların ortaya çıkmasına ve daha fazla eğimli yatağa sahip akarsulara, yüzeysel akışın toplanma zamanındaki azalmaya ve bunların beraberinde taşkın değerlerinin artmasına neden olur (Baker vd., 1988). B_h değeri Küçükçay, Bent, Kışla ve Gelin alt havzalarında yüksek değerler gösterir.

Relief özellikleri ve drenaj yoğunluğunun bir sonucu olarak ortaya çıkan havzanın Engebililik değeri (R_n) havza hakkında, su akım gravitesi, sızma ve yüzeysel akış şartları, havzadaki erozif faaliyetler hakkında bilgi verir (Reddy vd., 2004). Yüksek değerler olduğu alanlar, su kaybının az olduğu ve yüzeysel akış için şartların uygun olduğu alanları gösterir. Ayrıca yüksek engebililik değerine sahip havzalar yüksek sel potansiyeline sahip alanlardır (Baker vd, 1988; Ritter vd., 1995). Buna göre havza genelinde engebililik değeri 3.6 gibi bir değer gösterirken, havzada en yüksek değeri Bent alt havzası sahiptir (5.5). Bunu, Küçükçay (4.8), Kışla (3.5) ve Gelin (2.4) takip eder (Tablo 10). DEM den oluşturulmuş engebililik değerlerine göre ise, havza geneli için 8.2 gibi bir değer gösterirken, alt havzalardan Küçükçay 8.9 gibi havza genelinden de yüksek bir değer gösterir. Bunu ise Bent (8.2) ve Kışla (7.1) alt havzaları takip eder (Tablo 12).

Tablo 9: Topografya haritasından üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Parametreler).

	Çevre Uzunluğu (km)	Alanı (km ²)	Havza Uzunluğu (km)	Minimum Yükseklik (m)	Maksimum Yükseklik (m)	Akarsu Dizinleri (Nu)							Toplam Dizin Sayısı ($\sum N_u$)	Toplam Dizin Uzunluğu ($\sum L$) (km)
						D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7		
	(P)	(A)	(L)	(H min)	(H max)									
1 Küçükçay	45.4	43.4	19.8	35	1290	271	71	18	3	1	-	-	364	171.4
2 Karahayıt	17.5	11.0	8.2	50	349	55	25	4	1	-	-	-	85	40.0
3 Bent	51.4	73.7	23.1	60	1260	671	170	37	9	2	1	-	890	344.1
4 Gelin	79.3	190.6	22.2	70	984	792	193	48	9	3	1	-	1046	519.4
5 Kışla	48.3	82.8	19.1	60	1110	470	117	24	7	1	-	-	619	283.5
6 Değirmen	25.3	21.5	12.5	25	765	93	22	4	1	-	-	-	120	57.3
7 Kızıklı	22.7	21.0	8.0	15	680	68	17	5	1	-	-	-	91	52.9
8 Havran Çayı	79.4	126.1	22.3	0	611	154	32	9	1	-	-	1	197	141.5
9 Havza Genel	138.8	570.4	44.5	0	1290	2574	647	147	30	7	2	1	3408	1609.6

Tablo 10: Topografya haritasından üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Hesaplamalar).

	Dizin Çatallanma Oranı	Drenaj Yoğunluğu	Akarsu Sıklığı	Tekstür Oranı	Havza Reliefi	Engebelilik Değeri	Akım Toplanma Zamanı
1 Küçükçay	3.8, 3.9, 6, 3, 4.1	3.9	8.3	5.9	1255	4.8	13.8
2 Karahayıt	2.2, 6.2, 4, 4.1	3.6	7.7	3.1	299	1.0	8.7
3 Bent	3.9, 4.5, 4.1, 4.5, 2, 3.8	4.6	12.0	13.0	1200	5.5	16.7
4 Gelin	4.1, 4.0, 5.3, 3, 3, 3.8	2.7	5.4	9.9	914	2.4	17.8
5 Kışla	4.0, 4.8, 3.4, 7, 4.8	3.4	7.4	9.7	1050	3.5	14.1
6 Değirmen	4.2, 5.5, 4, 4.5	2.6	5.5	3.6	740	1.9	9.9
7 Kızıklı	4, 3.4, 5, 4.1	2.5	4.3	2.9	665	1.6	6.2
8 Havran Çayı	4.8, 3.5, 9, 5.7	1.1	1.5	1.9	611	0.6	20.8
9 Havza Genel	3.9, 4.4, 4.9, 4.2, 3.5, 2, 3.8	2.8	5.9	18.5	1290	3.6	30.6

Tablo 11: DEM'den üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Parametreler).

		Çevre Uzunluğu (km)	Alanı (km ²)	Minimum Yükseklik (m)	Maksimum Yükseklik (m)	Akarsu Dizinleri (Nu)								Toplam Dizin Sayısı	Toplam Dizin Uzunluğu (km)
						D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8		
		(P)	(A)	(H min)	(H max)									($\sum N_u$)	($\sum L$) (km)
1	Küçükçay	45.4	43.4	35	1290	1379	304	67	14	3	1	-	-	1768	326.1
2	Karahayıt	17.5	11.0	50	349	362	76	25	9	1	-	-	-	473	83.1
3	Bent	51.4	73.7	60	1260	2326	533	153	23	5	2	1	-	3043	515.7
4	Gelin	79.3	190.6	70	984	6847	1537	423	77	14	5	1	-	8904	1310.0
5	Kışla	48.3	82.8	60	1110	2870	606	178	22	7	1	1	-	3685	568.7
6	Değirmen	25.3	21.5	25	765	780	163	36	7	1	-	-	-	987	140.2
7	Kızıklı	22.7	21.0	15	680	676	141	31	9	2	-	-	-	859	141.0
8	Havran Çayı	79.4	126.1	0	611	1608	459	113	34	14	1	2	1	2232	568.6
9	Havza Genel	138.8	570.4	0	1290	16819	3809	1018	193	43	10	2	1	21895	3655.8

Tablo 12: DEM'den üretilmiş akarsu ağı ve relief özellikleri (Hesaplamalar).

		Dizin Çatallanma Oranı	Drenaj Yoğunluğu	Akarsu Sıklığı	Tekstür Oranı	Havza Reliefi	Engebelilik Değeri
		$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	$D_d = \frac{\sum L}{A}$	$F_u = \frac{\sum N_u}{A}$	$T = N_{D1} (1/P)$	$Bh = H_{max} - H_{min}$	$R_n = B_h \times D_d$
1	Küçükçay	4.5, 4.5, 4.7, 4.6, 3, 4.2	7.1	40.7	30.3	1255	8.9
2	Karahayıt	4.7, 3.0, 2.0, 9, 4.6	7.5	43	20.6	299	2.2
3	Bent	4.3, 3.4, 6.6, 4.6, 2.5, 2, 3.9	6.9	41.2	45.2	1200	8.2
4	Gelin	4.4, 3.6, 5.4, 5.5, 2.8, 5, 4.4	6.8	46.7	86.3	914	6.2
5	Kışla	4.7, 3.4, 8.0, 3.1, 7, 1, 4.5	6.8	44.5	59.4	1050	7.1
6	Değirmen	4.7, 4.5, 5.1, 7, 5.3	6.5	45.9	30.8	740	4.8
7	Kızıklı	4.7, 4.5, 3.4, 4.5, 4.2	6.7	40.9	29.7	665	4.4
8	Havran Çayı	3.5, 4.0, 3.3, 2.4, 14, 0.5, 2, 4.2	4.5	17.7	20.2	611	2.7
9	Havza Genel	4.4, 3.7, 5.2, 4.4, 4.3, 5, 2, 4.1	6.4	38.3	121.1	1290	8.2

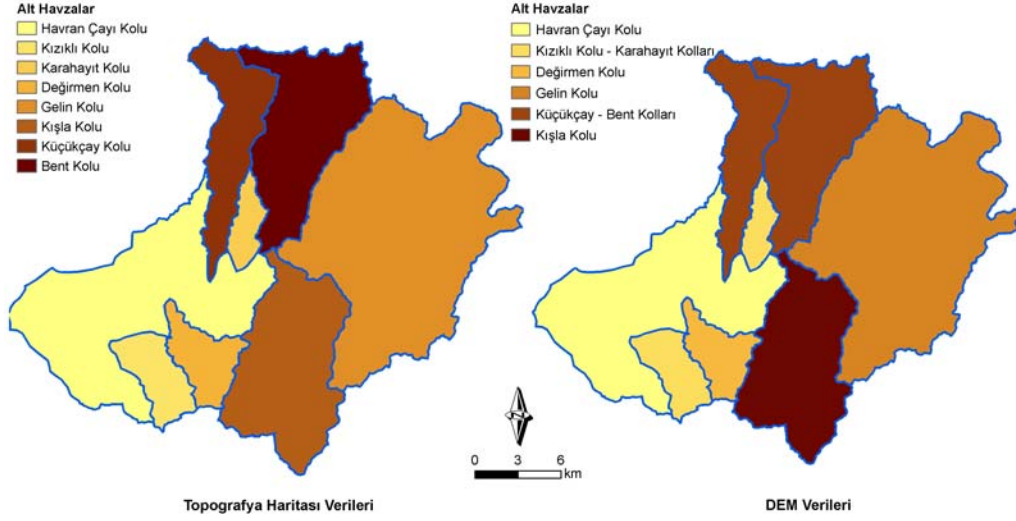
Havza geneli ve alt havzalardaki akım toplanma zamanı olarak isimlendirdiğimiz Time of Concentration (T_c), suyun havzanın en uzak mesafesinden ana kola veya denize döküldüğü yere kadarki geçen zamanı ortaya koyar (Verstappen, 1983). Bu değer en fazla havza geneli için ortaya çıkarken (30.6), alt havzalardan ana kola katılan Gelin, Bent, Kışla ve Küçükçay Dereleri yaklaşık değerler gösterir (Tablo 10). Ana kola katılma zamanı olarak en düşük değeri Küçükçay olup, zaman olarak önce ana kola sularını katarken, bunu Kışla, Bent ve Gelin Dereleri takip eder. Diğer alt havzalar, alanları ve boylarının küçük değerler göstermesinden dolayı daha önce ana kola katılırlar.

Alt havzalara ait akarsu ağı ve relief özellikleri, kendi içlerinde ana kol olan Havran Çayı üzerindeki etkinliği bakımından sıralandığında Tablo 13'teki sonuç ortaya çıkmaktadır. İki ayrı veri kaynağına ait bu değerler, CBS ortamında değerlendirildiğinde ise ortaya çıkan sonuçlar Şekil 26'da gösterilmiştir. Buna göre, topografya haritasından elde edilen akarsu ağı ve relief özelliklerine bağlı olarak, havzada meydana gelebilecek taşkınları etkileme derecesi en fazla olan alt havzalar Bent, Küçükçay ve Kışla'dır. Gelin alt havzası ise 4. sırada yer almaktadır. DEM'den elde edilen akarsu morfometrik özelliklerinde ise Kışla, Küçükçay ve Bent alt havzaları, taşkınlar açısından en fazla etkiye sahip alt havzalardır. Burada da Gelin kolu yine 4. sırada yer alır (Şekil 26).

Tablo 13: Alt havzaların akarsu morfometrik özelliklerine bağlı taşkın etkinlik sıralaması.

Alt Havzalar	Topografya Haritası Verisi							DEM Verisi						
	R_b	D_d	F_u	T	B_h	R_u	T_c	R_b	D_d	F_u	T	B_h	R_n	T_c
Küçükçay	5	6	6	4	7	6	4	5	6	1	3	7	7	4
Karahayıt	2	5	5	2	1	1	6	1	7	4	1	1	1	6
Bent	7	7	7	7	6	7	2	6	5	3	5	6	6	2
Gelin	6	3	2	6	4	4	1	3	4	7	7	4	4	1
Kışla	1	4	4	5	5	5	3	7	3	5	6	5	5	3
Değirmen	4	2	3	3	3	3	5	2	1	6	4	3	3	5
Kızıklı	3	1	1	1	2	2	7	4	2	2	2	2	2	7
Havran Çayı Kolu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Havran Çayı ana kolu üzerinde taşkın çalışmaları yapılırken, iki farklı akarsu ağından elde edilen akarsu ağı ve relief özelliklerine göre Küçükçay, Bent ve Kışla alt havzalarının dikkatlice incelenmesi gerekmektedir. Akarsu ağ özellikleri olarak bu alt havzalar, ana kol üzerinde meydana gelmiş veya gelecek taşkınların oluşmasında önemli etkiye sahiptirler.



Şekil 26: Alt havzalara ait etkinlik sınıflarının haritalanması.

1.2.8. Havza Şekli Analizi

Akım karakterini etkileyen morfometrik özelliklerden birisi de havzanın şeklidir. Havzanın şekil özelliğindeki farklılıklar akarsuların akım grafiğinin de farklılaşmasına neden olur (Verstappen, 1983). Bunun için havzanın dairesel biçimli veya uzunlamasına mı bir şekle sahip olduğu önemlidir. Ayrıca verilerin yetersiz olduğu havzalarda bu kollara ait akımla ilgili tahminlerde bulunulması açısından havza şekil faktörü önemli bir yere sahiptir (Verstappen, 1983).

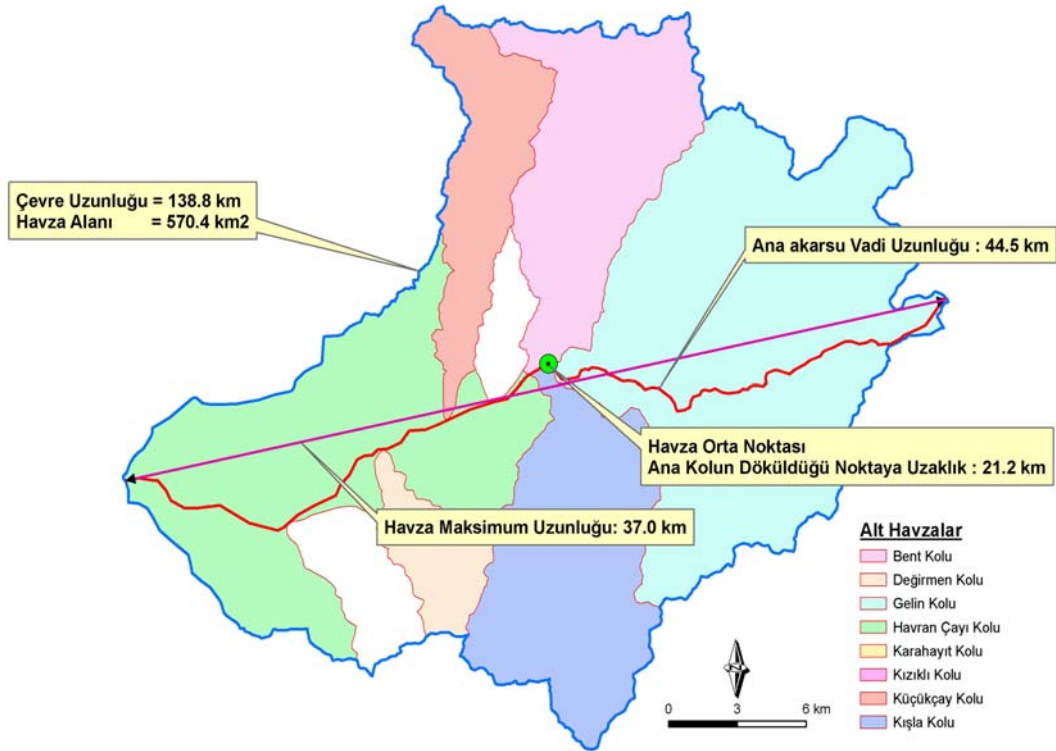
Havzaların şekil özellikleriyle ilgili olarak değişik araştırmacılar farklı formüller ortaya koymuşlardır. Bütün bu formüllerde ortak olan havzanın alan, çevre uzunluğu, havza uzunluğu ve eni gibi genel özelliklerini kullanmalarıdır. CBS kullanılarak kolay bir şekilde hesaplanabilen bu formüllerin havza geneli ve alt havzalar için ortaya koyduğu sonuçlar Tablo 14'te verilmiştir. Bunların ölçümlerinde baz alınan havza özellikleri örnek olarak Şekil 27'de verilmiştir.

Buna göre, havzanın Şekil indeksi (S_w) değeri, genelde 3.47 gibi bir değer gösterirken, Küçükçay, Bent, Değirmen ve Karahayıt alt havzalarında yüksek değerler gösterir. Bu da Küçükçay, Bent, Değirmen alt havzalarının şekil bakımından Gelin, Kışla ve Kızıklı alt havzalarından farklı şekil indeksine sahip olduğu sonucunu ortaya koyar.

Gravelius indeksi (K_c) değerine göre ise sonuç değerinin küçüklüğü oranında havzanın dairesel bir görünüm arz eder (Hoşgören, 2001). Buna göre genel havzanın değeri

alt havzalardan da daha küçük olup dairesel bir şekil arz eder (0.14). Bu değeri 0.23 değeriyle Gelin alt havzası takip eder. Daha sonra ise Kışla, Bent ve Küçükçay gelir (Tablo 14). Alt havzalar içinde Karahayıt en yüksek değere sahip olurken Havran Çayı alt havzası bu akarsu ağı ve relief özelliklerinde olduğu gibi dikkate alınmamıştır.

Uzunluk oranı olarak ortaya konan (R_e) değeri havzanın infiltrasyon kapasitesi, yüzeysel akışı hakkında bilgi verir. Yüksek değerler yüksek geçirgenliğin olduğu ve düşük yüzeysel akış şartlarının sahip olduğu alanları gösterirken, düşük R_e değeri ise fazla erozif faaliyetlerin olduğu ve sediment taşınımının fazla olduğu havza özelliklerini ortaya koyar (Reddy vd., 2004). Ayrıca değerın 1'e yaklaşması oranında havzanın daha dairesel bir şekle sahip olduğu anlaşılır (Biswas vd., 1999). Havza genelinde R_e 0.73 gibi bir değer gösterirken, en yüksek değer 0.90'la Gelin alt havzasında görülür. Alt havzalar arasında ise en küçük değerlere sahip olanlar ise Küçükçay, Karahayıt ve Bent alt havzalarıdır (Tablo 14).



Şekil 27: Havza şekil analizlerinde kullanılan değerlerin bir örneği.

Tablo 14: Havran Çayı havzasının şekil analiz tablosu.

Parametreler	Çevre Uzunluğu (km)	Havzanın Maksimum Uzunluğu	Yatak Uzunluğu (Ağızdan – Havza Ortasına)	Şekil İndeksi	Gravelius İndeks	Uzunluk Oranı	Şekil Faktörü	Form Faktörü
Formül	(P)	L_m	$L_{ca} = 0.54L^{0.96}$	$S_w = \frac{L}{W} = \frac{L^2}{A}$	$K_c = 0.28 * \frac{P}{0.5 * A}$	$R_e = \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0.5}$	$L_f = (LL_{ca})^{0.3}$	$R_f = \frac{A}{L_b^2}$
Havzalar								
1 Küçükçay	45.4	17.0	9.73	9.03	0.59	0.44	4.85	0.15
2 Karahayıt	17.5	7.2	4.17	6.11	0.89	0.52	2.89	0.21
3 Bent	51.4	16.3	11.28	7.24	0.39	0.59	5.31	0.28
4 Gelin	79.3	17.4	10.85	2.59	0.23	0.90	5.18	0.63
5 Kışla	48.3	16.0	9.39	4.41	0.33	0.64	4.74	0.32
6 Değirmen	25.3	8.5	6.25	7.27	0.66	0.62	3.70	0.30
7 Kızıklı	22.7	7.6	4.07	3.05	0.61	0.68	2.84	0.36
8 Havran Çayı	79.4	20.0	10.90	3.94	0.35	0.63	5.20	0.32
9 Havran Genel	138.8	37.0	21.16	3.47	0.14	0.73	7.80	0.42

L : Ana akarsu boyunca havzanın uzunluğu (vadi uzunluğu) (km)

A : Havza alanı (km²)

W: Ortalama havza genişliği (A/L)

P : Havzanın çevre uzunluğu (km)

L_{ca}: Havza orta noktasından akarsu ağızına olan uzaklık (km)

L_m: Havzanın Maksimum uzunluğu (ana akarsuya paralel) (km)

L_b : Havzanın Maksimum uzunluğu (ana akarsuya paralel) (km)

Şekil faktörü ise (L_1) ana akarsuyun döküldüğü yerden havza ortasına kadarki uzunluğu ile havza uzunluğunun çarpımının 0.3. kuvvetine eşittir (Ratnayake, 2006). Şekil faktörü, maksimum akımı en iyi tanımlayan belirteçlerden birisidir. Formül sonucu ile maksimum akım ters orantılıdır. L_1 değerinin büyük çıktığı havzalarda maksimum akım değeri düşük olup, düşük çıktığı yerlerde maksimum akım değeri yüksektir (Ratnayake, 2006). Buna göre havza içinde 4 büyük alt havza içinde en düşük L_1 değerine sahip olan Kışla ve Küçükçay alt havzalarıdır. Bent ve Gelin alt havzaları 5 in üzerinde bir değer gösterirler. Havza geneli için ise bu değer 7.8 dir (Tablo 14).

Form faktörü (R_f) bakımından değerlendirildiğinde, düşük R_f değerinin sahip olduğu havzalar kısa zaman süresinde yan kollardan gelen az akımla, uzun süreli meydana gelecek yüksek ana akımın görüleceği bir şekil arz eder. Yüksek R_f değerlerinin görüldüğü havzalarda ise bu durumun tam tersi olarak uzun zaman süresinde yan kollardan gelen yüksek akımla, kısa süreli düşük ana akımın görüldüğü ve kısa süreli maksimum akıma neden olan bir şekil ortaya çıkartır (Reddy vd. 2004; Selby 1985; Biswas vd.1999). Buna göre havza genelinde 0.42 olan bu değer yanında alt havzalar içinde 0.15 değeri ile Küçükçay alt havzası en düşük değere sahiptir. Daha sonra ise Karahayıt ile Bent alt havzaları gelir. Gelin alt havzası ise en yüksek değere sahiptir (0.63) (Tablo 14).

1.3. İklim Özellikleri

Havran Çayı havzası içinde araştırılacak olan taşkın ve heyelanların oluşum mekanizmalarında, iklimin rolünü anlayabilmek için bu kısımda iklimle ilgili özellikler üzerinde durulmuştur. Saha içinde, verilerinden faydalanabileceğimiz meteoroloji istasyonları Burhaniye ve Havran meteoroloji istasyonlarıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen verilere göre, Burhaniye istasyonu için 31 yıllık (1975-2005) ölçümler kullanılırken, Havran istasyonu için 1985-1991 yılları arasında 7 yılı kapsayan ölçüm değerleri kullanılmıştır. Bu istasyonların haricinde, sahaya çok yakın olan Edremit istasyonu verileri de çalışmada kullanılmıştır. Bu veriler de 31 yıllık olup 1975 ve 2005 yılları arasını kapsamaktadır. Çalışma sahası içinde yer alan meteoroloji istasyonları ve hemen yakınında bulunan Edremit meteoroloji stasyonu dışında, çevredeki meteoroloji istasyonlarının verileri de temin edilmiştir. Bu istasyonların ölçüm zamanları değişkendir. Sahanın çevresindeki meteoroloji istasyonlarına ait bilgiler Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15: Çalışma sahasının çevresinde yer alan meteoroloji istasyonları ve veri tipleri.

İstasyon Adı	Veri Tipi	Veri Aralığı (Yıl)
Bayramiç	Sıcaklık Yağış	1975 – 1992 (17 Yıl)
Yenice	Yağış	1986 – 1990 (5 Yıl)
Altınoluk	Sıcaklık Yağış	1985 – 1990 (5 Yıl)
İvrindi	Sıcaklık Yağış	1986 – 2000 (13 Yıl)
Ayvalık	Sıcaklık Yağış	1978- 2004 (28 Yıl)

İstasyonlara ait verileri kullanarak üretilecek grid iklim haritası, gerçeği tam anlamıyla yansıtamamaktadır. Bunun nedeni, istasyon verilerinin aynı veri aralığına sahip olmamasıdır (Dönmez, 1990; Perry vd., 2005). Bunun yanında, kısa rasat süresine sahip istasyonların yakınındaki benzer istasyonların uzun süreli ortalama verileri olsa da bu veriler, istasyonların benzer topografik şartlarda yer almamasından dolayı uzun süreli veri dönüşümleri için kullanılamamıştır. Bu olumsuzluklara rağmen, havza içinde oluşturulan grid iklim haritasıyla karşılaştırmak ve genel bir fikir vermesi açısından çevre istasyonların verileri bu çalışmada kullanılmıştır.

Çalışmamıza katkısı olması bakımından iklim elemanlarından sıcaklık (maksimum-minimum-ortalama), yağış (ortalama – taşkın dönemlerine ait aylık yağış), rüzgar (hakim rüzgar yönü ve esme sayıları, maksimum rüzgar ve yönü) ve nem verileri üzerinde durulacaktır.

1.3.1. Yağış

Çalışma sahası, Akdeniz yağış rejimi içinde yer alır (Darkot ve Tuncel, 1995). Coğrafi enlem ve Etezyen rüzgarlarının en iyi geliştiği bir bölge olması sebebiyle Akdeniz yağış rejimi'nin damgasını taşıyan bu bölgede (Koçman, 1989), yağış maksimumu, gezici depresyonların ve cephesel faaliyetlerin iyice arttığı kış mevsimlerinde, yağış minimumu ise Etezyen rüzgarlarının en şiddetli estikleri yaz mevsiminde görülür (Hocaoğlu, 1991).

Sahanın yağış özelliklerini ortaya koymak ve mekansal olarak CBS ortamında haritalayabilmek amacıyla Havran, Burhaniye, Edremit, Yenice, İvrindi, Altınoluk, Ayvalık ve Bayramiç meteoroloji istasyonlarına ait ortalama yağış verileri

kullanılmıştır. Bu verilere farklı teknikler kullanılmak suretiyle haritalamalar yapılmıştır.

Tekniklerden birisinde, 8 istasyonun uzun yıllara ait ortalamaları alınmış, Thiessen Polygonları uygulanmak suretiyle istasyonların yağış etkinliğinin olduğu alanlar ortaya konmuştur. Thiessen polygonları'nda yağışı etkileyebilecek diğer parametreler dikkate alınmamıştır. Thiessen polygonları, sadece noktalar arası eşit uzaklıklara bağlı olarak oluşturulmuş çokgenlerden ibarettir ve istasyon yakınındaki alanların istasyon değeriyle eşdeğer olarak gösterildiği basit bir tekniktir (Thiessen, 1911; Gedikoğlu, 2000). Bu tekniğe göre havza içinde etkiye sahip istasyonlar Burhaniye, Havran, Edremit ve İvrindi'dir. Toplamda yıllık ortalama yağış değerleri ise istasyonlara ait ortalama veriler olan 574 mm. ile 664 mm. arasında değişmektedir (Şekil 28).

Bunun yanında istasyonlara ait toplam yıllık ortalama yağış değerlerinin Inverse Distance Weighted (IDW) (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon) tekniği ile dağılışı yapılmıştır. IDW tekniği geniş alanların iklim özelliklerinin ortaya konmasında etkilidir ve bir çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Willmott ve Matsuura, 1995; Dodson ve Marks, 1997; Perry ve Hollis, 2005; Goovaerts, 1999; Brown ve Comrie, 2002). IDW, enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır. Bu teknik, enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı azaltır ve örnek noktaların ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005). IDW'nin formülü By (2004) tarafından şu şekilde verilmiştir;

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{d_i^2} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}$$

Formülde yer alan,

m_i : Nokta verisi

d_i : Noktalar arası mesafe'dir.

Nokta enterpolasyon tekniği olan IDW, 8 istasyonun ortalama yağışlarına uygulandığında değerlerin 574 mm. ile 847 mm. arasında değiştiği görülür. Bu değerlerin havzadaki dağılışı ise 593- 657 mm. arasında değişmektedir (Şekil 28). Havza alanı 570 km² gibi iklimin çok fazla çeşitlilik gösterebileceği büyük bir alan

olmaması ve “bulls eyes” olarak adlandırılan (Daly vd., 2003) dairesel olarak verileri haritalama yapmasından dolayı gerçekçi verileri yansıtmamaktadır.

Üzerinde durulan iki tekniğin haricinde, yükselti ve bakı şartlarını da hesaba katıldığı farklı bir teknik uygulanmıştır. Bu teknikte Havran, Burhaniye ve Edremit meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılmıştır. Bunun için öncelikle, saha ve çevresini içine alan ve çözünürlüğü düşük olan DEM'den (400x400 m.) bakı haritası üretilmiştir. Daha sonra havza içinde 200 m. aralıklı eş yükselti eğrileri çıkartılmıştır. Bu yükselti basamakları üzerine, istasyonlarla aynı bakı şartlarına sahip olan bölgelere nokta ataması yapılmıştır. Bu noktalara ait ortalama yağış değerlerinin hesaplamasında, havza kuzeyindekiler için, Kaz Dağı kütlesi eteğinde olan Edremit meteoroloji istasyonu verileri (E), güneyindekiler için, güneydeki Kocadağ kütlesine yakın olan Burhaniye meteoroloji istasyonu verileri (B), doğusunda kalan ve Havran'a yakın olan alanlardaki noktalar için Havran meteoroloji istasyonu verileri (H) kullanılmıştır. Havran meteoroloji istasyonu verileri 7 yılı kapsamından dolayı, kendisiyle topografik şartlara ve lokasyon özelliklerine göre uygun olan Edremit meteoroloji istasyonu verilerinin aynı ölçüm yıllarına ait verileri kullanılarak, 31 yıllık uzun devre ortalaması yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Bunun için kullanılan formül (Dönmez, 1990);

$$Y_o = Y * \frac{y_1}{y_2}, \text{ dir.}$$

Formülde;

Y_o = Rasat süresi kısa olan istasyonun uzun devre değeri

Y = Uzun devreli rasat yapan istasyonun ortalama yağışı

y_1 = Kısa devreli rasat yapan istasyonun bu kısa devredeki yağışların toplamını

y_2 = Uzun devreli rasat yapan istasyonun, kısa devreli rasat yapan istasyonla aynı devredeki yağışlarının toplamını gösterir.

Formüle göre, Havran istasyonun 31 yıllık ortalama yağış değeri 593.94 mm. bulunmuştur. Bu işlemden sonra, havza içinde belirlenen noktaların tahmini yağış değerlerini hesaplamak için Schreiber formülü kullanılmıştır (Dönmez, 1990).

$$P_h = P_o + 54h$$

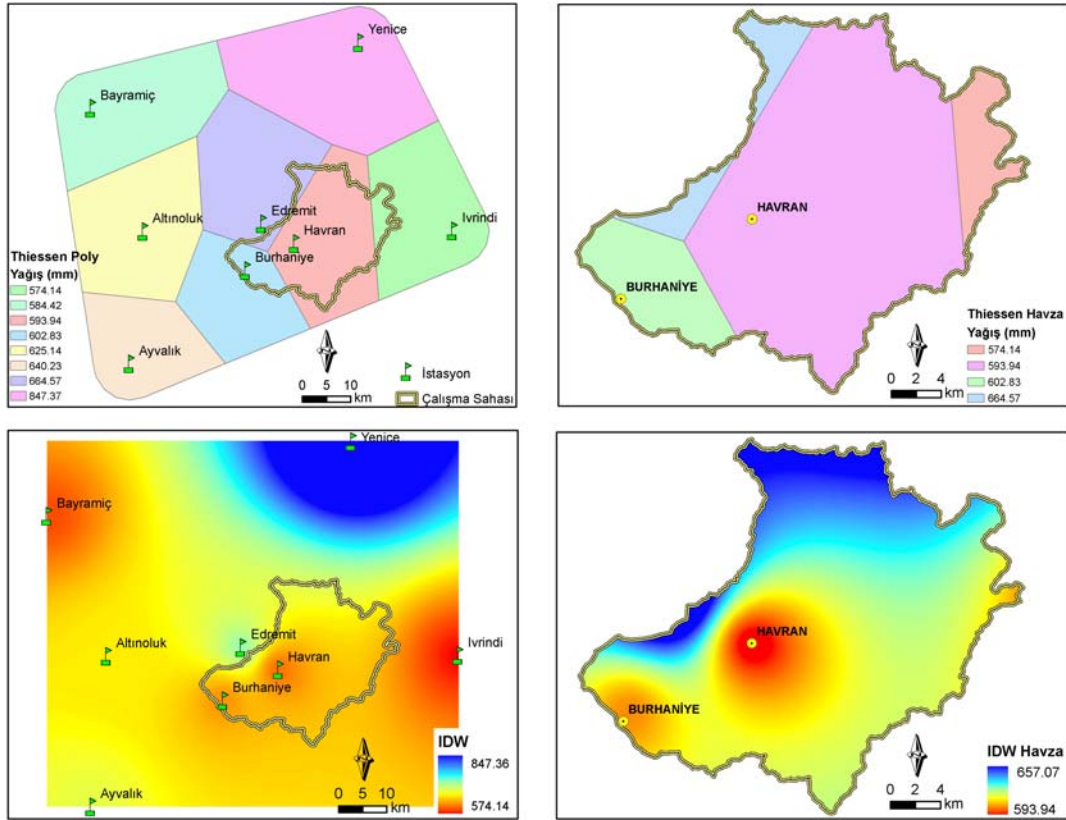
Formülde;

P_h = Yükseltisi bilinen noktanın bulunacak yağış tutarı

P_o = Yükseltisi bilinen ve yağış rasadı yapan mukayese istasyonunun yağış tutarı
(Topl_yagis)

54= Her 100 m. yükseldikçe yağışın 54 mm. arttığını gösteren katsayı,

h = Baz alınan istasyon ile yağış miktarı bulunacak nokta arasında yükselti farkıdır
(hektometre olarak).



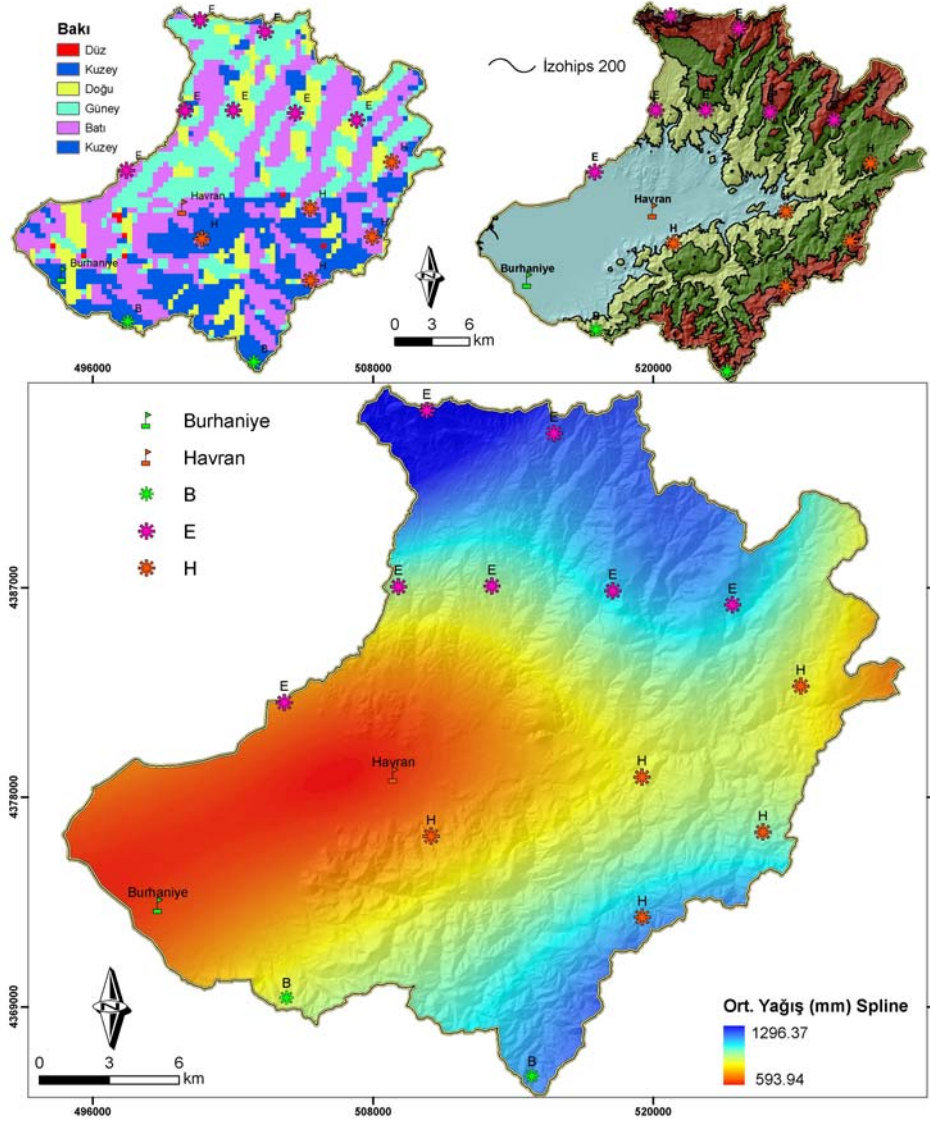
Şekil 28: Havzadaki ortalama yağış değerlerinin Thiessen ve IDW teknikleriyle gösterilmesi.

Bu veriler ve formül CBS ortamında nokta verilere işlendiğinde çıkan sonuçlar Şekil 29'da gösterilmiştir. Buna göre havza içinde en fazla yağış kuzey yamaçlarında yükseltinin arttığı noktalarda görülmektedir (1296.37 mm.).

Elde edilen P_h değerleri ile Spline nokta enterpolasyon tekniği ile havza geneli için ortalama yağış grid haritası üretilmiştir (Şekil 30). Spline tekniği, daha küçük alanlar için daha düzgün dağılış sergilemesinden tercih edilmektedir (Vicente-Serrano vd., 2003; Collins vd., 2006).

Attributes of havza_yagis							
Shape*	ADı	Top_yagis	yukselti_is	yukselti	h	Ph	
Point	Burhaniye	602.83	20	20	0	602.83	
Point	Havran	593.94	40	40	0	593.94	
Point	E	664.57	30	1200	11.7	1296.37	
Point	E	664.57	30	800	7.7	1080.37	
Point	E	664.57	30	600	5.7	972.37	
Point	E	664.57	30	400	3.7	864.37	
Point	E	664.57	30	600	5.7	972.37	
Point	H	593.94	40	400	3.6	788.34	
Point	H	593.94	40	600	5.6	896.34	
Point	H	593.94	40	800	7.6	1004.34	
Point	B	602.83	20	400	3.8	808.03	
Point	B	602.83	20	800	7.8	1024.03	
Point	H	593.94	40	200	1.6	680.34	
Point	H	593.94	40	400	3.6	788.34	
Point	E	664.57	30	400	3.7	864.37	
Point	E	664.57	30	30	0	664.57	

Şekil 29: Havza içinde belirlenen noktaların tahmini yağış verileri.



Şekil 30: Havza için uzun yıllar ortalama yağış değerinin dağılışı

Buna göre üretilen haritada (Şekil 30), yağışlar havzanın kuzeyinde daha çok artış gösterirken güney kesimler de yağışın artış gösterdiği alan olarak karşımıza çıkar. Orta kesimlerde ise nisbeten değerler düşmektedir. Üretilen yağış haritası gerçeğe daha yakın değerler vermektedir.

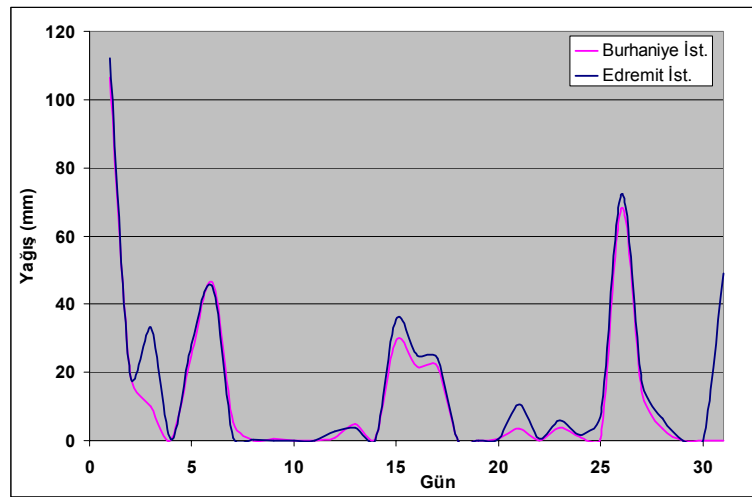
Çalışma sahasını ilgilendiren istasyonların aylara göre ortalama yağış değerleri incelendiğinde yağış maksimumları en fazla Aralık ayında, daha sonra Kasım ve Ocak aylarında görülmektedir (Tablo 16).

Tablo 16: Havran, Burhaniye ve Edremit istasyonlarına ait aylara göre ortalama yağışlar.

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Edremit	93.26	78.57	61.12	57.94	36.68	17.89	7.52	3.77	17.07	46.85	120.55	123.35	664.57
Havran*	84.37	53.05	30.42	38.17	32.03	15.22	8.68	0.20	7.75	49.03	119.90	138.02	576.83
Burhaniye	84.43	70.98	56.63	52.47	39.27	14.17	6.77	3.06	17.03	41.08	107.00	109.93	602.83

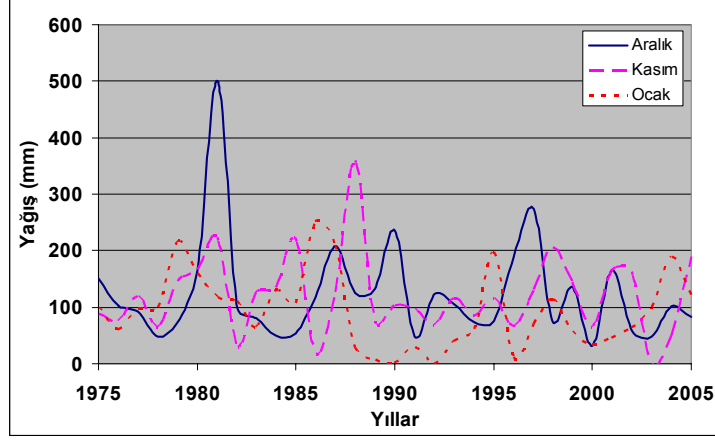
*Havran istasyonunun 7 yıllık 1985-1991 yıllarındaki ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Sahada büyük taşkınların yaşandığı 1981 Aralık ayının günlük ve toplamdaki yağış değerlerine bakıldığında ise, Edremit meteoroloji istasyonu verilerine göre ay içinde 5 kez yağış değerleri pik yapmıştır. Toplamdaki yağış ise 501 mm dir. Bu durum Burhaniye istasyon verilerinde ise 4 kez pik şeklinde olmuştur ve toplamdaki yağış ise 387 mm dir (Grafik 8). Havran meteoroloj istasyonunun bu tarihe ait günlük verileri temin edilememiştir.

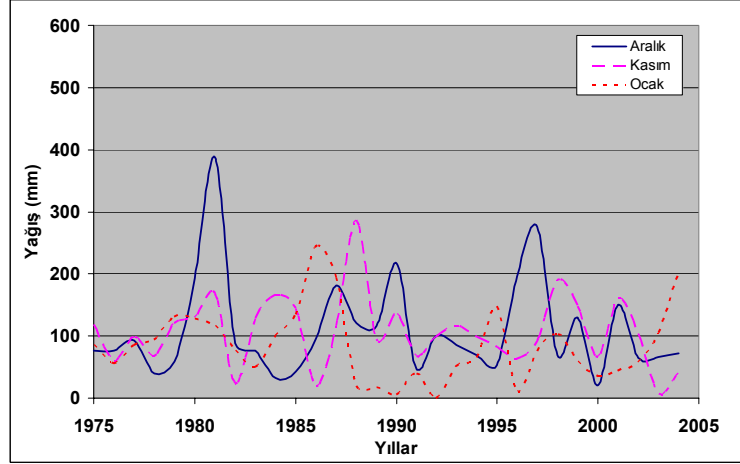


Grafik 8: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonları Aralık 1981 günlük yağış değerleri.

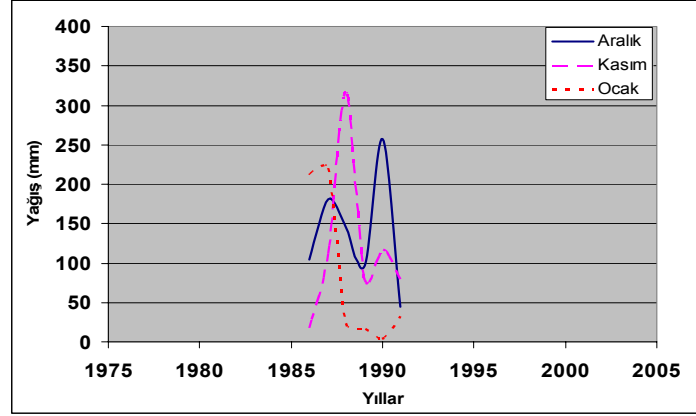
Edremit ve Burhaniye meteoroloji istasyonu verilerinden, yağışların arttığı Aralık, Kasım ve Ocak aylarının 30 yıllık değerleri incelendiğinde, maksimum değerlere 1981 yılında Aralık ayında ulaşılmıştır. İkinci en yüksek değer iki istasyonda da 1988 yılında Kasım ayında görülmüştür. Üçüncü yüksek değer ise 1997 yılında yine Aralık ayıdır (Grafik 9, 10).



Grafik 9: Edremit meteoroloji istasyonu 1975-2005 yılları arası Aralık, Kasım ve Ocak ayları toplam yağış değerleri.



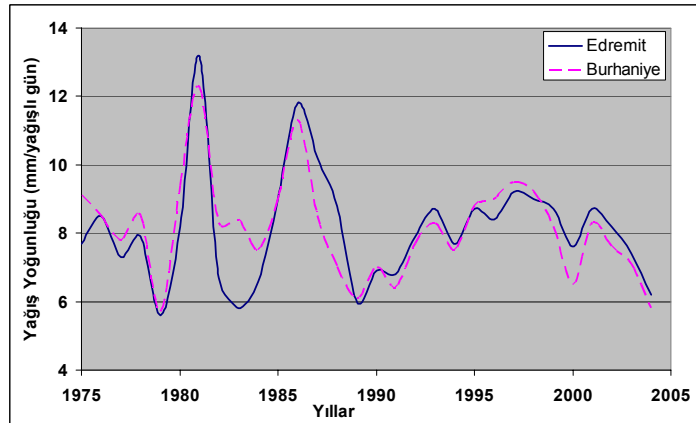
Grafik 10: Burhaniye meteoroloji istasyonu 1975-2004 yılları arası Aralık, Kasım ve Ocak ayları toplam yağış değerleri.



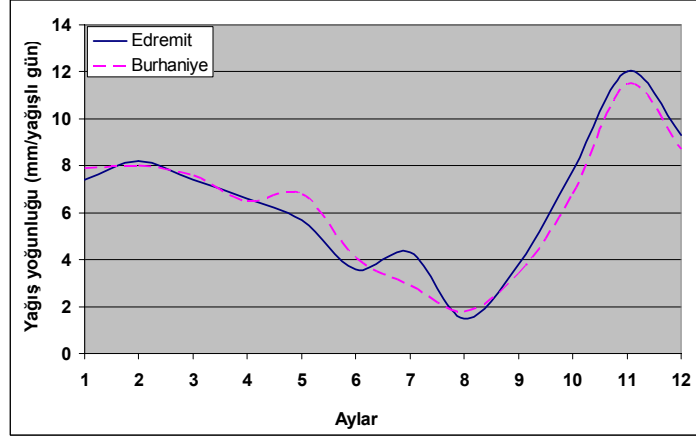
Grafik 11: Havran istasyonu 1985-1991 yıllarına ait Aralık, Kasım ve Ocak yağışları.

Grafiklere bağlı olarak 1981 yılından günümüze genel olarak yağış değerlerinde bir azalma görülmektedir. Havran istasyonunun 1975-2005 yıllarına ait verileri bulunmadığından sadece mevcut olan yılların grafiğine bakıldığında (Grafik 11) değerlerin Edremit istasyonu ile benzerlikler taşıdığı görülmektedir.

Saha, yağış yoğunluğu bakımından değerlendirildiğinde ise, yoğunluğun yıllara göre dağılımında, son 30 yılda 1981 yılı yoğunluğun maksimum olduğu yıl olarak karşımıza çıkar. Bunun yanında, 1986 yılı da yoğunluğun ikinci kez arttığı yıldır. Daha sonra düşüşe geçen yoğunluk değeri 1995 ten sonra az da olsa artış gösterse de günümüze yaklaştıkça tekrardan azalmaktadır (Grafik 12). Son 30 yılın yağış yoğunluğunu aylara göre değerlendirdiğimizde ise maksimum yoğunluk Kasım ayında olurken, bunu Aralık, Ocak ve Şubat ayları takip eder. Minimum değerler ise Ağustos ayına aittir (Grafik 13).



Grafik 12: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonlarının yıllara ait yağış yoğunluğu.



Grafik 13: Edremit ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarının aylara ait yağış yoğunluğu (1975-2005).

1.3.2. Sıcaklık

Sıcaklık özellikleri bakımından çalışma alanı, çevresindeki meteoroloji istasyon verilerinden çok sahanın sıcaklık özelliklerini daha çok yansıtacak Edremit, Havran ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarının verileriyle değerlendirilmiştir. Bu istasyonlara ait ortalama minimum, ortalama maksimum ve ortalama sıcaklıklarıyla, maksimum ve minimum ekstrem değerleri kullanılmıştır. Bunun haricinde üç istasyonun maksimum ve minimum ekstrem verileri baz alınarak, daha önce belirlenmiş olan noktaların yaklaşık olarak minimum ve maksimum sıcaklıkları bulunmuştur (Şekil 31). Bunun için;

$$S_y = \text{Ölçülen Sıcaklık} - \frac{y_f * t}{100}$$

formülü kullanılmıştır. Formülde;

Ölçülen sıcaklık= Baz alınan istasyonda ölçülen değer

y_f = İstasyonla sıcaklığı bulunacak nokta arasındaki yükselti farkı

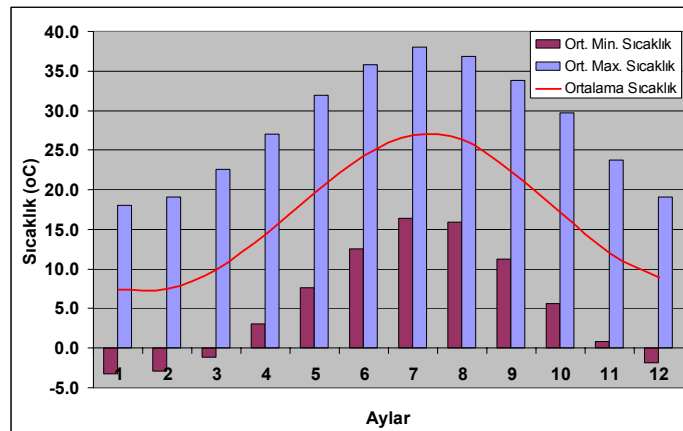
t = Her 100 m. için ilave edilecek sıcaklık miktarıdır (0.5 °C).

Üç istasyona ait ortalama sıcaklıklara bağlı olarak alanın sıcaklık değeri 0 °C altına yıl içinde düşmez. Fakat uzun yıllar ortalama minimum değerlerine bakıldığında ise Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında 0 °C altına düşmektedir. Bu aylara ait uzun yıllar ortalama maksimum değerlerin ise 20 °C civarında oynaması bu aylara ait sıcaklık farklarının fazla olduğu sonucunu ortaya koymaktadır (Grafik 14, 15, 16).

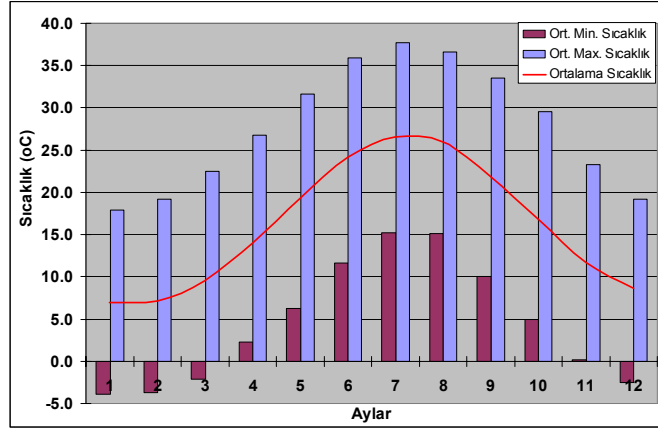
Attributes of havza_sicaklik								
Shape*	ADı	yuksekti_is	yuksekti	fark	Max_sicaklik	Min_sicaklik	max_sic_son	min_sic_son
Point	Burhaniye	20	20	0	42.6	-8.4	42.6	-8.4
Point	Havran	40	40	0	42.9	-6.3	42.9	-6.3
Point	E	30	1200	1170	41.3	-6.3	35.45	-12.15
Point	E	30	800	770	41.3	-6.3	37.45	-10.15
Point	E	30	600	570	41.3	-6.3	38.45	-9.15
Point	E	30	400	370	41.3	-6.3	39.45	-8.15
Point	E	30	600	570	41.3	-6.3	38.45	-9.15
Point	H	40	400	360	42.9	-6.3	41.1	-8.1
Point	H	40	600	560	42.9	-6.3	40.1	-9.1
Point	H	40	800	760	42.9	-6.3	39.1	-10.1
Point	B	20	400	380	42.6	-8.4	40.7	-10.3
Point	B	20	800	780	42.6	-8.4	38.7	-12.3
Point	H	40	200	160	42.9	-6.3	42.1	-7.1
Point	H	40	400	360	42.9	-6.3	41.1	-8.1
Point	E	30	400	370	41.3	-6.3	39.45	-8.15
Point	E	30	30	0	41.3	-6.3	41.3	-6.3

Şekil 31: Belirlenen noktalara ait yaklaşık minimum ve maksimum sıcaklık değerleri.

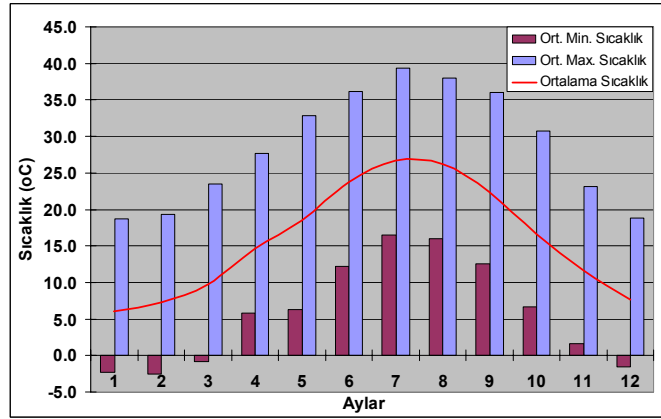
Aylık maksimum ve minimum ekstrem değerlerine bakıldığında ise, Edremit istasyonu için en yüksek değere 41.3 °C ile Temmuz ayında, -6.3 °C ile Ocak ve Şubat aylarında olduğu görülür. Bu değerler Burhaniye istasyonu için Temmuz'da 42.6 °C, Şubat'ta -8.4 °C olarak ölçülmüştür. Havran istasyonu 7 yıllık ölçüm değerlerine sahip olsada yaklaşık değerler ortaya koyar. Bunlar Temmuz ayı için 42.6 °C, Şubat ayı için ise -6.3 °C'dir (Tablo 17). Bundan da anlaşılacağı üzere, Temmuz ayı, sıcaklıkların en fazla yaşandığı ay olurken, Ocak ve Şubat ayları soğukların en fazla yaşandığı aylardır.



Grafik 14: Edremit meteoroloji istasyonu, min., mak. ve ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalaması (1975-2005).



Grafik 15: Burhaniye meteoroloji istasyonu, min., mak. ve ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalaması (1975-2005).



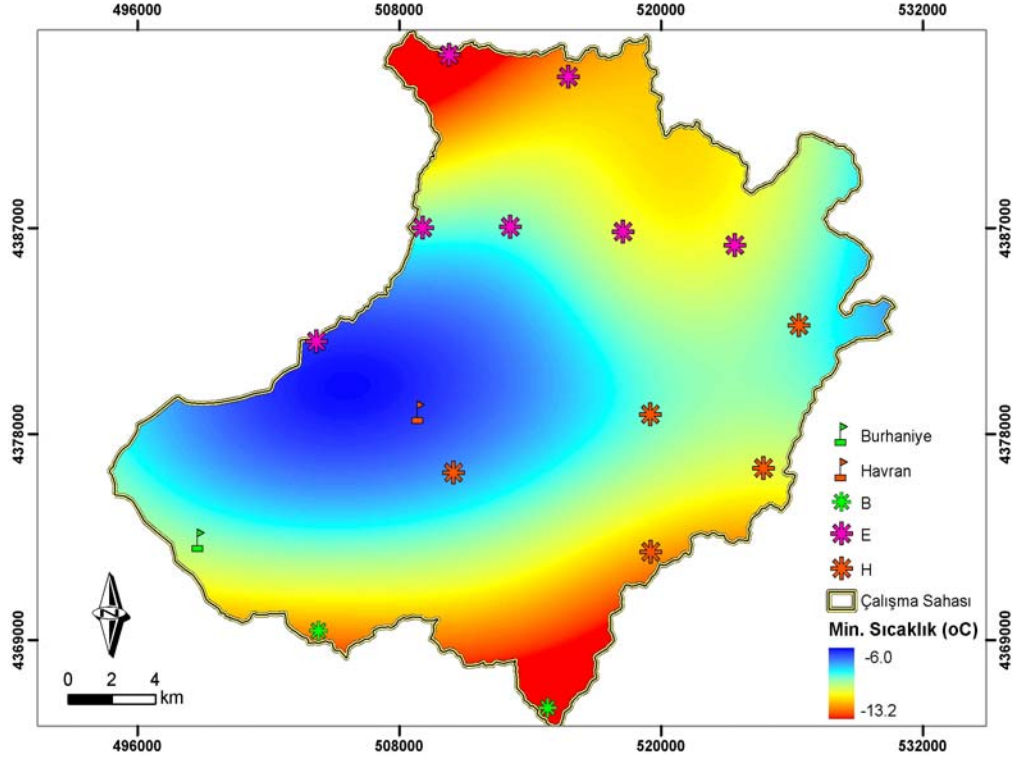
Grafik 16: Havran meteoroloji istasyonu, min., mak. ve ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalaması (1985-1991).

Tablo 17: Edremit, Burhaniye ve Havran meteoroloji istasyonlarına ait Ekstrem sıcaklıklar (°C).

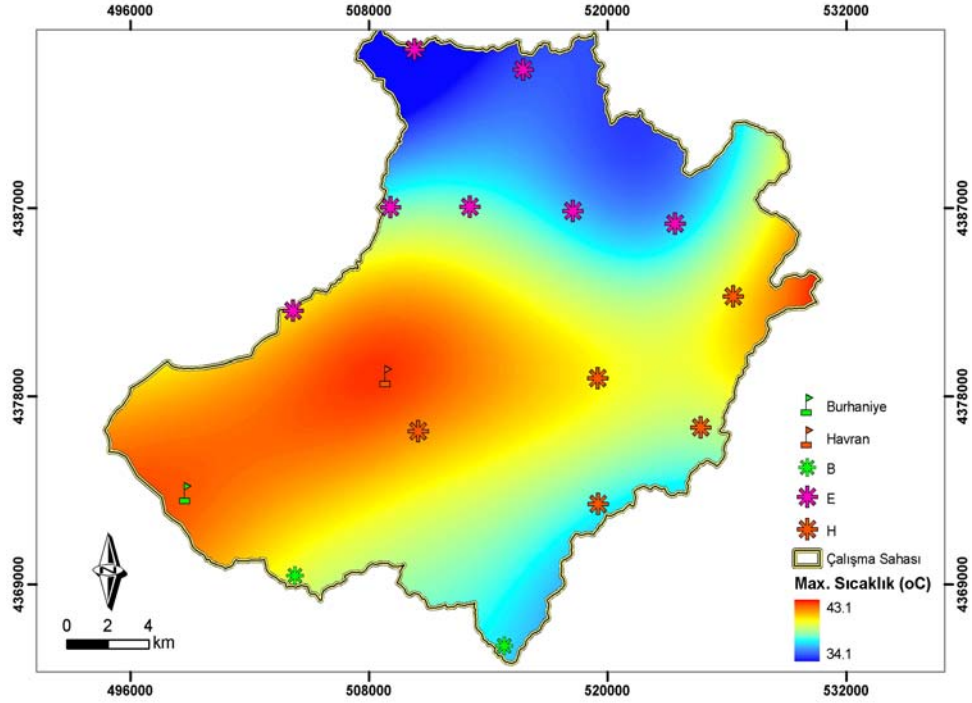
	Edremit (1975-2005)		Burhaniye (1975-2005)		Havran (1985-1991)	
	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük
Ocak	20.4	-6.3	20.8	-6.6	20.1	-6.2
Şubat	23.5	-6.3	21.8	-8.4	21.2	-6.3
Mart	28.4	-6.2	28.6	-5.5	25.4	-5.6
Nisan	30.4	-1.8	31.3	-2.6	31.3	5
Mayıs	35.2	3	34.6	2	37.8	6
Haziran	39.2	9	40.2	9.9	38.4	7.4
Temmuz	41.3	12.4	42.6	10.2	42.6	13
Ağustos	40.6	11.6	39.6	10	39	12.5
Eylül	36.8	6.6	36.7	6	36.6	11.2
Ekim	34.6	1.4	35.1	1.4	36.4	3.6
Kasım	29.2	-2.5	28.3	-3.9	27.3	-0.7
Aralık	22.2	-6.2	23	-5.5	22.1	-4.5

Bu veriler haricinde havza içindeki belirlenen noktaların ekstrem minimum ve maksimum sıcaklıklara bağlı bulunan yaklaşık değerleri kullanılarak havza içinde dağılışı haritalaması yapılmıştır. Bunun için sıcaklık verilerinin küçük sahalar için daha düzenli yüzey dağılımı yapmasından dolayı Spline nokta enterpolasyon tekniği kullanılmıştır (Jarvis ve Stuart, 2001). Buna göre, minimum sıcaklıklar olarak, havza içindeki dağılımına bakıldığında $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $-13.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişen bir değer aralığına sahiptir (Şekil 32). Ayrıca havzanın kuzeyi ve güneyi yüksekliklerine bağlı olarak minimum sıcaklıkların en fazla görüldüğü alanlar olarak karşımıza çıkarlar. Maksimum sıcaklıklar bakımından ise havza $34.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $43.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişen değerlere sahiptir. Değerlerin maksimum olduğu yer havzanın aşağı kesimleri olurken, kuzey ve güneydeki yüksek sahalarda değerler azalır (Şekil 33).

Üretilen grid minimum ve maksimum sıcaklık haritalarında ortaya çıkan değerlere göre değerler arası genlik, toplam $56.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu değerlerin görüldüğü alanlar havzanın kuzey ve güneyindeki yüksek kısımlardır.



Şekil 32: Havzadaki minimum sıcaklıkların Spline enterpolasyonla dağılışı.



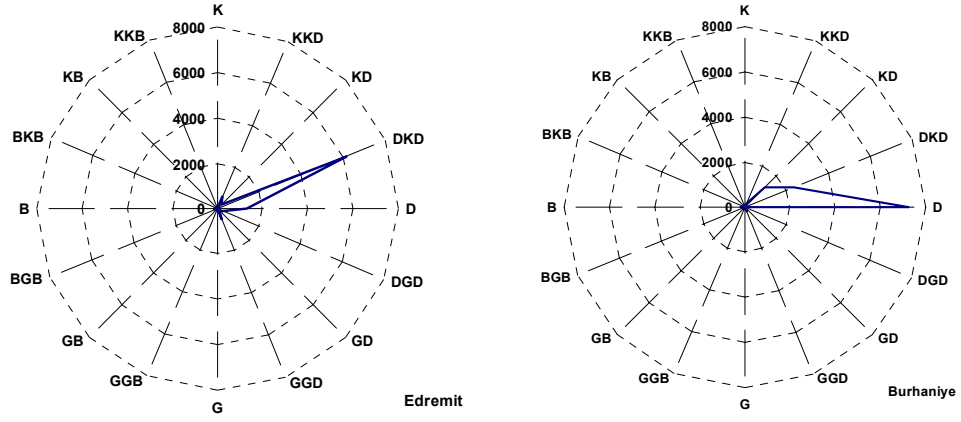
Şekil 33: Havzadaki maksimum sıcaklıkların Spline enterpolasyonla dağılışı.

1.3.3. Rüzgar

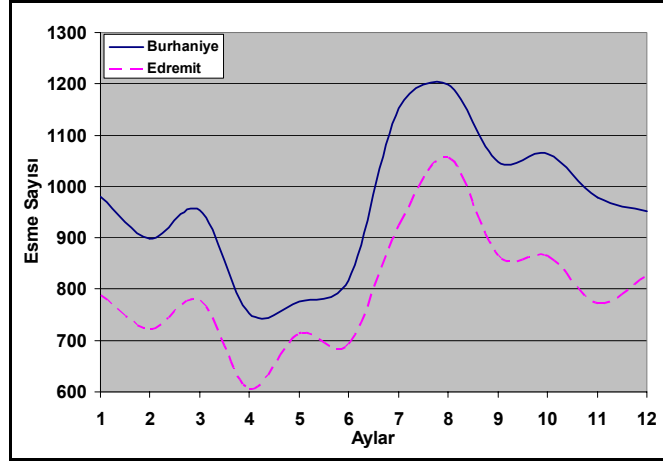
İklim elemanlarından rüzgar değerleri, uzun yıllar toplamında esme sayısı ve yönü, maksimum rüzgar hızı ve yönü gibi genel özellikleri üzerinde durulacaktır. 31 yıllık Edremit ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarına ait esme sayıları ve yönleri grafiklendiğinde, Edremit istasyonunda hakim rüzgar yönü doğu kuzeydoğu'dur. Bunu doğu yönünden esen rüzgarlar takip eder. Burhaniye'de ise hakim rüzgar yönünün doğu-batı yönünde olduğu görülmektedir. Doğü kuzeydoğu ve kuzeydoğu rüzgarları ise diğer hakim rüzgar yönleridir (Grafik 17). Havran istasyonuna ait veriler temin edilememiştir. Hakim rüzgar yönlerinin doğu ve doğu kuzeydoğu karakterli olmasında sahanın morfolojik yapısının etkisi olmaktadır (Buldan, 2002).

İstasyonlara ait rüzgarın esme sayılarının aylık dağılışına bakıldığında ise en çok rüzgarlar Temmuz-Ağustos aylarında olurken bunu Ekim, Ocak ve Mart ayları takip eder. Minimum rüzgar ise Nisan ayı içinde esme değerine sahiptir (Grafik 18).

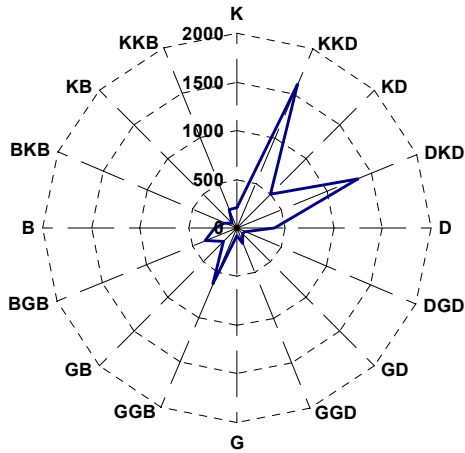
Edremit istasyonuna ait maksimum rüzgar hızı ve yönüne bakıldığında ise KKD ve DKD rüzgarlarının 31 yıllık toplamda en şiddetli rüzgar yönleri olarak karşımıza çıkar (Grafik 19). Bu da yine çalışma sahası kuzeyindeki vadilerin uzanışıyla paralellik gösterir.



Grafik 17: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonları 1975-2005 yılları rüzgar gülü.



Grafik 18: Edremit, Burhaniye meteoroloji istasyonlarına göre aylara ait esme sayıları (1975-2005).



Grafik 19: Edremit meteoroloji istasyonu maksimum rüzgar yönü ve hızı (1975-2005).

Edremit meteoroloji istasyonuna ait maksimum ekstrem değer son 31 yıl içinde 30.9 m/s ile GGB yönündedir. Bu tür rüzgarlar ise Bofor ölçeğinde 11 nolu Orkanımı Fırtına niteliğindedir. Bu tip rüzgarların etkisi her yerde büyük zararlar vermesi şeklinde olur (Erol, 1999).

1.3.4. Nem

Havran Çayı havzasının nem özellikleri, yüzeysel akışa geçen su miktarı üzerinde kısmen de olsa etki eden diğer bir diğer iklim elemanıdır. Bu kapsamda havzanın bağıl nem miktarı ve yıl içinde nem miktarlarının fazla olduğu aylar dikkate alınmıştır.

Bağıl nemin oranı ile buharlaşma arasında bir ilişki vardır. Gerçek nem oranı aynı kalsa dahi, sıcaklık arttığı oranda bağıl nem azalmakta, bu gelişim de buharlaşmayı arttırmakta ve sonuçta da toprak nemi azalmaktadır (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Bağıl nemin yüksekliği oranında ise bitkilerin terleme ile olan su kaybı ve zeminden buharlaşma azalır. Buna bağlı olarak toprağın su kaybı ve zeminden buharlaşma azalır. Böylece havza topraklarının su tutma kapasiteleri bağıl nem miktarına göre değişiklikler gösterir. Edremit meteoroloji istasyonu verilerine göre sahadaki nem değerleri, uzun yıllar ortalamasına bağlı olarak, % 63 gibi bir değer göstermektedir. Bunun yanında Kasım (% 75), Aralık (% 76), Ocak (% 72) ve Şubat (% 73) ayları bağıl nem değerlerinin % 70'in üzerinde olduğu aylar olarak karşımıza çıkar. Mayıs ayından itibaren düşen bağıl nem değerleri, Temmuz (% 47) ve Ağustos (% 49) aylarında en düşük seviyeye ulaşır.

Mutluer (1990), Hoccoğlu (1991) ve Sönmez (1996) tarafından sahaya ait Thornthwaite metoduyla hazırlanmış su bilançoları tablo ve diyagramlarına göre, çalışma alanı ve çevresi için Kasım ayından başlayan ve Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayına kadar devam eden su fazlasının olduğu nemli dönemler görülür. Nisan ve Mayıs aylarında ise topraktaki birikmiş su sarfedilir. Haziran ayı başından itibaren de su noksanı görülmeye başlar. Bu durum Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında da devam eder. Nem verilerine ait yıl içindeki bu dağılış özellikleri, yağışların ve sıcaklıkların yıl içindeki dağılışlarıyla paralellik göstermektedir.

1.4. Hidrografik Özellikler

Yüzeysel ve yeraltı suları sahip oldukları morfometrik ve hidrolojik özellikleri ile ilgili afetler için önemli rol oynarlar (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Bundan dolayı havzanın hidrografik özellikleri başlığı altında, Havran Çayı, havzanın yeraltı suyu ve kaynakları konuları üzerinde durulmuştur. Bu özellikler, taşkın ve heyelan afetleri ile ilgili önemleri bakımından ele alınmıştır.

1.4.1. Havran Çayı

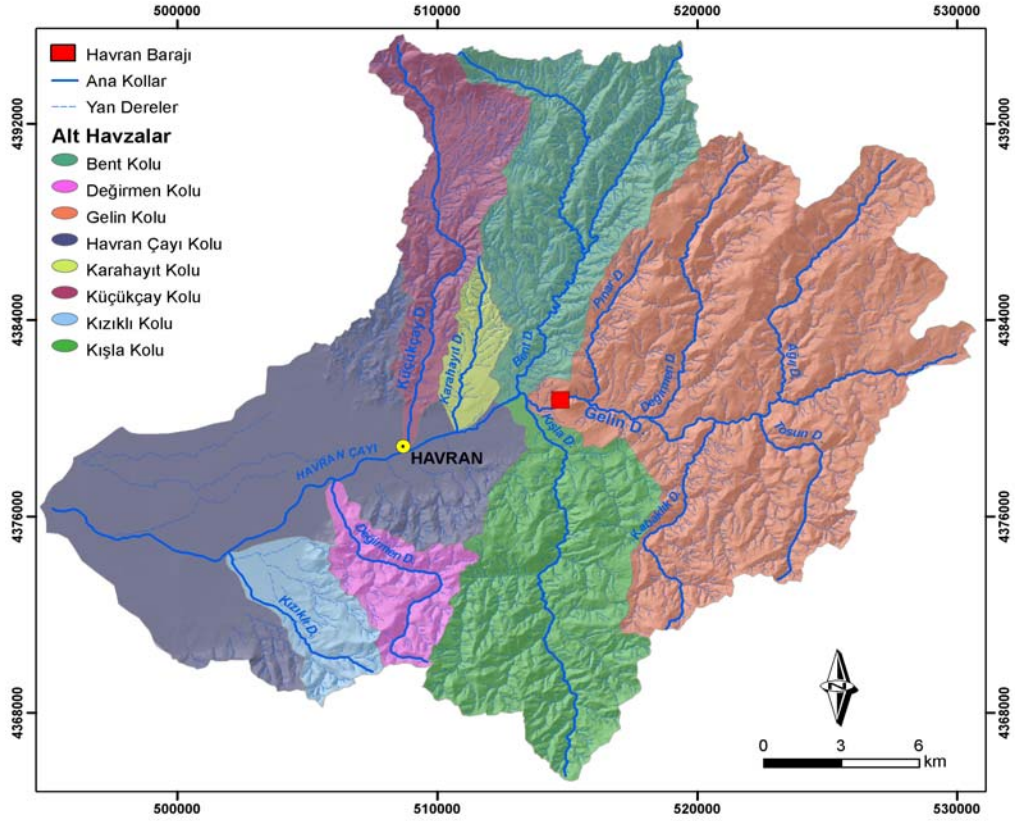
Havran Çayı havzası içinde yer alan ana ve alt kollara ait akarsuların bazı morfometrik özellikleri, genel morfometrik özellikler bahsinde verilmiştir. Bu kısımda, Havran Çayı havzasının alt havzalarının oluşturulması, Havran Çayı'nın yatak ve debi özellikleri ile ilgili konular üzerinde durulmuştur.

1.4.1.1. Alt Havzalar ve Özellikleri

Havran Çayı üzerindeki taşkınların oluşum mekanizmalarını anlayabilmek için sadece ana kol değil, bu kola dahil olan diğer alt kolların da analizine ihtiyaç vardır. Ana kola bağlanan alt kollar ve havzaları Şekil 34'te gösterilmiştir. Bu alt havzalara ait bazı sayısal değerler Tablo 18'de verilmiştir.

Havran Çayı ana koluna kuzeyden Küçükçay, Karahayıt, Bent, Pınar, Değirmen ve Ağıl Deresi alt kolları katılırken, güneyden ise Tosun, Kabaklık, Kışla, Değirmen ve Kızıklı Deresi alt kolları katılmaktadır (Şekil 34).

Havzaya ait alt havzaların belirlenmesinde genelde her bir alt kolun sahip olduğu havza, alt havza olarak değerlendirilirken, sadece Havran Çayı yukarı çıkışındaki alt kollar Gelin Deresi alt havzası içine alınmıştır. Bunun nedeni, İnboğazı mekiindeki taşkın kontrolü ve sulama amaçlı Havran Barajı yapımı çalışmalarıdır. Baraj havzası olarak da isimlendirebileceğimiz bu alt havza, Pınar, Değirmen, Ağıl, Tosun, Kabaklık alt kollarının tamamını kapsamaktadır (Şekil 34). Bunun dışında İnboğazı mevkiinden sonraki kısım, Havran Çayı anakolu olarak ele alınmış olup, bu kola katılan küçük ve mevsimlik derelerin havzaları da bu kısımda değerlendirilmiştir.



Şekil 34: Havran Çayı havzası alt kolları ve havzaları.

Tablo 18: Alt kollar ve havzalarına bazı sayısal değerler.

Alt Kollar/Havzalar	Alanı (km ²)	Alan (%)	Uzunluk (km)	Alt Kol Eğim
Küçükçay	43.4	7.6	19.8	0.06
Karahayıt	11.0	1.9	8.2	0.04
Bent	73.7	12.9	23.1	0.05
Gelin	190.6	33.4	22.2	0.04
Kışla	82.8	14.5	19.1	0.05
Değirmen	21.5	3.8	12.5	0.05
Kızıklı	21.0	3.7	8.0	0.08
Havran Çayı Anakolu	126.1	22.1	22.3	0.002
Havza Genel	570.4	100	44.5	0.01

Oluşturulan alt havzalar haritasına göre, alansal olarak en büyük alt havza 190.6 km²'lik değerle Gelin Deresi alt havzasıdır. Bunu, 82.8 km² ile Kışla, 73.7 km² ile Bent Deresi ve 43.4 km² ile Küçükçay Deresi alt havzaları takip etmektedir (Tablo 18). Havran Çayı ana kolunun oluşturduğu alt havza ise küçük yan derelerle birlikte ele alındığı için ve ana kolun kendisi olduğu için alt havza sıralamasında değerlendirilmemiştir. Havzada en küçük alana ise Karahayıt Deresi alt havzası

sahiptir (11.0 km²). Toplam havzanın %33.4'ünü kaplayan Gelin Deresi alt havzasından sonra ana kola katılan Kışla, Bent ve Küçükçay Dereleri alt havzalarının toplam oranı ise % 35 tir. Üzerinde baraj inşaatı çalışmalarının olduğu Gelin Deresi alt havzasının oranından fazladır. Buna ayrıca Değirmen, Kızıklı ve Karahayıt Dereleri alt havzalarının oranları da katıldığında ise % 44.4 gibi bir değer çıkmaktadır ki, bu da yaklaşık olarak havzanın yarı alanı demektir.

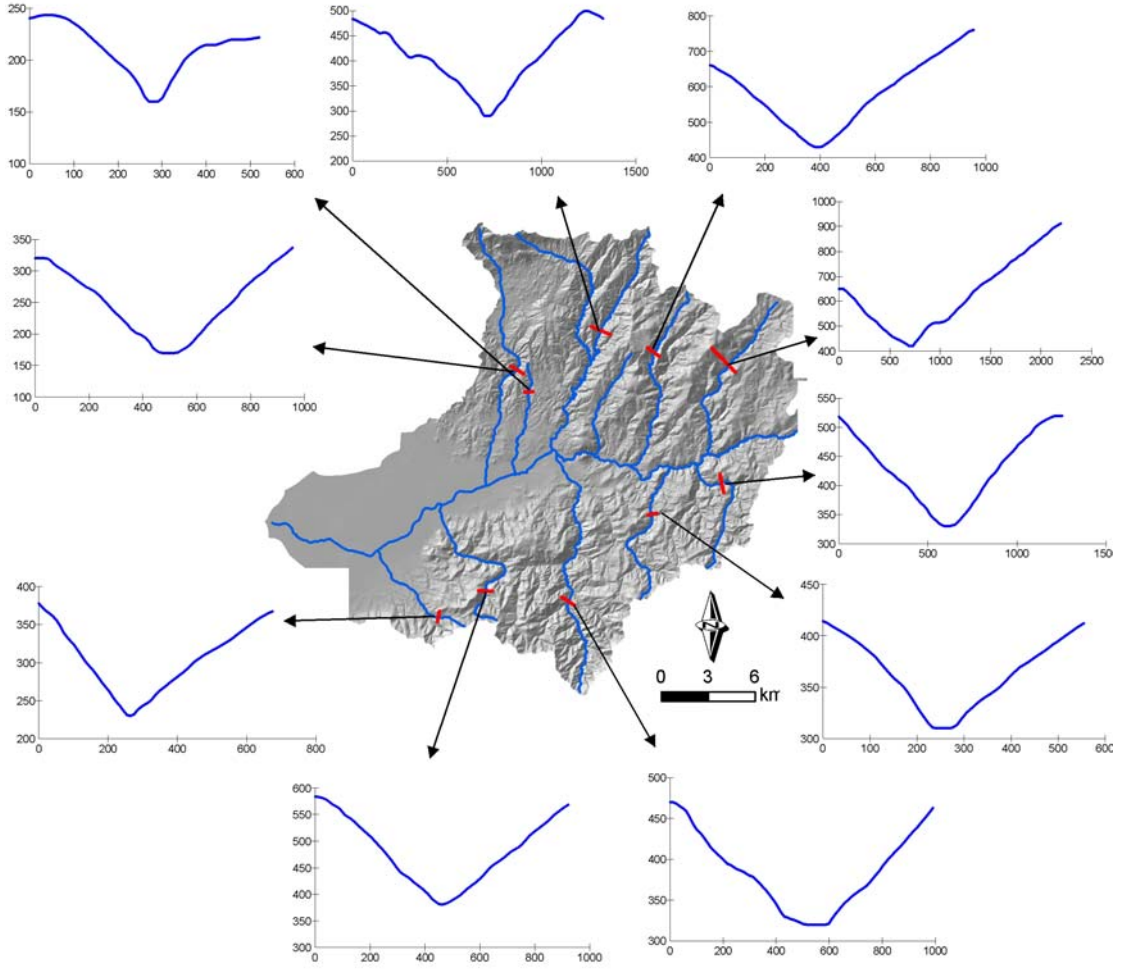
Uzunluk değerlerine göre ise, en uzun kol 23.1 km ile Bent Deresidir. Havran Çayı ana kolu 22.3 km. ile ikinci sırayı alırken bunu Gelin, Küçükçay ve Kışla Dereleri takip eder. Değişik fakat hemen hemen aynı uzunluk değerlerine sahip olan alt kolların genel eğim değerleri de benzerlikler gösterir. % 4 – 5 olarak ortaya çıkan genel eğim değerlerinin en fazla olduğu alt havza Kızıklı Deresi alt havzasıdır (% 8). Bunu % 6 ile Küçükçay Deresi takip eder. Taşkınların etkili olacağı ana kol ise ‰ 2 gibi çok az bir eğim değerine sahiptir (Tablo 18).

Anakaya içerisindeki ana kolların enine profillerine bakıldığında, genel olarak "V" tipi vadiler içinde akış gösterirler (Şekil 35). Ana kolların boyuna profilleri ile olan özellikleri morfometrik özellikler bahsinde verilmiştir. Havza genelinde dantritik drenaj ağı sergileyen akarsular, sadece ana kolların uzanırları olarak değerlendirildiğinde ise paralel ağ tipini sergilerler. Bunda, sahadaki tektonik yapının büyük etkisi olduğu düşünülmektedir.

1.4.1.2. Yatak Morfometrik Özellikleri

Taşkın çalışmalarında önemle incelenmesi gereken konulardan birisidir. Bu kısımda taşkınların meydana geleceği Havran Çayı ana kolunun yatak morfometrik özellikleri üzerinde durulmuş olup, kanal formları, kanal üzerinde 30 yılda meydana gelen değişimler, yatak enkesitleriyle ilgili konulara değinilmiştir. Kanal üzerindeki değişimlerim ortaya konmasında 1976 Hava Fotusu ile 2004 Quckbird Uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çalışmaya daha iyi katkı sağlayacak 1976 öncesi hava fotosu temin edilememiştir.

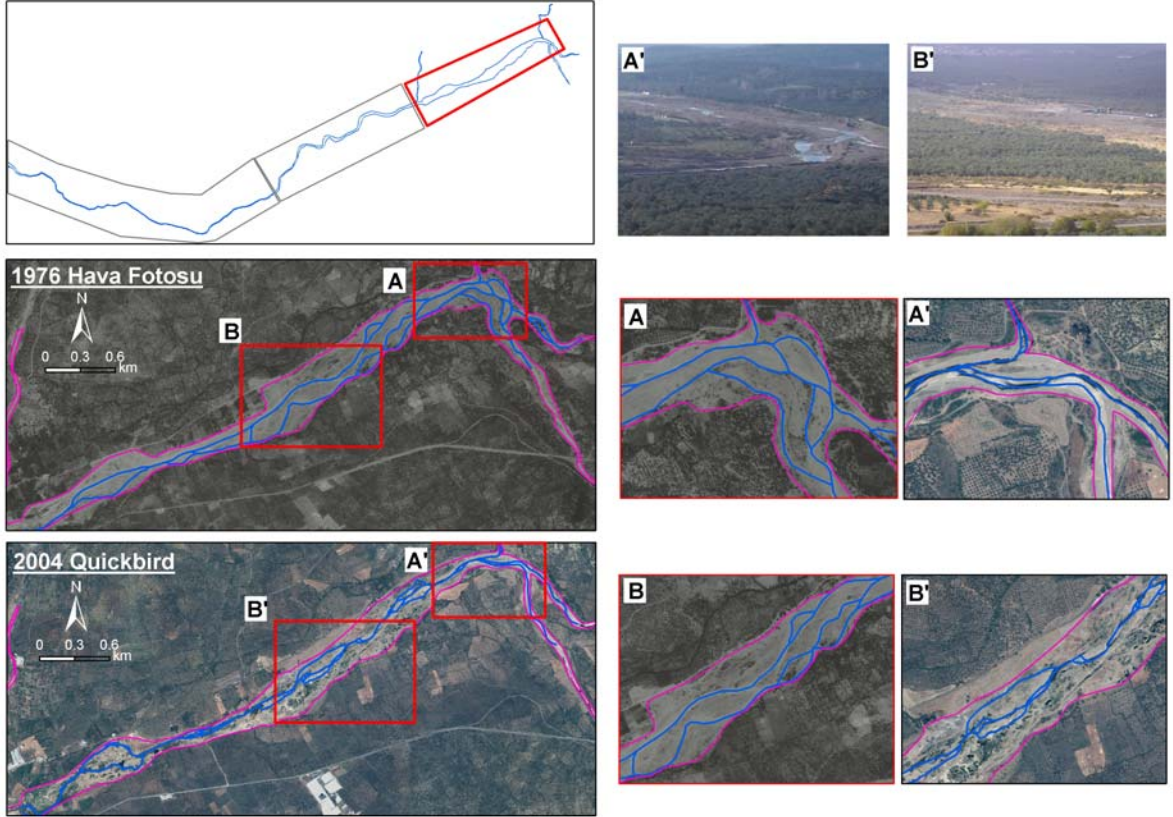
Kışla, Gelin ve Bent Derelerinin birleştiği alandan denize döküldüğü alana kadar Havran Çayı olarak adlandırılan ana kol, ova tabanında ilerlemekte olup, çeşitli form özellikleri sergiler. Bu türleri, derelerin birleşme noktasından Edremit Körfezi'ne kadarki alanda, Schumm (1981) sınıflamasına göre sırasıyla örgülü mecra, mendereslenme ve düz veya düze yakın şekiller olarak sıralayabiliriz.



Şekil 35: Alt kolların vadilerine ait enine profil örnekleri

Gelin, Kışla ve Bent Derelerinin birleştiği noktadan Havran yerleşmesi doğusunda yer alan tersip bendine kadar olan yaklaşık 5 km mesafede akarsu örgülü mecrâ özelliği gösterir (Şekil 36). Kuzeyden Bent Deresi, doğudan Gelin Deresi ve güneyden Kışla Dereleri, nisbeten yüksek eğim değerleriyle taşıdıkları malzemeleri, eğimin 0.005 gibi düşük değer gösterdiği bu kesimde, yatak içine yayararak yüksek derecede malzeme birikimine neden olmuştur (Foto 7). Yoğun malzeme birikimi, buradaki akarsuyun yatağında sapmalara neden olmuş ve örgülü mecrâ özelliğinin kazanılmasında rol oynamıştır. Nitekim örgülenme, sadece taşınabilir malzemelerin taşındığı, taşınamayan malzemelerin depolandığı bir akarsu faaliyetinin sonucudur (Atalay, 1986). Depolamada ve taşımada unsur boyutlarına göre bir derecelenme gözükmez. Bundan dolayı çeşitli boyutlarda olabilirler (Foto 7) (Atalay, 1986).

Örgülü mecranın olduğu kesimde, 1976 dan günümüze, genelde büyük değişiklikler yoktur. Değişimin olduğu kesim, insan faaliyetlerine bağlı olarak sadece 3 alt kolun birleştiği alanda ve orta kesimlerde gerçekleşmiştir (Şekil 36). Günümüzdeki son formunda akarsu yatağı 95 m.- 350 m. arasında değişen yatak genişliklerine sahiptir. Ayrıca, örgülü mecranın özelliğinden dolayı, yatak içinde birçok adacık yer almaktadır.



Şekil 36: Anakol üzerindeki Örgülü mecranın ve değişimi.

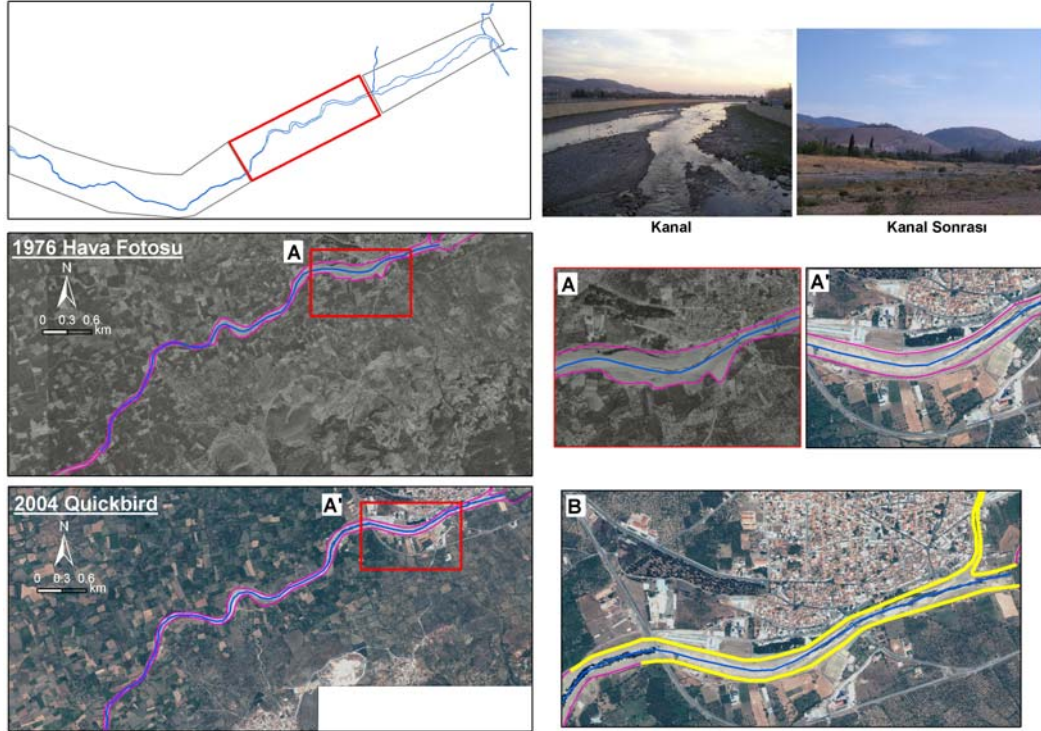
Örgülü mecranın özelliği gösteren akarsularda Kıvrımlılık değeri (Sinosity) düşüktür (Schumm vd., 2000). Akarsu talveg uzunluğunun kanal uzunluğuna bölünmesiyle elde edilen bu değer, örgülü mecranın olduğu kesimde 1.05 gibi oldukça küçük bir değerdir.

Anakol üzerinde tersip bendinden sonraki yaklaşık 7 km lik alanda, akarsu mendereslenme yaparak akışına devam etmektedir (Şekil 37).



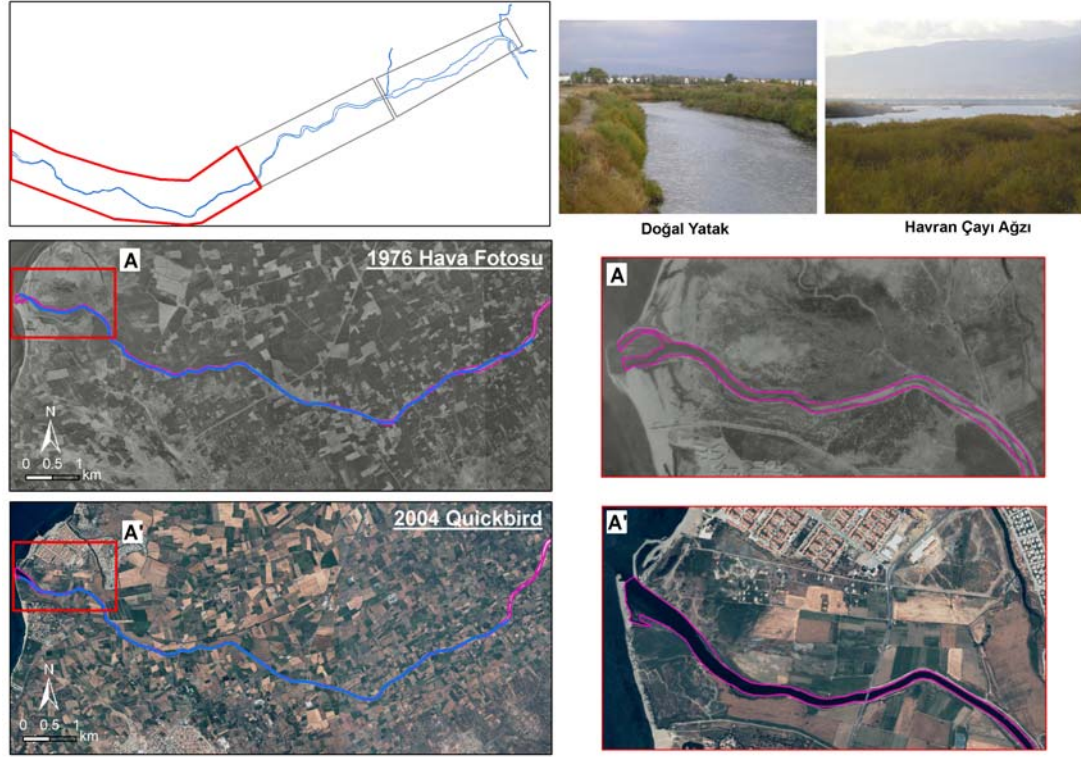
Foto 7: Örgülü mecrada yer alan değişik boyuttaki akarsu malzemeleri.

Bu da fülivyal aşındırmanın son safhasını göstermektedir. Bu kesimde eğim değeri 0.001 dir. Tersip bendinden Çevreyolu köprüsü sonuna kadarki alanda akarsu yapay kanal içine alınmıştır (Şekil 37 B). Yataktaki değişikliğin sadece bu kısımda görüldüğü Havran Çayı üzerinde taşkınlardan korunma amaçlı olarak yapılan betonarme duvarın yatak tabanından yüksekliği 4 m dir. Mendereslerin kıvrımlılık değeri ise 1.15'tir.



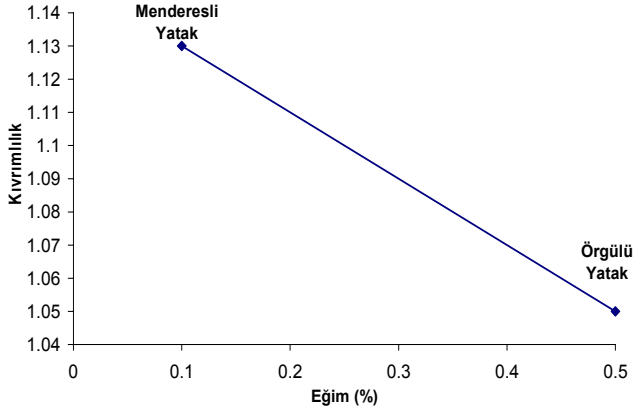
Şekil 37: Anadol üzerinde mendereslenmenin nisbeten fazla olduğu kesim ve beton kanal içine alınan kesim.

Bu alandan sonraki kesimde Havran Çayı düz ve düze yakın bir akış özelliği sergilese de genel form olarak yine mendereslenme gözükmemektedir (Şekil 38). 10 km. uzunluğa sahip olan bu kesimde akarsu doğal kanalı içinde akış göstermektedir. Buradaki kıvrımlılık değeri ise 1.11 olarak bulunmuştur. Bu değer orta kısımdaki kıvrımlıktan düşük olsa da örgülü mecraya göre yüksektir. Eğim değeri bir önceki gibi 0.001 dir. Bu kesimde sadece akarsuyun denize döküldüğü alanda kıyıda birtakım değişiklikler meydana gelmiştir (Şekil 38).

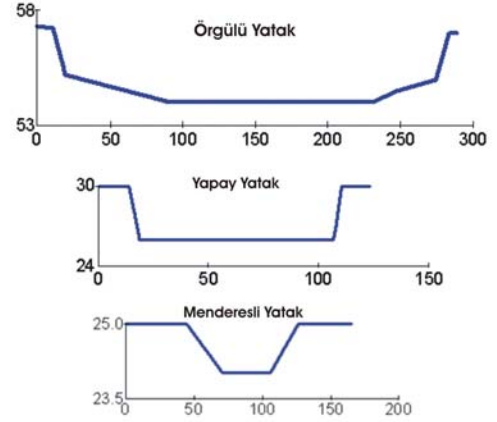


Şekil 38: Havran Çayı ana kolunun denize döküldüğü kesim.

Anakolun örgülü yataktan sonraki kısmı tek bir alan olarak değerlendirildiğinde, alandaki kıvrımlılık değeri 1.13 çıkmaktadır. Havran Çayı anakol üzerindeki kıvrımlılık ve eğim ilişkisi birlikte değerlendirildiğinde örgülü mecrada eğim değerinin daha fazla olduğu, buna karşın kıvrımlılığın azaldığı bir özellik gösterir. Mendereslenmenin olduğu kesimde ise bunun tersine, eğim değerleri iyice azalmış ve kıvrımlılık değerleri artmıştır (Grafik 20). Yatak özellikleri olarak, örgülü mecrada geniş bir yatak özelliği varken, akarsuyun yapay kanal içine alınmasıyla yatak daralmıştır. Yapay kanaldan sonraki alanda ise yatak genişliği iyice daralmıştır (Grafik 21).



Grafik 20: Kıvrımlılık-eğim ilişkisi.



Grafik 21: Değişik yatak enkesitleri.

Anakolun yatak özelliklerine bağlı olarak, olası taşkınlarda geniş örgülü yataktan gelen yüksek debili sular, yapay (betonarme) kanal içinde sürtünme katsayısının azalmasından ve kanalize edilmelerinden dolayı hız kazanması ve su kütlesinin yapay kanaldan kurtulduğu alanda bu hız ve su kütlesine bağlı olarak ve yatak genişliğinin de azalmasıyla, yatak çevresinde taşkınların yaşanmasına neden olacaktır.

1.4.2. Debi (Akım) Özellikleri

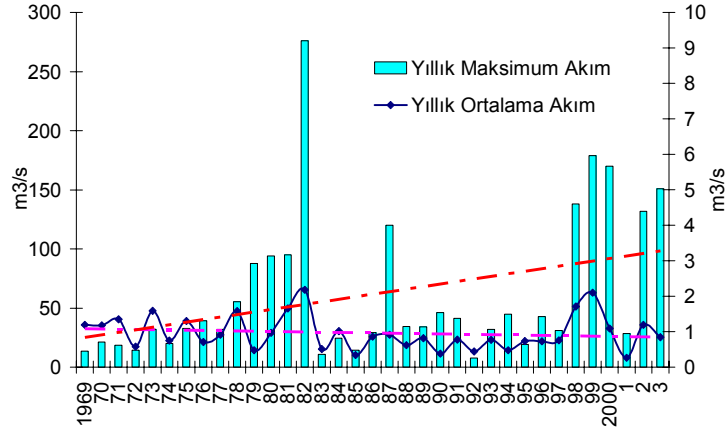
Havran Çayı havzasında akım verileri E.İ.E tarafından sadece Havran Çayı'nın yukarı kesiminde Gelin Deresi üzerinde, Edremit – Balıkesir yolunun 16 km. sindeki Sarnıç Köyü yakınlarında yer alan karayolu köprüsündeki istasyonda (27° 11' 25" D ve 39° 34' 20" K) yapılmaktadır. 1 Ocak 1969 yılında ölçüme başlayan istasyon, 1.10.1974 te 400 m. kadar mansaba yakınlaştırılmış ve ölçümlere 2003 yılına kadar devam etmiştir. Bu yıldan sonra baraj çalışmalarından dolayı istasyon kaldırılmıştır (E.İ.E, 2005). Bu istasyondan sonra ana kola katılan dereler üzerinde ölçüm yapan istasyon bulunmadığı için, burada sadece ölçüm yapan istasyona ait veriler değerlendirilmiştir.

Sahada bulunan 408 nolu Akarsu Gözlem İstasyonu (AGİ) nun 35 yıllık ortalama ve maksimum değerleri Tablo 19'da verilmiştir. Buradaki veriler, Ekim ayından Eylül ayına kadarki su yılı olarak adlandırılan formatta ele alınmıştır.

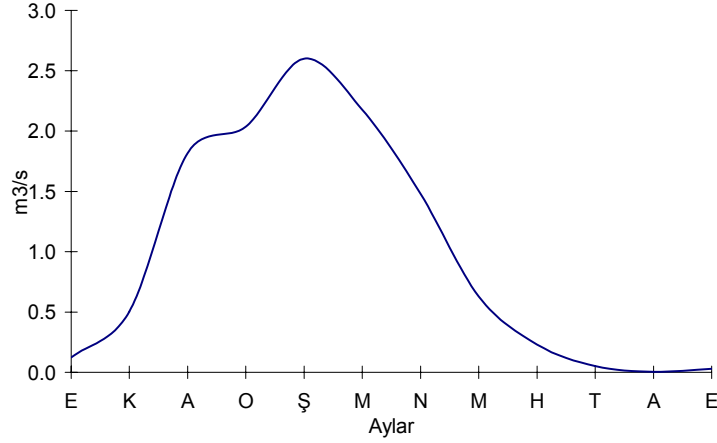
Tablo 19: Havran Çayı yukarı kesimi üzerindeki AGİ'ye ait 35 yıllık ölçüm verileri.

No	Yıl	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	Yıl Ort.	Su Yılı Max
1	1969	0.064	0.43	1.55	2.63	4.33	2.07	2.29	0.69	0.162	0.51	0.012	0	1.19	13.4
2	1970	0.006	0.073	1.35	2.56	3.97	2.91	1.53	0.65	0.402	0.712	0.004	0	1.181	21.3
3	1971	0.107	1.24	1.08	2.33	3.04	5.37	2.2	0.487	0.257	0.04	0.004	0.008	1.347	18.6
4	1972	0.036	0.298	0.61	0.614	1.16	0.945	1.51	0.764	0.116	0.021	0.007	0.894	0.581	14.3
5	1973	1.647	1.283	0.453	1.706	4.138	5.067	3.269	0.876	0.365	0.208	0.006	0	1.585	32.2
6	1974	0.103	0.139	0.707	0.33	2.08	4.443	0.528	0.565	0.137	0.003	0	0	0.753	20
7	1975	0.009	0.443	1.172	3.896	2.343	5.164	1.01	1.043	0.435	0.054	0.046	0.007	1.302	32.8
8	1976	0.05	0.717	1.174	1.172	2.735	0.81	1.815	0.412	0.102	0.022	0.047	0.019	0.711	39.2
9	1977	0.374	0.498	1.76	3.586	2.476	1.53	0.475	0.233	0.009	0	0	0.016	0.913	32
10	1978	0.051	0.205	1.087	4.062	6.326	3.55	2.762	0.607	0.291	0.016	0	0.047	1.584	55.5
11	1979	0.049	0.146	0.268	2.352	1.396	0.54	0.502	0.411	0.037	0	0	0	0.475	87.8
12	1980	0	0.278	0.176	3.129	2.573	2.277	0.726	0.613	2.182	0.035	0	0	0.966	94.1
13	1981	0	0.153	3.103	7.071	5.524	2.071	0.615	1.128	0.218	0	0	0	1.657	95
14	1982	0.049	1.477	13.35	3.152	1.907	1.405	1.368	3.234	0.217	0.053	0.001	0	2.184	276
15	1983	0.062	0.123	0.229	0.928	1.584	1.172	1.14	0.485	0.87	0.013	0	0	0.51	10.8
16	1984	0	0.174	0.546	1.681	1.892	4.204	3.047	0.518	0.093	0	0	0	1.013	24.5
17	1985	0	0.189	0.172	1.096	0.367	1.105	0.689	0.386	0.059	0	0	0	0.339	14.3
18	1986	0	0.957	0.444	3.157	2.739	1.82	0.645	0.416	0.153	0	0	0	0.861	29.2
19	1987	0.209	0.118	1.118	3.714	1.891	2.418	1.02	0.382	0.115	0.005	0	0	0.916	120
20	1988	0	0.229	1.361	0.235	1.327	2.833	1.079	0.298	0.068	0	0	0	0.619	34.4
21	1989	0	2.258	4.575	0.853	0.692	1.088	0.219	0.126	0.028	0	0	0	0.82	34.1
22	1990	0.098	0.32	1.95	0.485	0.441	0.492	0.502	0.221	0.049	0	0	0	0.38	46.3
23	1991	0	0.635	3.290	1.525	0.984	0.755	1.009	0.831	0.280	0.016	0	0	0.777	41.4
24	1992	0.092	0.115	0.764	0.353	0.484	1.674	1.252	0.238	0.328	0.027	0	0	0.444	7.75
25	1993	0.005	0.219	1.133	1.095	2.291	1.989	1.621	0.654	0.232	0.001	0	0	0.770	31.8
26	1994	0	0.173	0.619	0.494	1.850	0.633	1.085	0.827	0.052	0	0	0	0.478	44.8
27	1995	0.022	0.237	0.479	2.44	1.16	2.68	1.46	0.329	0.053	0	0	0	0.738	19.3
28	1996	0.002	0.120	0.415	0.407	3.97	2.13	1.38	0.403	0.068	0	0	0.032	0.731	42.7
29	1997	0.025	0.101	1.10	2.13	0.239	1.21	3.84	0.347	0.021	0	0	0	0.754	31
30	1998	0.685	0.724	7.70	3.07	3.50	1.86	1.38	1.38	0.257	0.046	0	0	1.710	138
31	1999	0.255	1.61	3.08	2.87	11.6	3.75	2.31	0.373	0.178	0.001	0	0	2.100	179
32	2000	0.221	0.945	1.33	1.17	4.45	2.51	1.76	0.770	0.110	0	0	0	1.090	170
33	2001	0.012	0.052	0.070	0.193	1.05	0.414	0.778	0.609	0.049	0.013	0	0	0.264	28.4
34	2002	0	0.395	4.79	3.71	0.917	1.21	2.87	0.287	0.021	0	0	0	1.190	132
35	2003	0.049	0.553	0.627	1.02	3.55	2.10	2.04	0.411	0.022	0	0	0	0.844	151
Ort.		0.122	0.504	1.818	2.035	2.599	2.177	1.478	0.629	0.230	0.051	0.004	0.029	0.965	61.799

Tablo 19'a ait yıllık ortalama, su yılına ait maksimumlar ve ayların ortalamaları Grafik 22 ve 23'te gösterilmiştir. Buna göre, yıllık ortalamalarda maksimum 2 m³/s olan akımlar, maksimum değerde 150 m³/s üstüne çıkmaktadır. Hatta bu değer 1981 taşkınında (1982 su yılına girmektedir) 276 m³/s'ye çıkmıştır (Tablo 19).



Grafik 22: 408 nolu AGİ'ye ait 35 yıllık ortalama ve maksimum akım verileri.

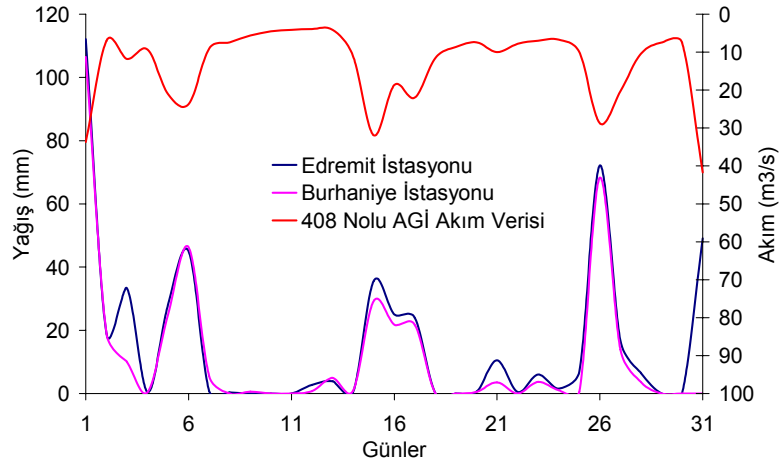


Grafik 23: 408 nolu AGİ'ye ait 35 yıllık aylık ortalama akım verileri.

Akış maksimumları en fazla 1982 su yılında (Aralık 1981) ve 1999 su yılında (Aralık 1998) gerçekleşmiştir. Maksimumların 35 yıllık genel eğilimine baktığımızda bir artış gözlenirken ortalama akım değerlerinde ise bir azalma meyili vardır (Grafik 22). Ayrıca değerler arasındaki bu farklılıkların nedeni olarak, sahadaki meydana gelen sağanak karakterli yağışların bir sonucu olduğunu söyleyebiliriz. 35 yıllık verilerde ortalama akım değerlerinin en fazla artış gösterdiği aylar ise Aralık – Mart ayları arasında toplanırken maksimum ortalama akımın gerçekleştiği ay Ocak'tır (Grafik 23). Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları ise akımların minimum düzeyde olduğu aylardır.

AGİ'nin, 1981 taşkınını meydana geldiği Aralık ayı günlük ortalama akım verileriyle, Edremit ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarının Aralık ayına ait günlük toplam

yağışlarını karşılaştırdığımızda, yağış-akış zamanlarında farklılıklarının olmadığı görülmektedir (Grafik 24). Bu özelliği en iyi saatlik akım verileri ve yağış verileriyle anlamak mümkündür. Fakat sahada, 1981 taşkını esnasında gözlem istasyonu tamamen zarar gördüğü için, bu veriyi elde etmek mümkün olmamıştır. Bundan dolayı, eldeki veriler değerlendirildiğinde, yağış ve akımdaki piklerin aynı ana denk gelmesini havzanın çok fazla büyük olmaması, yüzeye düşen suların fazla oyalanmadan akışa geçmesi gibi nedenlere bağlayabiliriz.



Grafik 24: Aralık 1981 yılına ait günlük toplam yağış ve ortalama akım grafiği.

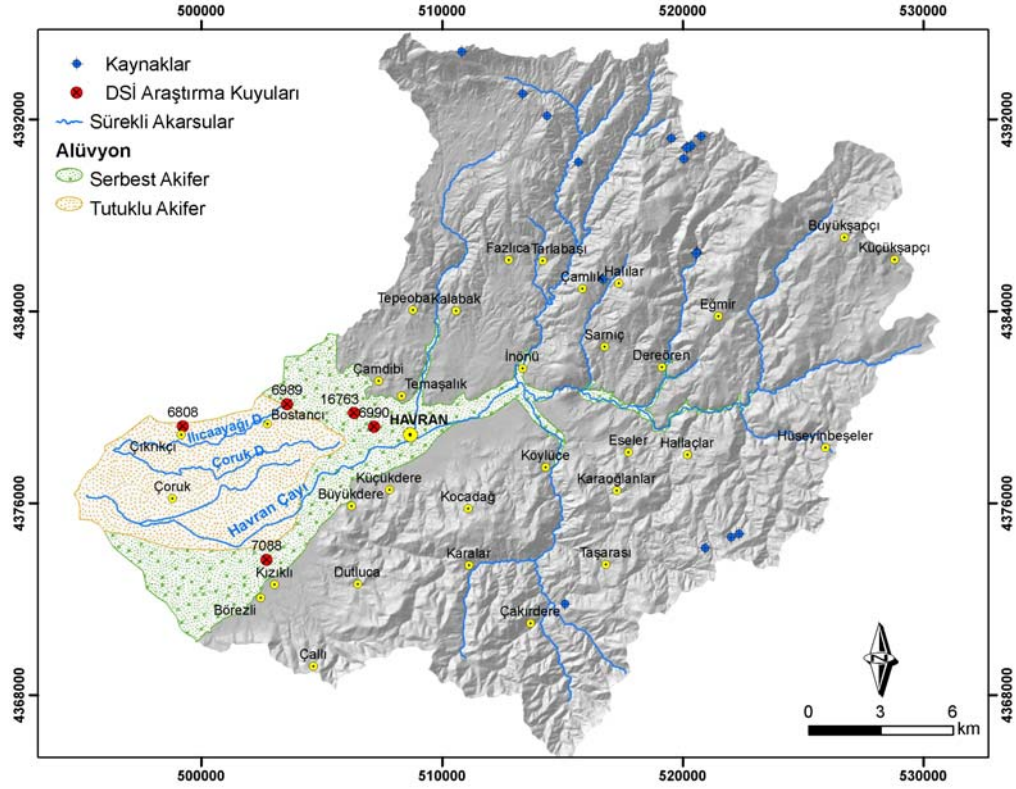
Yukarıda değerlendirilen bütün bu özellikler havzanın tamamını yansıtmamaktadır. Çünkü sadece Havran Çayı yukarı kesimi üzerindeki AGİ'nin verilerine ait değerlendirmedir. Daha öncede bahsedildiği gibi, bu istasyonun akım verileri sadece Gelin alt havzasından akışa geçen suları ifade etmektedir. Gelin alt havzasının toplam havzadaki değeri %33.4 tür. Bu alt havzadan sonra ana kola katılan alt havzaların toplam oranı ise %44 tür. Bundan dolayı ana kol üzerindeki taşkınları anlamak için, sadece ölçülen AGİ verileri yeterli değildir. Diğer alt havzaların da sularının ana kola katılmasıyla daha ciddi sonuçlar ortaya çıkacaktır. Bu konu Taşkınlar kısmında yağış-akış ilişkisi olarak ele alınmıştır.

1.4.3. Yeraltı Suları ve Kaynaklar

Çalışma sahası içinde yeraltı suyu taşıyan en önemli formasyon alüvyondur. Bundan dolayı gerek DSİ tarafından gerekse halk ve diğer kurumlar tarafından ova tabanında açılmış 100'ü aşkın kuyu bulunmaktadır. Neojenin sadece kumtaşı

tabakalarının uygun kesimlerinde çok az miktarda yeraltı suyu bulunmaktadır (DSİ, 1977). Ova tabanında yer alan alüvyonun kalınlığı doğudan batıya doğru artmaktadır. Bu seviye Havran doğusu için 20 m. olarak ölçülmüşken, Havran batısı 6990 nolu sondaj kuyusunda 40 m. ve Çıkrıkçı Köyü civarlarında ise 150 m. olarak ölçülmüştür (Şekil 39) (DSİ, 1977).

Havzanın alçak kesimlerini oluşturan ovanın doğusundaki alüvyonlar, yamaçlardan inen akarsuların ani eğim azalmasına bağlı olarak taşıdıkları kaba unsurları (iri moloz ve çakıllar) biriktirmeleriyle meydana gelmiştir. Bu özellikteki alüvyonların olduğu kesimde serbest akifer özellikleri görülmektedir. Bostancı Köyü'nün doğusundan başlayıp denize kadar uzanan kesimde ise kalınlığı yer yer 25 m. yi bulan killi ve geçirimsiz malzemenin sebep olduğu tutuklu (basınçlı) akifer yer almaktadır (Önhon vd., 1983; Tezcan, 1989) (Şekil 39). Akiferlerin yeraltı suyunu iletme kapasiteleri (Transmisibilite) ise Havran doğusunda daha düşük iken ($500 \text{ m}^2/\text{gün}$) batıya doğru artış göstermektedir ($>2000 \text{ m}^2/\text{gün}$) (DSİ, 1977).



Şekil 39: Havran'ın yeraltı suyu özellikleri ve kaynakları.

Yağıştan ve yüzey sularından beslenen serbest akifer aynı zamanda tutuklu akiferin de beslenme bölgesini oluşturur. Tutuklu akiferin olduğu kesimde tabanı oluşturan malzemenin geçirimsiz olması nedeniyle yüzey sularından yeraltı suyuna bir beslenme olmaz. Bundan dolayı ova tabanında yer alan Çoruk ve Ilıcaayağı Dereleri yüzey sularının drenajı ile gelişmişlerdir. Yazın kuruyan bu derelerde kış aylarında taşkınlar görülebilmektedir.

DSİ tarafından yapılan araştırmalarda yeraltı su seviyesi Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında minimum seviyede iken Mart-Nisan aylarında maksimum düzeye ulaşır (Tablo 20). Sadaki yeraltı sularının boşalımı ise sunni boşalım (sondaj kuyularıyla çekim), buharlaşma – terleme ve denize boşalım yoluyla olmaktadır (DSİ, 1977).

Tablo 20: 2004 yılına ait yeraltı su seviyeleri (Kuyu ağzından itibaren derinlikler) (DSİ, 2005).

No	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
16763	12.47	11.70	9.76	9.15					11.78	13.89	15.72	15.96
6690	13.10	11.95	9.55	9.10					15.85	17.45	18.28	16.83
6989	4.86	3.62	3.19	7.20					Kapalı	Kapalı	12.80	6.05
7088	16.25	15.72	15.13	14.47					26.74	24.28	22.16	20.07
6808	1.86	1.00	0.33	0.25					6.02	5.61	4.91	3.45

Sahadaki kaynaklar havzanın genellikle kuzey bölgelerinde yoğunluk kazanmıştır. Eybek Dağında ortaya çıkan bu kaynaklar daha çok yakın köy yerleşmelerinin su ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Bu kaynaklar haricinde sahanın kuzey ve güneyinde birçok küçük çaplı su çıkışları mevcuttur (Şekil 39). Soğuk su kaynakları dışında ova tabanında çalışma alanı içinde Derman kaplıcaları sıcak su kaynaklarını oluşturur (Şekil 39, No: 6989). 50 °C'nin üzerinde sıcaklığa sahip sıcak su kaynağının oluşumu, ovayı kat eden gömülü fayla ilişkili olduğu düşünülmektedir (DSİ, 1977). Tezcan (1989) tarafından, kaplıcanın su örnekleri üzerinde yapılan araştırma neticesinde, termal suların yeraltı suyuna önemli bir etkisi olmadığı ortaya konmuştur.

1.5. Bitki Örtüsü

Sahaların bitki örtüsü özellikleri, yağışın akışa geçen miktarının belirlenmesi üzerinde büyük rol oynar. Bunun içinde meydana gelen sel ve taşkınların oluşmasında sahalarda bitki örtüsü özellikleri, özellikle de orman formasyonu yönlendirici bir etkiye sahiptir (Turoğlu ve Özdemir, 2005). Bitki örtüsünden yoksun

ve eğimli arazilerde yağmur suları direkt akışa geçerken, bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda akış daha azdır (Schultz ve Engman, 2000).

Bu kısımda, çalışma sahasında yer alan bitki türlerinin ayırımından ve detaylı tür belirlemesinden çok, taşkın ve heyelanların oluşumunda doğrudan ve dolaylı etkisi olması bakımından, bitki örtüsü yoğunlukları ve dağılışı özellikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca, yine çalışmaya katkısı olması bakımından zaman içindeki değişimi ele alınmıştır.

Uzaktan algılama yöntemlerinin kullanıldığı bu kısımda, Landsat MSS (1975) ve Spot (2005) görüntülerine ait veriler değerlendirilmiştir. Zaman içindeki değişimin ortaya konması için çalışmada Landsat TM (1987) ve ETM+ (2000) uydu görüntüleri kullanılmıştır.

1.5.1. Bitki Örtüsünün Dağılışı ve Tür Özellikleri

Sahadaki bitki örtüsünün dağılışı NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) değerleriyle ortaya konmuştur. NDVI, bitki örtülerinin yeşillik miktarını belirleyen bitki indislerinden birisidir (Sellers, 1985; Melesse ve Jordan., 2003; Wang vd., 2004). Ayrıca, güneşten ve bakış açısından kaynaklanan değişik aydınlanma özellikleri ve gölge etkisini önemli derece ortadan kaldırır (Holben ve Frasher, 1984; Shultz vd., 2000; Sotomayor, 2002). NDVI, yakın kızılötesi ve kırmızı bandlarının fark ve toplamının oranlanmasıyla elde edilir (Rouse vd., 1973). Bu özellik Landsat MSS, TM-ETM+ ve Spot HRVIR için şu şekilde formülize edilir;

$$LandsatMSS - NDVI = \frac{Band4 - Band2}{Band4 + Band2}$$

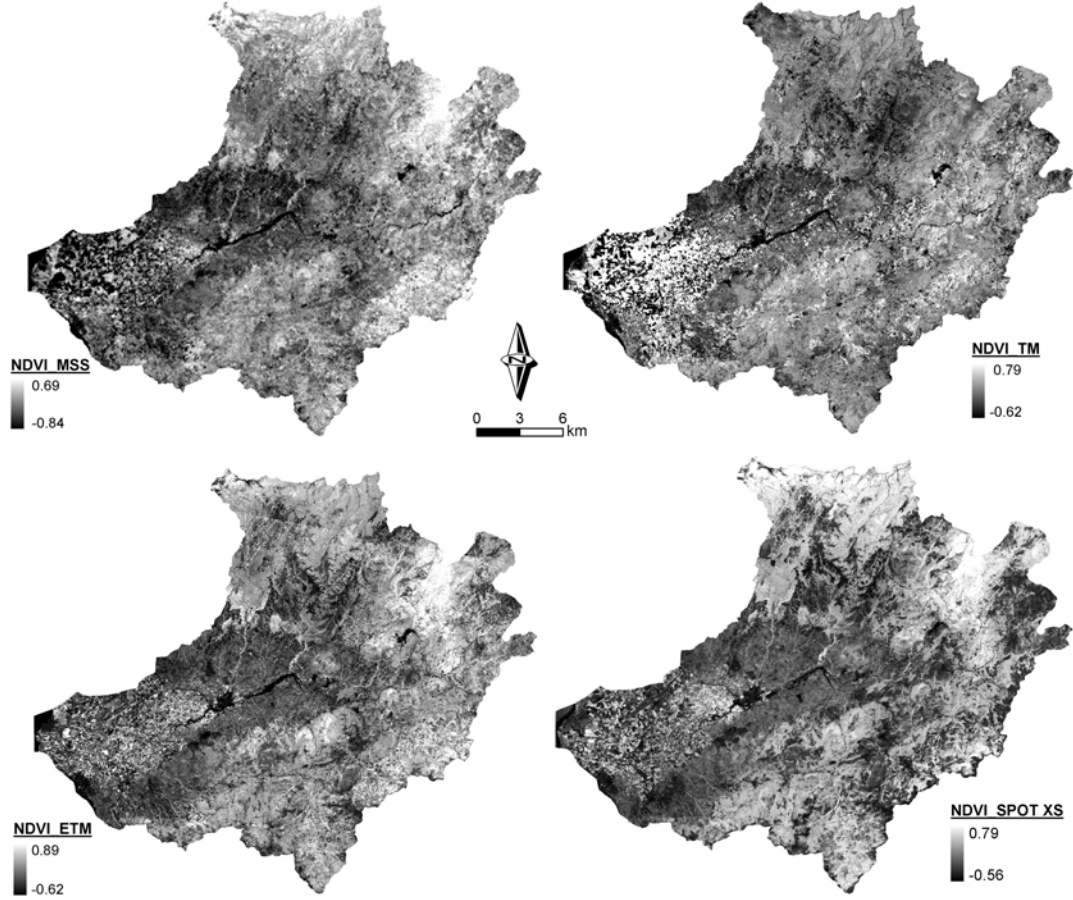
$$LandsatTM \& ETM^+ - NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3}$$

$$SpotHRVIR - NDVI = \frac{Band3 - Band2}{Band3 + Band2}$$

NDVI sonuç değerleri -1 ile +1 arasında değişir. Bu değerlerden bitkilerin yoğunluk kazandığı alanlar 0.1- 0.6 arasında bitkinin yoğunluğu ve yeşilliğine göre değişirken, bulut, su kar gibi arazi örtüleri ve bitki örtüsünden tamamen yoksun alanlar negatif değerlere sahiptir. Kayalık ve toprak örtüsü ise iki bantta da aynı yansıma

değerlerine sahip olduğundan 0 yakınlarında bir değer sergilerler (Melesse vd., 2003; Pettorelli vd., 2006).

Buna göre oluşturulan NDVI değerlerine göre, Landsat MSS te -0.84 – 0.60 arasında, TM de -0.62-0.79, ETM+'de -0.62 - 0.89 ve son olarak Spot XS'de -0.56-0.79 arasında değişen aralıklara sahiptir (Şekil 40). Bu NDVI değerleri arasından en eskisi olan Landsat MSS (1975) ve en yenisi olan Spot XS (2005) görüntülerinden elde edilen NDVI değerler kullanılmıştır. Buna göre MSS NDVI'da -0.84 ile 0.10 arasında olan değerler bitki örtüsünden yoksun alanlar ve su ortamlarını gösterirken 0.10 ile 0.25 değer aralığı seyrek bitki örtüsünün (zeytinlik ve kısmen maki bitki örtüsü) yoğunluk kazandığı aralıktır. 0.25 ile 0.69 aralığı ise bitki örtüsünün sık ve yoğun olduğu ormanlık alanlar, makiler ve tarım alanlarını göstermektedir. Spot NDVI'da da aynı renkler aynı arazi örtülerini gösterecek şekilde sınıflandırılmıştır.



Şekil 40: Farklı zamanlı ve farklı çözünürlü sahanın NDVI değerleri.

Bölümlenen üç tür içinde ormanlık alanları, sahada daha çok kızılçam (*Pinus brutia*), karaçam (*Pinus nigra*), kestane (*Castanea sativa*) ve meşe türleri (*Quercus sp.*) gibi topluluklar meydana getirir (Foto 8). İkinci tür ise farklı NDVI değerlerine sahip olan zeytinlikler ve maki türlerinin karışık olarak bulunduğu gruptur. Zeytinlikler, Havran Çayı'nın kuzey ve güneyinde yoğun şekilde dağılış gösterirler (Foto 9). Bunun yanında maki toplulukları da bu grup içinde yer alır. Maki toplulukları içinde yaygın olan türler, kermez meşesi (*Q. coccifera*), pırnal meşesi (*Q. ilex*), laden (*Cistus sp.*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), mersin (*Myrtus communis*), defne (*Laurus nobilis*), yabancı zeytin (*Oleaster*), funda (*Erica arborea*) dır (Hocaoğlu, 1991; Sönmez, 1996). Bazı yerlerde ise maki formasyonunun yerini meşe çalılıkları alır. Bu çalı toplulukları içinde palamut meşesi (*Q. İthaburensis subsp. macrolepis*), saçlı meşe (*Q. cerris*), tüylü meşe (*Q. pubescens*), mazi meşesi (*Q. infectoria*) gibi türler yayılış gösterir.



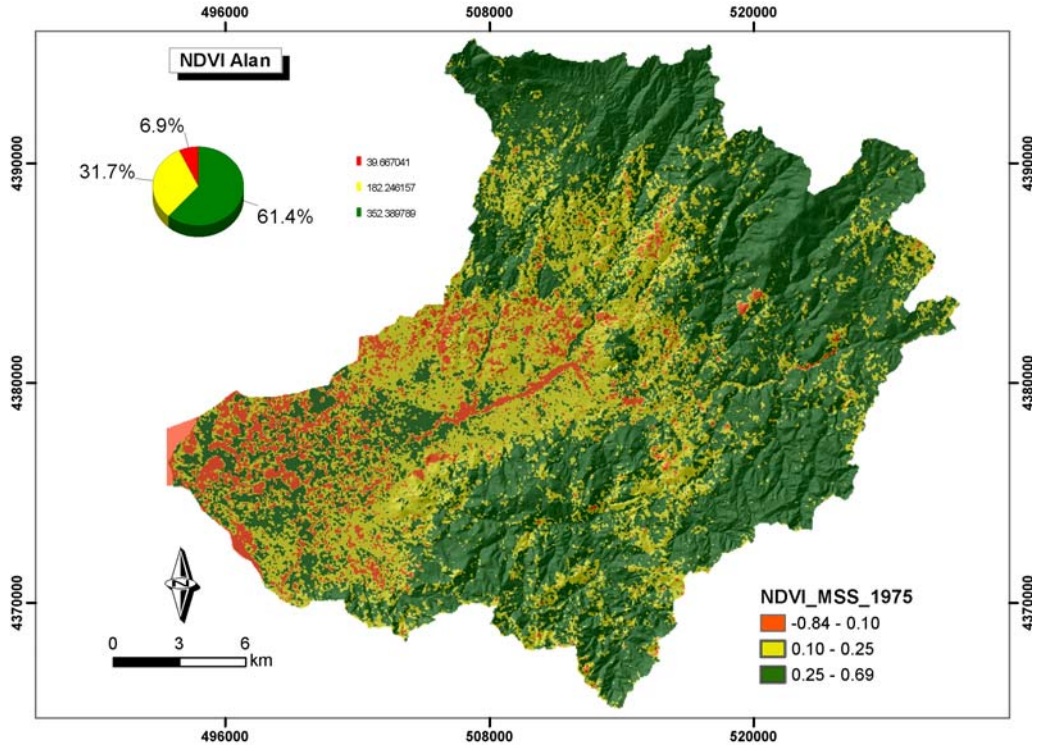
Foto 8: Ormanlık ve açık alanlar.



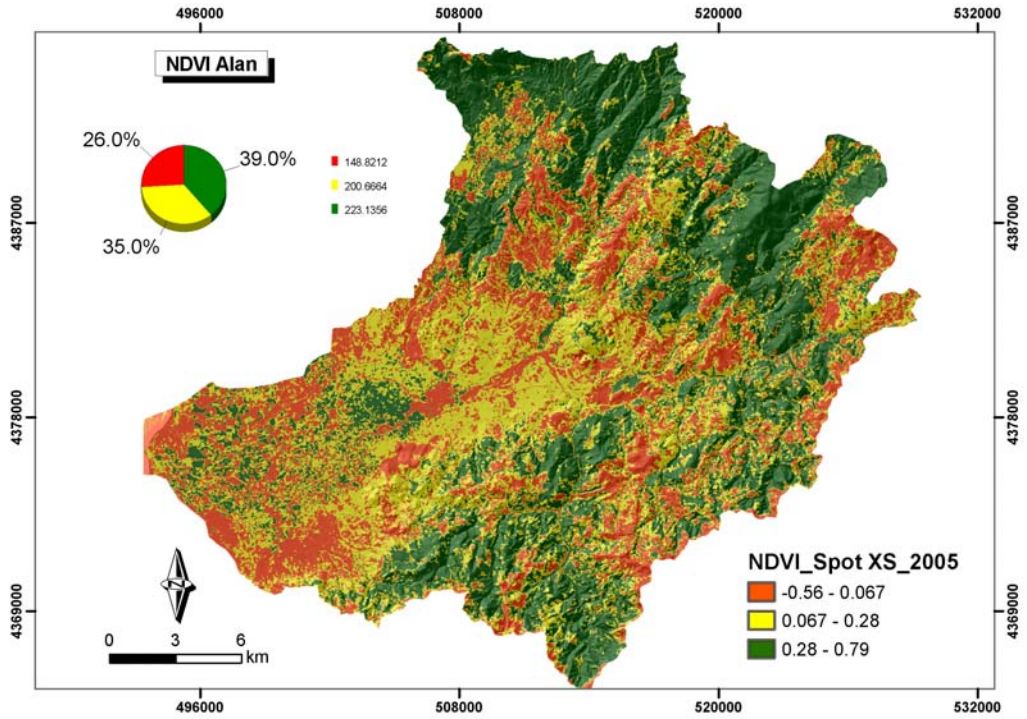
Foto 9: Zeytinlikler.

1.5.2. Bitki Örtüsünün Değişim Özellikleri

Sahadaki bitki örtüsünün değişim özellikleri Landsat MSS (1975) ve Spot XS (2005) görüntülerinin NDVI'i ile belirlenmiştir. İki görüntünün NDVI değerleri karşılaştırıldığında, yüksek değerlere sahip sık bitki örtüsünün olduğu alanlarda % 61.4'ten % 39'a varan bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 41, 42). Buna karşın seyrek makilik alanlar ve zeytinliklerin olduğu alanlarda ise bir artış meydana gelmiştir. Bu artış değeri % 3,3'lük bir değerdir. Ayrıca tahribata bağlı olarak yine bitki örtüsünden yoksun olan alanlar % 6.9'dan % 26 seviyelerine çıkmıştır (Şekil 41, 42). Bu da, havza içinde bitki örtüsünün dağılışında 1975-2005 yılları arasında 30 yıllık sürede önemli ölçüde değişimin gerçekleştiğini göstermektedir.

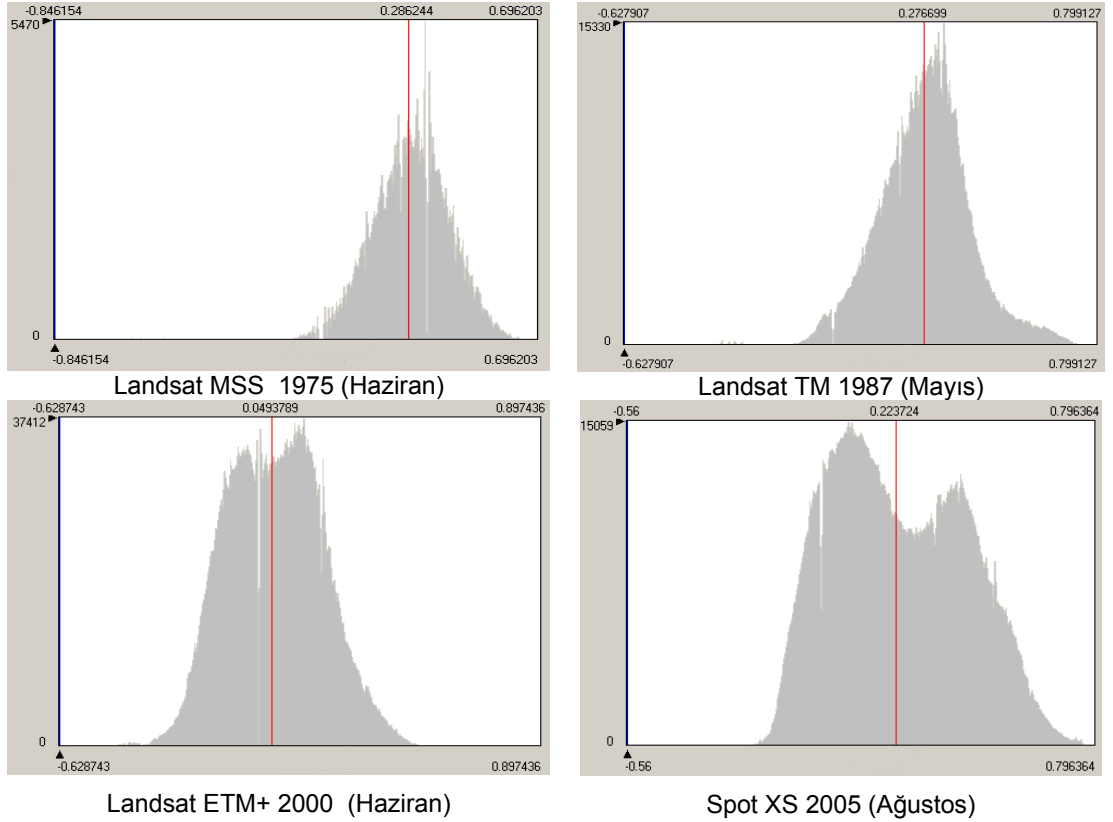


Şekil 41: Sahanın 1975 tarihli Landsat MSS'ten üretilmiş NDVI dağılışı.



Şekil 42: Sahanın 2005 tarihli Spot XS'ten üretilmiş NDVI dağılışı.

Bitki örtüsündeki değişimi farklı zamanlara ait NDVI değerlerinin histogramlarında da görmek mümkündür (Şekil 43). Buna göre, 1975 yılında hakim bitki örtüsünü ağaçlık türler oluştururken 1987 de ise, bu türler 1975'e göre azalmakla birlikte yine hakim bitki örtüsünü meydana getirir. 2000 yılına ait histogramda, ağaçlık bitki türleri yanında otsu ve bitki örtüsünden yoksun alanlar da dağılışını arttırmıştır. Bundan dolayı histogramda iki pik mevcuttur. Bu pikler 2005 yılında daha da belirginleşmiştir. Fakat bitki örtüsünden yoksun alanlar daha fazla dağılışa sahip olmuşlardır (Şekil 43). Ortalama değerlerde de 1975'ten 2000 yılına kadar genel olarak azalma meydana gelmiştir (kırmızı renk değerleri).



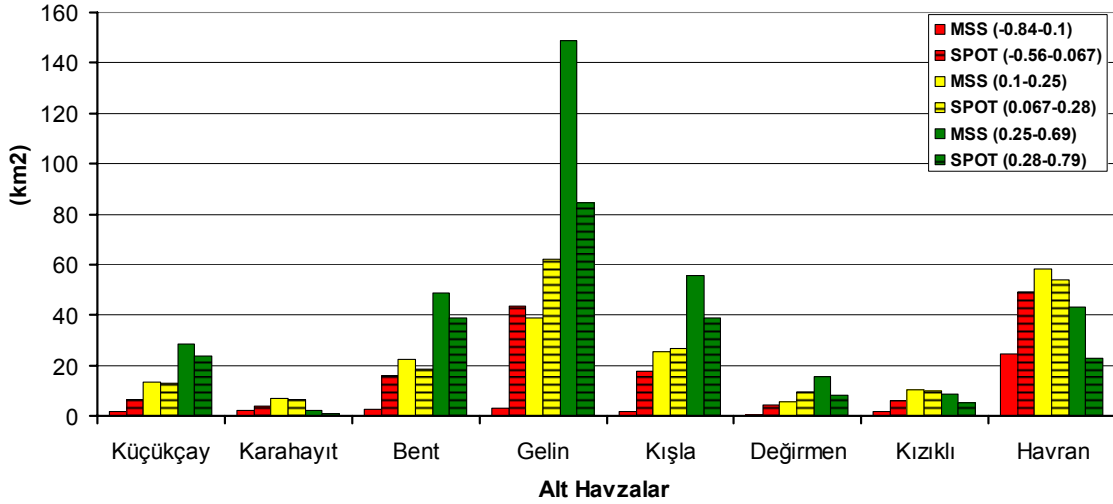
Şekil 43: NDVI değerlerine ait histogramlar.

1975 ve 2005 NDVI değerlerinin alt havzalara göre dağılışı incelendiğinde bitki örtüsünden yoksun olan alanların alansal dağılışında önemli derece bir artış olduğu göze çarpmaktadır (Tablo 21, Grafik 25). Bunun yanında Gelin, Kışla, Değirmen ve Bent Dereleri alt havzalarındaki artış, diğerlerine göre daha fazladır. Maki ve zeytinliklerle kaplı alanlarda alt havzalar için çok büyük değişiklikler meydana

gelmemiş olmakla birlikte en fazla değişim Gelin, Değirmen ve Bent Dereleri alt havzalarındadır. Bu alt havzalardan Gelin ve Değirmen’de artış olurken Bent’te azalma meydana gelmiştir. Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda bütün havzalar için bir azalma söz konusudur. Bu azalma en çok Karahayıt Deresi alt havzasında olup bunu Değirmen, Havran ve Gelin alt havzaları takip eder (Tablo 21 ve Grafik 25).

Tablo 21: Alt havzaların 1975 – 2005 yıllarına ait NDVI değerlerinin değişimi (%).

Alt Havzalar	Bitkiden Yoksun	Zeytinlikler - Maki	Yoğun Bitki Örtüsü (Ağaçlık Alanlar)
Küçükçay	57.07	-0.61	-8.91
Karahayıt	32.12	-3.75	-50
Bent	71.99	-9.37	-11.04
Gelin	87.35	23.04	-27.46
Kışla	82.36	2.4	-18.1
Değirmen	82.74	26.59	-32.35
Kızıklı	54.18	-2.69	-26.45
Havran Çayı	33.07	-3.8	-30.3



Grafik 25: Alt havzalara ait SPOT ve MSS NDVI değerleri alansal grafiği.

1.6. Toprak Özellikleri

Çalışma sahasındaki toprak özellikleri için, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü’nün hazırlamış olduğu 1/25000 ölçekli topografik haritalar temelli sayısal veriler altlık olarak kullanılmıştır. Bu veriler taşkın ve heyelan çalışmalarında kullanılmak amacıyla sınıflandırılmış ve düzenlenmiştir.

1.6.1. Büyük Toprak Grupları

Oluşturulan sahanın büyük toprak grupları (BTG) haritasına göre, çalışma alanında bulunan toprak türleri, kapladıkları alansal büyüklüklerine göre; kireçsiz kahverengi orman toprakları, alüvyal topraklar, kahverengi orman toprakları, kolüvyal topraklar, kırmızı kahverengi akdeniz toprakları ve kumullardır.

Bu toprakların belli başlı özellikleri şu şekildedir;

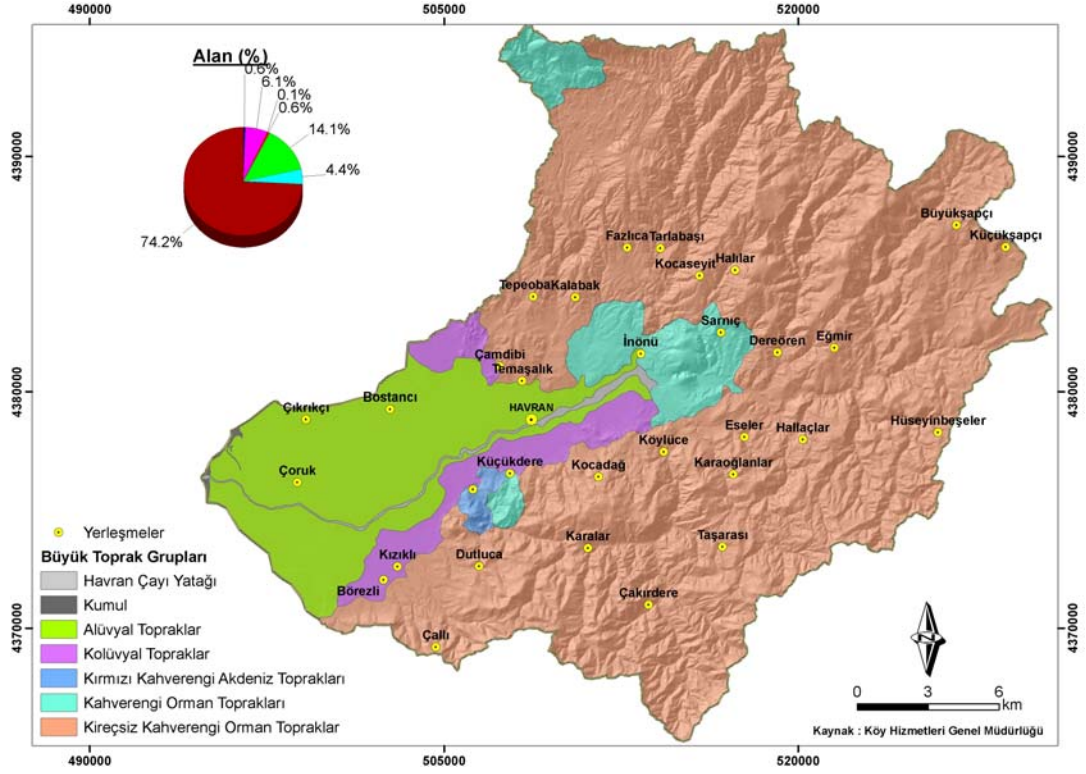
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları: Havzada %74.2 lik alansal dağılışa sahip olan bu topraklar, iklim, bitki örtüsü ve anakaya faktörlerinin etkisiyle oluşmuş olup zonal topraklar grubunda yer alırlar. A, B ve C horizonları ayırt edilebilen bu topraklar, genellikle ovayı çevreleyen havzanın yüksek kesimlerinde rastlanır (Şekil 44). Hafif yıkanmış olduklarından eriyebilen maddelerin pek çoğu ve kireç yıkanmıştır. Bundan dolayı A ve B horizonları kireç içermezler. Genelde A horizonları 15-20 cm kalınlığında ve koyu renktedir. B horizonunda ise kil birikmesi görülür. Poroziteleri iyi geliştiklerinden, havalanma ve sızdırma bakımından elverişli oldukları gibi bünyelerindeki kil oranı genelde yüksek olması bakımından su tutma kapasiteleri de yüksek topraklardır.

Alüvyal Topraklar: Havzada %14.1 lik dağılış oranına sahip olan topraklar, azonal toprak grubu içinde yer alırlar. Sahada alüvyal topraklar, havza tabanında eğim değerlerinin azaldığı alanlarda dağılış gösterirler (Şekil 44). Profil gelişimi göstermeyen bu topraklar, akarsuların yüksek kesimlerden taşıdıkları malzemeleri içermesi nedeniyle heterojen bir yapı sergiler. Düz, taban arazilerini teşkil ettiklerinden toprakta drenaj bozuk veya yetersizdir.

Kahverengi Orman Toprakları: Sahada %6.1 lik dağılış oranına sahip topraklar intrazonal toprak grubu içine dahil edilirler. Bünyesinde kireç bulunduran bu toprakların renkleri kırmızı-kahverengi, horizonları gelişmiş, derin ve kil oranı hayli yüksek, geçirimsizliği ve havalanması kireçsiz kahverengi orman topraklarına göre daha zayıftır (Sönmez, 1996). Havza içinde kireçtaşının hakim olduğu İnboğazi mevkii ve çevresinde ve Küçükdere Köyü güneyinde dağılış gösterir (Şekil 44)

Kolüvyal Topraklar: Sahada %4.4'lük alansal dağılışa sahip olan topraklar, alüvyal topraklar gibi azonal toprak grubu içinde yer alırlar. Havzada ova tabanının kuzey ve güneyinde bulunan topraklar güneyde yamaçlar boyunca kuzeydoğu-güneybatı

uzantılı olarak dağılışı gösterirken, kuzeyde ise Edremit Çayının getirdiği malzemelerin bulunduğu daha lokal bir alanda yer alır (Şekil 44).



Şekil 44: Havran Çayı havzası Büyük Toprak Grupları haritası.

Oldukça kaba unsurlu olan bu topraklar, bünyelerinde bol miktarda çakıl ve köşeli blok içermesinden dolayı geçirimsizlik fazladır. Dolayısıyla su tutma kapasiteleri düşüktür.

Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları: Diğer toprak gruplarına göre havzada oldukça az bir alan kaplayan (%0.6) bu topraklar, Büyükdere yerleşmesi çevresinde toplanmıştır (Şekil 44). Bu toprakların oluşumunda iklim kadar anakaya da büyük rol oynar. Anakaya olarak bu topraklar genellikle mesozoik kalkerler üzerinde oluşum gösterirler. Kil oranı B horizonunda fazla olan bu topraklar organik maddece zengin, su tutabilen derin topraklardır.

Bu toprak türleri dışında havzada Havran Çayı'nın denize döküldüğü çok küçük bir alanda kumullar yer alır.

1.6.2. Hidrolojik Toprak Grupları

Hidrolojik analizde ve alt havzalara ait yağış akış modellemelerinde kullanmak üzere, sahaya ait toprak özelliklerine bağlı olarak hidrolojik toprak grupları çıkartılmıştır. A, B, C ve D gruplarından oluşan bu toprak grupları, eğim ve arazi örtüsünden bağımsız olarak hidrolojik içeriklerine bağlı olarak oluşturulmuştur (USDA, 1985; Wanielista vd., 1997; IIRS, 2005). Hidrolojik toprak gruplarının sınıflamasında kullanılan A, B, C ve D gruplarının özellikleri kısaca şu şekildedir;

Grup A (Düşük akım potansiyeli); bu tür topraklar nemli olsalar bile kum veya çakıl içeriklerinden dolayı yüksek geçirgenlik değerine sahiptir. Bu topraklarda su taşınımı yüksek değerlerdedir.

Tablo 22: Hidrolojik toprak gruplarının belirlenmesindeki kriterler.

BTG	Toprak Özellikleri Kombinasyonu							
	Eğim (%)	Derinlik (cm)					Litozolik	
		Derin 90 +	Orta Derin 90-50	Sığ 50-20	Çok Sığ 20-0			
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	B 2-6	5	6	7	8	26		
Kahverengi Orman Toprakları	C 6-12	9	10	11	12	27		
	D 12-20	13	14	15	16	28		
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	E 20-30	17	18	19	20	29		
	F 30 +	21	22	23	24	30		
Kolüvyal Topraklar	Eğim (%)	Bünye	Derin	Orta Derin	Sığ	Çok Sığ	Litozolik	
			İnce	1	2	3		32
			Orta	4	5	6		
	Kaba	7	8	9				
	A 0-2	İnce	10	11	12	33		
		Orta	13	14	15			
		Kaba	16	17	18			
	B 2-6	İnce	19	20	21	34		
		Orta	22	23	24			
		Kaba	25	26	27			
	Alüvyon Topraklar	Drenaj		Bünye				
		İyi Drene Olmuş Yetersiz Drenaj Fena Drenaj Aşırı Drenajlı	İnce	Orta	Kaba	Çok Kaba		
1			2	3				
4			5	6				
7			8	9				
				10				
Kumullar								
Havran Çayı Yatağı								

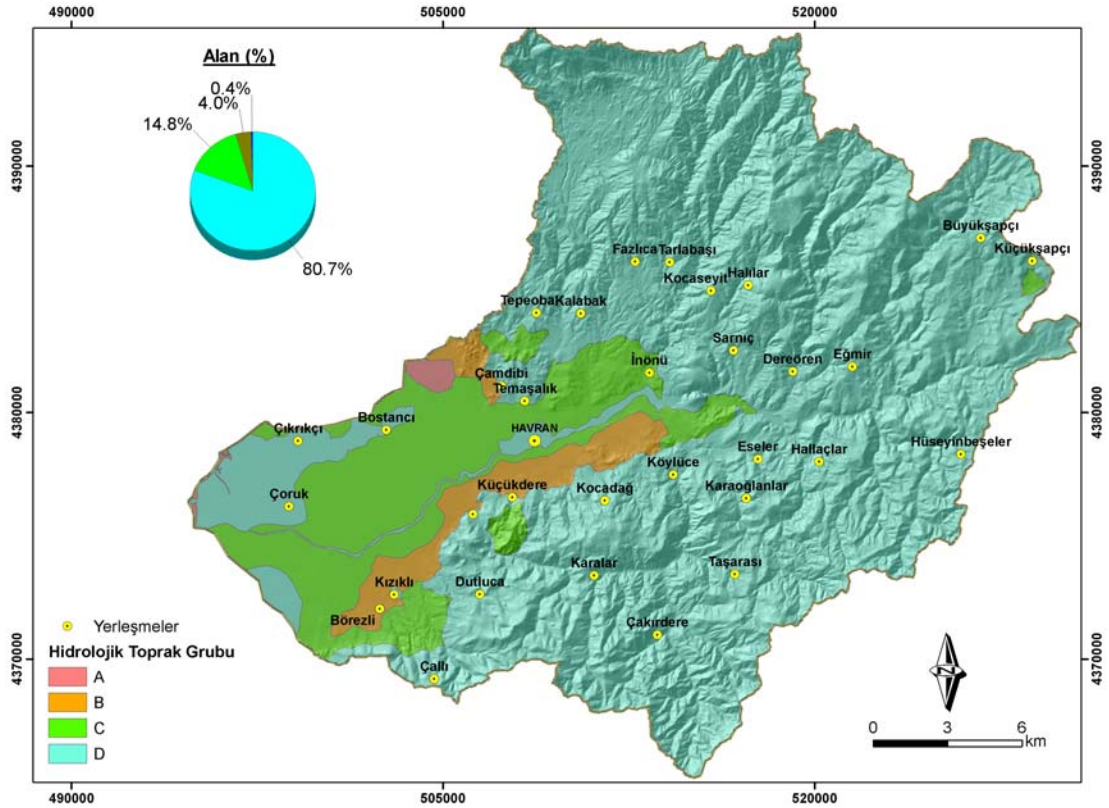


Grup B; bu tür topraklar orta derecede geçirgenlik özelliklerine sahip olup, ince ve kaba tekstür içerikleri de orta derecedir. Bu tür topraklardaki su iletkenliği de orta düzeydedir. A grubundaki topraklara yakındır.

Grup C; bu topraklar yavaş geçirgenlik oranına sahiptir. Orta ince ve ince tekstür içerikleri orta derece olup geçirgenlikleri yavaştır. Su iletkenlikleri de düşük orandadır. D grubundaki topraklara yakındır.

Grup D (Yüksek akım potansiyeli); bu topraklar çok düşük geçirgenlik özelliklerine sahiptir. Yüksek kil içeriğine sahip bu topraklar yüzeydeki kil tabakasından dolayı su iletkenliği çok yavaştır.

Bu hidrolojik toprak gruplarının özellikleri baz alınarak, saha için Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu büyük toprak grupları ve toprak özellikleri kombinasyonları dikkate alınmak suretiyle hidrolojik toprak grupları haritası hazırlanmıştır (Tablo 22, Şekil 45).



Şekil 45: Havzaya ait Hidrolojik Toprak Grupları haritası.

Buna göre, sahada D grup hidrolojik topraklar %80.7 gibi bir oranla en fazla yayılış alanına sahiptir. Bu değeri, C grup topraklar (%14.8), B grup topraklar (%4.0) ve A grup topraklar (%0.4) takip eder (Şekil 45). Bundan da anlaşılacağı üzere, havzanın yüksek kesimlerinin sahip oldukları toprak özellikleri, yüzeye düşen yağmur sularının çabuk akışa geçmesine neden olacak bir karakter sergilerler.

1.6.3. Havza Erozyon Duyarlılık Modeli

Havza erozyon duyarlılık modellemesi, çalışma alanı içindeki toprakların erozyona maruz kalma olasılıklarının çıkartılması yanında, toprak akmalarının meydana gelme olasılığı bulunan alanların belirlenmesine de katkısı olması bakımından bu başlık altında ele alınmıştır. Bu modelde, akarsu yoğunluğu, form faktörü, eğim, bitki örtüsü ve toprak parlaklığı (soil brightness) gibi parametreler kullanılmaktadır (IIRS, 2005).

Modelde yer alan parametrelerden akarsu yoğunluğu ve form faktörü için, morfometrik özellikler altında işlenen ilgili değerler kullanılmıştır. Modelde bu değerlerin kullanılmasının sebebi; akarsu yoğunluğunun yüksek olduğu yerler yüksek relief özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve düşük toprak geçirgenliğinin görüldüğü alanlar olurken, yoğunluğun az olduğu yerlerde alçak relief özellikleri, yoğun bitki örtüsü ve yüksek toprak geçirgenliği gibi özellikler görülür. Böylece, drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde erozyon olasılığı fazla olurken, yoğunluğun az olduğu alanlarda olasılık daha azdır. Form faktörü ise, uzunlamasına şekil özelliğine sahip havzalarda havza çıkışındaki silt yükü daha fazla olurken dairesel biçimli havzalarda daha az olmaktadır (IIRS, 2005).

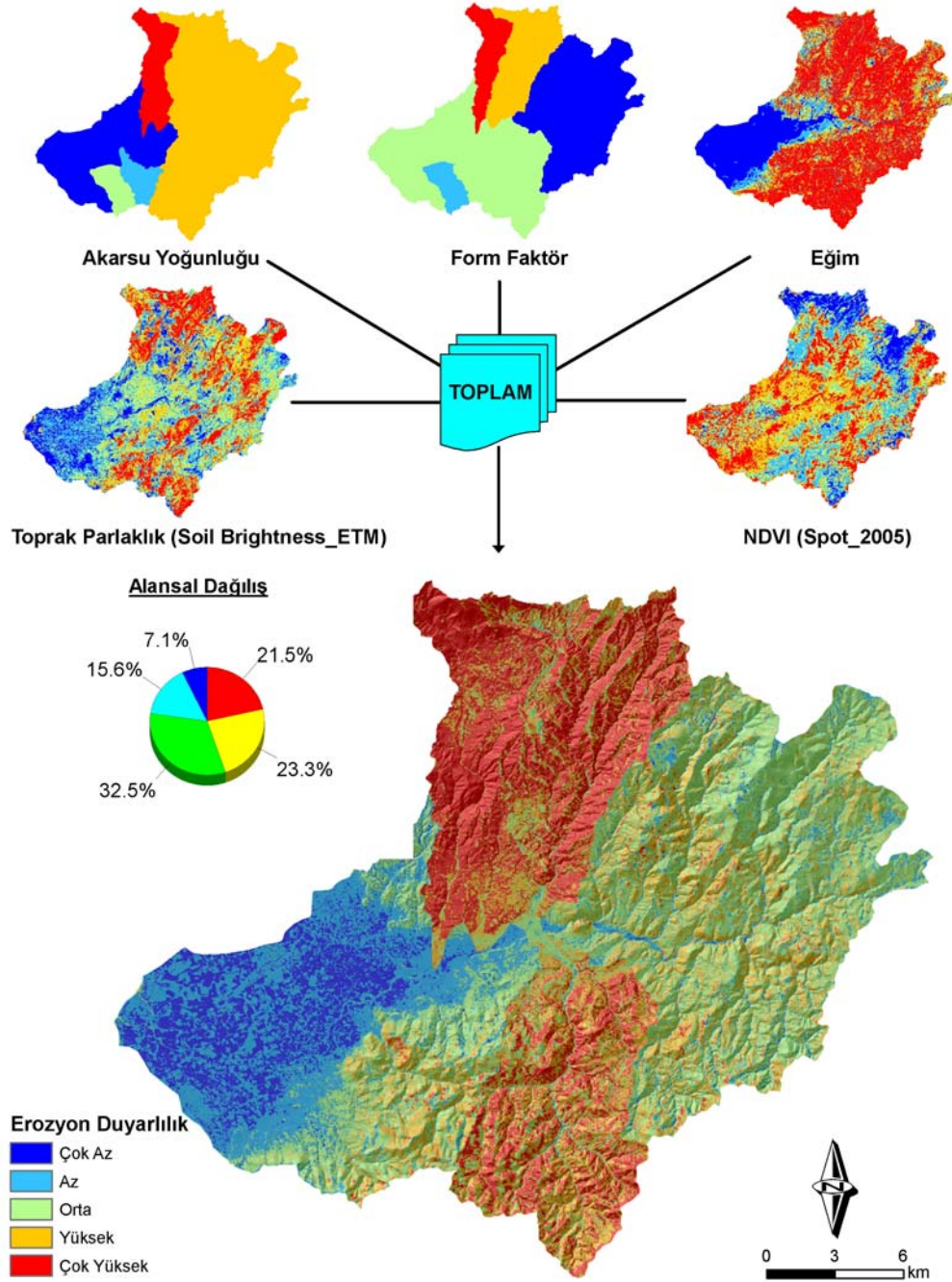
Eğim özelliği olarak, sahada eğimin fazla olduğu yerler daha fazla erozyona maruz kalırken, eğim değerinin düşük olduğu yerler daha az erozyona maruz kalırlar.

Bitki örtüsü ele alınan diğer bir katman olup, bitki örtüsünün yoğun olduğu yerlerde erozyon daha azdır. Bitki örtüsü katmanı için 2005 yılına ait Spot görüntüden üretilmiş NDVI değerleri kullanılmıştır.

Son katman olarak toprak tekstürü için toprak parlaklık indeksi (TPI) kullanılmıştır (IIRS, 2005). Bunun için 2000 tarihli Landsat ETM+ uydu görüntüsünden faydalanılmıştır. Toprak parlaklık indeksi için Landsat ETM+ uydu görüntüsüne Tasseled Cap dönüşümü uygulanmıştır. Bunun için kullanılan parlaklık katsayıları şu şekildedir;

$$TPI = 0.356Band1 + 0.397Band2 + 0.390Band3 + 0.697Band4 + 0.229Band5 + 0.157Band7$$

Buna göre ince tekstürlü topraklardan çok kaba tekstürlü topraklara kadar sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 46).



Şekil 46: Havran Çayı havzası erozyon duyarlılık modeli.

Bütün katmanlara erozyon duyarlılığındaki etki derecelerine göre değer ataması yapılmıştır. Bu değerler 1 ile 5 arasında değişmekte olup 1 en düşük duyarlılığı 5 en yüksek duyarlılığı karakterize etmektedir. Model için daha güvenilir sonuçlara ulaşmak amacıyla bütün katmanlar 10m. grid aralıklarına dönüştürülmüştür. Daha sonra katmanlar çakıştırılmıştır. Buna göre en yüksek değerler erozyona duyarlılığın fazla olduğu alanları, en düşük değerler duyarlılığın az olduğu alanları göstermiştir (Şekil 46).

Havza için üretilen erozyon duyarlılık haritasına göre, havza geneli için %32.5 oranla orta duyarlılık değeri daha fazladır. Bu değeri %23.3 ile yüksek değerler, %21.5 ile çok yüksek duyarlılık değerleri takip eder. Alüvyal ova tabanında ise bu değerler daha azdır. Erozyon duyarlılığın çok yüksek olduğu alanlar ise Küçükçay, Bent, Karahayit ve Kışla Dereleri alt havzalarıdır (Şekil 46). Diğer alt havzalarda orta değerler hakimdir.

2. RİSKİ OLUŞTURAN FAKTÖRLER

Risk, belirli bir olaydan dolayı, insan kayıpları, yaralanmalar, yapıların zarar görmesi ve ekonomik özelliklerin ve çevrenin zarar görme ihtimali olarak değerlendirilmektedir (UNDRO, 1979; UNDP, 2004). Riskin bu tanımına bağlı olarak formülize etmek için genel olarak iki temel element kullanılmış olup şu şekilde ifade edilmiştir (UNDP, 2004; UN/ISDR, 2004);

$$\text{Risk} = \text{Hazard(Tehlike)} \times \text{Vulnerability (Zarar Görebilirlik)}$$

Buna göre, Hazard, yani belirli bir alan için belirli bir zamanda potansiyel olarak zarar verme özelliğine sahip doğal tehlikenin meydana gelme ihtimalidir.

Vulnerability ise, meydana gelen doğa olayı sonucunda, belirli bir alanda bulunan beşeri unsurların olaya karşı duyarlılık veya etkilenme derecesidir. Bu kavram 1970 li yıllarda ortaya atılmıştır. Cutter (1996a) 1980 öncesine ait ortaya atılmış bu kavrama ait onsekiz farklı tanımlamayı listelemiştir. Günümüzde bu kavrama karşı iki farklı anlayış hakim durumdadır. Birincisi, doğa ve mühendislik biliminin görüşü diğeri ise sosyal bilimcilerin görüşüdür. Mühendisler yapılara ait özellikleri ele alırken (bina yapıları, köprü yapıları vs.) doğa bilimciler bu tanımlamayı biraz daha genişletmişler insan, alt yapı ve binalara ait zarar görebilirlik özelliklerine değinmişlerdir. Doğal olayın sonuçları olarak kayıp derecelendirilmesi yapılmış ve 0 (kayıp yok) ile 1 (toplam kayıp) arasında seviyelerde ifade edilmiştir (Varnes, 1984). Tanımlar genelde parayla ilgili olan değerler ve insan kayıplarıdır (Glade, 2003). Buna karşın sosyal bilimciler insan faktörü üzerine odaklanmışlardır. Wisner ve diğerlerinin (2004) söylediği gibi, zarar görebilirlik veya savunmasızlık, insan veya insan gruplarının doğal bir olay karşısında önceden hazırlıklı olma, üstesinden gelme, karşı koyma ve iyileştirme karakteristiğini oluşturmaktadır.

Sahada riski oluşturan doğal olaylar olarak taşkın ve heyelanlar ele alınmış olup doğal faktörler başlığı altında incelenmiştir. Bu türlerden taşkınlar için, akımların geçmişe ait envanteri olmasından dolayı bu veriler kullanılarak geleceğe yönelik tahminler yapılabilmektedir. Fakat, sahadaki heyelanlar için böyle bir veri olmadığından zaman unsuru dikkate alınamamıştır. Çalışma alanı içinde meydana gelen ve gelme olasılığı olan doğa olaylarından etkilenme ihtimali olan unsurlar ise coğrafi perspektifte değerlendirildiğinde sahanın beşeri özelliklerini oluşturmaktadır. Bu özellikler, beşeri faktörler başlığı altında incelenmiştir.

2.1. Beşeri Faktörler

Saha içinde beşeri faktörler olarak, taşkın ve heyelan doğa olayları meydana geldiğinde bu olaylardan etkilenebilecek beşeri unsurlar ele alınmıştır. Bu unsurlar, sahadaki fiziksel özellikler, sosyal özellikler, ekonomik özellikler ve çevresel özellikler alt başlıklarında incelenmiştir (Davidson, 1997; Liu vd., 2002; Bollin vd., 2003; UN/ISDR, 2004).

2.1.1. Fiziksel Özellikler

Fiziksel özellikler, sahada insan tarafından inşa edilen yapıları oluşturmaktadır. Bu yapılar genel olarak mühendislik yapıları olup, yerleşmeler ve mesken özellikleri (binalar), ulaşım sistemleri (yollar), elektrik ve iletişim sistemleri ve kamu yapılarından meydana gelmektedir. Bu başlık altında, çalışma alanı içinde yer alan fiziksel faktörlerin özellikleri ve taşkın ve heyelanlara karşı durumları açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.1.1.1. Yerleşmeler ve Mesken Özellikleri

Havza içinde köy, belde ve şehir yerleşme tipleri görülmektedir. Balıkesir iline bağlı olan sahada yer alan yerleşmelerin idari bölümlenmesi ve isimleri Tablo 23'te verilmiştir.

Bu verilere bağlı olarak saha içinde bir ilçe, bir belde ve 31 köy yerleşmesi bulunmaktadır. Köylerden 5 tanesi Burhaniye ilçe sınırları içinde yer alırken, 2 köy yerleşmesi de Edremit sınırları içinde bulunmaktadır. Havzanın güneybatı kesiminde Burhaniye ilçe merkezinin bir kısmı havza içine girse de burada değerlendirilmemiştir. Sahadaki Taşarası ve Çakırdere Köylerinin güneyinde İvrindi ilçesinden bir kısım alan saha içine girse de, bu kesimde herhangi bir yerleşme bulunmamaktadır.

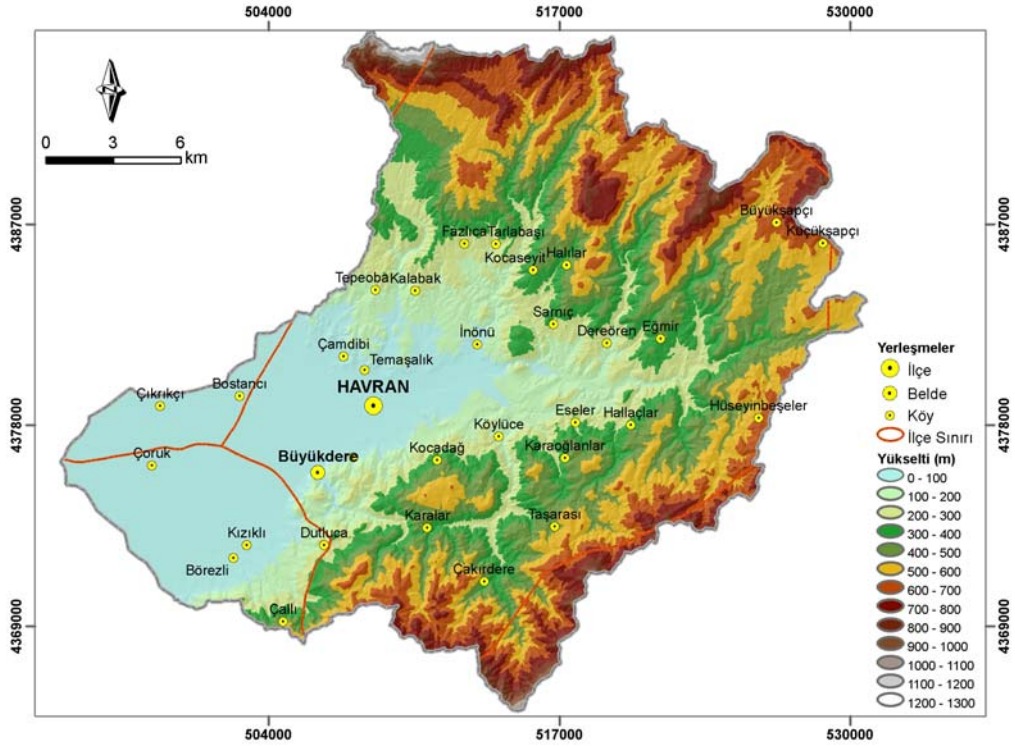
Havza içindeki yerleşmelerin çoğu ova tabanı ve yamaçlar üzerinde dağılışı göstermektedir. Yerleşmelerin havzanın iç kesimlerine kadar fazla girmediği Şekil 46'da açık bir şekilde görülmektedir. Yerleşmelerin yükselti basamaklarına göre dağılışı ele alındığında ise 0-100 m. arası yükseltideki yerleşmelerin sayısı diğer yükselti aralıklarına göre fazlalık göstermektedir (Grafik 26).

Tablo 23: Çalışma alanı içinde yer alan yerleşmeler ve idari bölümlenmeleri.

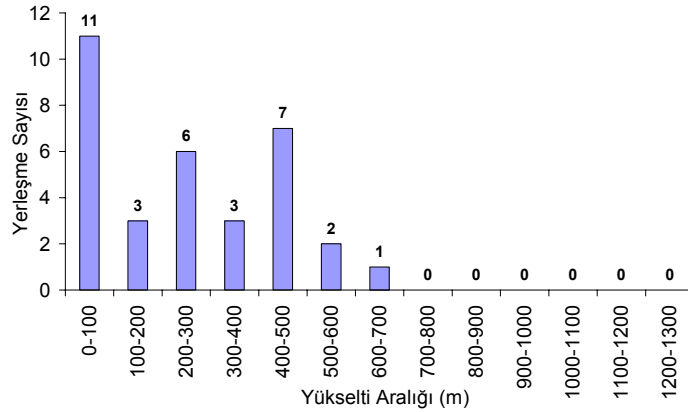
No	İlçesi	Yerleşme Tipi	Adı
1		İlçe	Havran
2		Belde	Büyükdere
3			Büyükşapçı
4			Çakırdere
5			Çamdibi
6			Çamlık (Kocaseyit)
7			Dereören
8			Eğmir
9			Eseler
10			Fazlıca
11			Halılar
12			Hallaçlar
13	Havran		Hüseyinbeşeler
14		Köy	İnönü
15			Kalabak
16			Karalar
17			Karaoğlanlar
18			Kocadağ
19			Köylüce
20			Küçükdere
21			Küçükşapçı
22			Sarnıç
23			Tarlabaşı
24			Taşarası
25			Temaşalık
26			Tepeoba
27			Börezli
28			Çallı
29	Burhaniye	Köy	Çoruk
30			Dutluca
31			Kızıklı
32	Edremit	Köy	Bostancı
33			Çıkrıkçı

0-100 m yükselti aralığını sırasıyla 400-500 ve 200-300 m. aralıkları takip etmektedir. Yerleşmelerden sadece Çıkrıkçı, Bostancı ve Çoruk Köyleri ile Havran ilçe merkezi ova tabanında yer alırken diğer yerleşmeler yamaçlarda ve daha yüksek seviyelerde dağılışı göstermektedir (Şekil 47). Köy yerleşmeleri toplu yerleşim özelliği gösterirler.

Çalışma alanı içinde tek ilçe merkezi olan Havran ilçesi ise, 7 mahalleden oluşmaktadır (Şekil 48). 2.47 km²lik alanda dağılışı gösteren ilçedeki mahalleler alansal büyüklüğe göre, Tekke (%33.49), Ebubekir (%25.79), Hamambaşı (%14.15), Camii Kebir (%10.04), Yeni Mahalle (%7.44), Mescit (%6.70) ve Çiğitzade (%2.40) dir.

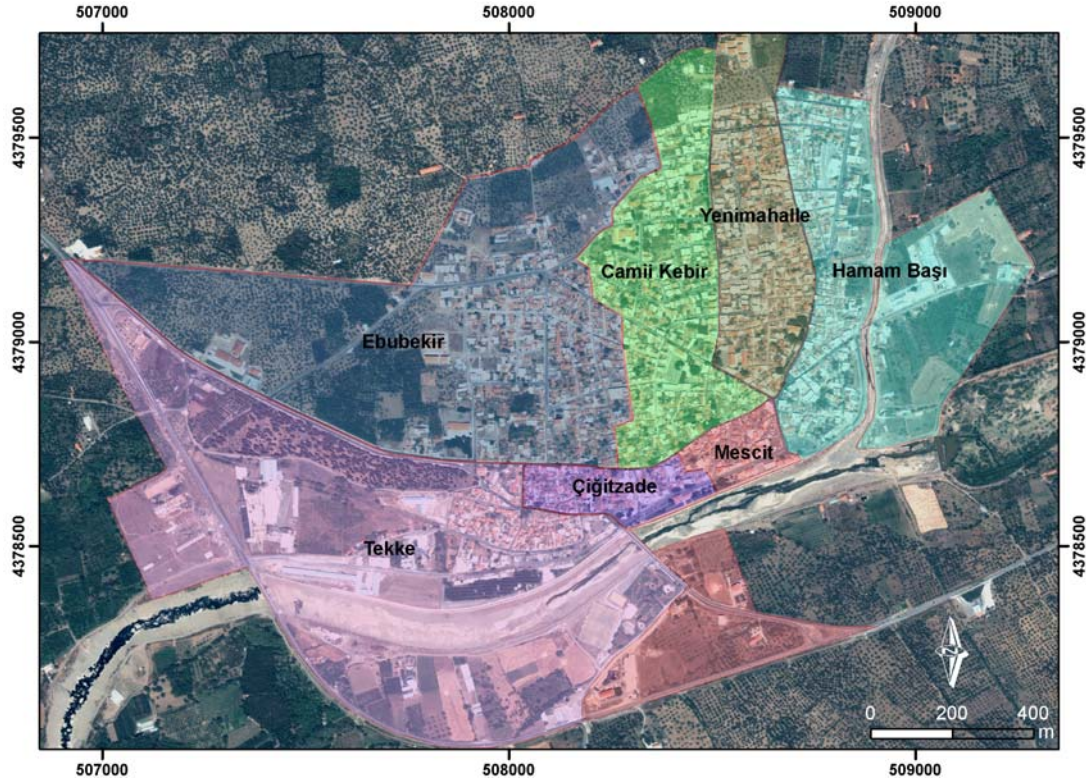


Şekil 47: Çalışma alanı içindeki yerleşmelerin dağılışı.



Grafik 26: Yükselti aralıklarına göre yerleşmelerin dağılışı.

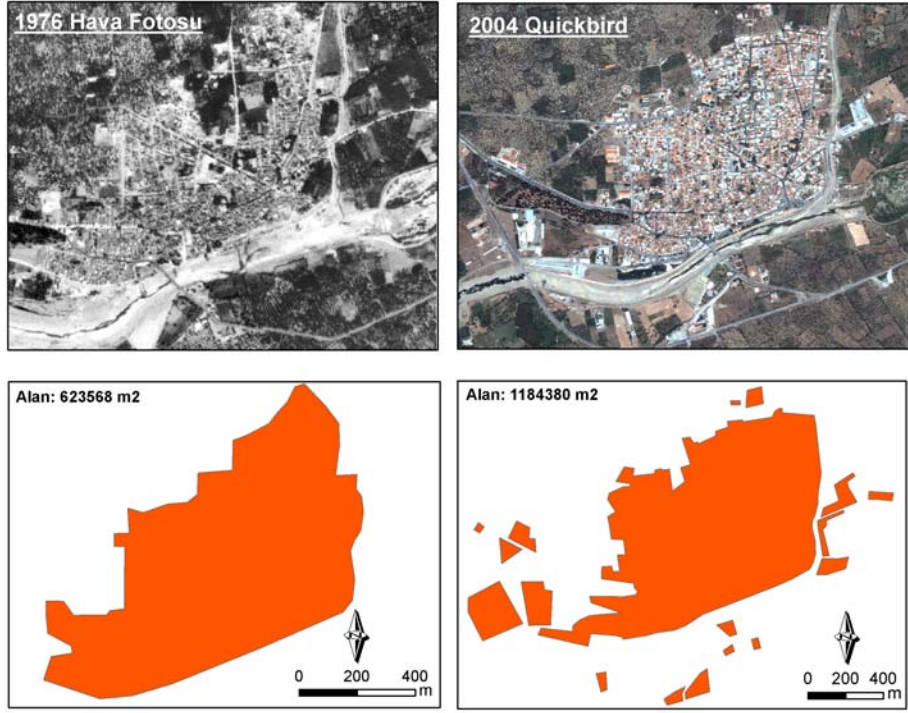
İlçe merkezinde Mescit ve Camii Kebir Mahalleleri en eski mahalleler olup, daha sonra Ebubekir, Tekke ve Çiğitzade Mahalleleri yerleşmeye açılmıştır. 1960'lı yıllardan sonraki dönemde nüfus artışına bağlı olarak Yeni Mahalle ve Hamambaşı Mahallelerine doğru yayılış göstermiştir (Mutluer, 1990).



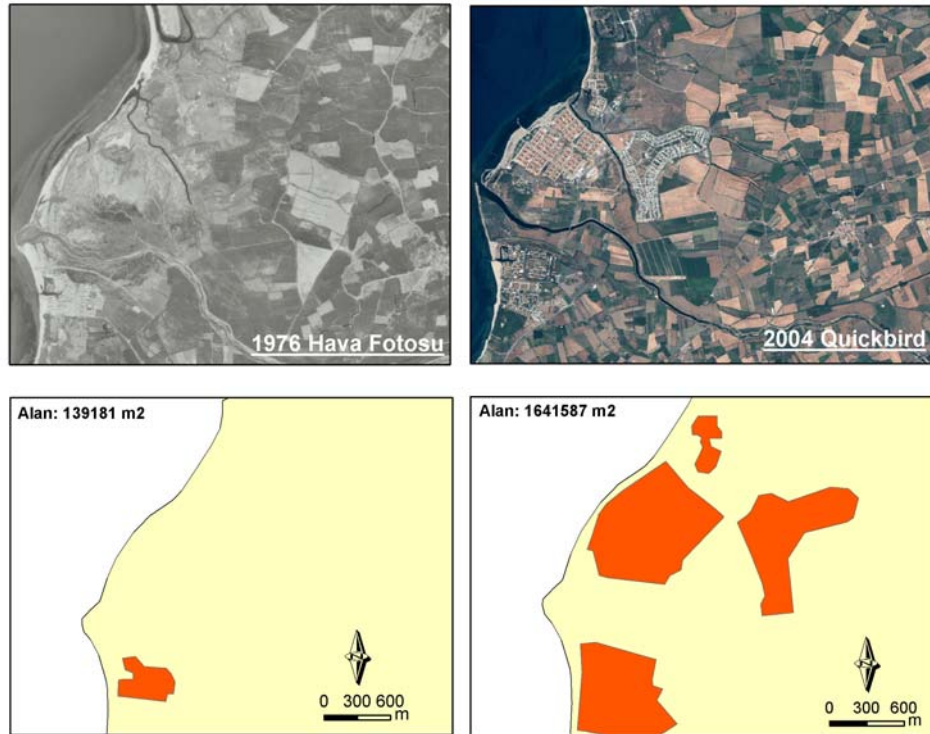
Şekil 48: Havran ilçe merkezinde bulunan mahalleler.

Havran ilçe merkezindeki bu değişimi anlamak için çok eskiye gitmesede 1976 dan 2004 yılına kadarki 28 yıllık süredeki değişim ortaya konmuştur (Şekil 49). Buna göre, 1976 da 0.6 km² olan yerleşmelerin alansal dağılımı, 2004 yılına gelindiğinde ise 1.18 km²'ye çıkmıştır. Yaklaşık iki kat olan bu değerde mahalle sınırlarına göre alansal dağılışı dikkate alınmamıştır.

Bunun yanında, ova tabanındaki yerleşmelerin dağılışına genel olarak bakıldığında ova tabanında yer alan köylerin alansal değişimi çok az olsa da, Havran Çayı'nın ağız kesiminde yerleşmeler yoğun bir şekilde yayılışı göstermekle birlikte değişim de fazladır. Ağız kesiminde bulunan yerleşmelerin 1976- 2004 yılları arasında değişimi Şekil 50'de verilmiştir. Buna göre 1976 yılında 0.1 km² gibi çok küçük alanda yayılışı gösteren ikincil konutlar, 2004 yılına gelindiğinde ise 1.6 km²'lik bir alana yayılışı göstermişlerdir. 28 yıllık geçen süre içinde 16 kat artış göstermiştir.



Şekil 49: İlçe merkezindeki 1976-2004 yılları arasındaki değişim.



Şekil 50: Havran Çayı'nın denize döküldüğü alandaki yerleşmelerin yayılışı.

Çalışma alanı içinde bulunan yerleşmelerdeki meskenlerde tuğla, kerpiç ve taş yapılarla birlikte betonarme yapıları da görmek mümkündür (Foto 10, 11). Bu yapılara ait köy bazında detay veriler mevcut olmayıp ancak Havran ilçe merkezindeki mahallelere ait veriler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) temin edilebilmiştir (TÜİK, 2007b). 2000 yılı verilerine bağlı olarak ilçe merkezinde bulunan 7 mahalle bazında toplamda 3348 adet bina olup, bina sayısının en fazla olduğu mahalle Ebubekir'dir. Bunu sırasıyla Hamambaşı, Camiikebir, Yeni Mahalle, Tekke, Çiğitzade, ve Mescit Mahalleleri takip eder (Tablo 24). Bu binaların taşıyıcı sistemi ve kullanılan yapı malzemeleri beraber değerlendirildiğinde, tuğla binalar % 74'lük değerle en fazla yayılışa sahiptir. Toplamda 3348 adet binadan 2461 tanesi tuğla binadır. Bunu 593 ile taş ve kerpiç binalar, 191 ile briket binalar takip eder. Beton bloklular ise azınlıktadır (Tablo 24).



Foto 10: Taş evler, Çallı köyü.



Foto 11: Kerpiç ve ahşap evler, ilçe merkezi.

Tablo 24: İlçe merkezi mahallelere ait bina yapı tipleri (TÜİK, 2007a).

Mahalle	Beton Blok	Briket	Tuğla	Taş-Kerpiç	Diğer	Bilinmeyen	Toplam
ÇİĞİTZADE	-	6	188	59	7	1	261
CAMİİKEBİR	-	24	505	81	7	1	618
EBUBEKİR	1	59	577	123	11	9	780
HAMAMBAŞI	2	52	414	128	40	3	639
MESCİT	-	4	131	69	3	1	208
TEKKE	-	22	230	39	7	1	299
YENİ	-	24	416	94	1	8	543
Toplam	3	191	2 461	593	76	24	3 348

Mahallelerdeki toplam binalar içinde konut olarak kullanılan binaların dağılımına bakıldığında ise en fazla sayıya 698 lik bir değerle Ebubekir Mahallesi sahiptir. Bunu Hamambaşı, Camiikebir, Yeni Mahalle, Tekke, Çiğitzade ve Mescit Mahalleleri takip eder (Tablo 25). Konut sayılarının mahallelerdeki dağılım oranıyla, bina sayılarının

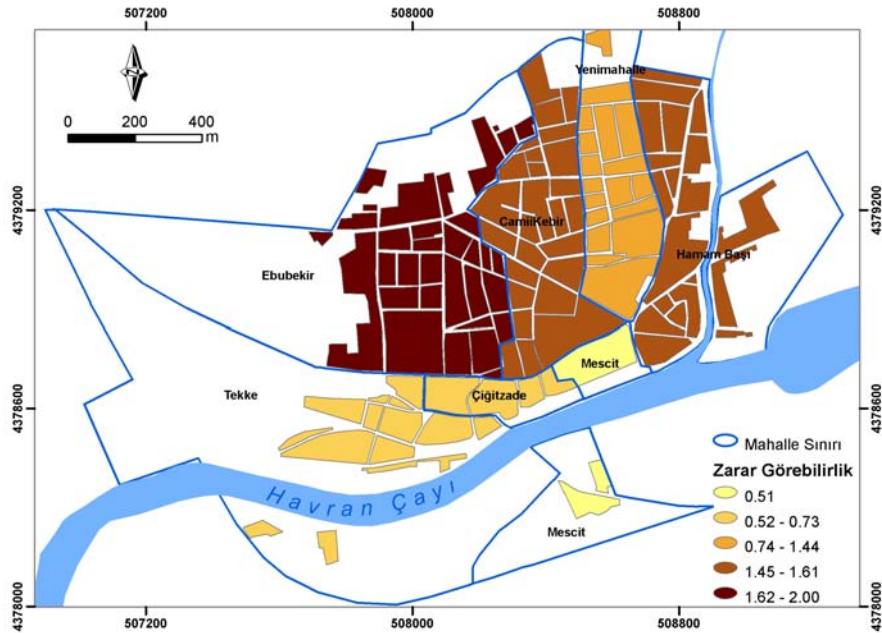
paralellik göstermektedir. Bina sayılarının ve konut sayılarının mahallelerdeki dağılışı, zarar görebilirlik açısından Cutter vd. (1997) ortaya koyduğu formülle belirlenmiştir. Formüle göre, ele alınan parametrenin yüzdelik dağılımı ve sonuçları arasındaki maksimum değere oranlanmasıyla elde edilir. Parametrelerin toplamı da ilgili özelliğin zarar görebilirlik skorunu belirler. Buna göre;

$$\text{ZararGörebilirlik} = \frac{\text{ParametreMahalle}}{\text{ParametreToplam}} = X = \frac{X}{\text{MaksimumX}}$$

şeklinde ifade edilebilir. Bu formül konut ve binalar için uygulandığında bu iki parametrenin dağılışı paralel olduğu için, sonucun mahalleler arasındaki dağılımı da paralel olmaktadır. Toplam skora göre, zarar görebilirliğin artış gösterdiği mahalleler Ebubekir, Camiikebir ve Hamambaşı'dır (Şekil 51).

Tablo 25: Konut ve bina sayılarına göre zarar görebilirlik değerleri.

Mahalle	Konut Sayısı	Konut Yüzde	Konut Sonuç	Bina Sayısı	Bina Yüzde	Bina Sonuç	Toplam
ÇİĞİTZEDE	218	0.07	0.31	261	0.08	0.33	0.65
CAMİİKEBİR	547	0.19	0.78	618	0.18	0.79	1.58
EBUBEKİR	698	0.24	1.00	780	0.23	1.00	2.00
HAMAMBAŞI	555	0.19	0.80	639	0.19	0.82	1.61
MESCİT	172	0.06	0.25	208	0.06	0.27	0.51
TEKKE	240	0.08	0.34	299	0.09	0.38	0.73
YENİ	517	0.18	0.74	543	0.16	0.70	1.44

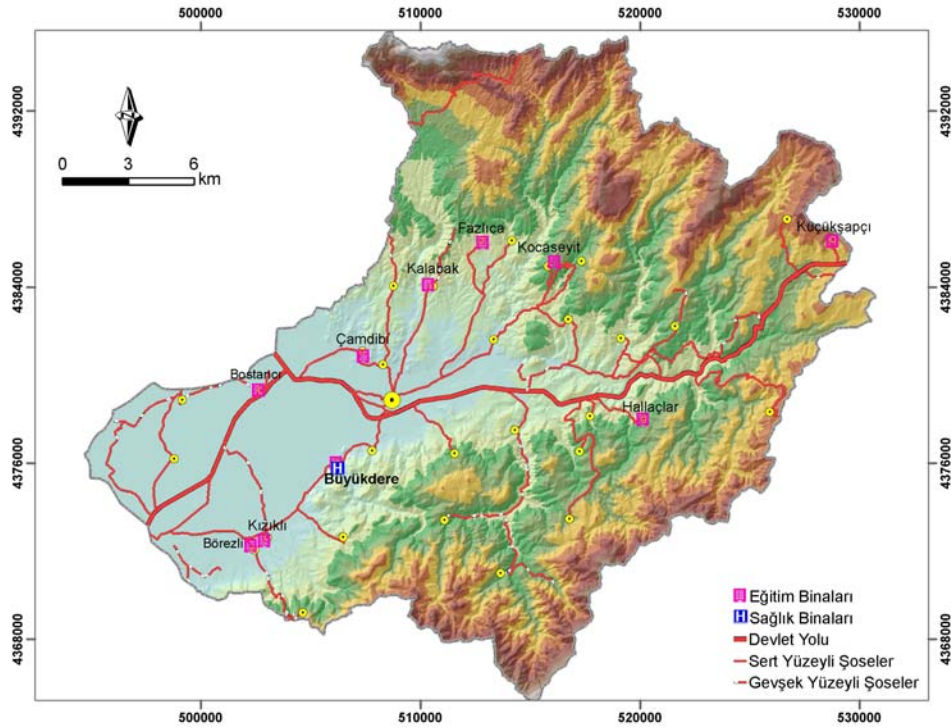


Şekil 51: Bina ve konut parametrelerine göre toplam zarar görebilirlik.

2.1.1.2. Kamu Yapıları

Sahada bulunan kamu binaları da fiziki yapılar arasında incelenmiştir. Bu yapıların, afet meydana geldiğinde gerek içinde bulunan insan sayısı gerekse konumsal olarak afetten etkilenip etkilenmeyeceği açısından incelenmesi gerekmektedir. Bunun için sahadaki kamu binalarına ait dağılışı ortaya konmuştur.

Kamu yapıları olarak, kaymakamlık binası, belediye binası, eğitim binaları, sağlık binaları, emniyet, jandarma, itfaiye, kütüphane, öğrenci yurdu, öğretmen evi, cezaevi ve dini yapılar ele alınmıştır. Bunlardan havzada bulunan belde ve köy yerleşmeleri için eğitim ve sağlık binaları, diğer yapıların ise ilçe merkezindeki dağılışı bakımından incelenmiştir (Şekil 52, 53).

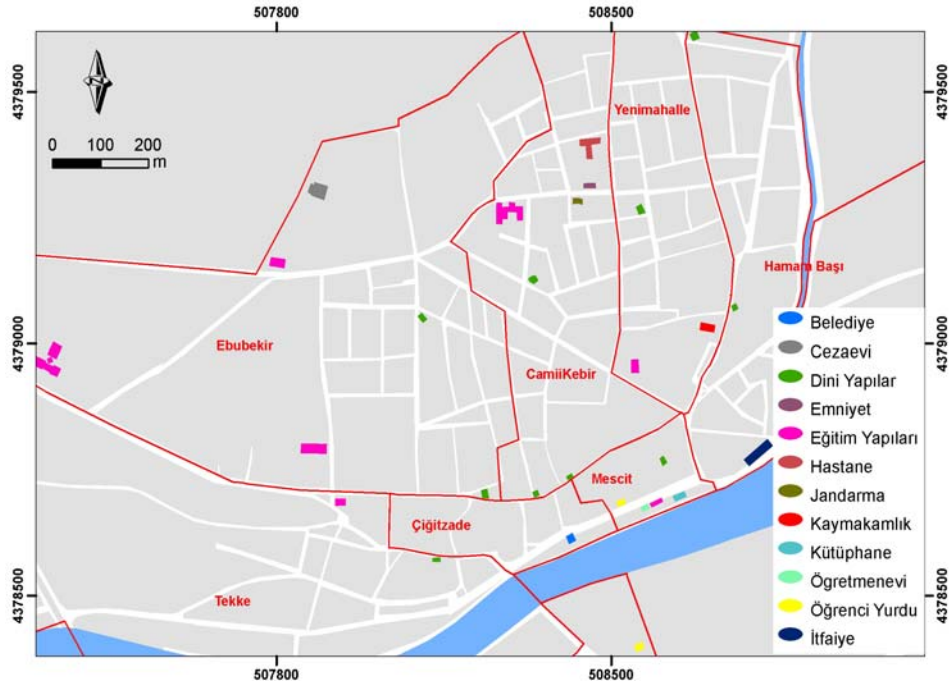


Şekil 52: Eğitim ve sağlık binalarının havza genelindeki dağılımı.

Havran İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü verilerine göre (2006) ilçeye bağlı yerleşmelerden, Büyükdere, Çamdibi, Fazlıca, Hallaçlar, Kalabak, Kocaseyit, Küçükşapçı Köylerinde ilköğretim okulları mevcuttur. Bunun dışında Edremit ilçesine bağlı Bostancı ve Burhaniye ilçesine bağlı Bözreli ve Kızıklı yerleşmelerinde de ilköğretim okulları vardır. Okul olmayan diğer yerleşmelerde ise taşınmalı eğitim

yapılmaktadır. Çalışma alanı içindeki köylerde bulunan bu 10 ilköğretim okulunda eğitim gören öğrenci sayısı 2006 yılı itibarıyla 1504 olup öğretmen sayısı 85'tir. Çalışma sınırları içinde sadece belde olan Büyükdere de sağlık ocağı bulunmaktadır. Bu sağlık ocağında 3 doktor ve 19 personel görev yapmaktadır (Havran Kaymakamlığı, 2006).

Kamu yapıları daha çok ilçe merkezinde yoğunlaşmış bulunmaktadır (Şekil 53). İlçe merkezinde bulunan kamu yapılarından eğitimle ilgili olan binalar ilçe merkezindeki 4 ilköğretim, 2 ortaöğretim ve Balıkesir Üniversitesine bağlı 1 Yüsekokul'dan oluşmak üzere toplam 7 tanedir. Bunlara ait toplam öğrenci sayısı 2006 yılı için 2423'tür. Merkezde 4 katlı 2 öğrenci yurdu olup ikisi de Mescit Mahallesi'nde yer almaktadır. Sahadaki dini yapıları ise camiler oluşturmaktadır. Bütün mahallelerde bulunan camilerin toplam sayısı 10'dur. İlçe merkezinde bulunan kaymakamlık binası 4 kat olup, bina bünyesinde adliye, milli eğitim ve nüfus dairesi gibi birimleri bulundurmaktadır. İlçe merkezindeki devlet hastanesi ise ilçe geneline hizmet veren tek hastanedir. 25 yatak kapasiteli hastanede 30 personel çalışmaktadır (Havran Kaymakamlığı, 2006). Emniyet ve Jandarma, Camiikebir Mahallesi'nde yer almakta olup, birbirine yakın konumdadır. Cezaevi ise Ebubekir Mahallesi'nde olup şehir merkezinden uzakta yer alır.



Şekil 53: Kamu yapılarının ilçe merkezindeki dağılımı.

Bunların haricinde itfaiye, kütüphane, öğretmen evi, belediye Havran Çayı kenarında Hamambaşı, Mescit ve Çiğitzade Mahallelerinde yer almaktadır (Şekil 53).

Genel olarak bakıldığında kamu yapılarının Mescit, Çiğitzade ve Camiikebir Mahallelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. 1-4 kat arasında değişen bu yapıların tamamı betonarme yapılardır. Ayrıca bazı kamu yapılarının, Havran Çayı kenarında toplanması dikkat çekmektedir.

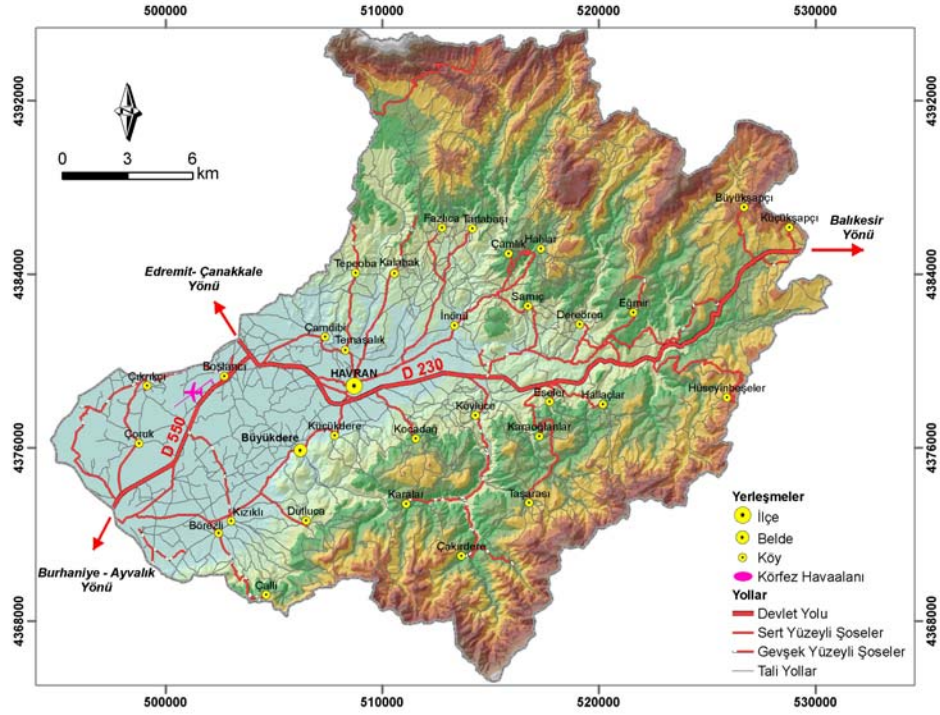
2.1.1.3. Ulaşım Sistemleri

Ulaşım faaliyetleri, hammaddelerin işlenebileceği alanlara, üretilen maddelerin tüketim alanlarına, insanların işyerlerine, dinlenme, eğlenme yerlerine, sağlık merkezlerine ve benzeri yerlere ulaşabilmesi, dolayısıyla tüketici ve üretici durumuna gelmesi açısından büyük öneme sahiptir (Tümertekin ve Özgüç, 1995). Değişik türlere sahip ulaşım sistemlerinin, çalışma alanı içinde görülen tipi karayolları ve havayollarıdır.

Çalışma sahası içinde bulunan havaalanı 1997 yılında açılmış olan Körfez havaalanıdır. Edremit ilçesinin Bostancı Köyünde bulunan havaalanı sadece iç hatlar düzeyinde hizmet vermektedir. Havaalanı 1 uçak kapasiteli aprona sahip olup yıllık yolcu kapasitesi ise 120.000 dir (Devlet Hava Meydanları İşletmesi, 2007). Havaalanının çok işlek olmadığı belirtilmektedir. Bu açıdan sahada daha çok yoğun olarak kullanılan karayolları üzerinde durulmuştur. Saha, karayolları bakımından gerek Marmara Bölgesi ve Trakya'nın Ege Bölgesine, gerekse Kuzeybatı Anadolu kıyılarının iç kesimlere bağlantısının sağlanmasında önemli rol oynar.

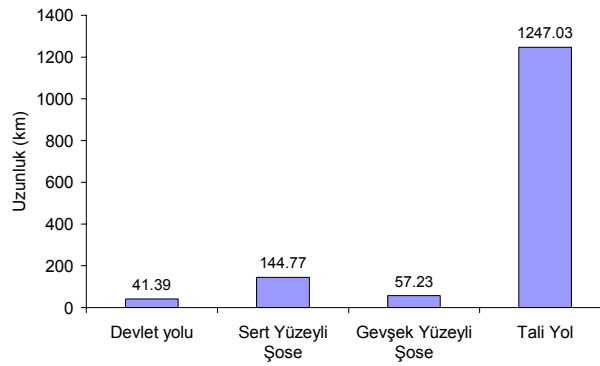
Sahada yer alan karayollarını özelliklerine göre sert yüzeyli şoseler, gevşek yüzeyli şoseler ve tali yollar olarak ayırmak mümkündür. Sert yüzeyli şoseler içine, sahayı kabaca kuzey-güney yönünde kat eden D 550 devlet yoluyla ve yine kabaca doğu-batı yönünde uzanan D 230 devlet yolunu dahil etmek mümkündür (Şekil 54).

D 550 karayolunun Çanakkale ve İzmir'i bağlayan hat olması ve D 230 karayolunun Balıkesir'i, kıyı kesime bağlaması açısından saha büyük öneme sahiptir. Bu iki devlet yolunun saha içindeki toplam uzunluğu 41.39 km dir. Bunun dışında saha içinde yer alan yerleşmelerin çoğunluğuna ulaşım sert yüzeyli, asfalt yollar üzerinden gerçekleşmektedir (Şekil 54). Sadece, Köylüce Köyünden sonraki yerleşmeler (Karalar, Çakırdere) ile Börezli'den sonraki Çallı yolu asfalt olmayıp gevşek yüzeylidir.



Şekil 54: Çalışma alanı içindeki yolların dağılışı.

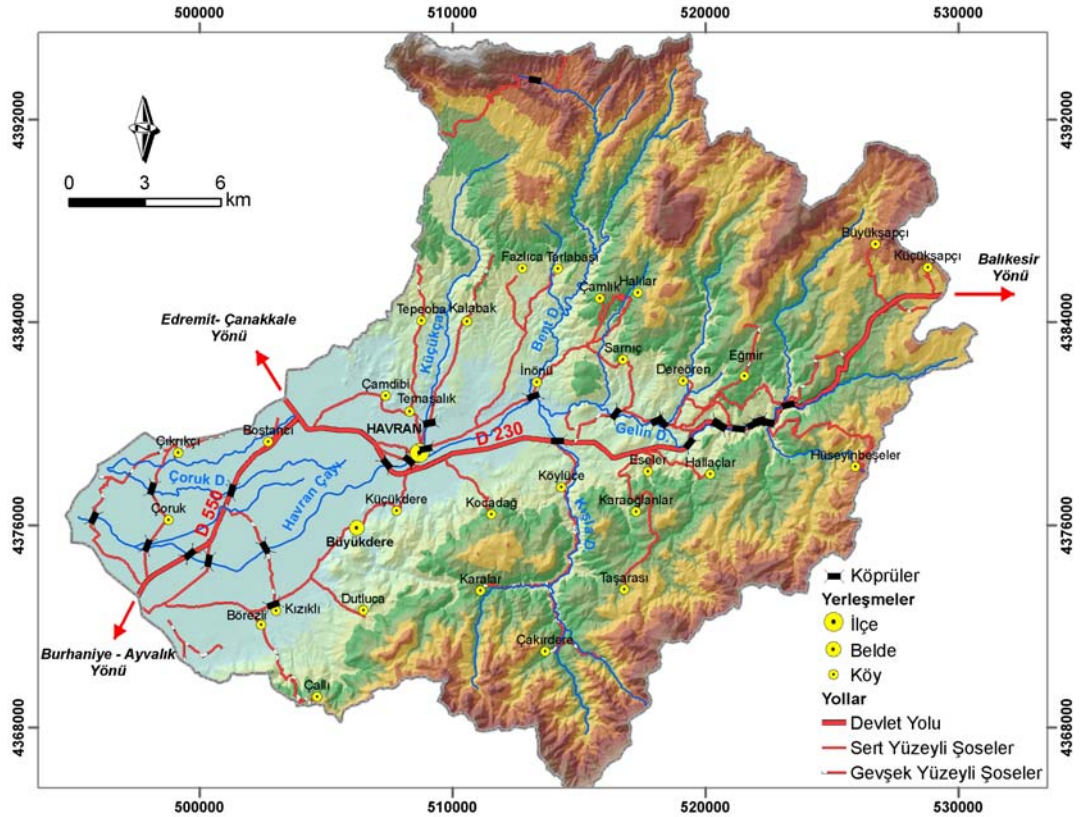
Sahadaki sert yüzeyli asfalt yolların toplam uzunluğu 147.77 km dir. Buna devlet yolları da dahil edilirse 186.16 km olmaktadır. Bu da oldukça iyi bir rakam olup sahadaki ulaşım problemi büyük ölçüde çözülmüştür. Sahadaki gevşek yüzeyli yolların uzunluğu ise 57.23 km gibi az bir değere sahiptir. Bu yolların dışında tali yollar olarak adlandırılmış olan dar ve yaz aylarında ulaşım için elverişli olan yolların sahadaki dağılışı oldukça fazla olup toplamda 1247.03 km dir (Grafik 27). Bu yollar havzanın iç kesimlerine kadar yayılış göstermektedir.



Grafik 27: Çalışma alanı içindeki yolların uzunluk grafiği.

Sahada bulunan kara yolları genel itibariyle kuzey-güney ve doğu-batı yönündeki bu uzanımları sırasında ovalık taban üzerinden ve vadi içlerinden geçiş sergilemektedir. Özellikle devlet yolları olan D 550 ve D 230 yolları bu tanımlamaya uyan bir uzanış sergiler. Bu da doğal olarak sahada yayılış gösteren bazı akarsuların ve dere yataklarının ulaşımı engelleyen unsurlar olarak karşısına çıkmasına neden olur. Engellerin aşılması mühendislik yapılarından olan köprülerle yapılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında sahada oldukça fazla olan köprü geçişlerinden, tali yollar hariç diğer yollar üzerinde bulunan köprü sayısı 25'tir. Bunlara ait dağılışlar Şekil 55'te verilmiştir.

Sahadaki bütün yollar üzerindeki köprülerin önemi olmakla birlikte bu köprülerden özellikle işlek olması bakımından D 550 ve D 230 devlet yolları üzerindeki köprülerin ayrıca önemi vardır.



Şekil 55: Çalışma alanı içindeki köprülerin dağılışı.

Bu köprüler Havran Çayı üzerinden 2 geçiş, Çoruk Deresi üzerinde 1 geçiş, alt koldan Kışla Deresi üzerinden 1 geçiş ve Havan Çayı'nın yukarı çığırı olan Gelin

Deresi üzerinden ise 7 geçiş olmak üzere toplamda 11 tanedir. Köprülerin büyüklükleri geçtikleri akarsuların yatak genişliğine göre farklılık göstermektedir (Foto 12). Sahadaki sert yüzeyli ve gevşek yüzeyli yollar üzerindeki toplam köprü sayısının hemen hemen yarısı, oldukça işlek olan ve öneme sahip devlet yolları üzerinde yer almaktadır. Bu da herhangi bir afet durumunda yerleşmelere yardımların ulaştırılması açısından, yollar üzerindeki bu köprülerin öneminin büyük olduğunu göstermektedir. Sahada heyelanlardan zarar görmüş köprü yoktur. Ancak 1981 yılındaki taşkında Havran köprüsü tamamen yıkılmıştır. Afet sonrası Havran Çayı'nın sağ ve solundaki yerleşmeler arasındaki ulaşım, güzergahın uzatılmasıyla sağlanabilmiştir. Bu durumda, köprü'nün yıkılması ulaşım açısından direkt bir etki olurken, ulaşım güzergahının uzatılması da maddi kayıp açısından dolaylı bir etki olmaktadır. Bundan da anlaşılacağı gibi, afetlerden zarar gören köprülerin direkt ve dolaylı olarak etkilerinden söz etmek mümkündür.



Denize Yakın kesim



Havran yerleşmesine yakın kesim

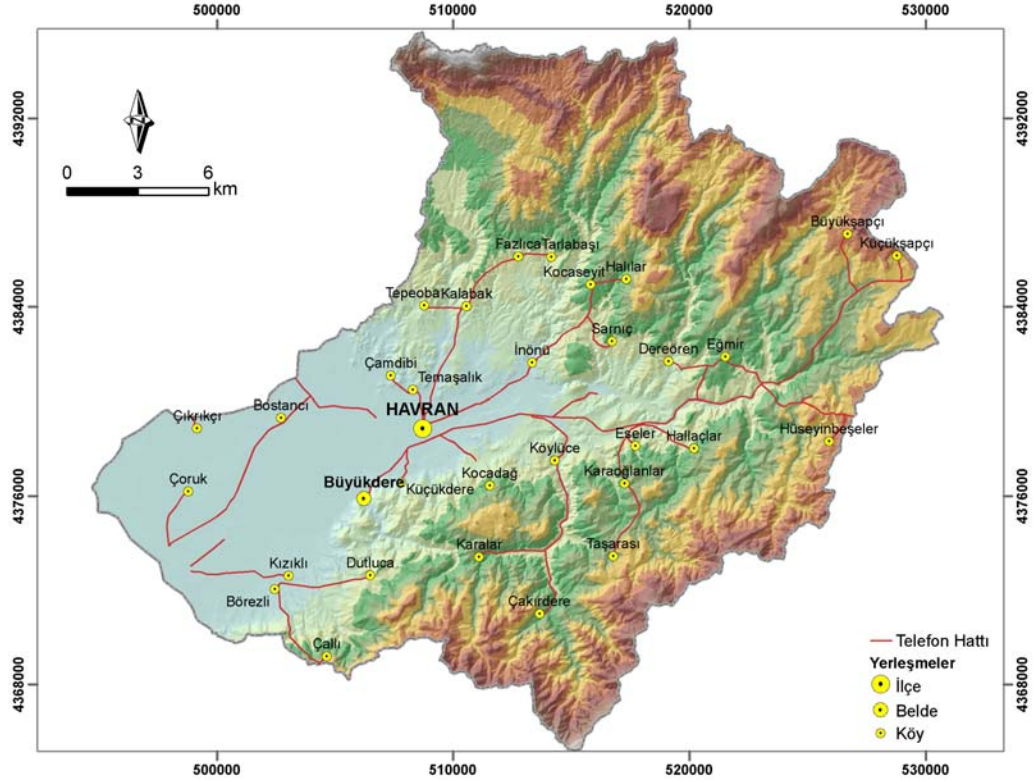
Foto 12: Farklı yatak genişliklerine göre köprü uzunluklarına örnek.

2.1.1.4. Elektrik ve İletişim Hatları

Mal, hizmetler, insan ve bilginin hareket ettirilmesi (taşınması), ticari tarımın ve kitlesel üretim yapan sanayi faaliyetlerinin gelişmesi tamamen ısı ve itici güç sağlayacak enerjiye bağlıdır (Tümertekin ve Özgüç, 1995). Yerleşmeler açısından, su, gaz, telekomünikasyon ağı, taşıma sistemleri, hastaneler, endüstri ve ticaretin düzenli bir şekilde yapılabilmesi için yeterli derecede elektriğin sağlanması esastır (Solway, 1999). Bundan dolayı üretim istasyonları, iletim hatları ve kuleler, transformatörler, heyelan ve taşkınlar karşısında zarar görme ihtimali fazla olan unsurlardır. Ayrıca yerleşmeler arası haberleşmenin sağlanması ve acil durumlar karşısında erken müdahalenin yapılabilmesine olanak sağlaması açısından iletişim hatlarının da önemi büyüktür.

(tren, tramvay) çok büyük elektrik tüketicileridir. Orta gerilim şebekeleri, orta ve küçük sanayi işletmeleri ile büyük mağazalar veya yöresel yönetimler, hastaneler, okullar gibi merkezleri besler. Son olarak, milyonlarca yerel kullanıcı, alçak gerilimli elektrik akımıyla beslenir.

Sahada bulunan telefon hatları ise elektrik gibi bütün yerleşmelere ulaşmaktadır. Sadaki toplam uzunluğu 133663 m. dir (Şekil 57).



Şekil 57: Çalışma sahasında bulunan ana iletişim hatları.

2.1.1.5. Su ve Kanalizasyon Sistemleri

Canlı yaşamında önemli bir yere sahip olan su, afet anında insanlar için son derece büyük öneme sahip gereksinimlerden birisidir. Afetler sırasında su dağıtım hatlarının zarar görmesiyle, afet sonrasında temel gereksinim olan suyun sağlanması açısından büyük sıkıntılar yaşanacaktır.

Havza için yapılan risk senaryolarında mevcut su dağıtım hatlarının zarar görüp görmeyeceği veya afetten etkilenecek alanların içinde kalıp kalmayacağını incelemek hedeflenmiştir. Bunun yanında atıksu deşarj sistemlerinin konumu da

afet çalışmalarında son derece önemli konulardan birisidir. Bu hatların zarar görmesi sonucunda hijyenik olmayan çevre koşulları ortaya çıkacak, bu da afetin etkisini arttırıcı rol oynayacaktır.

Bu nedenlerden dolayı gerek havza içinde gerekse ilçe merkezindeki su ve atıksu hatlarının belirlenmesinin çalışmaya katkısı olacağı düşünülmüştür. Bunun için yapılan envanter araştırmasında ilgili birimde, bu hatlarla ilgili olarak herhangi bir sayısal harita veya haritaya ulaşılamamıştır. Bundan dolayı risk analizi kısmında bu alanda sadece sözel olarak muhtemel zararlarından bahsedilmiştir.

2.1.2. Ekonomik Özellikler

Zarar görebilirlik özelliklerini etkileyen unsurlardan birisi de ekonomik özelliklerdir. Bundan kasıt, sahada bulunan kişi ve toplumların gelir düzeyleri olduğu gibi, sahada dikkati çeken ekonomik getirisi olan faaliyetlerdir. Tüketici olan toplulukların fazla olduğu, gelir düzeyinin düşük olduğu alanlar veya toplumlar, afetler karşısında üretici olan ve gelir düzeyleri iyi olan alan veya toplumlara kıyasla daha savunmasız ve zarar görmeye açık konumdadır. Bunun yanında, ekonomik gelirini tek tip uğraşından elde eden toplumlar, uğraşlarının afetten etkilenmesi durumunda ekonomik olarak daha savunmasız bir durumda kalır.

Konuya bu açıdan bakıldığında, saha içinde yer alan Havran ilçesinin ve civar köylerin diğer komşu ilçeler gibi (Burhaniye, Edremit) denize kıyısının olmaması ve bu ilçelere kıyasla biraz daha iç kısımda kalmasından dolayı, ekonomisi daha çok tarımsal faaliyetler ve ilgili sanayi alanları üzerinde yoğunlaşmıştır. Fakat çalışma sahasının sadece Havran ilçesini kapsamaması, özellikle ovalık alanda, havza içine Edremit ve Burhaniye ilçelerine ait sınırların dahil olması ve sahada az da olsa deniz kıyısının bulunması, tarım faaliyetlerinin haricinde turizm faaliyetlerini de çalışma alanı için ekonomik gelir kaynağı olarak kabul edebiliriz. Burada söz konusu turizm sadece deniz turizmi değil sıcak su kaynaklarının olduğu alandaki kaplıca turizmi de turizm faaliyetleri içinde yer alır.

2.1.2.1. Tarımsal Faaliyetler

Çalışma alanı içindeki tarımsal faaliyetler, risk analizi çalışmalarına katkı sağlaması bakımından incelenmiştir. Bu açıdan tarımsal faaliyetler, taşkın risk analizi için ova tabanı ve yakın çevresindeki dağılımları, heyelan çalışması için havza içlerindeki

dağılışı açısından ele alınmıştır. Ova tabanı ve yakın çevresindeki tarımsal alanın dağılışını belirlemek için 2004 Quickbird uydu görüntüsü ve arazi çalışmalarından faydalanılırken, havza gerisi için bu veriler Ağustos 2005 tarihli Spot XS uydu görüntüsünden temin edilmiştir. Tarımsal alanlardaki değişimi ortaya koymak için ve bir fikir vermesi açısından 1976 hava fotoları ve 1975 Landsat MSS uydu görüntülerinden faydalanılmıştır.

Quickbird ve hava fotosundan tarımsal alanları çıkartmak için görsel yorumlama teknikleri kullanılmıştır. Landsat MSS ve Spot XS uydu görüntüleri için kontrollü (Supervised) sınıflama tekniği kullanılmıştır. Landsat MSS için Parallelepiped karar kuralıyla 7 sınıf, Spot XS ise Maksimum Olabilirlik karar kuralıyla 8 sınıf olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Sınıflamalarda, sırasıyla 300 ve 500 rastgele belirlenen örneklemelere göre doğruluk değerleri belirlenmiş ve bu değerler Landsat için % 85, Spot için % 86 çıkmıştır. Sınıflamalara k^{\wedge} (KHAT) istatistiği uygulanmıştır. Bunun için kullanılan formül (Lillesand vd., 2004),

$$\hat{k} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

şeklinde dir. Formülde yer alan;

r = error matrisindeki satır sayısı

x_{ii} = satır i ve kolon i deki gözlem sayısı

x_{i+} = satır i deki toplam gözlem

x_{+i} = kolon i deki toplam gözlem

N = matrisdeki toplam gözlem sayısı'dır.

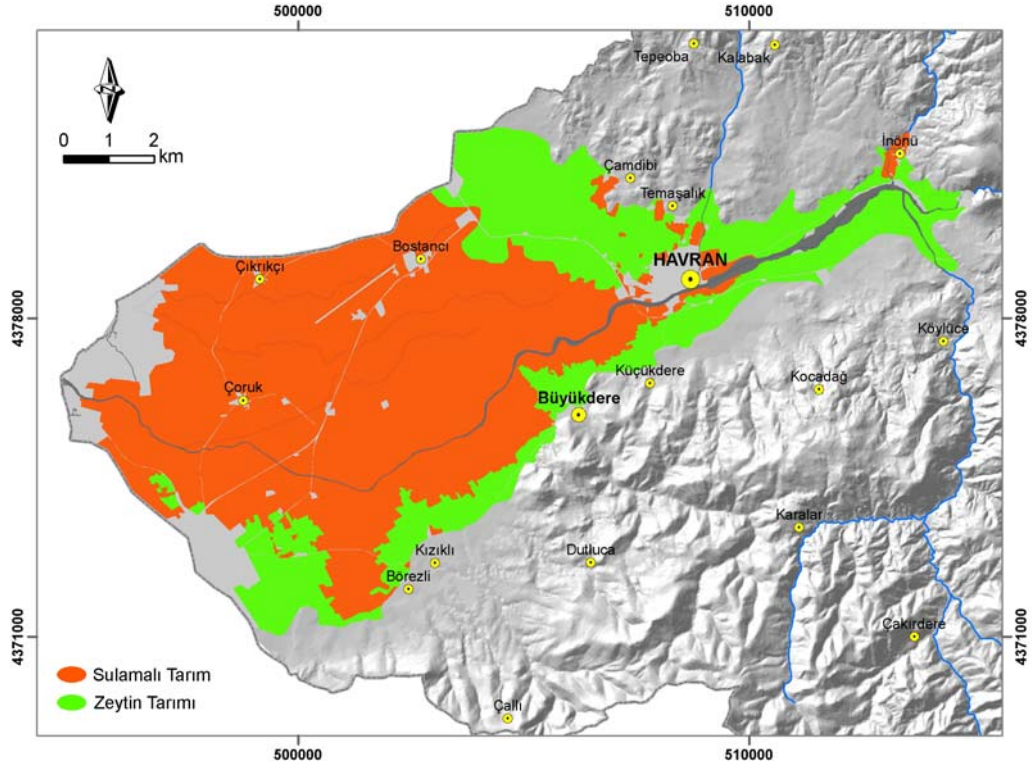
Buna göre iki farklı sınıflandırmanın \hat{k} (KHAT) istatistiği sonuçları Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26: Sınıflandırmalara ait KHAT istatistiği sonuçları.

No	Sınıflar	Landsat MSS - 1975	Spot XS-2005
1	Orman Formasyonu	0.98	0.94
2	Zeytin Tarımı	0.61	0.71
3	Sulamalı - Kuru Tarım	0.83	0.96
4	Kuru Tarım - Açık Alanlar	0.85	0.62
5	Demir Madeni Alanı	1.00	1.00
6	Maki Formasyonu	0.67	0.94
7	Deniz	1.00	1.00
8	Ot Formasyonu-Açık Alan	-	1.00
Overall KHAT		0.81	0.82

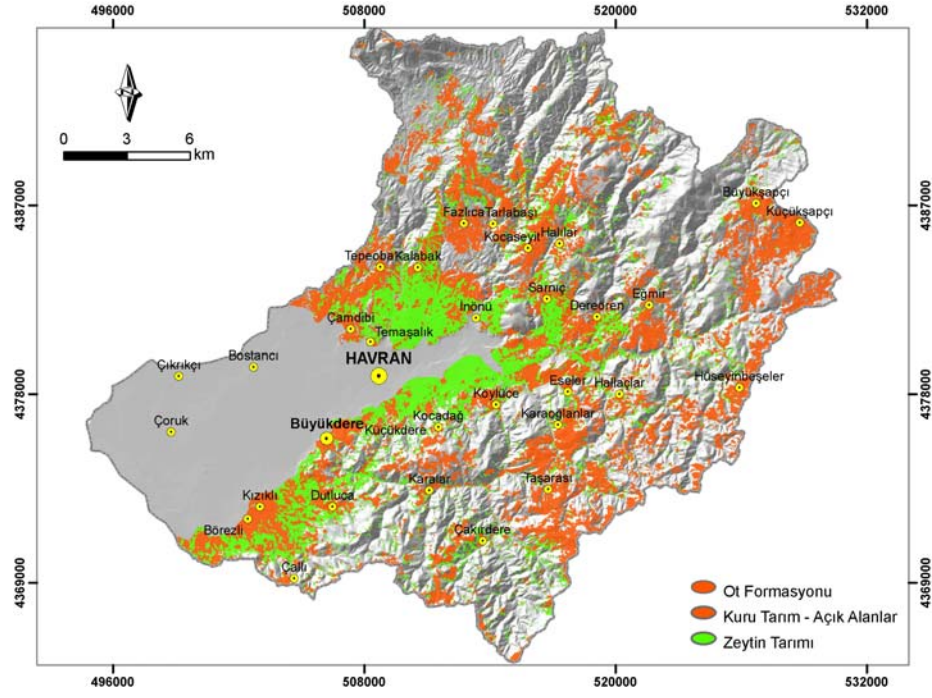
Ova tabanı ve yakın çevresi haricindeki alanlardaki tarım alanları için günümüz ve geçmişi karşılaştırmak amacıyla bu iki uydu görüntüsünden üretilmiş sınıflamalar kullanılmıştır. Bunun için sınıflar arasındaki 2, 3 ve 4 nolu sınıflar değerlendirilmiştir. Fakat Tablo 26'dan da anlaşılacağı gibi KHAT değerleri zeytin tarımı için Landsat görüntüsünde, kuru tarım ve yerleşmelerin de içinde bulunduğu açık alanlar için Spot görüntüsünde düşüktür. Dolayısıyla sınıflamadaki alansal değerlerin hata payları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışma alanının sahip olduğu fiziki coğrafya koşulları, başta zeytin ve pamuk gibi endüstriyel bitkilerle tahıl ve baklagiller tarımının en uygun koşullarda yapılmasına imkan sağlamaktadır. Bu tarım ürünlerinin alandaki dağılışı olarak bakıldığında, genel olarak ova tabanında sulamalı tarım yoğunluk kazanırken, yine kısmen ova tabanında ve yakın çevrelerindeki birikinti konileri üzerinde zeytin tarımı yoğunluk kazanmaktadır (Şekil 58,59). Ova gerisinde havzanın iç kesimlerinde daha çok kuru tarım faaliyetleri hakim durumdadır.

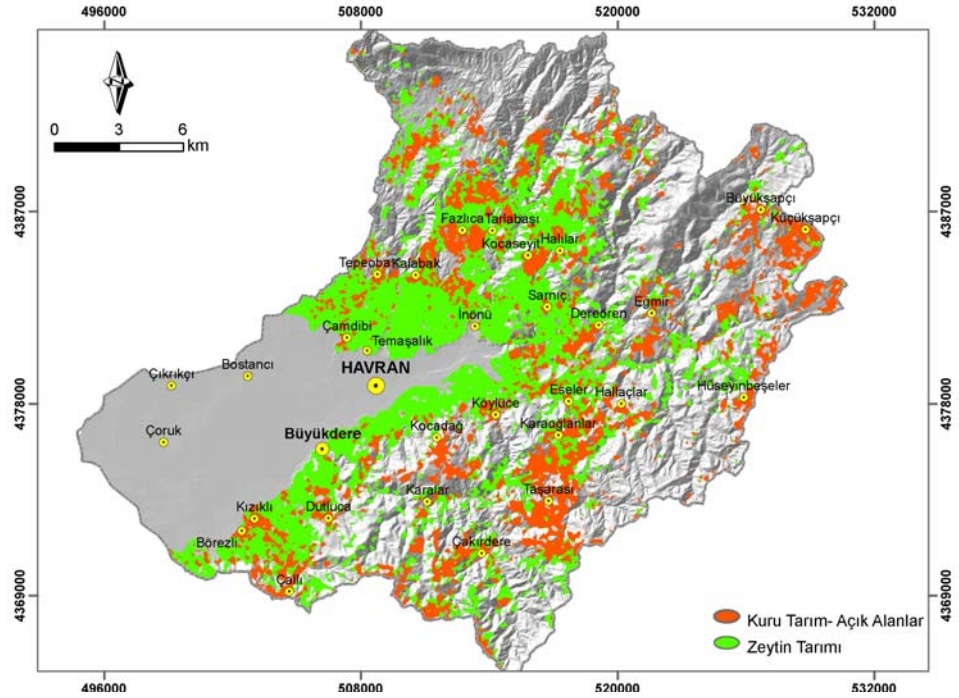


Şekil 58: Ova tabanı ve yakın çevresi tarımsal faaliyetler (2004 Quickbird).

Ovada yapılan sulamalı tarım ürünleri çok çeşitli olup ekilen alan ve üretim olarak ele aldığımızda önemli olanlar, meyvelerden mandalina, üzüm, erik, kiraz, şeftali

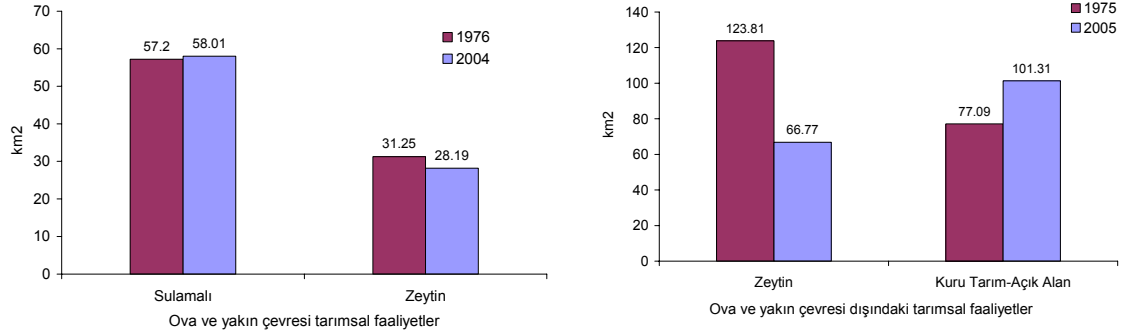


Şekil 60: Ova ve çevresi dışındaki alanlardaki tarımsal faaliyetlerin dağılışı (2005 Spot).



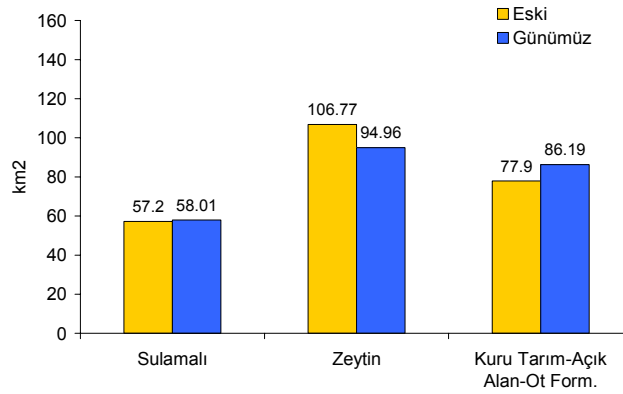
Şekil 61: Ova ve çevresi dışındaki alanlardaki tarımsal faaliyetlerin dağılışı (1975 MSS).

Tarım alanlarından zeytinliklerin 1975 yılındaki alansal dağılışı 123.81 km² olarak bulunmuştur. Fakat bunun Khat istatistiğindeki doğruluk değeri olan % 61 alındığında 75.52 gibi bir değer bulunur. Bu da daha doğru bir sonuç demektir ve zeytinlik alanlarındaki azalmayı gösterir. Spot XS'in çekimi yaz ayında gerçekleştiği için kuru tarım ve açık alanlar yaklaşık yansıma değerlerinden dolayı aynı sınıf altında toplanmışlardır. Ayrıca, ot formasyonunun da alansal dağılışı yine aynı yansıma özelliklerinden dolayı değerlendirilmeye alınmıştır. Bu sınıfta Khat istatistiğine göre doğruluk % 62 dir. 101.31 km² nin bu değerdeki karşılığı ise 62.81 km² gibi bir değerdir. 1975'e göre değerde azalma meydana gelmiştir (Grafik 28).



Grafik 28: Havzadaki tarımsal faaliyetlerin alansal değişimi.

Havza geneli için eski (1975-76) ve günümüz (2004-5) değerleri toplam olarak ele alındığında, sulamalı tarım alanlarında çok fazla değişiklik olmamıştır (+ 0.81 km²). Zeytinlik alanlarında azalma olurken (- 11.83 km²), kuru tarım vd. türler için artış söz konusudur (+ 8.29 km²) (Grafik 29).



Grafik 29: Havzadaki tarımsal faaliyetlerin alansal değişim grafiği.

Havzadaki tarımsal faaliyetlerin alansal dağılışına bakıldığında zeytinin ilk sırayı aldığı görülmektedir. Bunu, kuru tarım alanları tam olarak çıkartılmadığı için, sulamalı tarım ve kuru tarım takip etmektedir. Dolayısıyla sahanın ekonomik geliri açısından zeytinin daha fazla öneme sahip olduğunu söylemek mümkündür. Balıkesir ili genelinde Ayvalık, Gömeç, Burhaniye, Edremit ve Havran'dan oluşan ve ilin I. Alt Bölgesi olarak değerlendirilen bu alanlardaki zeytin üretimi 193.679 tondur (Balıkesir İl Tarım Müdürlüğü, 2005). Bu değer, il genelindeki 215.454 tonluk üretimin % 89'nu oluşturmaktadır. I. Alt bölgedeki zeytinlik alanlarının toplamı 735.91 km² dir. Sahadaki zeytin alanları ise ilin I. Alt bölgesindeki toplam zeytin alanlarının 1/7'sini oluşturmaktadır. Balıkesir'in Türkiye toplam zeytin üretiminde % 17'lik bir paya sahip olması, ilde üretimin en fazla I. Alt bölgede olması ve çalışma sahasında bu alt bölge içinde yer alması, zeytin tarımı açısından sahanın ne derece önemli olduğunu ortaya koyar.

2.1.2.2. Sanayi Faaliyetleri

Çalışma sahasının içinde bulunduğu Edremit-Burhaniye ve Havran ovası ve çevresindeki ekonomik etkinliğin daha çok tarıma dayanması, tarım üretimine bağlı olan sanayi faaliyetlerinin sahada daha çok yaygınlık göstermesine neden olmuştur. Risk açısından değerlendirilecek olan ova tabanındaki sanayi faaliyetleri bu başlık altında incelenmiştir.

Alandaki zeytin üretimine bağlı olarak, ova tabanında geçmiş dönemlerden bu yana zeytin yağı üretimi önemli bir sanayi faaliyeti olarak karşımıza çıkmaktadır (Foto 13, 14). Sahada yapılan arazi çalışmalarıyla 17 adet zeytinyağı fabrikası tespit edilmiştir.



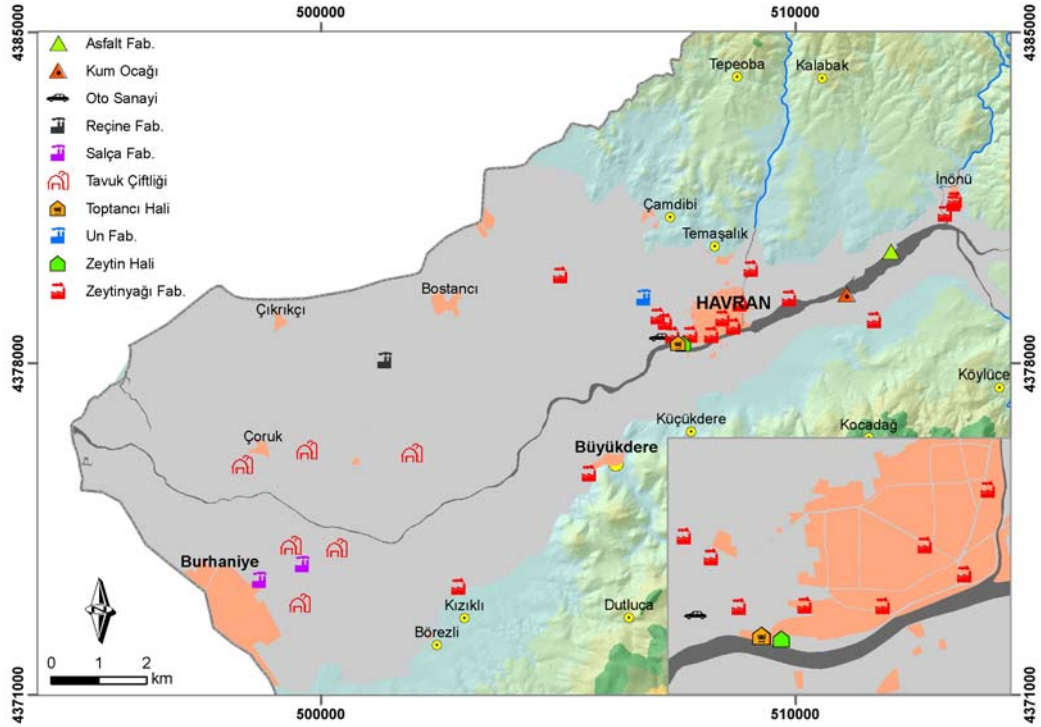
Foto 13: Eski zeytinyağı fabrikası.



Foto 14: Yeni zeytinyağı fabrikası.

Gıda sanayisini temsil eden bu fabrikalar daha çok Havran yerleşmesi ve çevresinde yoğunlaşırken İnönü, Büyükdere ve Kızıklı yerleşmelerinde de dağılışı göstermektedir (Şekil 62). Sahada bulunan zeytinyağı fabrikalarının çalışma süreleri 90-120 gün arasında değişmektedir. Genellikle Kasım ayında üretime başlayan bu fabrikalar, üretimlerini Şubat ayı sonuna kadar devam ettirmektedir.

Diğer gıda sanayisini temsil eden işletmeler salça ve un fabrikalarıdır. Ova tabanında üretilen domateslerin işlenmesi amacıyla Burhaniye'de açılan 2 salça fabrikası bulunmaktadır. Alan içinde 1 tane un fabrikası olup, Havran yerleşmesi yakınlarında yer alır.



Şekil 62: Ova tabanında yer alan sanayi faaliyetlerinin dağılışı.

Alan içinde, Bostancı Köyü yerleşmesi yakınlarında orman ürünleri sanayii olan reçine fabrikası vardır. 1972 yılında işletmeye açılmış olan fabrikada üretilen reçine, boya sanayiinde kullanılmak üzere yöre dışına pazarlanmaktadır. Bunun haricinde Havran yerleşmesinde bulunan oto sanayi, toptancı hali ve zeytin hali, Havran Çayı yatağı içinde yer alan kum ocağı ve asfalt fabrikası da sahada bulunan diğer sanayi faaliyetleridir. Bu sanayi faaliyetleri dışında ova tabanında son yıllarda oldukça

yaygınlaşan tavuk çiftlikleri dikkat çekmektedir. Sahada belirlenmiş 6 adet tavuk üretim çiftliği bulunmaktadır.

Ayrıca çalışma alanı içinde sanayiye hammadde sağlayan Eğmir demir yatakları vardır (Foto 15, 16). 1952 yılından günümüze işletilen bu yataklardan çıkartılan demir, Ereğli demir çelik fabrikasına hammadde sağlamaktadır. Ayrıca, çimento fabrikalarına da bu alandan sevkiyat bulunmaktadır. Hematit mineralinin hakim olduğu yatak 8 milyon ton rezerviyle Türkiye'nin büyük demir yatakları arasındadır (Özdemir, 1998)



Foto 15: Eğmir demir yatağı.

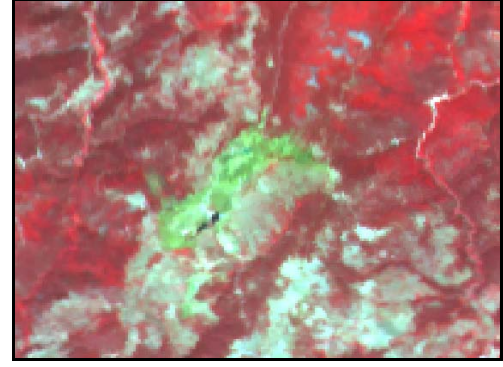
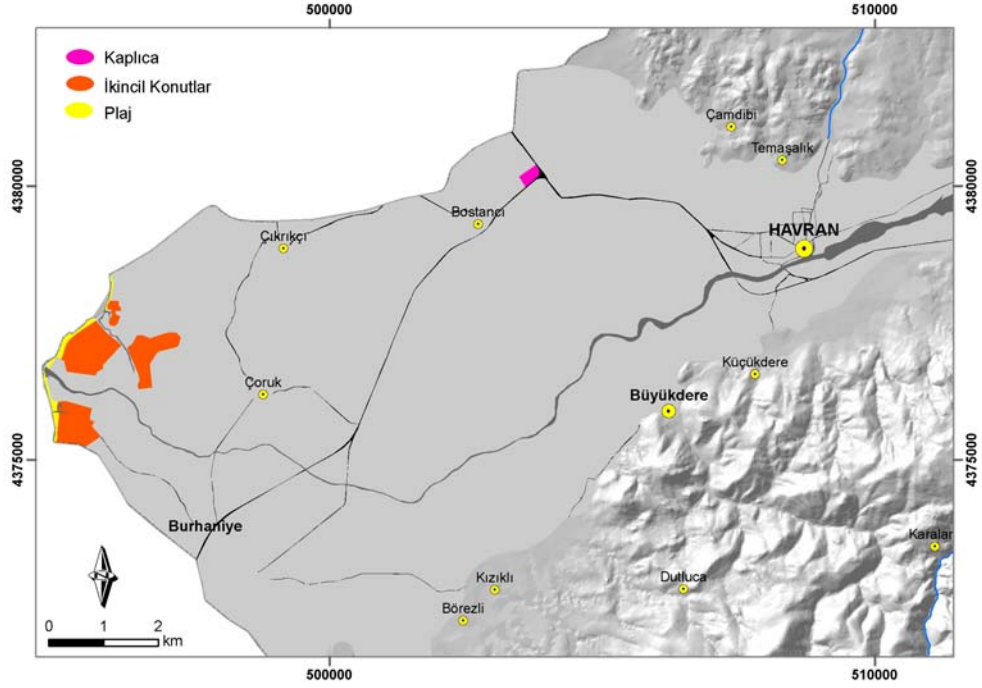


Foto 16: Eğmir demir yatağı (Spot XS,3-2-1).

2.1.2.3. Turizm Faaliyetleri

Sahada ekonomik olarak gelir getiren faaliyetlerden birisi de turizmdir. Fakat turizmin katkısı Edremit ve Burhaniye ilçelerindeki kadar değildir. Buradaki turizm faaliyetlerine olanak sağlayan yerler olarak, Havran Çayı'nın denize döküldüğü alandaki ikincil konutları ve bunların önünde yer alan plajları sayabiliriz. Bunun haricinde ise Bostancı Köyünde Edremit-Havran yolu üzerinde bulunan Derman kaplıcaları, alan içindeki önemli turizm faaliyetleri arasındadır. Kaplıca suyu, çeşitli kadın hastalıklarına, romatizmaya ve içilmek suretiyle de böbrek taşı rahatsızlıklarına iyi gelmektedir (Turizm İl Müdürlüğü, 2006).

Bunların haricinde, Havran yerleşmesi ve çevresinde bulunan antik kalıntılar ve tarihi yapılar, Çanakkale savaşında kaldırdığı 276 kg. ılık top mermisiyle ünlenen Kocaseyit'in ismini aldığı Kocaseyit Köyünün bu alanda olması ve havzanın iç kesimlerindeki doğal güzellikler alternatif turizm olanakları için sahanın potansiyeli olduğunu göstermektedir. Fakat bu turizm şekli günümüzde gelir kaynağı olmadığı için burada değinilmemiştir.



Şekil 63: Sahadaki turizm alanlarının dağılışı.

2.1.3. Sosyal Özellikler

Sosyal faktörler risk analizi çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. İnsanın veya toplumların toplumsal refahıyla ilişkilendirilir. Ayrıca okur-yazarlık ve eğitim seviyeleri, barış ve huzurun varlığı, insan haklarının uygulanabilmesi, yönetim sistemi, sosyal eşitlik, olumlu yöndeki geleneksel değerler, gelenek-görenekler, inançlar ve bunların bütününe oluşturduğu sistemi içine alır (UN/ISDR, 2004). Bahsedilen toplumlara ait bu değerler nüfus ve kültürel özellikler başlıkları altında toplanmıştır.

2.1.3.1. Nüfus Özellikleri

Sahanın nüfus özellikleri olarak, mevcut nüfusun saha içindeki dağılımı, bunların geçmiş dönemden günümüze değişimi, kadın-erkek nüfuslarının dağılışı, 18 yaş altı ve 65 yaş üstü nüfusun dağılışı, sahadaki nüfusun eğitim düzeyi konuları üzerinde durulmuştur. Sahadaki nüfus özellikleri havza genelinde köy bazında ele alınmış olup Havran ilçe merkezinde ise mahalle bazında ele alınmıştır. Ayrıca nüfus değerleri, taşkın ve heyelan konusu incelendiği için çalışmaya katkısı olması

bakımından, bağlı olduğu ilçelere göre ele alınmamış olup ova tabanı ve yakın çevresi ile havza iç kesimlerinin nüfus özellikleri şeklinde incelenmiştir (Tablo 27).

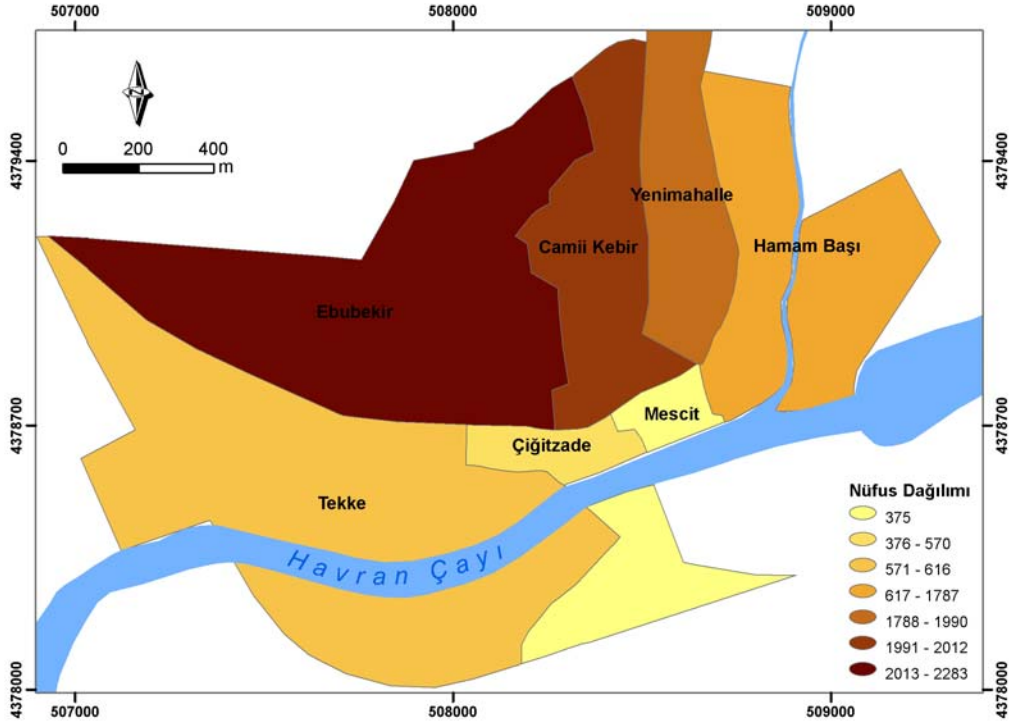
Tablo 27: Çalışma alanının nüfus özellikleri (Balıkesir İl Nüfus Müdürlüğü, 2005).

	No	Adı	1955 Toplam	2000 Erkek	2000 Kadın	2000 Toplam	Değişim % 1955-2000
Ova tabanı ve yakın çevresi	1	Camiikebir		1004	1008	2012	
		Çiğitzade		269	301	570	
		Ebubekir		1195	1088	2283	
		Hamambaşı	6221	960	827	1787	62
		Mescit		189	186	375	
		Tekke		292	324	616	
		Yeni Mah.		961	1029	1990	
	Diğer Sayımlar		408	81	489		
	2	Kızıklı	1115	882	905	1787	60
	3	Bostancı	626	603	610	1213	94
	4	Börezli	378	331	327	658	74
	5	Çoruk	514	270	265	535	04
	6	Çıkrıkçı	309	209	189	398	29
	7	İnönü	399	149	147	296	-26
		TOPLAM	9562	7722	7287	15009	57
Havzanın iç kesimleri	8	Büyükdere	1714	1140	1086	2226	30
	9	Çamdibi	877	760	755	1515	73
	10	Kocaseyit	755	714	630	1344	78
	11	Hallaçlar	543	491	499	990	82
	12	Küçükşapçı	731	463	501	964	32
	13	Küçükdere	1029	467	465	932	-09
	14	Fazlıca	504	426	397	823	63
	15	Kalabak	591	421	379	800	35
	16	Temaşalık	223	367	339	703	215
	17	Köylüce	507	330	329	659	30
	18	Büyükşapçı	652	303	277	580	-11
	19	Tepeoba	312	289	278	567	82
	20	Eğmir	907	226	219	445	-51
	21	Hüseyinbeşeler	323	197	185	382	18
	22	Eseler	200	206	173	379	90
	23	Kocadağ	552	172	193	365	-34
	24	Sarıç	484	171	175	346	-29
	25	Dereören	298	175	165	340	14
	26	Halılar	269	179	158	337	25
	27	Dutluca	303	175	153	328	08
28	Çakırdere	283	157	149	306	08	
29	Tarlabası	212	145	130	275	30	
30	Karaoğlanlar	442	133	133	266	-40	
31	Karalar	172	57	59	116	-33	
32	Taşarası	299	53	52	105	-65	
33	Çallı	267	35	21	56	-79	
		TOPLAM	13449	8252	7900	16152	20
		GENEL TOPLAM	23011	15974	15187	31161	35

Buna göre ova tabanı ve yakın çevresindeki toplam nüfus, 1955 yılında 9562 iken, 2000 yılında 15009'a ulaşmıştır. Artış değeri 45 yıllık süreçte % 57 dir. Köyler

bazında ele alındığında buradaki bütün köylerde bir artış söz konusu iken, sadece İnönü yerleşmesinde azalma meydana gelmiştir. Bunun yanında, Havran ilçe merkezindeki nüfus değerlendirildiğinde, 6221 olan toplam nüfus 2000 yılında 10122'ye ulaşmıştır. Merkezdeki nüfus artış oranı % 62 dir. Gerek merkezde ve gerekse ova ve çevresinde nüfus artış oranı oldukça yüksektir. Bu alanda toplam nüfus dışında kadın ve erkek nüfusunun dağılışına bakıldığında gerek merkezde gerekse ova ve çevresindeki yerleşmelerde erkek nüfusun kadın nüfusa göre fazlalığı dikkat çekmektedir.

Havran ilçe merkezindeki nüfus özelliklerine bakıldığında, mahalle olarak nüfusun dağılışında Ebubekir ve Camiikebir nüfusun en fazla olduğu mahallelerdir (Şekil 64). Bu mahalleleri Yeni Mahalle, Hamambaşı, Tekke ve Çiğitzade takip eder. Nüfusun en az olduğu mahalle ise Havran'ın en eski mahallesi olan Mescit Mahallesidir.

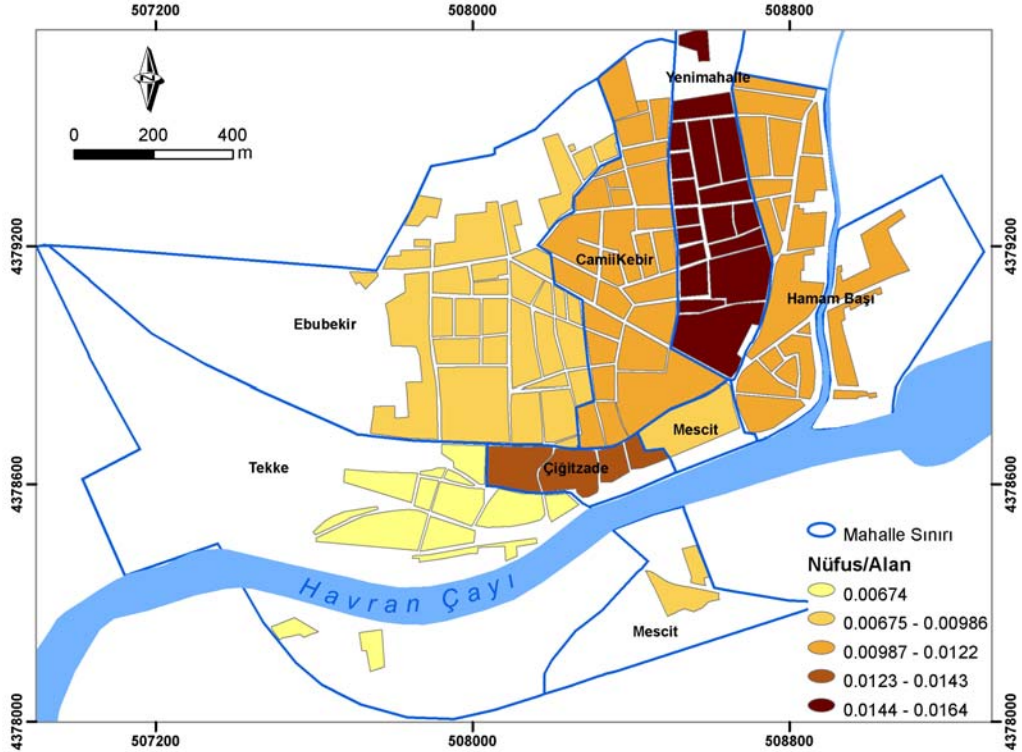


Şekil 64: Havran ilçe merkezindeki nüfusun dağılışı.

Ayrıca, nüfusun mahallelerdeki yoğunluğu çıkartılmıştır. Yoğunluk hesaplamasında mahalle sınırları, yerleşim alanının sınırları dışına taşıdığı ve yoğunluğu tam yansıtmayacağından dolayı kullanılmamıştır. Bunun yerine 2004 Quickbird uydu verilerinden görsel yorumlama ile ve arazi çalışmaları sonucunda mahallelerdeki

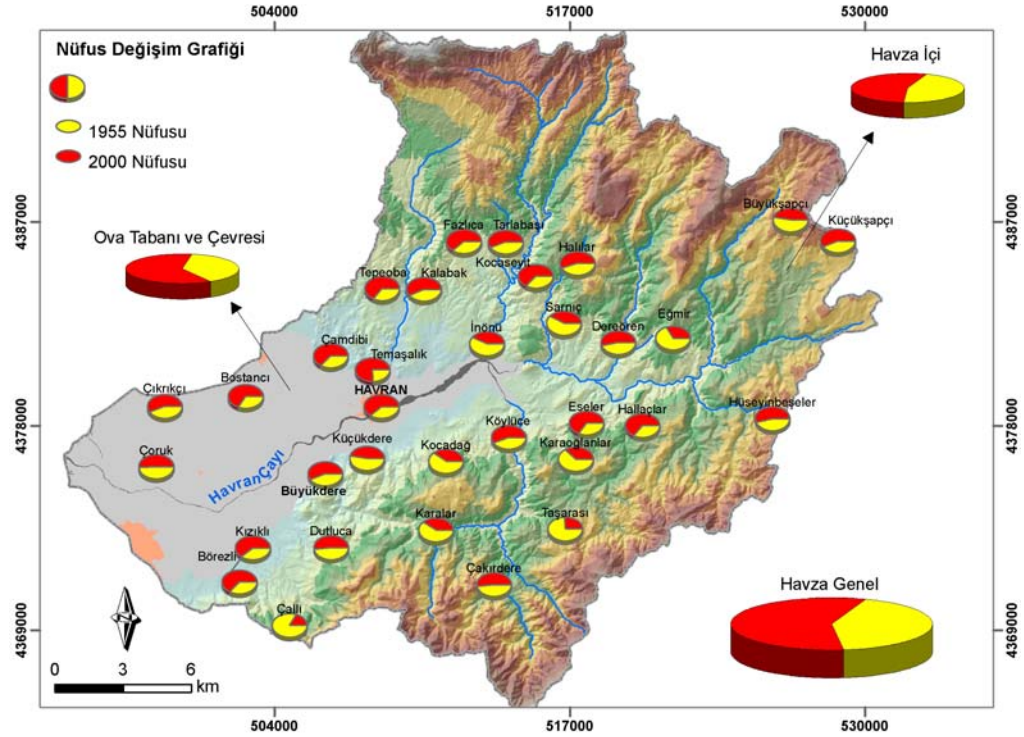
yerleşimlerin sınırları belirlenmiş olup yerleşim alanı sınırı olarak bu veriler kullanılmıştır (Şekil 65). Buna göre, Yeni Mahalle, Çiğitzade Mahalleleri yoğunluğun fazla olduğu mahallelerdir. Bu mahalleleri Camiikebir, Hamambaşı, Mescit, Ebubekir, ve Tekke Mahalleleri takip eder (Şekil 65).

Havzanın iç kesimlerdeki nüfus özelliklerine bakıldığında, 1955 nüfusu toplamda 13449 iken, bu değer 2000 yılında 16152'ye çıkmıştır. Toplam nüfustaki artış değeri % 20 dir. Yerleşmeler bazında ele alındığında ise 17 köyde 1945 ten bu yana nüfusta artış yaşanırken, 9 köyde azalma görülmektedir (Şekil 66, Tablo 27). Artış olan köylerin başında %215 lik en fazla artışıyla Temaşalık Köyü gelmektedir. Bunu Eseler, Tepeoba ve Hallaçlar Köyleri takip etmektedir. Azalmanın olduğu köyler, en fazladan en aza doğru sırasıyla Çallı, Taşarası, Eğmir, Karaoğlanlar, Kocadağ, Karalar, Sarnıç, Büyükşapçı ve Küçükdere Köyleridir (Şekil 66, Tablo 27). Alandaki 2000 nüfus sayımlarına göre kadın ve erkek nüfus dağılımına bakıldığında ise ova tabanındaki yerleşmeler gibi erkek nüfus burada da hakim durumdadır. Fakat Hallaçlar, Küçükşapçı, Kocadağ, Sarnıç ve Karalar Köylerindeki kadın nüfus erkek nüfusa göre daha fazladır (Tablo 27).



Şekil 65: Havran ilçe merkezindeki nüfus yoğunluğu.

Çalışma alanındaki toplam nüfusun 1955 ten 2000 yılına kadar 45 yıllık zaman süreci içinde 23011 olan nüfus değeri, 31161'e ulaşmıştır. Bu da % 35 lik bir artış demektir (Tablo 27). Bu artışın aynı oranda devam etmesiyle 2045 yılında alan içindeki nüfusun 42000'ni geçmesi muhtemeldir. Bu nüfus artışı, yukarıda da belirtildiği gibi daha çok ova tabanında görüleceği için bu alanın zarar görebilirliğinin artmasına neden olacaktır.



Şekil 66: Çalışma alanındaki yerleşmelere ait nüfus değişimi.

Nüfus özellikleri bakımından alanın önemli bir özelliği de mevsimlik göçlerdir. Mevsimlik göçlerin nedenlerini turizm, zeytin tarımı ve pamuk tarımı olarak sıralayabiliriz. Bunlardan zeytin toplama ile ilgili olan mevsimlik göçler, taşkınların yaşandığı Kasım-Şubat ayları arasında meydana geldiği için önemlidir. Pamuk tarımı ve turizm amaçlı göçler ise yaz aylarını kapsayan dönemde olduğu ve bu aylarda taşkın riski bulunmadığı için dikkate alınmamıştır. Kasım-Şubat ayları arasında mevsimsel göç alan yerler Tablo 28'de verilmiştir. Buna göre sahaya kış ayları içinde 3060 kişi göç etmektedir. Fakat bunlardan saha dışından gelenlerin sayısı yaklaşık 1650'dir. Diğer kısmı ise saha içindeki nüfusun yer değiştirmesi

şeklindedir. Göç alan yerlerden ova tabanında yer alan Çıkrıkçı, Börezli, Çoruk ve Kızıklı Köyü yerleşmelerine olan toplam göç sayısı ise 1550 dir.

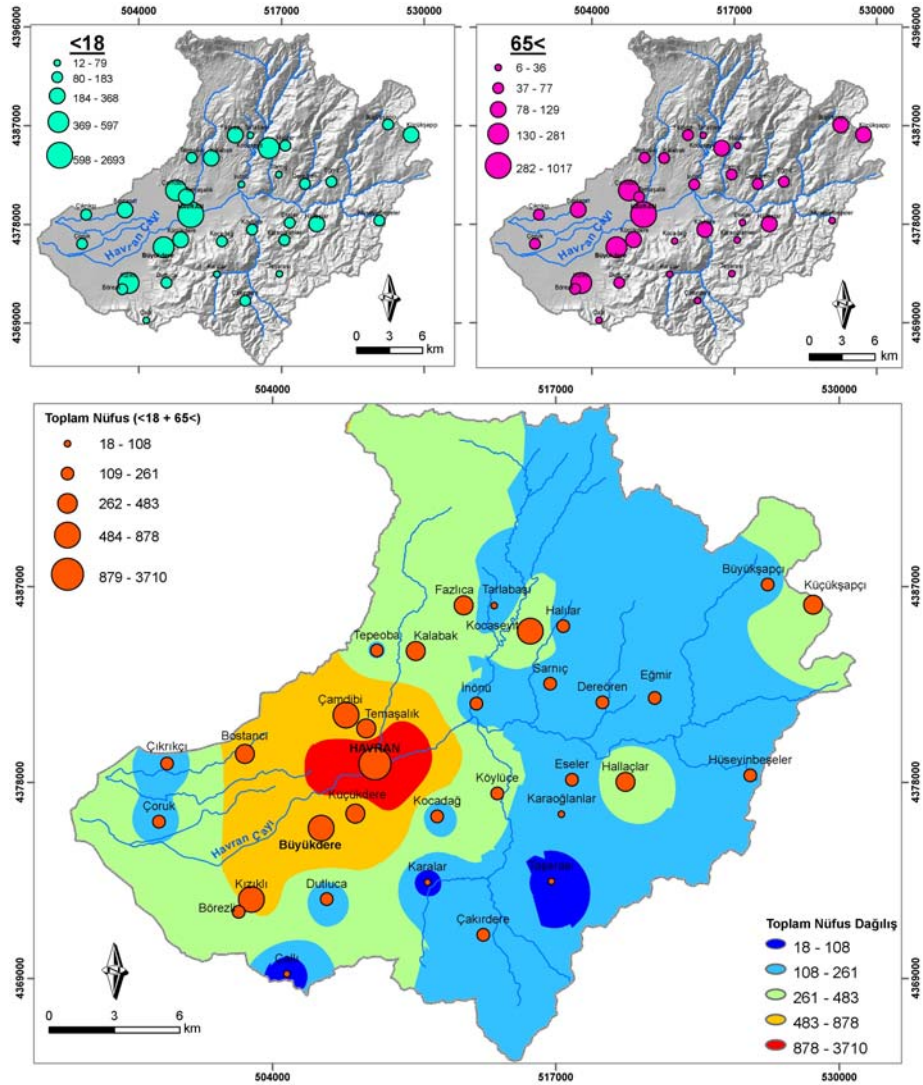
Tablo 28: Çalışma alanı içinde göç alan yerler ve sayıları (Mutluer, 1990).

Göç Alan Yerler	Göç Veren Yerleşimler	İş Türü	Kişi Sayısı
Çıkrıkçı	Yenice – İvrindi	Zeytin	100
Börezli	Havran – İvrindi	Zeytin	150
Çoruk	Havran	Zeytin	1000
Kızıklı	Havran – İvrindi	Zeytin	300
Büyükdere	İvrindi	Zeytin	200
Çamdibi	Balya – İvrindi	Zeytin	1000
İnönü	Çamlık	Zeytin	50
Kalabak	Balya – Yenice	Zeytin	20
Köylüce	Balya – İvrindi	Zeytin	30
Küçükdere	Balya – İvrindi	Zeytin	100
Temaşalık	Yenice – İvrindi	Zeytin	60
Tepeoba	İvrindi	Zeytin	50
Toplam			3060

Zarar görülebilirlik açısından nüfus özelliklerinden 18 yaş altı ve 65 yaş üstü ve kadın nüfusun değerlendirilmesinde fayda vardır. Çünkü 18 yaş altı ve 65 üstü nüfus, bağımlı nüfuslar olup afet esnasında yardıma ihtiyaç duymaları ve afet sonrası kendilerini toparlamaları açısından daha az yeteneğe sahip olmaları, bu grupların daha zarar görebilir olarak nitelendirilmesine neden olmuştur (Cutter vd., 1997). Ayrıca kadın nüfus da çok önemlidir. Çünkü ülkemizde olduğu gibi birçok toplumda kadınlar ev yaşamında en önemli role sahip cinsiyettir (UN/ISDR, 2004).

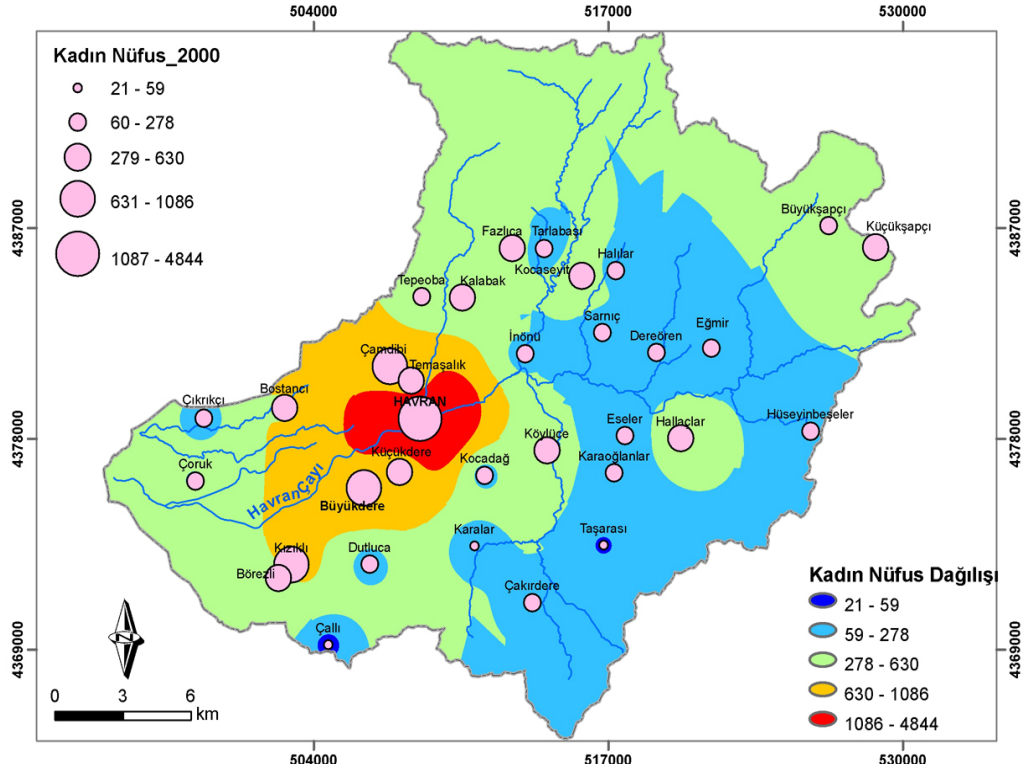
Çalışma alanı içindeki 2000 yılına ait 18 yaş altı ve 65 yaş üstü nüfus özelliklerine bakıldığında 18 yaş altı nüfus olarak en fazla olan yerleşim Havran ilçe merkezidir (2693). Bunu Büyükdere (597), Kocaseyit (526), Kızıklı (462), Çamdibi, (435), Bostancı (368) ve Hallaçlar (355) takip eder. Diğer yerleşmeler bu değerlerden daha azdır (Şekil 67). 18 yaş altı nüfus, ova tabanı ve yakın çevresi için ve havzanın iç kesimlerindeki dağılışı olarak değerlendirildiğinde, ova tabanı ve yakın çevresindeki yerleşmelerde toplam nüfusu 4028 olurken, havza iç kesimlerdeki yerleşmelerde 5012 gibi bir değer göstermektedir. 65 yaş üstü nüfus ise en fazla yine Havran ilçe merkezindedir (1017). Bunu Büyükdere (281), Kızıklı (225), Çamdibi (188), Küçükdere (129), Küçükşapçı (120), Bostancı (115) ve Köylüce (100) takip eder. Diğerleri bu değerlerden daha az nüfusa sahiptir (Şekil 67). Bu yaş grubu da ova tabanı ve havza içi olarak ele alındığında, ova tabanı ve yakın çevresi için toplamda 1580 kişi olurken, havza içinde toplam nüfusu 1831 kişidir.

İki yaş grubu birlikte değerlendirildiğinde ise çalışma alanındaki 18 yaş altı ve 65 yaş üstü toplam nüfus 2000 nüfus sayımına göre 12451'dir. Bu da çalışma alanındaki toplam nüfusun %40'ını oluşturur. 18 yaş altı ve 65 yaş üstü nüfusun havza içindeki dağılımları incelendiğinde, Havran yerleşmesi ve yakın çevresinde yoğunlaştığını, havza iç kısımlarına doğru yoğunluğun azaldığını görmek mümkündür (Şekil 67). Ova tabanı ve havza içi olarak ele alındığında ise ova tabanı ve yakın çevresinde 5608 kişi, toplam nüfusun % 37'sini, havza içinde ise 6843 kişi olup toplam nüfusun %42'sini oluşturur. Gerek ova tabanında toplam nüfusa göre gerekse havza içindeki toplam nüfusa göre zarar görebilirliği arttıran nüfusun dağılım oranları oldukça yüksektir.



Şekil 67: 18 yaş altı ve 65 yaş üstü nüfusun dağılışı.

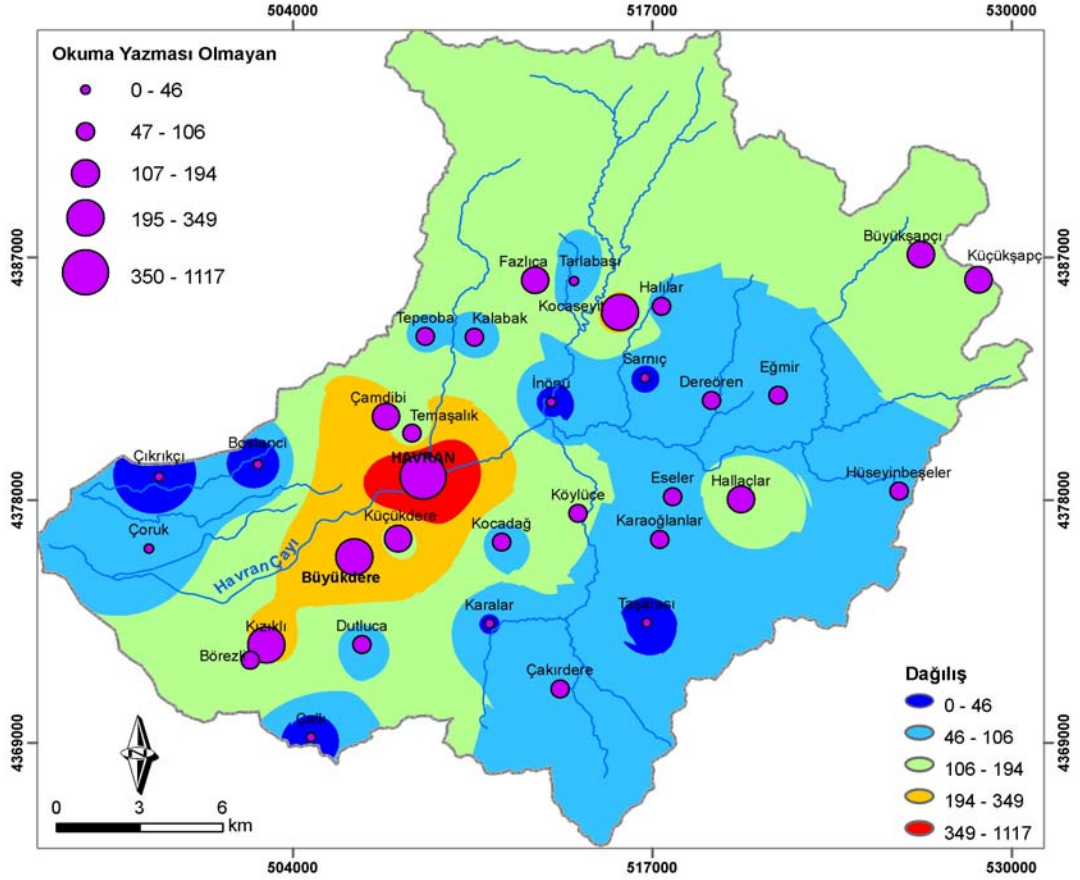
Çalışma alanındaki kadın nüfus 2000 nüfus verilerine göre toplamda 15187 kişidir (Tablo 27). Saha içindeki dağılışına bakıldığında, Havran yerleşmesi ve çevresinde yoğunluk kazanmaktadır (Şekil 68). Kadın nüfusun en fazla olduğu yerleşmeler Havran ilçe merkezi, Büyükdere, Kızıklı, Çamdibi, Kocaseyit, Bostancı ve Hallaçlardır (Şekil 68, Tablo 27). Ova tabanındaki kadın nüfusun toplamı 7287 iken havza iç kısımlarındaki sayısı ise 7900'dür (Tablo 29).



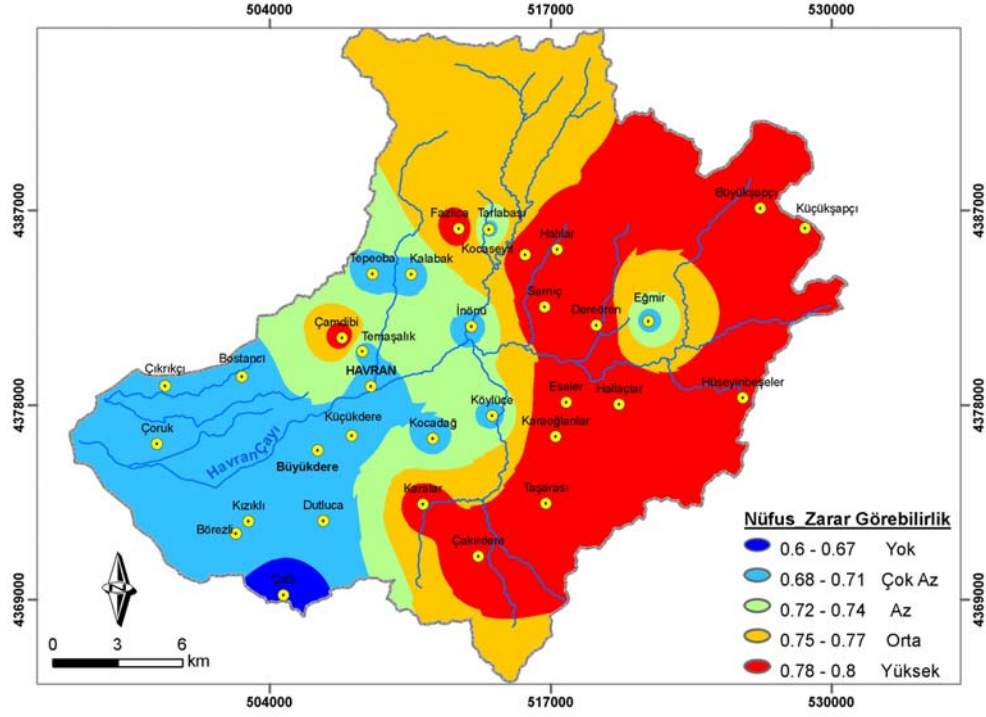
Şekil 68: Kadın nüfusun dağılışı.

Nüfusun eğitim düzeyi de afetlere karşı zarar görebilirliği arttıran özelliklerden birisidir (UN/ISDR, 2004). Çalışmada nüfusun eğitim düzeyi olarak mezun olduğu okullar seviyesinde değil, hiç okuma yazması olmayan nüfus ele alınmıştır. Buna göre sahadaki okuma yazma bilmeyenlerin toplam sayısı 2000 verilerine göre 4486 dır (TÜİK, 2007c). Bu da sahadaki nüfusun % 14'nü oluşturmaktadır. Yerleşmeler bazında ele alındığında en fazla Havran ilçe merkezinde yer alan okuma yazması olmayan nüfusu (1117), Büyükdere (349), Kocaseyit (278), Kızıklı (269) ve Çamdibi (194) yerleşmeleri takip eder (Şekil 69). Dağılışı olarak Havran yerleşmesi ve çevresinde yoğunluk kazanmaktadır. Ova tabanı ve havza içi olarak ele alındığında, ova tabanında 1548 kişi olup, toplam nüfusun %10 nu oluşturmaktadır. Havza içinde

ise okuma yazma bilmeyenlerin sayısı 2938 olup, toplam nüfusun %18'ni oluşturmaktadır.



Çalışma alanı içindeki yerleşmelerin zarar görebilirliklerini arttıran 18 yaş altı nüfus, 65 yaş üstü nüfus, kadın nüfus ve eğitim düzeyi düşük olan okuma yazma bilmeyen nüfusların yerleşmelerdeki toplam nüfusa oranlaması yapılmıştır. Bu parametrelerden kadın nüfus değerlendirilirken diğer 3 parametredeki kadın nüfuslar çıkartılmıştır. Böylelikle yerleşmelerde nüfusun sahip olduğu özellikler olarak zarar görebilirlikleri ortaya konmuştur (Şekil 70). Buna göre, havza ölçeğinde iç kesimlerde zarar görebilirliklerin arttığını söyleyebiliriz. Ova tabanı ve çevresinde ise nüfusun sahip olduğu yapıya bağlı olarak çok az bir zarar görebilirlik ortaya çıkmaktadır (Şekil 70).

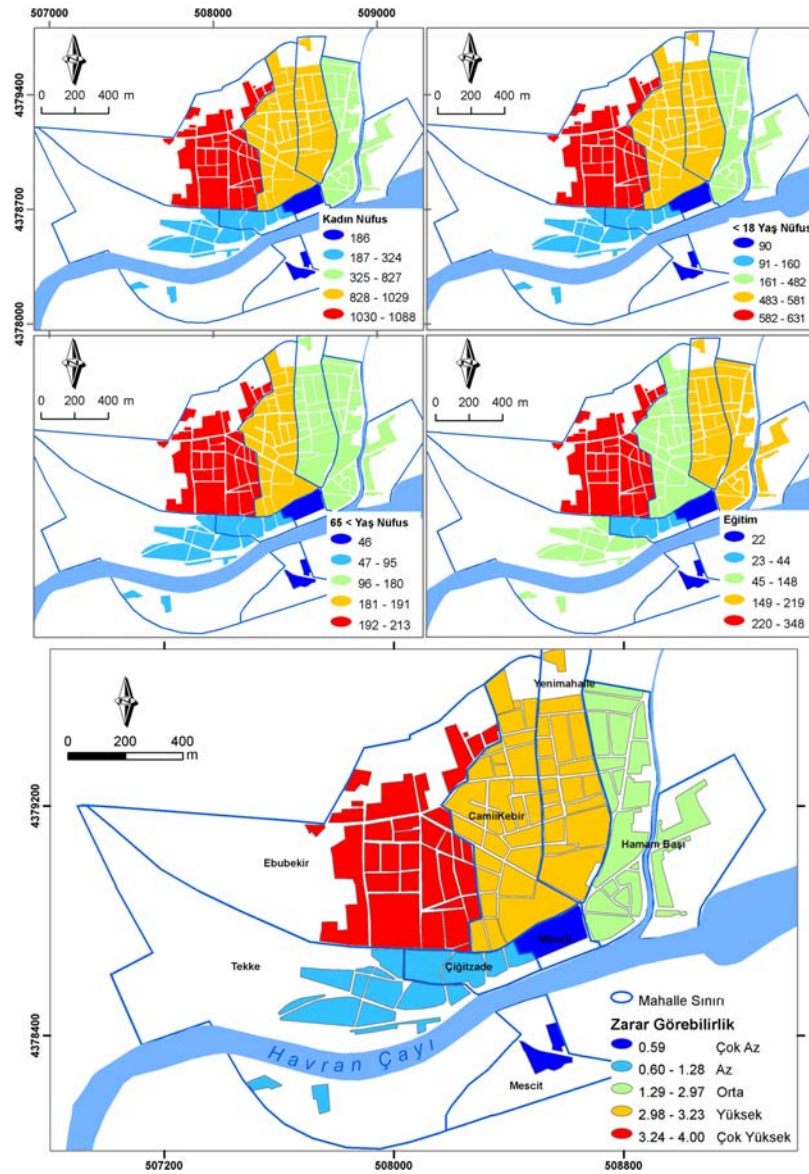


Şekil 70: Çalışma alanındaki nüfusun zarar görebilirlik özellikleri.

Ova tabanındaki en büyük yerleşme olan Havran ilçe merkezine ait zarar görebilirliği ortaya koymak için 18 yaş altı, 65 yaş üstü, kadın nüfus ve okuma yazma bilmeyen nüfusun değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu parametreler içinde kadın nüfus, 18 yaş altı nüfus, 65 yaş üstü nüfusların dağılışı paralellik göstermektedir. Üç özellikte de Ebubekir Mahallesi en fazla değere sahip olan mahalledir. Bunu Camiikebir, Yeni Mahalle, Hamambaşı, Tekke, Çiğitzade Mahalleleri takip eder. Mescit Mahallesi nüfus azlığına bağlı olarak en az değere sahip mahalledir (Şekil 71). Bu sıralama, okuma yazma bilmeyen nüfusun dağılışında azda olsa farklılık gösterir. Ebubekir Mahallesi yine ilk sırayı alırken, bunu Yeni Mahalle ve Hamambaşı Mahalleleri takip eder. Camiikebir, Tekke, Çiğitzade ve Mescit Mahalleleri sıralamadaki diğer mahallelerdir. Bu parametrelere bağlı olarak oluşturulan zarar görebilirlik değerlendirilmesi için, konut ve binalara ait zarar görebilirlik hesaplamasında olduğu gibi Cutter vd. (1997) formülü kullanılmıştır (Tablo 29). Buna göre çıkan sonuçta Ebubekir, Yeni Mahalle ve Camiikebir Mahalleleri zarar görebilirliğin yüksek olduğu mahallelerdir. Hamambaşı Mahallesi orta düzeyde zarar görebilirliğe sahipken bunu Çiğitzade ve en son olarak da Mescit Mahalleleri takip eder (Şekil 71).

Tablo 29: Mahalle nüfus özellikleri zarar görebilirlik değerlendirmesi.

Mahalle	Kadın Nüfus	< 18 Yaş	65 < Yaş	Okuma-Yazma Bilmeyen	Toplam
CAMİİKEBİR	0.93	0.90	0.89	0.43	3.14
ÇİĞİTZEDE	0.28	0.21	0.41	0.13	1.03
EBUBEKİR	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00
HAMAMBAŞI	0.76	0.76	0.82	0.63	2.97
MESCİT	0.17	0.14	0.22	0.06	0.59
TEKKE	0.30	0.25	0.45	0.28	1.28
YENİ	0.95	0.92	0.84	0.52	3.23



Şekil 71: Havran İlçesinin mahallelerine ait nüfus zarar görebilirlik özellikleri.

Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi Havran ilçe merkezinde Havran Çayı kenarındaki mahallelerin zarar görebilirlik değerleri düşük çıkmaktadır. Bunu geçmiş dönemlerdeki taşkınların etkisine bağlı olarak nüfusun dağılışının kuzey ve kuzeybatı yönüne doğru gerçekleşmesine bağlayabiliriz.

2.1.3.2. Kültürel Özellikler

Kültür tanımı için farklı bilim dallarında farklı tanımlamalar yapılmasına rağmen burada “belirli bir zamanda belirli bir yerde yaşayan belirli bir grup insanın karakteristik hayat tarzı” (Zimolzak ve Stansfield, 1983; Tümertekin ve Özgüç, 1997) olarak ele alınmıştır. Kültürel coğrafi görünüm, insan faaliyetlerinin gözle görünür delilleri olan maddi kültür, gözle görünmeyen fakat ona karakterini veren özellikler olan maddi olmayan kültür olarak tanımlanmaktadır (Tümertekin ve Özgüç, 1997).

Konuya bu açıdan bakıldığında, Havran ve çevresinde tarih öncesi dönemden günümüze kadar yaşamış medeniyetlerin bırakmış olduğu eserler sahadaki maddi kültür unsurları olarak karşımıza çıkarlar. Bunlardan Havran Barajı'nın olduğu alanda İnboğazı mevkiinde bulunan İnboğazı mağaraları sahadaki en eski kalıntılardır (Foto 17). Bu mağaralarda, tarih öncesi dönemlere ışık tutacak eserler bulunmuştur (Kökten, 1949). Ayrıca mağaralarda Bizans ve Roma dönemi izlerine de rastlamak mümkündür (Özdemir, 1998). Çalışma alanındaki diğer Roma dönemi kalıntısı ise Havran mezarlığı duvarındaki kalıntılardır (Foto 18).



Foto 17: İnboğazı mağaraları.



Foto 18: Roma dönemi kalıntılar.

Bu duvar kalıntıları, Roma döneminde, ırmağın taşmasını engellemek için inşa edilmiş olan uzun duvarların kalıntıları olarak kabul edilmektedir (Eriş, 1990). Belirgin olan bu eski yapıların dışında Havran merkezde daha çok Türk-İslam dönemi yapıları görmek mümkündür. Bunları camiler, çeşmeler, türbeler ve mezarlıklar olarak sıralayabiliriz (Foto 19, 20).



Foto 19: Çeşme.



Foto 20: Tekke Cami.

Bunların haricinde Havran yerleşmesinde eski dokuyu oluşturan yakın dönem yapıları da yine maddi kültürü arasında sıralayabiliriz. Bu yapılar halen günümüzde kullanılmakta olup oldukça fazla yaygındırlar. Ahşap ve kerpiçten yapılan evler tek katlı olup evler arasında dar sokaklar mevcuttur (Foto 21, 22).



Foto 21: Yakın döneme ait ev.



Foto 22: Dar sokaklar.

Havran İlçe merkezindeki bu maddi kültür özelliklerin dışında sahanın olumlu yöndeki geleneksel değerleri, gelenek-görenekler, inançlar gibi özellikleri de maddi olmayan kültürel değerlerini oluşturmaktadır. Çünkü bu özellikler, afet sırasında ve

sonrasındaki davranışların temelini oluşturan özelliklerdir. Bu özellikler de maddi kültür özellikleri gibi mekansal olarak haritalanamamış olup sadece genel özellikleri üzerinde durulmuştur. Saha içindeki halk, arazi çalışmaları sırasında da gözlemlendiği kadarıyla, geleneklerine ve sahip olduğu değerlere sıkı sıkıya bağlı, iyi mizaçlı, yeniliği seven ve misafirperver insanlardır. Aile bağlarının güçlü olması yanında komşuluk ilişkileri de oldukça iyidir.

Burada değinilmesi gereken bir diğer özellik de, 1875 yılından bu yana Cuma gününün Havran'ın halk pazarı olmasıdır (Özdemir, 1998). Bütün köylerden ilçe merkezine yüzlerce insan gelmekte ve gün içinde ilçe merkezinin nüfusu artmaktadır (Foto 23).

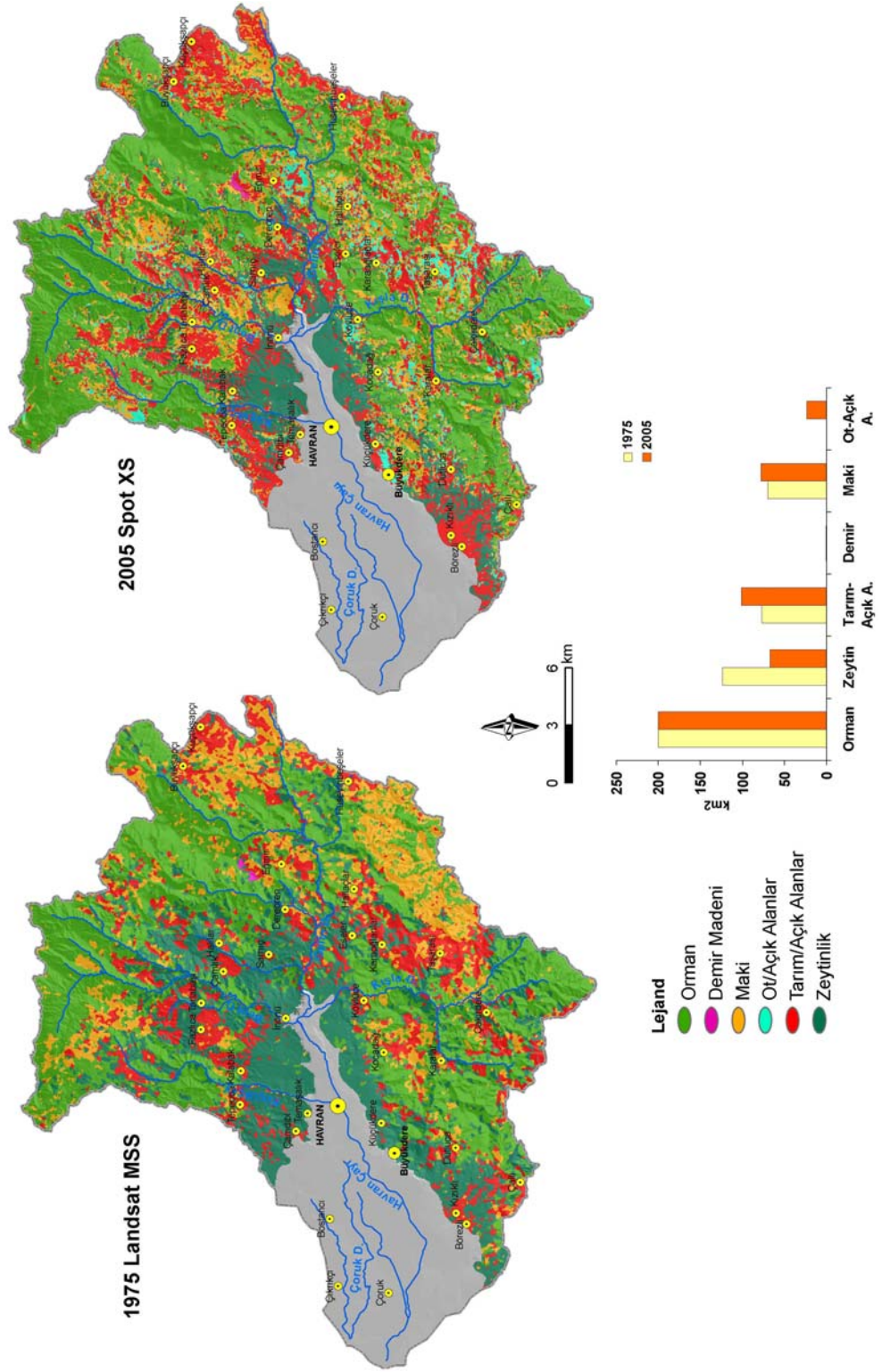


Foto 23: Cuma pazarından bir görünüm.

2.1.4. Çevresel Özellikler

Çevresel faktörler olarak değerlendirilen çevresel zarar görülebilirlik özellikleri, sahadaki doğal kaynakların kayıplarını veya zarar görmesini içermektedir. Özellikle afet anında insan yaşamı için önemli olan su kaynaklarının kirlenmesi, afetin boyutunu arttıran etmen olarak karşımıza çıkar. Sahada, çevresel faktörler olarak zaman içinde havzaki arazi kullanımındaki değişim ele alınmıştır. Bunun yanında sahadaki zeytinyağı fabrikalarının yaygın oluşundan dolayı fabrikalardan çıkan atık suların (karasu) Havran Çayı'na deşarjı ve Havran İlçe merkezine ait Havran Çayı yatağı içindeki çöp döküm sahası konularına da değinilmiştir.

Saha içindeki arazi kullanımındaki değişimi ortaya koymak için, çözünürlüğündeki farklılıklar gözönünde bulundurularak, 1975 Landsat MSS ve Spot XS uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Uydu görüntülerinden elde edilen verilere bağlı olarak orman örtüsünde bir değişim belirlenememiştir (Şekil 72).



Şekil 72: Çalışma alanında havza içi arazi kullanımındaki değişim.

Hemen hemen aynı değerleri gösteren orman alanlarının sahada tahribatı söz konusu değildir. Tahribat gerçekleşmiş olsa da yeni ağaç dikimleriyle eski görünüm kazanılmıştır. Alansal değer 200 km² olarak bulunmuştur. Fakat bunun yanında havza içindeki açık alanlar ve tarım alanlarının alansal dağılışında bir artış söz konusudur. Ayrıca yine açık alanlar grubuna dahil edebileceğimiz ot formasyonu da bu grup içinde değerlendirildiğinde toplam alan 77 km² den 124.6 km² ye çıkmıştır (Tablo 30).

Tablo 30: Havzanın iç kesimlerinde arazi kullanımındaki değişim.

Sınıflar	Landsat MSS - 1975	Spot XS-2005
Orman Form.	200	200
Zeytin	123.81	66.8
Tarım-Açık Alanlar	77	101.3
Demir Madeni	0.3	0.3
Maki Form.	69.7	77.7
Ot-Açık Alanlar	-	23.3

Saha içindeki tahribat orman alanlarına tam yansımamış olsa da veya orman alanları korunmuş olsa da bitki örtüsünden yoksun alanları oluşturan tarım alanları, açık alanlar, ot formasyonu gibi alanlardaki artış, sahanın doğal kaynak kayıpları bakımından oldukça aktif olduğu sonucu verir. Sahalardaki bitki örtüsü tahribatının, yüzeye düşen suların, yüzey üzerindeki yapacağı tahribatla ortaya çıkacak erozif faaliyetlerden başlamak üzere, havzanın aşağı kesiminde taşkınların oluşmasına kadar giden sürecin hızlanmasında önemli rolü vardır. Sahanın erozyon duyarlılığı bakımından Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri alt havzalarındaki bitki örtüsünün tahribatıyla daha fazla riske sahip olacağı toprak bahsinde belirtilmiştir (Şekil 46).

Doğal kaynakların tahribatı dışında insanın araziye yanlış kullanımı da afetler sırasında riski arttırıcı unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Saha için Havran ilçe merkezinin çöp döküm sahası bunun örneklerinden birisidir. Belediye çöp döküm sahası, Havran yerleşmesinin yaklaşık 3 km. doğusunda, Havran Çayı'nın örgülü mecrâ özelliği gösterdiği alanda yer alır. Çöp alanı yaklaşık olarak 21850 m² lik yayılış alanına sahiptir. Çöp sahasının yatağa bakan kısmında bulunan yükseklik, yatağın yapay kenarını oluşturmuştur (Şekil 73, Foto 24). Havran Çayı yatağının su kütleleriyle dolduğu taşkın dönemlerinde, çöplüğün sularla taşınmasıyla, daha aşağı kesimlerde yer alan yerleşme ve tarım alanları için çevresel riskler ortaya çıkacaktır.

Saha içerisindeki yanlış arazi kullanımlarından birisi de sonbahar ve kış aylarında zeytin üretiminin yoğun olduğu mevsimlerde, zeytinyağı fabrikalarından çıkan atık suların (kara su) Havran Çayı'na deşarj edilmesidir. Bu da önemli çevresel risklere neden olmaktadır.



Şekil 73: Çöp döküm sahası.

Havran ilçe merkezindeki zeytinyağı fabrikalarının atık suları da Havran Çayı'na deşarj olmaktadır (Foto 25). Olayın çevresel boyutuna, özellikle Balıkesir İl Tarım Müdürlüğü tarafından hazırlanan İl Tarım Master Planı içerisinde değinilmiştir (Balıkesir İl Tarım Müdürlüğü, 2006). Bu atık sular, taşkın dönemlerinde tarım ürünlerine ve insanlara zarar vermesi açısından önemlidir.



Foto 24: Belediye çöp döküm sahası.



Foto 25: Karasu deşarjı.

2.2. Doğal Faktörler

Risk analizi çalışmalarında, riskin oluşması için sahada meydana gelen ve bundan sonraki dönemlerde meydana gelme olasılığı bulunan doğal tehlikeler bu başlık altında ele alınmıştır. Tezin konusuyuda ilişkili olarak, doğal tehlikelerden sadece taşkınlar ve heyelanlar üzerinde durulmuştur. Bu doğal tehlikelerin potansiyel olarak gelecekte meydana gelmesi, muhtemel etki alanları ve görülebileceği alanların ortaya konması hedeflenmiştir.

2.2.1. Taşkınlar

Bu kısımda öncelikle çalışma sahasında meydana gelmiş taşkınların tarihçesi ve önleme çalışmaları üzerinde durulmuştur. Daha sonra taşkın risk analizi için gerekli olan değişik taşkın senaryoları ve bunların haritalaması yapılmıştır.

2.2.1.1. Sahadaki Taşkınların Tarihçesi

Çalışma alanının içinde bulunduğu Edremit Körfezi doğusunda yer alan ve denize dökülen akarsular içinde en büyük havzaya sahip olan Havran Çayı'dır. Diğer akarsular, graben sahasının kuzey ve güneyinden yüksek enerji ile sel karakterinde denize dökülürken, Havran Çayı, denize dökülmeden yaklaşık 20 km. doğuda İnboğazi mevkiinden sonra ova tabanına ulaşmakta ve eğim değeri 0.001 olan bu mesafeyi katettikten sonra denize dökülmektedir. Ova tabanına ulaştığı kesime kadar, Gelin Deresi olarak adlandırdığımız alt havzanın sularıyla beslenirken, ova tabanına geçişten sonra Kışla, Bent, Küçükçay, Değirmen Dereleri ve diğer küçük derelerin sularıyla da beslenerek denize dökülür.

Havran Çayı üzerinde taşkınların meydana gelmesinde her bir alt havzanın rolü bulunmaktadır. Özellikle ova tabanında taşkınların oluşmasında İnboğazi mekiinden sonra ana kola katılan akarsuların Havran Çayı üzerinde taşkınların oluşmasında rolü büyüktür. Morfometrik olarak bu daha önce ispatlanmıştır.

Çalışma alanında meydana gelmiş taşkınlar, tarihi taşkınlar olup yakın geçmişte taşkınlara rastlanmamaktadır. Meydana gelen tarihi taşkınlar şu şekildedir;

1528 Taşkını: Ekinleri su basmış ve çiftçilerden çoğu ekinlerini kurtaramamıştır (Akdağ, 1975).

1904 Taşkını: Havran Çayı taşarak Çoruh ve Çıkrıkçı Köyleri sular altında kalmıştır (Yetkin, 1957).

Mart- 1958 Taşkını: Tersip bendi dolu savağında akım değeri 95 m³/s ölçülmüş olup, taşkına ait zarar 77.356 x 103 TL dir.

Aralık- 1964 Taşkını: Tersip bendi dolu savağında ölçülebilen akım değeri 115.70 m³/s olup, Havran ovasında birçok alan su altında kalmıştır.

Ocak- 1968 Taşkını: Havran tersip bendinde ölçülebilen akım miktarı 390 m³/s olup, 30 dekar arazi su altında kalmıştır. Toplam zarar ise 355x103 tür.

5 Ocak 1979 Taşkını: 2460 dekar alan su altında kalmış olup, toplam zarar 14.998.144 TL. dir.

07.06.1980 Taşkını: Bu taşkın Havran Çayı üzerinde meydana gelmemiş olup, Havran Çayı'na katılan Değirmen Deresi üzerinde meydana gelmiştir. Büyükdere yerleşmesinin olduğu bu kesimde taşkın neticesinde 11 hane zarar görmüştür (AİGM, 1984).

25 Aralık 1981 Taşkını: Havran Çayı tersip bendi dolu savağında ölçülebilen maksimum akım miktarı 459 m³/s dir. Bu taşkında 1 kişi hayatını kaybetmiş, Havran köprüsü yıkılmış ve 6485 dekar tarım arazisi sular altında kalmıştır. Bu taşkın da toplam zarar 44.217.316 TL. dir (DSİ, 1988; Özdemir, 1998).

Meydana gelmiş bu taşkınlardan özellikle 1979 ve 1981 taşkınlarına ait zarar çeşitleri Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31: 1979 ve 1981 taşkınlarının toplam bilançosu (DSİ, 1988).

Taşkın Zarar Çeşidi	1979 Taşkını	1981 Taşkını
Tarımsal Zararlar	12.998.144 TL.	31.808.666 TL.
Hayvansal Kayıplar	-	3.129.250 TL.
Malzeme ve Yem Kayıpları	-	279.400 TL.
Köprü ve Yol Kayıpları	2.000.000 TL.	9.000.000 TL.
Toplam	14.998.144 TL.	44.217.316 TL.

Taşkınların zararları olarak değerlendirdiğimizde can kayıpları olarak fazla bir etkiye sahip değilken, mal kayıpları olarak etkisi daha fazladır. Özellikle ova tabanında tarım alanlarının yoğunluk kazanması, meydana gelmiş taşkınlarda bu alanların daha fazla zarar görmesine neden olmuştur (Foto 26).



Foto 26: 1981 taşkınında zarar giderme çalışmaları (Mehmet Sütüven'den).

Havran Çayı üzerinde meydana gelen bu taşkınları önlemek amacıyla birtakım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

Küçükçay Deresi Islahı: Küçükçay Deresinin Havran ilçe merkezi ile Kalabak Köy yolu köprüsü arasındaki kısma 1960 ve 1970 li yıllarda iki defa kazık ve çitlerle tahkimat yapılmış ise de yapılan tahkimatlar kısa sürede işlevlerini yitirmiştir. DSİ XXV. Bölge Müdürlüğünce 1981 yılında hazırlanan ilçe merkezinin taşkından korunmasına ait rapor gereğince Küçükçay Deresi ilçe tarafındaki sağ sahilinde 1984-1985-1986 yıllarında beton duvar yapılmıştır.

Karahayıt Deresi Islahı: Karahayıt Deresinin yatak ıslahı 1984 yılında yapılmıştır.

Değirmen Deresi Islahı: Büyükdere yerleşmesi içinden akan derenin yatak ıslahı 1984 yılında yapılmıştır (Foto 27).



Foto 27: Değirmen Deresi ıslahı ve Büyükdere yerleşmesi.

Havran Çayı Islahı: Havran Çayı'nın İnboğazı mevkiinden denize döküldüğü alana kadarki sahada çeşitli ıslah çalışmaları yapılmıştır. Bu dere üzerinde ilçenin hemen doğusunda tersip bendi inşa edilmiş ise de bu bent dolmuş ve sadece taşkın düzenleyici, akış hızını kesici yönde işlev görmektedir. 1981 yılındaki taşkında tersip bendini aşan sular seddeleri patlatmış olup, çevredeki birçok tarım alanının zarar görmesine neden olmuştur (Foto 24). Ayrıca taşkın suları ilçe merkezini de tehdit etmiştir. Günümüzde bu tersip bendi dolmuş olup, üstü bitki örtüsüyle kaplanmıştır (Foto 28). Ayrıca alanda biriken ince boyutlu malzemelerin çekimi yapılmaktadır (Foto 29). Çekilen malzemenin bulunduğu çukurluk alan göl alanı haline gelmiştir (Foto 30).



Foto 28: Bent içindeki bitki örtüsü.



Foto 29: Yatak içi malzeme çekimi.



Foto 30: Tersip benti gerisinde oluşmuş göl alanı.

Havran Çayı üzerindeki bir diğer çalışma, Havran Barajı çalışmalarıdır. Baraj yer seçimi ile ilgili çalışmalar çok eskiye dayansa da, baraj yapımı 1995 yılında Onar İnşaata verilen ihaleyle başlatılmıştır. Tam olarak bitmemiş olan Havran Baraj

inşaatı (Foto 31, 32), taşkınlardan korunma ve ovadaki tarım için sulama suyu amacıyla inşaa edilmesi hedeflenmiştir.



Foto 31: Havran Barajı inşaatı
(26.01.2006).



Foto 32: Havran Barajı inşaatı
(12.10.2006).

Baraj çalışmaları yanında Havran yerleşmesi yakınındaki tersip bendinden ve Küçükçayın Havran Çayı ana kolundan yaklaşık 450-500 m. lik iç kısmından başlayıp Çevreyolu köprüsünün bitimine kadarki alanda Havran Çayı'nın yatağı beton duvarlarla çevrilmiştir (Foto 33, 34).



Foto 33: Küçükçay kenarındaki beton duvarlar.



Foto 34: Havran Çayı kenarındaki beton duvarlar.

2.2.1.2. Yağış-Akış Modellemesi

Akarsular üzerindeki taşkın modeli çalışmalarında ana kol yanında, bu kola katılan yan derelerin de akım verilerine ihtiyaç vardır. Çünkü yan derelerden gelen sular, bazen taşkınların oluşmasında önemli bir faktör olarak karşımıza çıkarlar. Havran Çayı üzerinde ise sadece Havran Çayı'nın yukarı kolu üzerinde Elektrik İşlerine Etüt İdaresine ait Akarsu Gözlem İstasyonu (AGİ) vardır. Bu istasyondan sonra ana kola katılan Kışla, Bent ve Küçükçay Dereleri gibi yan kollar bulunmaktadır. Bu yan kollar

ve havzalarına ait morfometrik özelliklerine birinci kısımda havzanın fiziki özellikleri bahsinde değinilmiştir.

Bu üç alt havza içinde akarsuların akım miktarını ölçecek bir istasyon bulunmaması nedeniyle havzanın sahip olduğu hidrolojik toprak özellikleri ve arazi kullanımı/örtüsü verileri kullanılmak suretiyle yağış-akış modellemesi yapılmıştır. Buna bağlı olarak akışa geçen su miktarından oluşabilecek tahmini maksimum akım değerleri hesaplanmıştır.

2.2.1.2.1. SCS Curve Number Metodu

Çalışmada birçok yağış modeli arasından (ampirik, rasyonel gibi) USDA (United States Department of Agriculture) tarafından geliştirilen SCS (Soil Conservation Service) yağış akış modeli kullanılmıştır (SCS, 1954, 1964, 1972, 1993). Bunun nedeni, bu modelin dünya genelinde, küçük alt havzaların yağış-akış modellerinde kullanılan yaygın bir model olmasındandır (Beven, 2001; Das ve Paul, 2006; Jain vd., 2006).

Bu model için kullanılan veriler şu şekildedir;

- Arazi kullanımı/örtüsü verisi
- Hidrolojik toprak grupları
- Günlük yağış verileri (1975-2003)
- Önceki nem içeriği (Antecedent Moisture Conditions). Önceki (Antesedent) nem içeriği için temel üç kategori belirlenmiştir (Hjelmfelt vd., 1982). Bunlar Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32: Önceki nem içeriği için belirlenen kategoriler.

AMC-Sınıflar	AMC (mm)	İçerik
I	<35	Kuru toprak, fakat çok kurak şartlar içermez
II	35-52.5	Geçiş- orta koşullar
III	>52.5	Doymuş toprak, aşırı yağış

Havzaya ait arazi kullanımı/örtüsü verisi SPOT XS uydu görüntüsünden elde edilmiştir. Bu uydu görüntüsü Kontrollü (supervised) sınıflamaya tabi tutulmuştur. Sınıflama saha içinde 500 adet düzensiz rastgele belirlenen noktalarla yapılan doğruluk belirlemede %86 lık bir değer elde edilmiştir.

Hidrolojik toprak grupları, toprak bahsinde değinildiği üzere çalışma alanındaki toprakların sahip olduğu özelliklere bağlı olarak A, B, C ve D gruplarına ayırt edilmiştir. Modelde hidrolojik toprak verisi olarak bu harita kullanılmıştır.

Günlük yağış verileri ise Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. 1975-2003 yılları arası günlük yağış değerlerini içeren bu veriler Edremit ve Burhaniye meteoroloji istasyonlarına aittirler. Alt havzalardan Küçükçay ve Bent için Edremit istasyonu verileri, Kışla alt havzası için Burhaniye istasyonu verileri baz alınmıştır. Buldukları konumlar bunun tercihinde belirleyici faktör olmuştur.

SCS akış modeli için kullanılan formül;

$$Q = \frac{(P - la)^2}{\{(P - la) + S\}}$$

Formülde yer alan Q= akış (mm). P= Yağış (mm). S=Toprak tarafından tutulan sudur (mm). Formülde yer alan *la* değeri için genel olarak kullanılan *la*= 0.2S formülü yerine konduğunda ise ortaya çıkan yeni formül şu şekilde olmaktadır;

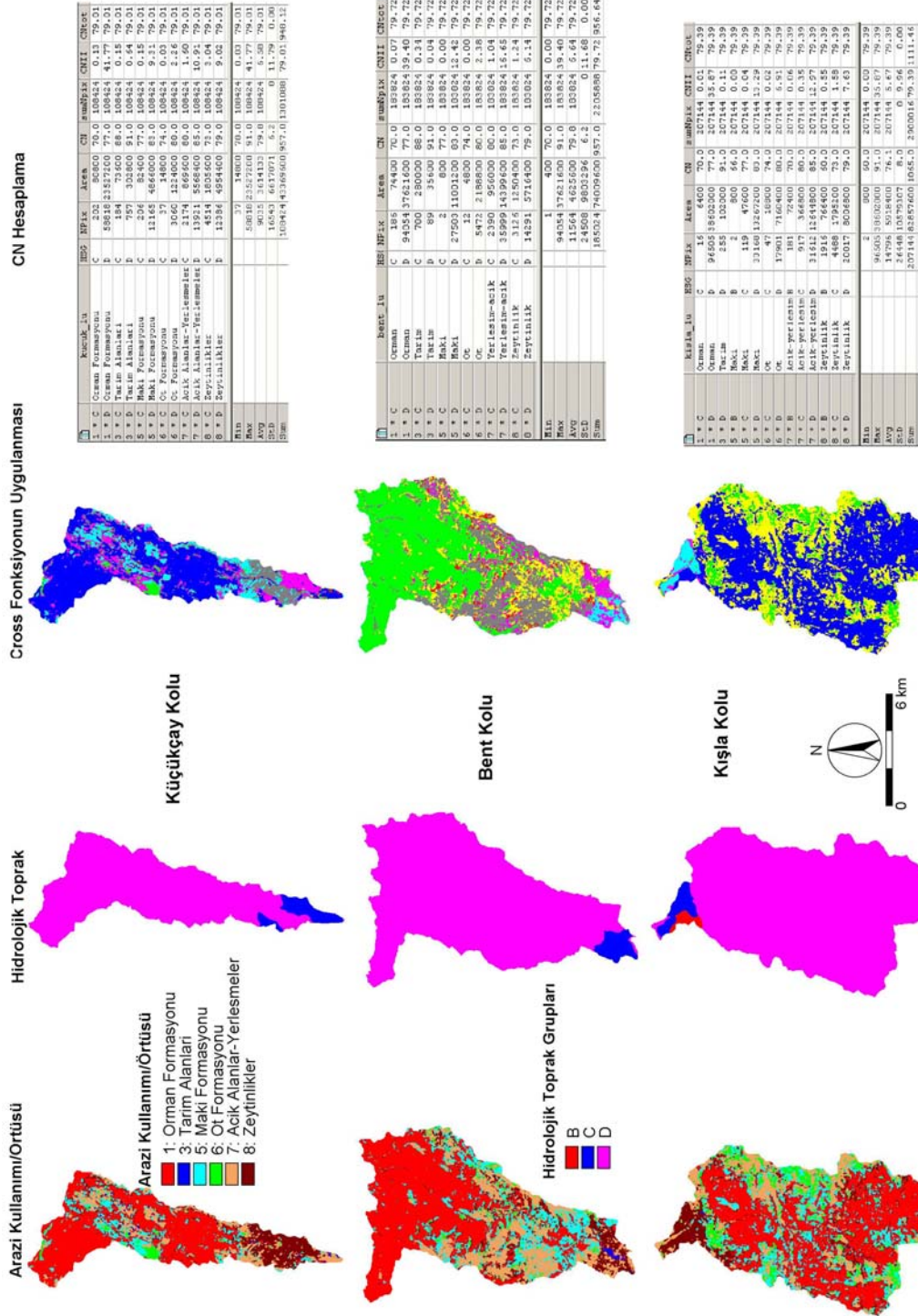
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (P \geq 0.2S \text{ durumunda})$$

Toprak tarafından tutulan suyu ifade eden S değeri ise;

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

formülünden elde edilir. Formülde yer alan CN (Curve Number) değeri havzada yer alan farklı hidrolojik toprak grupları, arazi kullanımı/örtüsü ve AMC değerlerinin bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkar (Johnson, 1998). Uzaktan algılama ve CBS, SCS-CN belirleme çalışmalarında büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Das ve Paul, 2006).

CN değerleri için Spot uydu görüntüsünden üretilen arazi kullanımı/örtüsü ile hidrolojik toprak grupları verileri ILWIS 3.3 CBS yazılımı formatına dönüştürülmüştür. Raster veri tabanına çevrilen veriler yazılım içinde yer alan ve CN değerini hazırlanan standart tablodan belirleyebilmek için Cross fonksiyonuna tabi tutulmuştur (Şekil 74, 75).



Şekil 74: Arazi kullanımı/örtüsü ve hidrolojik toprak sınıflarından CNII değerinin hesaplanması.

Harita 1	Harita 2	Sonuç Harita
B B C D	S S S S	BS BS CS DS
A A C D	R R S S	AR AR CS DS
A A C C	T R S T	AT AR CS CT
B C D A	T R T T	BT CR DT AT

Şekil 75: CN değerini belirleme amacıyla datalara cross fonksiyonunun kullanılması.

Buna göre sonuç haritadaki herbir hücreye iki haritanın da verisi eklenmiştir. Bu haritanın öznelik verisine böylece hazır tablodaki değerlerin veri giriş işlemleri yapılmıştır. ILWIS CBS yazılımında veri girişi yapılan CN değerleriyle CNII (AMC II için) değerleri hesaplanmış olup formülü şu şekildedir;

$$CNII = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i * A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Formülde yer alan;

CNII = Havzaya ait CN II değeri.

CN_i= Herbir arazi kullanımı/örtüsü ve hidrolojik toprak grubuna ait CN değeridir. Bu değerler SCS hidrologları tarafından üretilen standart tablodan elde edilmiştir (Tablo 33).

A_i= Herbir arazi kullanımı/örtüsü ve hidrolojik toprak grubunun alanı

Tablo 33: SCS modelde kullanılan CN değerleri.

Arazi Kullanımı/Örtüsü	Hidrolojik Toprak Grupları			
	A	B	C	D
Orman Formasyonu	30	55	70	77
Tarım Alanları	72	81	88	91
Maki Formasyonu	45	66	77	83
Ot Formasyonu	39	61	74	80
Açık Alanlar - Yerleşmeler	54	70	80	85
Zeytinlikler	36	60	73	79

CNII nin dışından AMC I ve III koşulları için CNI ve CNIII değerleri de aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır (Sobhani, 1975; Hawkins vd., 1985)

$$CNI = \frac{(4.2 * CNII)}{(10 - 0.058 * CNII)}$$

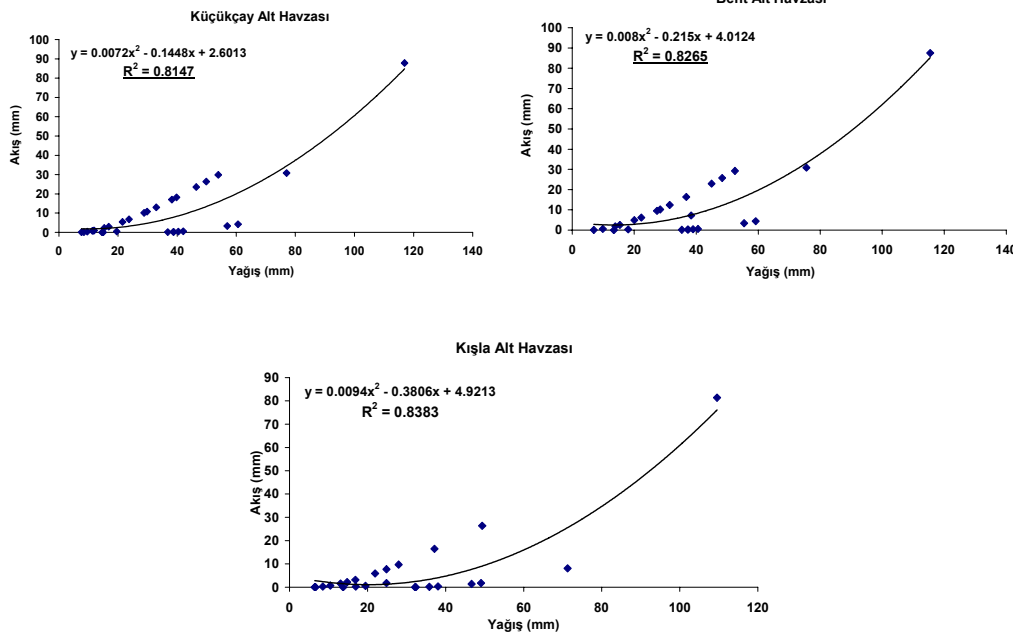
$$CNIII = \frac{(23 * CNII)}{(10 + 0.13 * CNII)}$$

Yukarıdaki formüller Küçükçay, Bent ve Kışla alt havzalarına uygulandığından elde edilen farklı CN değerleri şu şekildedir (Tablo 34);

Tablo 34: Havzaların değişik şartlara ait CN değerleri.

Alt Havzalar	CNI	CNII	CNIII
Küçükçay	61.25	79.01	89.65
Bent	62.28	79.72	90.04
Kışla	61.80	79.39	89.86

Bulunan değerler 1975-2003 yılları arası günlük toplam yağış değerlerine excel tablosunda uygulanmıştır. Yağış değerleri, Edremit ve Burhaniye istasyonlarına ait değerler olup 3 havzaya ait tahmini yağış değeri iklim bahsinde değinilen Schreiber formülü uygulanarak bulunmuştur. Bunun için havzanın ortalama yükseklik değeri istasyonlar arası fark yüksekliği olarak alınmış ve çıkan sonuç havza alanına bölünmüştür. Böylece alt havzaların günlük toplam yağış değerlerine ait akış miktarları elde edilmiştir. Yağış değerlerinin akış değerleriyle ilişkisi her üç havza için Grafik 30'da verilmiştir. Burada bütün yılların yağış-akış ilişkisi değil sadece maksimum yağış ve akışın olduğu 1981 yılına ait ilişkilendirme yapılmıştır. Elde edilen R² değerleri 0.8 üstü çıkmıştır.



Grafik 30: SCS modeline göre Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri alt havzalarına ait 1981 yılı yağış-akış ilişkileri.

2.2.1.2.2. Maksimum Akımın Hesaplanması

Havran Çayı taşkın zonlamasının yapılabilmesi için, ana kola katılan yan kollara ait son 30 yılın maksimum akım verilerine ihtiyaç vardır. Bu kollardan Gelin Deresine ait veriler için 408 nolu AGİ ölçüm değerleri kullanılmıştır. Fakat bu ölçüm istasyonundan sonra ana kola katılan Küçükçay, Bent ve Kışla Derelerinin ise elde edilen akış değerlerinden maksimum akım verisi elde edilmiştir.

Alt havzalara ait yıllık maksimum akım verilerini bulmak için elde edilen akış verilerine;

$$Q_{peak} = 2.8 \frac{RO * A}{t_{peak}}$$

formülü uygulanmıştır (Schwab vd., 1993; ITC, 2006). Formülde yer alan; RO= akış miktarı (cm), A= havza alanı (km²) ve t_{peak}= maksimum akım zamanı (saat) dir. t_{peak} değerini bulmak için;

$$t_{peak} = \frac{D}{2} + t_{lag}$$

formülü kullanılmıştır. Formülde; D= aşırı yağış süresi (saat) olup,

$$D = 0.133 * t_{lag} / 0.6 \text{ formülüyle hesaplanmıştır.}$$

t_{lag} ise gecikme zamanı (saat) olup,

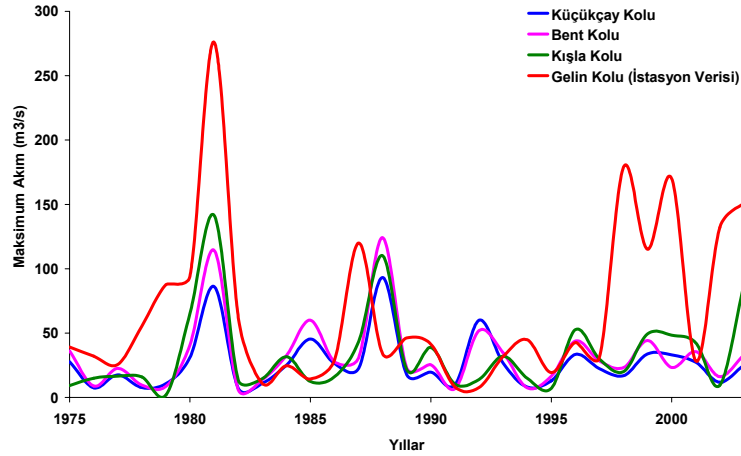
$$t_{lag} = 0.6 * t_c$$

formülüyle hesaplanmıştır. Formülde yer alan t_c ise akım toplanma zamanı (saat) olup Kirpich formülü olan,

$$t_c = 0.0195 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

kullanılmıştır. Formülde yer alan; L= ana akarsu uzunluğu (m), S= mesafe ağırlıklı kanal eğimi (m/m) dir.

Bütün bu hesaplamalar SCS akış modelinden elde edilen üç alt havzanın 1975-2003 yılları arasındaki akış miktarlarına uygulanmış olup, yıllara ait elde edilen maksimum akım miktarları Grafik 31 ve Tablo 35'te verilmiştir.



Grafik 31: Alt havzalara ait maksimum akım grafiği.

Buna göre, ölçümü yapılan Gelin Deresi kolu üzerindeki istasyona ait maksimum akım verileri ile SCS akış modelinden üretilen maksimum akım verileri büyük benzerlikler sergilerler. Fakat 1982, 1999 ve 2003 yıllarına ait farklılıklar vardır. Bunlardan 1982 yılına ait veri büyük taşkın zamanı olan 25 Aralık 1981 yılına aittir. Bu taşkın anında istasyon tamamen yıkılmış olup ölçüm yapılamamıştır. Grafikteki bu fazla anomali tahmini akım verisinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 35: SCS akış modeliyle elde edilmiş akış değerlerine ait maksimum akımlar ve Gelin Deresi üzerindeki istasyona ait ölçülmüş maksimum akımlar.

Yıllar	Maksimum akım (m ³ /s)			Maksimum akım (m ³ /s)		
	<i>Küçükçay</i>	<i>Bent</i>	<i>Kışla</i>	<i>Yıllar</i>	<i>Gelin</i>	<i>Tarih</i>
1975	27.67	36.16	9.29	1975	39.2	01.01.1975
1976	7.43	8.79	14.86	1976	32	03.12.1976
1977	17.55	22.63	16.52	1977	25.5	25.01.1977
1978	7.73	9.56	15.94	1978	55.5	31.01.1978
1979	10.91	8.70	1.88	1979	87.8	05.01.1979
1980	31.02	40.66	65.04	1980	94.1	07.06.1980
1981	86.11	114.37	141.41	1981	276	25.12.1981
1982	6.99	5.82	13.59	1982	61.9	03.05.1982
1983	10.97	13.85	14.55	1983	10.8	06.04.1983
1984	24.94	32.51	31.69	1984	24.5	03.03.1984
1985	45.46	59.99	12.42	1985	14.3	20.03.1985
1986	26.43	27.76	16.11	1986	29.2	04.03.1986
1987	22.55	30.93	43.42	1987	120	07.01.1987
1988	93.34	124.05	110.19	1988	34.1	16.12.1987
1989	17.71	22.84	21.66	1989	46.3	24.11.1988
1990	19.65	25.43	38.66	1990	41.4	29.12.1989
1991	9.75	6.65	10.40	1991	8.2	13.12.1990
1992	59.98	52.00	14.04	1992	7.75	20.06.1992
1993	26.59	34.72	32.10	1993	31.8	23.02.1993
1994	8.01	7.47	14.89	1994	44.8	26.02.1994
1995	12.94	16.48	6.99	1995	19.3	16.03.1995
1996	33.41	43.85	52.73	1996	42.7	06.02.1996
1997	22.43	28.29	29.92	1997	31.0	01.01.1997
1998	16.96	23.28	20.01	1998	179	22.01.1998
1999	33.75	44.31	49.45	1999	115	25.02.1999
2000	32.98	23.26	48.41	2000	170	21.02.2000
2001	27.25	35.60	42.27	2001	28.4	18.04.2001
2002	11.79	16.20	9.45	2002	132	06.04.2002
2003	25.27	32.95	87.63	2003	151	06.02.2003

2.2.1.3. Taşkın Sıklık Analizleri

Risk analizi çalışmalarında Taşkın Sıklık Analizi (TSA) önemli bir yere sahiptir. Sıklık analizlerinde tekrarlama sıklıkları, olasılık dağılımlarını kullanılarak ve olayın maksimum büyüklüğüyle ilişkilendirilerek elde edilir (Chow vd., 1988). TSA gelecekteki taşkınların, geçmişte meydana gelmiş taşkın kayıtlarına bağlı olarak tahminlerini ortaya koyar. Ayrıca kaydedilmiş maksimum akımın meydana geldiği taşkın dönemlerine ait akım verileri kullanılarak değişik dönemlerdeki tekrarlama

sıklıklarındaki akım değerleri de hesap edilebilmektedir. Bundan dolayı, analiz için geçmiş yıllara ait kayıtlar ne kadar fazla olursa güvenilirliği o derece artmaktadır.

Yapılan çalışmada, AGİ verileri için 30 yıllık akım verileri kullanılmıştır. Bunun nedeni, Havran Çayı üzerindeki AGİ nin 1974'te limnigraf ölçümüne geçmesi, 2003 te istasyonun kapanmasıdır. Diğer alt havzalar için 1975 yılı öncesinin yağış verilerinin temin edilememesinden dolayı 1975-2003 yılları arası için 29 yıllık yağış-akışla üretilen maksimum akım verileri kullanılmıştır. Böylelikle alt havzalara ait maksimum akım verilerinin 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık tekarlama sıklıkları Gumbel EV I ve Log Pearson Tip 3 dağılımlarıyla hesaplanmıştır.

2.2.1.3.1. Gumbel EV I (Extreme Value I) Dağılımı

Hidrolojik değişkenlerin dağılım hesaplamalarında belki en önemlisi Ekstrem Değer I dağılımıdır (Gumbel, 1958). Gumbel dağılımı olarak da bilinen dağılım, yıllık ekstrem akım değerlerine bağlı bir istatistiksel metot olup,

$$X_T = \bar{X} + K * \sigma$$

formülüyle hesaplanır (Gumbel, 1958; IACWD, 1982; USACE, 1993). Formüle yer alan;

X_T = T tekrarlama sıklığındaki değişim değeri

\bar{X} = Değişimin ortalama değeri

K = Sıklık faktörü katsayısı

σ = Örneklerin standart sapması'dır.

Sıklık faktörü olan K yı bulmak için;

$$K = \frac{y_T - \bar{y}_n}{S_n}$$

formülü kullanılır. Formüle yer alan \bar{y}_n , indirgenmiş ortalama değer olup ele alınan yılların sayısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu değer, AGİ için 30 yıllık veri olduğundan 0.5362, diğer alt havzalar için 29 yıllık veri olduğundan 0.5353 kullanılmıştır (Subramanya, 1997). S_n değeri ise indirgenmiş standart sapma değeri olup bu da yıllara bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu değer, AGİ için 1.112, diğer alt

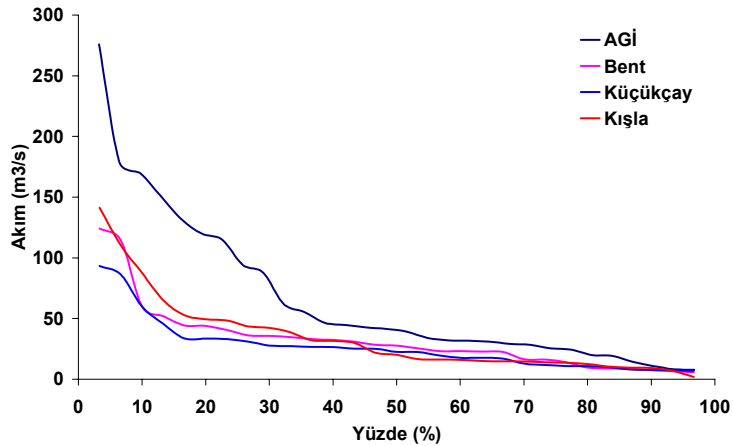
havzalar için 1.1086 alınmıştır (Subramanya, 1997). Formülde yer alan y_T ise indirgenmiş değişken değeri olup,

$$y_T = -\left(LN * LN \frac{T}{T-1}\right)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Formülde yer alan T, tekrarlama aralığı olup, LN ise doğal logaritma değeridir.

AGİ verileri ile Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri alt kollarına ait akım verileri maksimum değerden minimum değere doğru sıralanmış olup bunlara ait tekrarlama sıklıkları (T) Weibull formülüyle ($T= n+1/m$) hesaplanmıştır (Rao ve Hamed, 2000) (Tablo 36). Ayrıca bu tekrarlama sıklıklarının yüzde olarak karşılığı yine Tablo 36 ve Grafik 32'de gösterilmiştir. Buna göre tekrarlama sıklığı yüzde olarak en fazla olan, AGİ verileri olarak kabul edilen Gelin Deresi havzası verileridir. Bunu sırasıyla Kışla, Bent ve Küçükçay Dereleri takip etmektedir. Ayrıca Gumbel dağılımında kullanılmak üzere alt havzalara ait akım verilerinin ortalama ve standart sapma değerleri Excel de hesaplanmıştır (Tablo 36).

Sonuç olarak AGİ, Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri akım verilerinin 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık tekrarlama sıklıklarına ait akım değerleri, yukarıda bahsi geçen formüller kullanılarak Gumbel EV I dağılımında hesaplanmıştır. Bununla ilgili sonuçlar Tablo 37, 38 ve Grafik 33'te verilmiştir. Elde edilen akım sonuçları kendi arasında değerlendirildiğinde ise Gelin Deresi verileri diğerlerine göre daha fazla akım değerlerine sahiptir. Fakat alt kolların ana kola katılmasından sonraki ortaya çıkacak akım verilerinin toplamdaki değeri, AGİ verilerini geçmektedir.



Grafik 32: Alt havzaların akım verilerinin olasılık tekrarlama yüzdeleri.

Tablo 36: AGİ, Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri akım verilerinin tekrarlama sıklıkları tablosu.

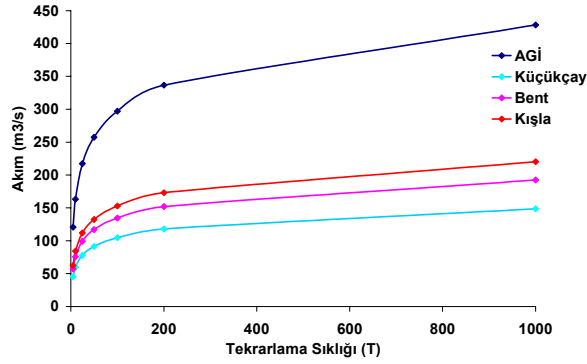
Yıl	Sıra (m)	AGİ Akım (m ³ /s)	AGİ T	100/T	Küçükçay Akım (m ³ /s)	Bent Akım (m ³ /s)	Kışla Akım (m ³ /s)	T	100/T
1974	1	276	31.00	3.23	-	-	-	-	-
1975	2	179	15.50	6.45	93.34	124.05	141.41	30.00	3.33
1976	3	170	10.33	9.68	86.11	114.37	110.19	15.00	6.67
1977	4	151	7.75	12.90	59.98	59.99	87.63	10.00	10.00
1978	5	132	6.20	16.13	45.46	52.00	65.04	7.50	13.33
1979	6	120	5.17	19.35	33.75	44.31	52.73	6.00	16.67
1980	7	115	4.43	22.58	33.41	43.85	49.45	5.00	20.00
1981	8	94.1	3.88	25.81	32.98	40.66	48.41	4.29	23.33
1982	9	87.8	3.44	29.03	31.02	36.16	43.42	3.75	26.67
1983	10	61.9	3.10	32.26	27.67	35.60	42.27	3.33	30.00
1984	11	55.5	2.82	35.48	27.25	34.72	38.66	3.00	33.33
1985	12	46.3	2.58	38.71	26.59	32.95	32.10	2.73	36.67
1986	13	44.8	2.38	41.94	26.43	32.51	31.69	2.50	40.00
1987	14	42.7	2.21	45.16	25.27	30.93	29.92	2.31	43.33
1988	15	41.4	2.07	48.39	24.94	28.29	21.66	2.14	46.67
1989	16	39.2	1.94	51.61	22.55	27.76	20.01	2.00	50.00
1990	17	34.1	1.82	54.84	22.43	25.43	16.52	1.88	53.33
1991	18	32	1.72	58.06	19.65	23.28	16.11	1.76	56.67
1992	19	31.8	1.63	61.29	17.71	23.26	15.94	1.67	60.00
1993	20	31	1.55	64.52	17.55	22.84	14.89	1.58	63.33
1994	21	29.2	1.48	67.74	16.96	22.63	14.86	1.50	66.67
1995	22	28.4	1.41	70.97	12.94	16.48	14.55	1.43	70.00
1996	23	25.5	1.35	74.19	11.79	16.20	14.04	1.36	73.33
1997	24	24.5	1.29	77.42	10.97	13.85	13.59	1.30	76.67
1998	25	20	1.24	80.65	10.91	9.56	12.42	1.25	80.00
1999	26	19.3	1.19	83.87	9.75	8.79	10.40	1.20	83.33
2000	27	14.3	1.15	87.10	8.01	8.70	9.45	1.15	86.67
2001	28	10.8	1.11	90.32	7.73	7.47	9.29	1.11	90.00
2002	29	8.2	1.07	93.55	7.43	6.65	6.99	1.07	93.33
2003	30	7.75	1.03	96.77	6.99	5.82	1.88	1.03	96.67
Ortalama:		65.79			26.81	32.73	33.98		
Standart Sapma:		63.28			21.21	27.75	32.41		

Tablo 37: Havran Çayı İnboğazı mevkii AGİ istasyonu verilerinin Gumbel dağılımı.

T	T/(T-1)	y _T	y _n	S _n	K	Q (m ³ /s)
5	1.25	1.50	0.5362	1.112	0.87	120.64
10	1.11	2.25	0.5362	1.112	1.54	163.35
25	1.04	3.20	0.5362	1.112	2.39	217.31
50	1.02	3.90	0.5362	1.112	3.03	257.33
100	1.01	4.60	0.5362	1.112	3.65	297.07
200	1.01	5.30	0.5362	1.112	4.28	336.65
1000	1.00	6.91	0.5362	1.112	5.73	428.36

Tablo 38: Küçükçay, Bent ve Kışla Dereleri akımlarına ait Gumbel dağılımı.

T	T/(T-1)	y_T	y_n	S_n	K	Küçükçay Q (m ³ /s)	Bent Q (m ³ /s)	Kışla Q (m ³ /s)
5	1.25	1.50	0.5353	1.1086	0.87	45.27	56.88	62.18
10	1.11	2.25	0.5353	1.1086	1.55	59.62	75.66	84.12
25	1.04	3.20	0.5353	1.1086	2.40	77.76	99.39	111.84
50	1.02	3.90	0.5353	1.1086	3.04	91.22	117.00	132.40
100	1.01	4.60	0.5353	1.1086	3.67	104.58	134.48	152.82
200	1.01	5.30	0.5353	1.1086	4.29	117.89	151.89	173.15
1000	1.00	6.91	0.5353	1.1086	5.75	148.72	192.23	220.26



Grafik 33: Farklı sıklık dönemlerine ait elde edilen akımların grafiği.

2.2.1.3.2. Log Pearson Tip 3 Dağılımı

Log Pearson Tip 3 de (LPT3) Gumbel EVI gibi yıllık maksimum akım verilerine uygulanan istatistiksel bir teknik olup, akarsular üzerinde farklı aralıktaki taşkın sıklıklarını tahmin etmede kullanılır. Bu dağılımda kullanılan 3 parametre vardır. Bunlar akım verilerinin logaritmalarının ortalaması, standart sapması ve çarpıklık değerleridir. LPT3 için kullanılan formül;

$$Z_T = \overline{\log x} + K * \sigma_{\log x}$$

şeklinde (IACWD, 1982; USACE, 1993; Rao ve Hamed, 2000). Formülde yer alan,

$\overline{\log x}$ = Yıllara ait akım verilerinin logaritmalarının ortalama değerleri,

K = Taşkın sıklık faktörü katsayısı olup çarpıklık (C_{skew}) ve tekrarlama aralığının (T) bir fonksiyonudur,

$\sigma_{\log x}$ = Yıllara ait akım verilerinin logaritmalarının standart sapma değeridir.

Formülde yer alan $\overline{\log x}$ ve $\sigma_{\log x}$ ve K için gerekli olan çarpıklık (C_{skew}) değerleri Excel'de hesaplatılmıştır (Tablo 39). C_{skew} ve çalışmada baz alınan tekrarlar sıklıkları olan 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıl için K değeri mevcut olan tablodan çıkartılmıştır (Haan, 1977; Subramanya, 1997). Buna göre AGİ, Küçükçay, Bent ve Kışla Derelerinin maksimum akım verilerinin tekrarlar sıklıklarına göre Z_T değerleri bulunmuştur (Tablo 40, 41, 42 ve 43). Bu değerler kullanılarak akım verilerinin (Q) hesaplanması ise Z_T nin antilogaritması alınarak elde edilmiştir (Subramanya, 1997).

Tablo 39: Althavzalara ait akım verilerinin Log., ortalama, $\sigma_{\log x}$ ve Cskew değerleri.

Yıl	AGİ Akım Log.	Küçükçay Akım Log.	Bent Akım Log.	Kışla Akım Log.
1974	2.44	-	-	-
1975	2.25	1.97	2.09	2.15
1976	2.23	1.94	2.06	2.04
1977	2.18	1.78	1.78	1.94
1978	2.12	1.66	1.72	1.81
1979	2.08	1.53	1.65	1.72
1980	2.06	1.52	1.64	1.69
1981	1.97	1.52	1.61	1.68
1982	1.94	1.49	1.56	1.64
1983	1.79	1.44	1.55	1.63
1984	1.74	1.44	1.54	1.59
1985	1.67	1.42	1.52	1.51
1986	1.65	1.42	1.51	1.50
1987	1.63	1.40	1.49	1.48
1988	1.62	1.40	1.45	1.34
1989	1.59	1.35	1.44	1.30
1990	1.53	1.35	1.41	1.22
1991	1.51	1.29	1.37	1.21
1992	1.50	1.25	1.37	1.20
1993	1.49	1.24	1.36	1.17
1994	1.47	1.23	1.35	1.17
1995	1.45	1.11	1.22	1.16
1996	1.41	1.07	1.21	1.15
1997	1.39	1.04	1.14	1.13
1998	1.30	1.04	0.98	1.09
1999	1.29	0.99	0.94	1.02
2000	1.16	0.90	0.94	0.98
2001	1.03	0.89	0.87	0.97
2002	0.91	0.87	0.82	0.84
2003	0.89	0.84	0.77	0.27
Toplam	49.30	38.40	40.35	39.61
Ortalama	1.64	1.32	1.39	1.37
Standart Sapma	0.40	0.30	0.34	0.40
Çarpıklık	0.07	0.27	-0.05	-0.27

Tablo 40: Havran Çayı İnboğazı mevkii AGİ verilerinin LPT3 dağılımı.

T	σ	(C _{skew})	K	Z _T	Q (m ³ /s)
5	0.40	0.07	0.84	1.98	94.80
10	0.40	0.07	1.28	2.15	142.17
25	0.40	0.07	1.75	2.34	218.98
50	0.40	0.07	2.05	2.46	289.47
100	0.40	0.07	2.33	2.57	371.88
200	0.40	0.07	2.58	2.67	468.17
1000	0.40	0.07	3.09	2.88	751.62

Tablo 41: Küçükçay alt havzası maksimum akım verilerinin LPT3 dağılımı.

T	σ	(C _{skew})	K	Z _T	Q (m ³ /s)
5	0.30	0.27	0.825	1.57	36.94
10	0.30	0.27	1.307	1.71	51.53
25	0.30	0.27	1.840	1.87	74.47
50	0.30	0.27	2.195	1.98	95.17
100	0.30	0.27	2.522	2.08	119.29
200	0.30	0.27	2.828	2.17	147.37
1000	0.30	0.27	3.482	2.36	231.53

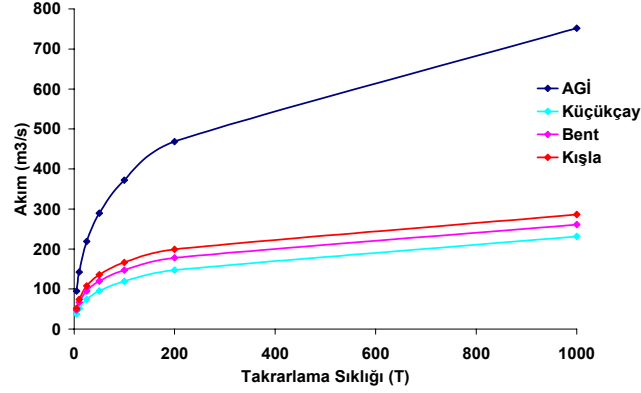
Tablo 42: Bent alt havzası maksimum akım verilerinin LPT3 dağılımı.

T	σ	(C _{skew})	K	Z _T	Q (m ³ /s)
5	0.34	-0.05	0.844	1.68	47.53
10	0.34	-0.05	1.276	1.82	66.66
25	0.34	-0.05	1.734	1.98	95.40
50	0.34	-0.05	2.027	2.08	120.00
100	0.34	-0.05	2.289	2.17	147.32
200	0.34	-0.05	2.529	2.25	177.77
1000	0.34	-0.05	3.020	2.42	261.10

Tablo 43: Kışla alt havzası maksimum akım verilerinin LPT3 dağılımı.

T	σ	(C _{skew})	K	Z _T	Q (m ³ /s)
5	0.40	-0.27	0.852	1.71	51.38
10	0.40	-0.27	1.249	1.87	74.06
25	0.40	-0.27	1.654	2.03	107.55
50	0.40	-0.27	1.907	2.13	135.77
100	0.40	-0.27	2.126	2.22	166.11
200	0.40	-0.27	2.322	2.30	198.98
1000	0.40	-0.27	2.716	2.46	286.02

Sonuçlar, Gumbel EV I dağılımında oldu gibi AGİ de ortaya çıkan akım değerleri diğer alt kollardan fazladır. Fakat alt kollarin toplamdaki akım miktarları AGİ nin değerlerini aşmaktadır (Tablo 40, 41, 42, 43 ve Garik 34).



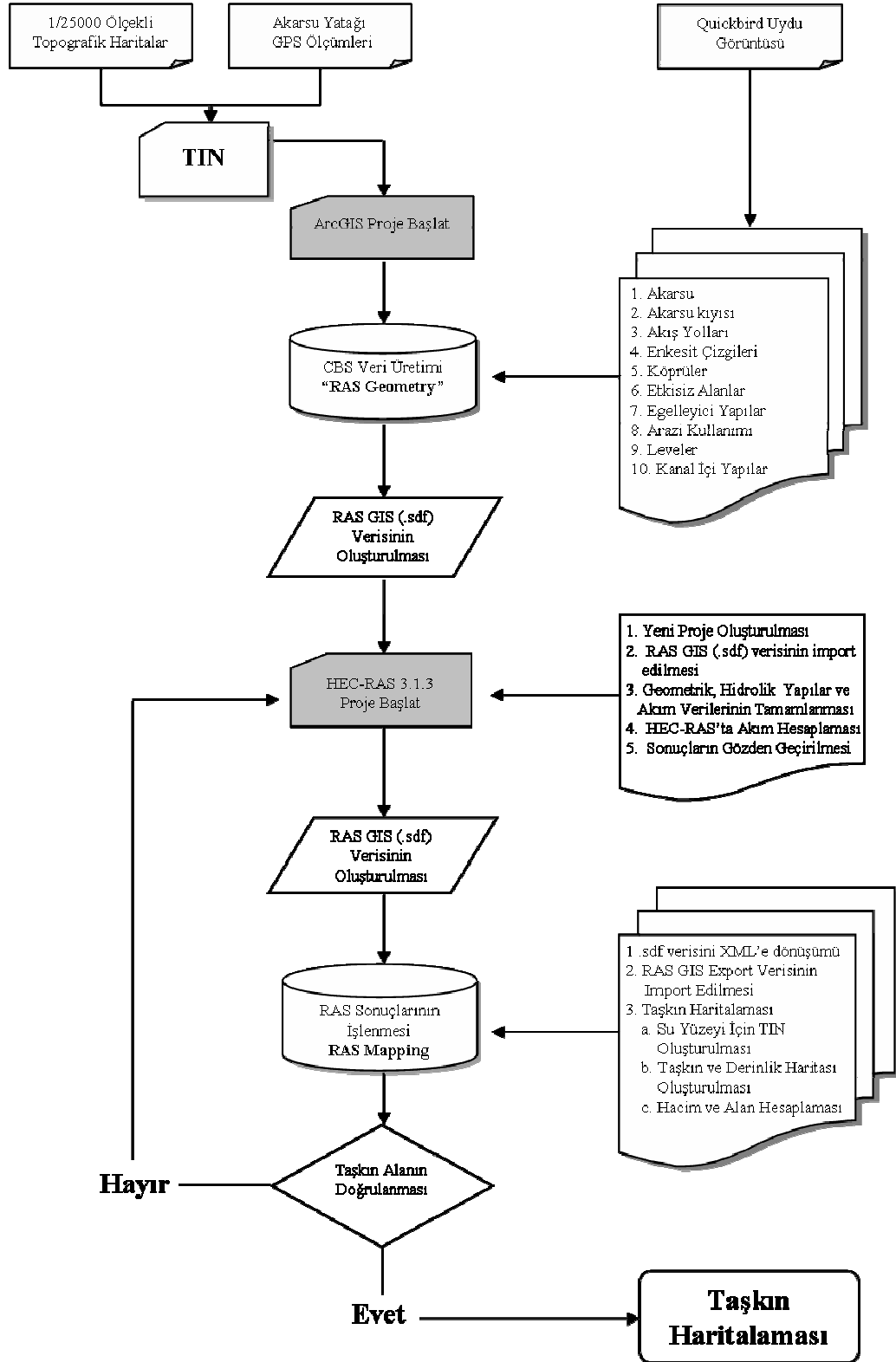
Grafik 34: Alt havzalara ait farklı sıklık dönemlerine ait elde edilen akımların grafiği.

İki farklı TSA değerleri incelendiğinde, Gumbel dağılımının yakın tarihli tekrarlama sıklıklarında ortaya çıkan akım değerleri daha fazla olurken, LPT3'de ise bu değerler daha düşük çıkmıştır. Ancak LPT3 te, 50 yıldan sonraki tekrarlama sıklıklarında ortaya çıkan akım değerleri, Gumbel dağılımından daha fazladır. Çalışmada, taşkınlar için maksimum risk bakımından değerlendirileceğinden iki farklı TSA değerlerinden 5, 10, 25, 50, 100, 200, 1000 yıllık tekrarlama sıklıklarına ait akım değerlerinin en fazlası alınmıştır.

2.2.1.4. Taşkın Haritalaması

Taşkınların etkileri ve senaryolarıyla ilgili bilgisayar modelleri genel olarak şu sıralamayı takip ederler; a) Hidrolojik modelleme b) Hidrolik modelleme c) Farklı senaryolara göre taşkın haritalaması d) Farklı senaryolara göre etki altında kalan mekansal özelliklerin ortaya konması (Snead, 2000). Sahaya ait hidrolojik modelleme kapsamı içinde yer alan yağış-akış ilişkisi CBS ve Uzaktan Algılama kullanılmak suretiyle tamamlanmıştır. Bundan sonraki aşama olan hidrolik modelleme için ArcGIS 9 CBS yazılımı uzantısı olan ve US Army Corps tarafından üretilen Hec-GeoRAS 4.1 kullanılmıştır. Ayrıca modellemenin daha iyi olabilmesi için gerekli olan geometrik data ve değişik akım hesaplamaları için HEC-RAS 3.1.3 (Hidrologic Engineer Center- River Analysis System) hidrolik yazılımı kullanılmıştır.

ArcGIS 9 yazılımı içindeki Hec-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımlarında yapılan çalışmalarla ilgili genel akış şeması Şekil 76'da verilmiştir.



Şekil 76: Taşkın haritalamasında kullanılan akış grafiği.

Buna göre öncelikle modellemede büyük öneme sahip TIN (Triangulated Irregular Networks) üretiminden sonra, Hec-GeoRAS ta geometrik datalar oluşturulmuştur. Bunlarla ilgili verilerin tamamlanması ve akım modellerinin hesaplanması HEC-RAS yazılımında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sahası için 4 farklı senaryo yapılmıştır. Senaryolarda en kötü olasılıklar göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar,

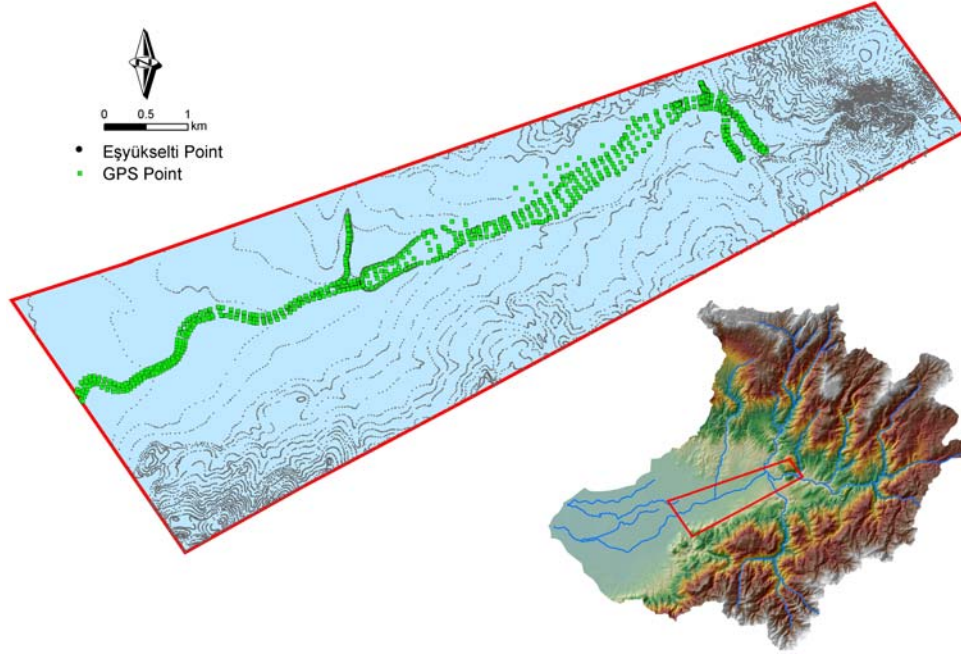
- Barajın yapılmadığı varsayımıyla farklı tekrarlama sıklıklarına göre modelleme,
- Baraj yapımından sonra Havran Çayı yukarı kesiminden gelen suyun kesilmesiyle ortaya çıkacak model,
- Barajın yıkılmasıyla ortaya çıkacak model
- Baraj dolu savak taşkınlarıyla oluşturulacak modeldir.

Daha sonra tekrar Hec-GeoRAS'a aktarılan verilerle, farklı taşkın senaryoları ve bu taşkınlara ait su derinlik, alan ve hacim hesaplamaları yapılmıştır.

2.2.1.4.1. Geometrik Verilerin Oluşturulması

Hec-GeoRAS ta taşkın modellemesinin yapılabilmesi için 3 ana katman gereklidir. Bunlar; arazinin topografyasını en iyi şekilde gösterir TIN (Triangulated Irregular Networks) modeli, akarsu ve akarsu yatağı enine profilleridir. Bu veriler üretilmiş olup, bunların yanında modellemenin daha iyi yapılabilmesi için akarsu kıyısı, akış yolları, köprüler, yatağa paralel yapılar, yatak içi yapılar, akımın etkisiz olduğu alanlar, su akımını engelleyici yapılar, su birikme alanları gibi diğer geometrik veriler de oluşturulmuştur. Bu katmanlardan sayısal arazi modelini temsil eden TIN verisinin çözünürlüğü yüksek olması gerekmektedir. Çünkü modeli oluşturacak yatak enkesitleri ve diğer geometrik verilerin yükselti bilgileri bu TIN verisi üzerinden çıkartılmıştır (USACE, 2005).

Çalışma sahasında baraj yapımı çalışmalarının devam ettiği İnboğazı mevkiinden denize döküldüğü alana kadar yüksek çözünürlüklü Sayısal Arazi Modeli (SAM) temin edilememiştir. Bunun için modellemelere temel altlık teşkil edecek SAM verisi, ancak İnboğazı mevkiinden Havran yerleşmesi dışındaki çevre yolu köprüsünü geçen yaklaşık 9 km uzunluğundaki alan için üretilmiştir. Bunun oluşturulmasında Havran Çayı yatağı için 2006 yaz arazi çalışmaları sırasında yatak içinde yapılan 1089 adet GPS ölçüm noktaları ve yatak dışındaki alan için 1/25000 ölçekli topografik haritaların 5-10 m. aralıklı eşyüksekti eğrileri kullanılmıştır (Şekil 77).



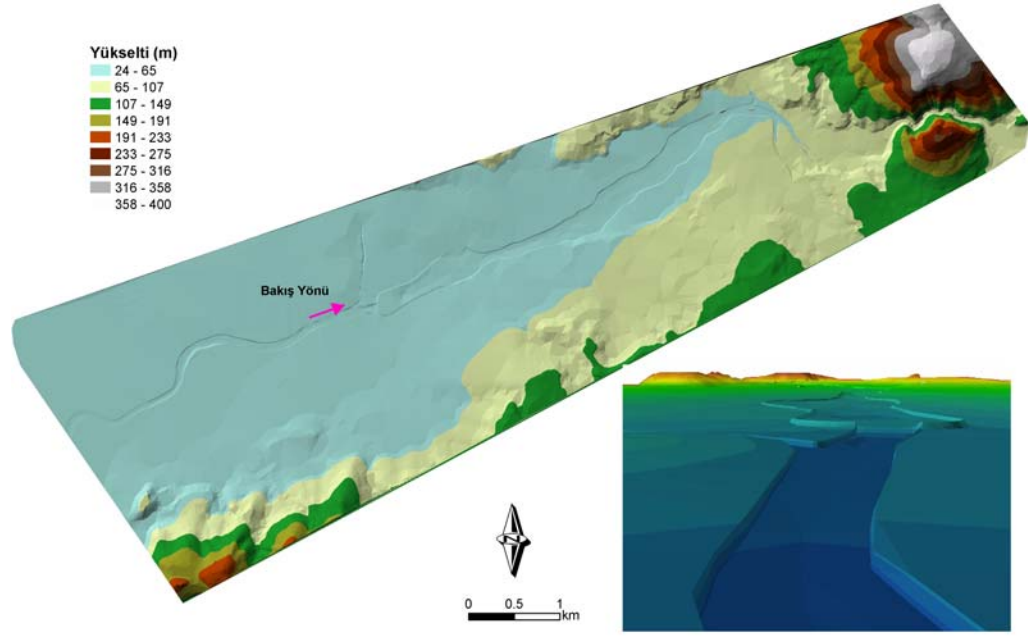
Şekil 77: TIN için kullanılan GPS ve eşyüksekti noktaları.

Akarsu yatağı içinde alınan GPS noktalarına ait X,Y ve Z değerlerinde mevcut topografik haritalara ait yükseltilerle karşılaştırılmış ve bazı düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenleme sonrasında eşyüksekti eğrileri nokta verisine dönüştürülmüş, iki nokta verisinden TIN üretilmiştir (Şekil 78, Foto 35). Üretilen TIN modeli, genel akarsu yatağı formunu vermekle birlikte yatak içindeki gerçek yatak özelliklerini tam anlamıyla yansıtamamaktadır.

TIN üretiminden sonra modellemesi yapılacak alan içindeki diğer geometrik verilerin sayısallaştırılması ve veri giriş işlemleri yapılmıştır (Şekil 79). Bu verilerin sayısallaştırılmasında TIN modeli, Quickbird uydu görüntüsü ve arazi gözlemlerinden faydalanılmıştır.

Geometrik verilerin sayısallaştırılmasında ve veri girilmesinde dikkat edilen bazı özellikler şu şekildedir;

- Akarsular, akarsu kıyıları ve akış yolları akarsuyun akış yönüne doğru sayısallaştırılmıştır.
- Akış yollarının tanımlamaları yapılmıştır (sağ, sol ve merkez gibi).
- Yatak enkesit çizgileri akarsu akış yönüne doğru sol kıyıdan sağ kıyıya doğru sayısallaştırılmıştır.



Şekil 78: Modelleme için üretilen TIN.

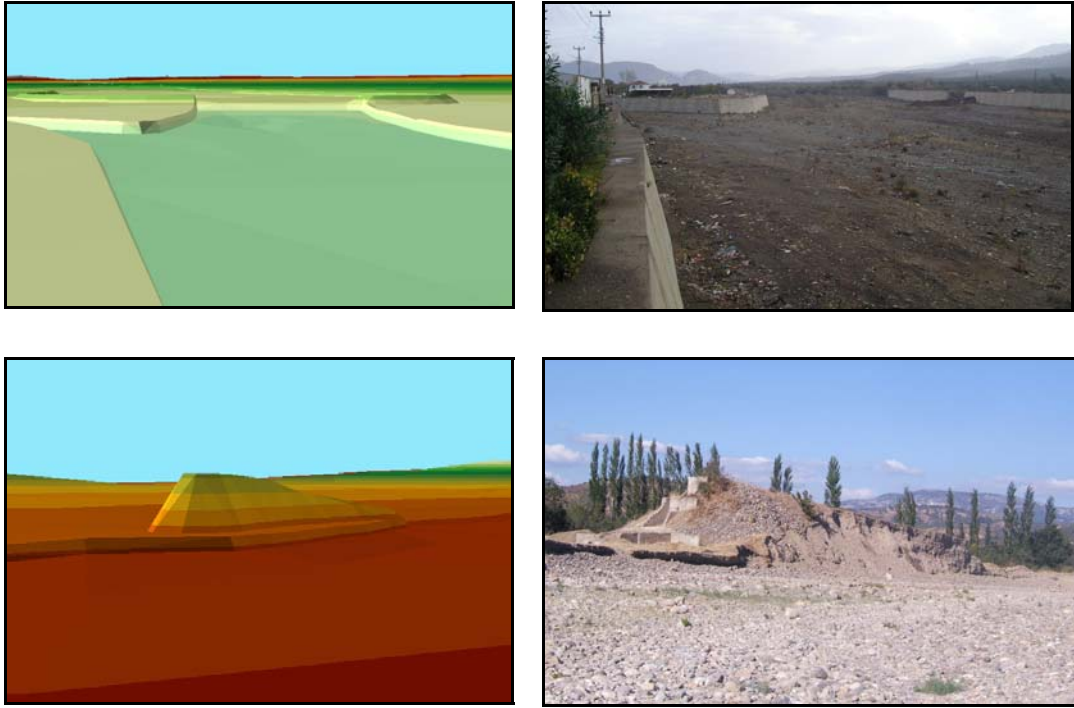


Foto 35: Üretilen TIN modeline ait aynı lokasyonu gösteren bazı fotolar.

- Enkesit çizgileri akarsuyu ve akış yollarını bir kez kesmiştir ve iki çizgi birbiriyle kesiştirilmemiştir.
- Arazi kullanım katmanı Quickbird ve 2006 arazi çalışmalarıyla oluşturulmuştur. Bu katmanda yer alan türlere hidrolik olarak akıma karşı sergilediği davranışın bir göstergesi olarak kabul edilen Manning's N değeri atanmıştır (Chow, 1959; USDA, 1963; Fleckenstein, 1998) (Tablo 44).

Tablo 44: Model için taşkın yatağı ve akarsu yatakları için kullanılan Manning's n değerleri.

Arazi Kullanım Türleri	Manning's N Değerleri
Ağaçlık Alanlar	0.150
Kullanılmayan Boş Alanlar	0.070
Çöp Döküm Sahası	0.025
Fıstık Çamı	0.060
Meyve Bahçesi	0.060
Tarım Alanı (Nadas)	0.030
Tarım Alanı (Ekili-Dikili)	0.040
Park Alanları	0.027
Sanayi Alanları	0.050
Yollar	0.027
Yerleşim Alanları	0.038
Maki Bitki Örtüsü	0.025
Zeytinlik	0.060
Akarsu Yatağı1	0.050
Akarsu Yatağı2	0.017
Akarsu Yatağı3	0.040
Akarsu Yatağı4	0.048

- Kanal içi yapılar olarak Havran Çayı üzerinde İnboğazı mevkiinde inşaatı halen devam eden Havran Barajı alınmıştır (Foto 36)



Foto 36: Kanaliçi yapı.

- Akarsu yatağı içinde yer alan bazı yükseltmeler suyun akışını engelleyebilecek yapılar olarak gösterilmiştir (Şekil 79 ve Foto 37). Bu yapılar, Bent ve Kışla Dereleri Havran Çayı'na katıldığı alanda bulunan eski yapı kalıntısına ait yükselti ile, yatak içerisinde bulunan kum ocağına ait kum tepeciğidir (Şekil 78).



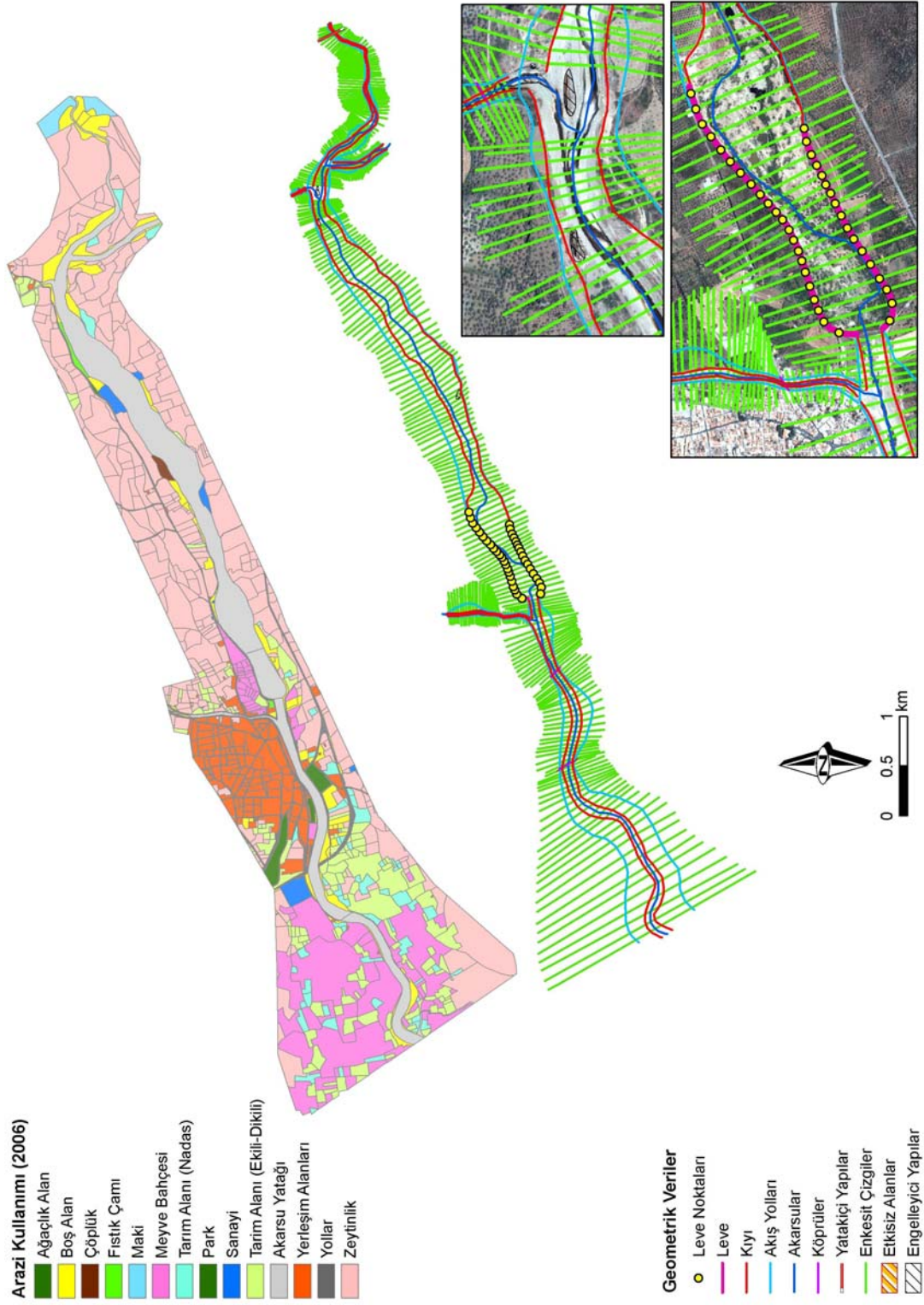
Foto 37: Akarsu yatağı içindeki akışı engelleyen yapılara örnekler.

- Eski taşkınların etkisini ve dağılışını engellemek için Havran yerleşmesi doğusunda, akarsu yatağı, sağ ve sol kenarından setler yapılarak sınırlandırılmıştır. Yatak içi ve dış kenar yukseltisinden fazla ve kaya dolgu olan bu yapı kanala paralel uzanmakta olup, leve olarak çalışmada değerlendirilmiştir (şekil 79, Foto 38). 1981 yılında meydana gelen büyük taşkında, Havran ayı suları, bu leveyi aşmış ve kenarında bulunan birçok meyve bahçesine zarar vermiştir.



Foto 38: Havran ayı kenarında bulunan yapay leveler (sol kenar).

Geometrik verilerin girişi Hec-GeoRAS'ta tamamlandıktan sonra HEC-RAS ta verilerin düzenlenmesi ve modellemenin daha güvenilir olması açısından ilave verilerin eklenebilmesi ve farklı akım hesaplamalarının yapılabilmesi için HEC-RAS formatına dönüştürülmüştür.

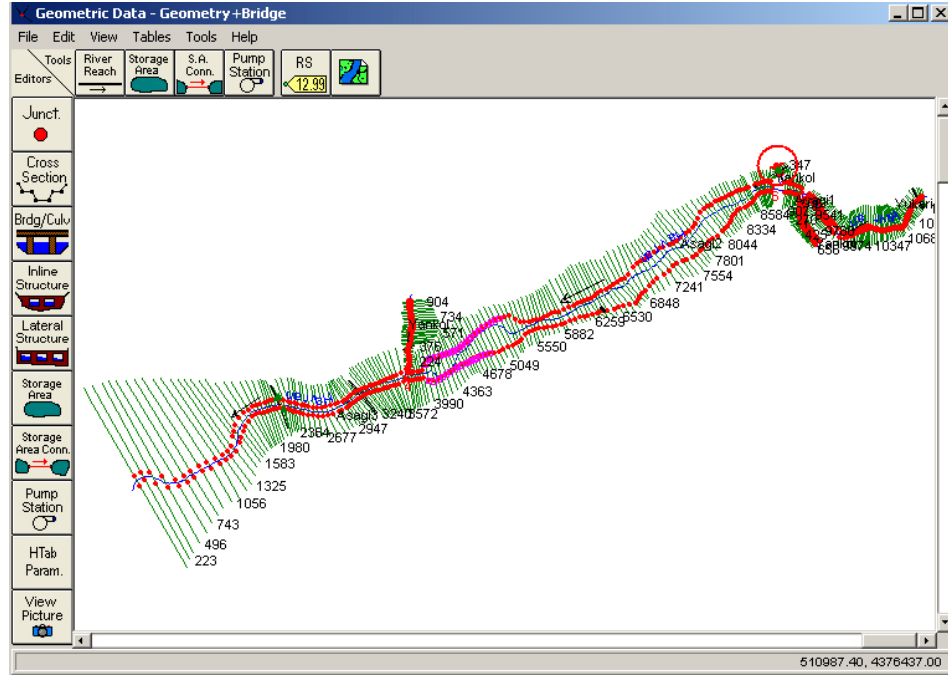


Şekil 79: Hec-GeoRAS'ta oluşturulan geometrik veriler.

2.2.1.4.2. HEC-RAS'ta Geometrik Verilerin Düzenlenmesi ve Taşkın Modelleri

HEC-RAS, bir boyutlu, düzenli ve düzensiz akımların modellendiği bir programdır (USACE, 2005). Modellemenin yapılabilmesi için gerekli olan akarsu yatağındaki geometrik/morfolojik verilerin ve akımla ilgili verilerin girilmiş olması gerekmektedir. Sahamıza ait geometrik veriler, Hec-GeoRAS ta üretilmiş olup ilave veriler bu kısımda tamamlanmıştır. Bu veriler 2006 yaz arazi çalışmasında yapılan ölçüm ve gözlemlerdir. Yapılan çalışmaları kısaca şöyle özetleyebiliriz;

- Veriler, Hec-RAS ortamına aktarılmıştır (Şekil 80).



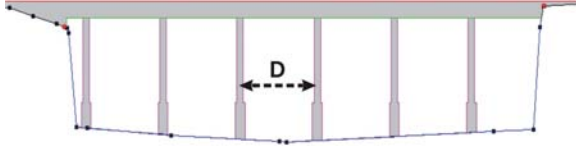
Şekil 80: HEC-RAS a aktarılan veriler.

- Akarsu yatağına paralel uzanan levelerin yükseklik bilgileri tamamlanmıştır.
- Modellemenin yapılacağı alanda bulunan 4 köprünün (Bent, Küçükçay, Havran ve Çevreyolu köprüleri) geometrik verileri tamamlanmıştır (Tablo 45). Bu veriler, köprülerin yüksek ve alçak platform bilgileri, ayaklarının eni ve boyları, ayaklar arası mesafe, köprü eni, köprü türüne göre modelleme bilgileri gibi veriler olup, değerlerin ölçümü 2006 yaz arazi çalışması sırasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 81).

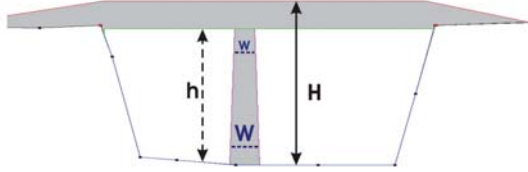
Tablo 45: Köprülerin geometrik verilerine ait bilgiler.

Köprü Adı	Bent	Küçükçay	Havran	Çevreyolu
Köprü Platform Eni*	4.60	4.80	10.00	10.00
Platform Alt Seviye (h)	3.00	3.60	6.60	6.40
Platform Üst Seviye (H)	3.30	4.80	7.30	7.10
Ayak eni (w-W)	0.85	1.00	1.00 - 1.30	1.00-1.30
Ayaklar Arası Mesafe(D)	8.10	9.50	12.00	16.50

*Ölçü birimleri metre dir.



A) Havran Köprüsü



B) Küçükçay Köprüsü

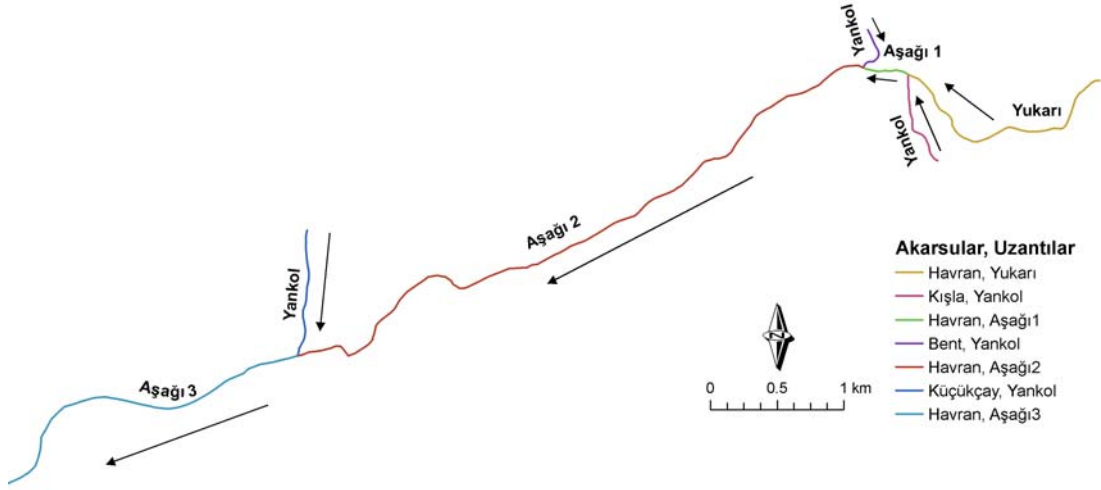
Şekil 81: Verisi tamamlanan köprülerden Havran ve Küçükçay köprüleri.

Köprülere ait olarak ayrıca, taşkın zamanı köprü ayaklarının su içinde yüzen materyallerin toplanmasına bağlı olarak akışı engelleyeceğinden köprü ayaklarının çevresinde akışı engelleyici olarak etkisiz alanların verileri tamamlanmıştır. Gerçekte bunların ne kadar olacağı havzanın yukarı kesimlerinden ve yatak içindeki malzemelere bağlı olarak değişmesinden tam bir miktar belirlenmemektedir. Fakat burada, köprü ayaklarının zeminden köprü platformu alt seviyesine kadar yükseklikte ve köprü ayaklarının iki katı genişliğinde kabul edilmiştir.

- Baraj yıkılmasıyla ortaya çıkacak taşkın modellemesi için, barajla ilgili parametreler tamamlanmıştır. Bununla ilgili detay bilgi baraj yıkılmasıyla ilgili başlık altında detaylı bir şekilde verilmiştir.

Geometrik verilerin veri girişi tamamlandıktan sonra, modellemenin yapılacağı alanda bulunan akarsu ve uzantılarına ait akım verileri girilmiştir. Bu akım verileri, taşkın sıklık analizleri kısmında hesaplanan yan kolların 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık taşkın tekrarlama sıklıklarına ait akım verileridir. Bu verilerden AGI'ye ait olan değerler Havran Çayı yukarı kolu için, Kışla, Bent ve Küçükçay Dereleri için ise hesaplanan akım verileri girilmiştir. Havran Çayı yukarı uzantısı, Kışla yan koluyla

birleştğinde Aşağı 1 olarak isimlendirilmiştir. Aşağı1 uzantısı Bent yan koluyla birleştikten sonra Aşağı 2, Aşağı 2 uzantısı Küçükçay yan koluyla birleştğinde ise Aşağı 3 olarak adlandırılmıştır (Şekil 82). Havran Çayı üzerinde Aşağı 1, 2 ve 3 uzantılarının üzerinde akım istasyonu olmamasından bu uzantılara ait akım verileri, kendisine dahil olan önceki iki uzantının akımlarının toplamı şeklinde girilmiştir. Buna göre elde edilen akım verileri Tablo 46'da verilmiştir.



Şekil 82: Modellemenin yapıldığı alandaki akarsu ve uzantıları.

Tablo 46: Akarsu ve uzantılarının farklı tekrarlama sıklıklarına ait akım verileri.

(T)	AGİ	Kışla	Aşağı 1	Bent	Aşağı 2	Küçükçay	Aşağı 3
5	120.64	62.18	182.82	56.88	239.7	45.27	284.97
10	163.35	84.12	247.47	75.66	323.13	59.62	382.75
25	218.98	111.84	330.82	99.39	430.21	77.76	507.97
50	289.47	135.77	425.24	120.00	545.24	95.17	640.41
100	371.88	166.11	537.99	147.32	685.31	119.29	804.60
200	468.17	198.98	667.14	177.77	844.91	147.37	992.28
1000	751.62	286.02	1037.65	261.10	1298.74	231.53	1530.27

Daha öncede belirtildiği üzere, taşkın modellemeleri 4 farklı senaryoya göre yapılmıştır. Bunlardan birincisi Havran Barajı inşa edilmemiş kabul edilerek oluşturulan senaryodur. Tablo 46'daki akım verileri, bu senaryoda kullanılan akarsu ve uzantılarına ait akım verileridir. İkinci senaryo olarak Havran Barajı inşasından sonra baraj yapımında planlanan normal su kotunda dipsavak deşarjı olan 13.4 m³/s, Havran Çayı yukarı kolundan gelen akım değeri için sabit değer olarak kabul edilmiştir. Buna göre oluşturulan akarsu ve uzantılarına ait akım verileri Tablo 47'de verilmiştir.

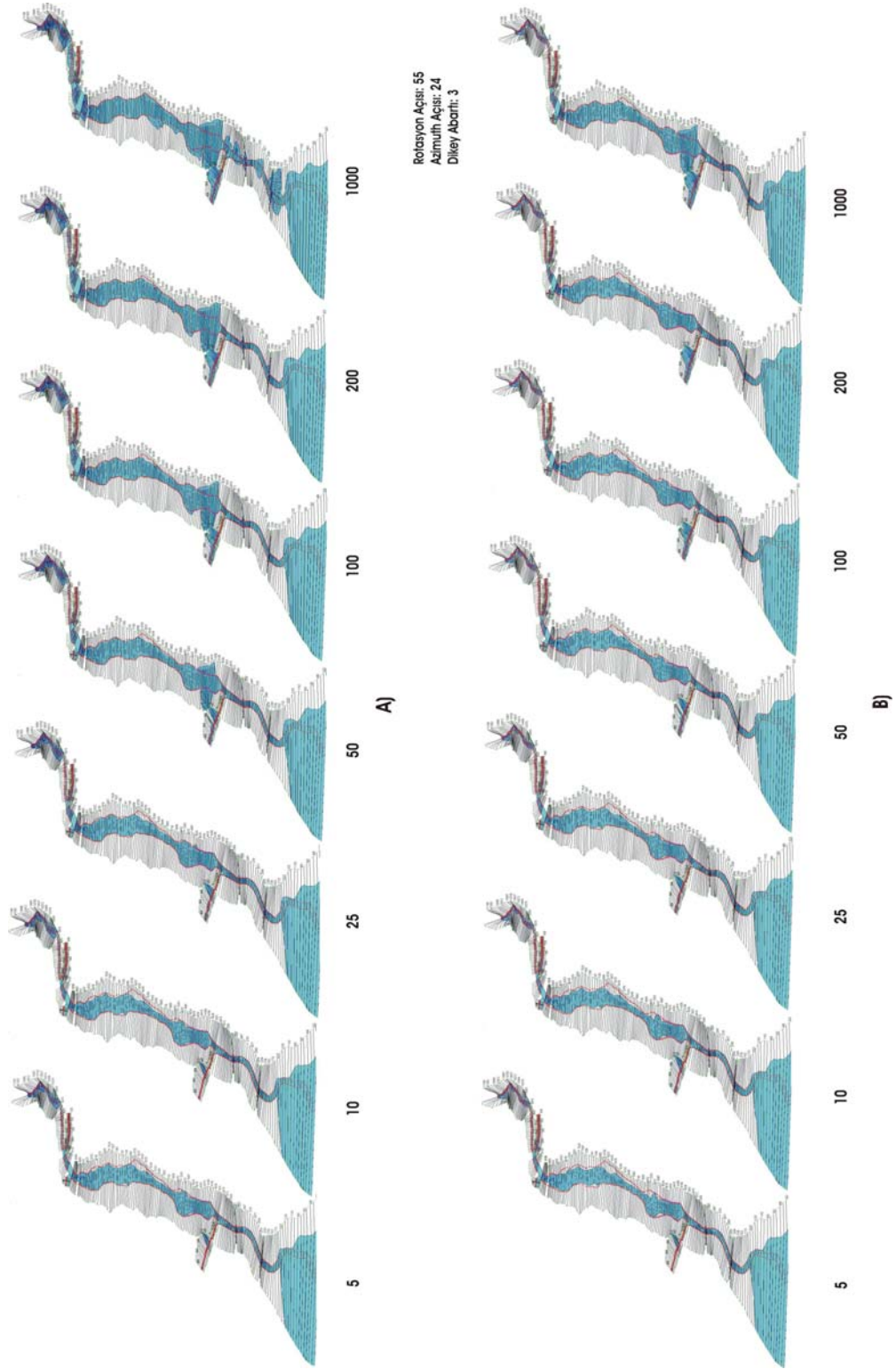
Tablo 47: Baraj yapımından sonra oluşacak akım tablosu.

(T)	AGİ	Kışla	Aşağı 1	Bent	Aşağı 2	Küçükçay	Aşağı 3
5	13.4	62.18	75.58	56.88	132.46	45.27	177.73
10	13.4	84.12	97.52	75.66	173.18	59.62	232.80
25	13.4	111.84	125.24	99.39	224.63	77.76	302.39
50	13.4	135.77	149.17	120.00	269.17	95.17	364.34
100	13.4	166.11	179.51	147.32	326.83	119.29	446.12
200	13.4	198.98	212.38	177.77	390.15	147.37	537.51
1000	13.4	286.02	299.42	261.10	560.52	231.53	792.04

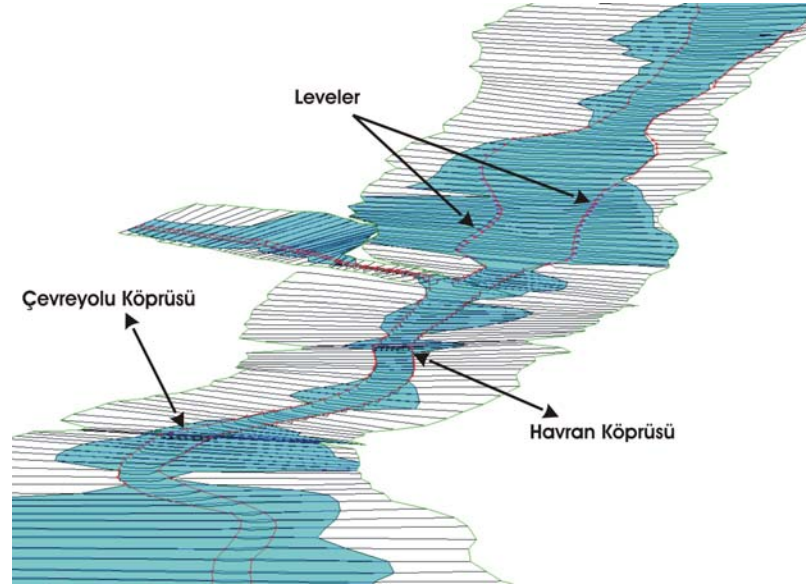
Taşkın tekrarlama sıklıklarına ait akım verileri düzenli akım (Steady Flow) verisi olarak kabul edilmiştir. Düzenli rejim olarak da adlandırılan bu tipte, akım miktarındaki artma ve azalmalar, her yıl belirli dönemlerde gerçekleşir (Hoşgören, 2001). Havran Çayı aşağı kesimine ait modelleme yapıldığından dolayı, bu alanda yatak eğim değerleri çok düşüktür (0.001-0.005). Eğimin düşük olması, akım hızını etkileyeceğinden düzenli akım hesaplaması kritikaltı (Subcritic) olarak yapılmıştır. Süperkritik akımlar ise daha çok eğimin fazla olduğu alanlarla ilişkilidir (Methods, 2003). Buna göre iki farklı senaryonun düzenli akım modelleri oluşturulmuştur (Şekil 83).

Gerek barajın dikkate alındığı gerekse barajın dikkate alınmadığı senaryoda, Havran Çayı'nın kanal içine alındığı kesimin bittiği yerden sonraki alanda su kütlesinin büyük bir alana dağılışı görülmektedir. Bunda TIN'nin çözünürlüğü etkili olduğu kadar, akarsu yatak özelliklerinin de etkisi fazladır. Aynı durum Küçükçay Deresi yankolu için de geçerlidir. Levelerin olduğu alanda, baraj dikkate alınmadan yapılan senaryoda 25 yıllık sıklıktan sonra leveleri aşmaya başlamaktadır. 1000 yıllığa gelindiğinde ise maksimum düzeye ulaşmaktadır. Fakat bu durum, barajın dikkate alındığı senaryoda, ancak 200 yıllık sıklıktan sonra leveleri aşmaya başlamaktadır. İki senaryoda da Havran Çayı yukarı kısmı, Bent ve Kışla Deresi alt kollarının birleştiği alanda taşkın etkileri gözükmemektedir (Şekil 83).

Barajın dikkate alınmadığı senaryoda, yeni kanal özelliklerine rağmen 25 yıllık sıklık akım verilerinde leveden taşmaya başlayan su miktarı ve 100 yıllıktan itibaren barajda meydana gelen taşmayla etrafa su kütlesi yayılmaya başlamaktadır. Bu durum 1000 yıllıkta maksimum boyuta ulaşmaktadır (Şekil 84).

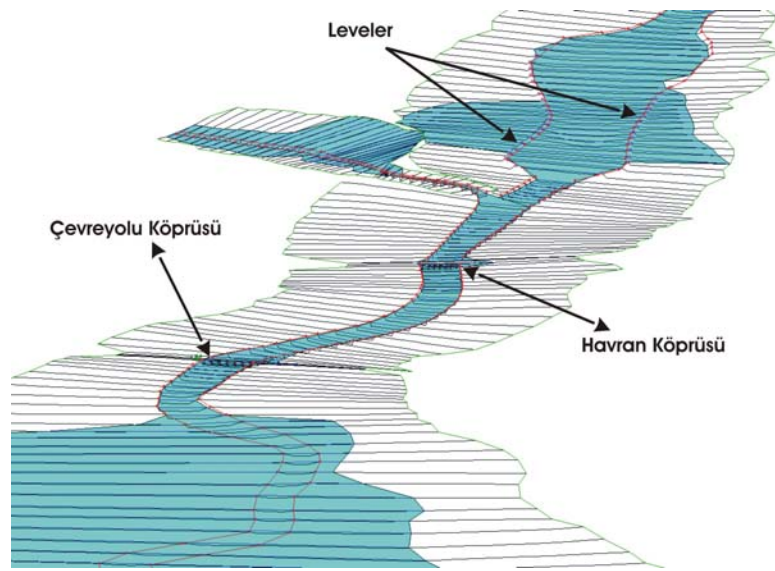


Şekil 83: HEC-RAS ta farklı tekrarlama sıklıklarına göre taşkın modelleri A) Baraj dikkate alınmamıştır B) Baraj dikkate alınmıştır.



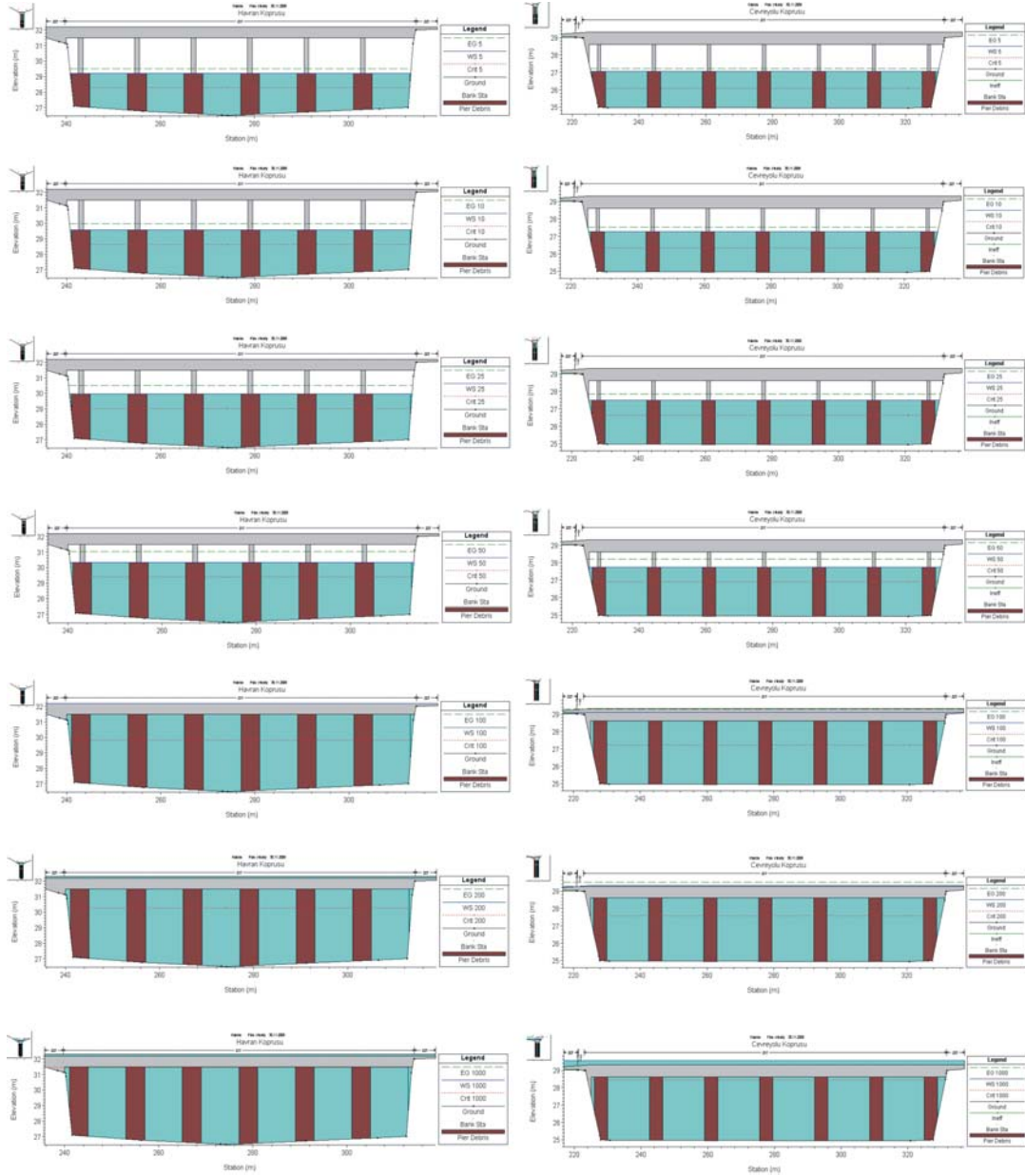
Şekil 84: Baraj dikkate alınmadan oluşturulan 1000 yıllık sıklığa göre taşkın senaryosu.

Bunun yanında baraj dikkate alınarak oluşturulan senaryoda, 200 yıllık akım verisinden itibaren leveleri aşmayı başlayan su miktarı 1000 yıllıkta maksimum düzeye ulaşmaktadır. Köprü ayaklarından malzeme birikiminin etkisi ise 1000 yıllıkta ancak suyun kanal dışına taşmasına neden olmaktadır. Fakat, yine de yatağın kanal içine alınan kısmından sonra su kütlesi büyük bir alana yayılış göstermektedir (Şekil 85)



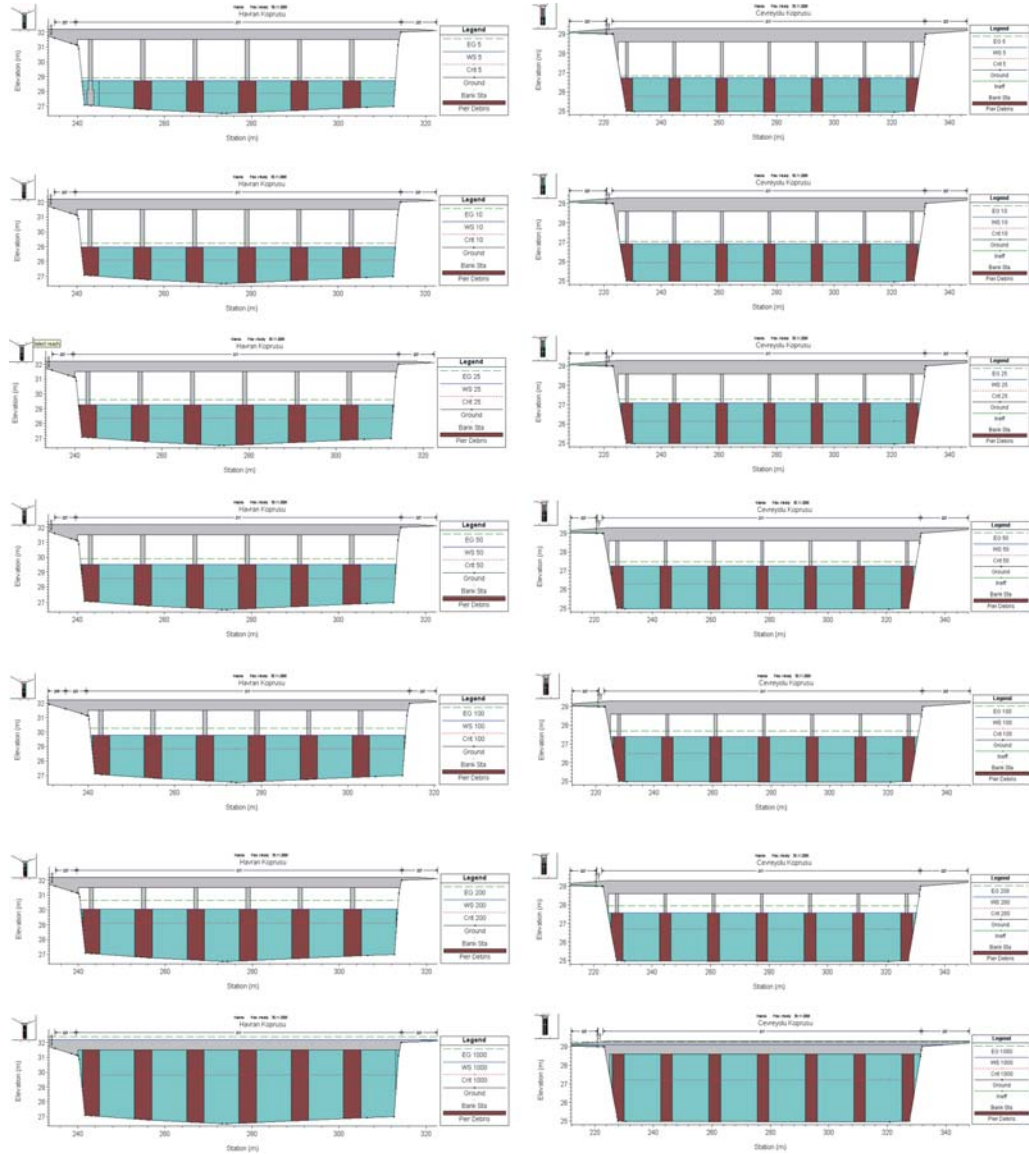
Şekil 85: Baraj dikkate alınarak oluşturulan 1000 yıllık sıklığa göre taşkın senaryosu.

İki senaryoda da Havran Çayı Aşağı 3 uzantısında bulunan köprülerin durumuna bakıldığında, baraj dikkate alınmadan yapılan farklı tekrarlar sıklıklarına ait senaryolarda suyun konumu, 25 yıllık tekrarlama sıklığından sonra riskli hale geçmektedir. Burada, köprü ayaklarının yarısından fazlasının suyla dolu olması dikkate alınmıştır (Şekil 86). Bunun için risk analizi çalışmalarında 25 yıllık sınırından sonrakilerde köprünün yıkıldığı kabul edilmiştir.



Şekil 86: Havran ve Çevreyolu köprülerinde baraj dikkate alınmadan oluşturulan taşkınlarda suyun konumu (5,10, 25, 50, 100, 200, 1000 yukarıdan aşağıya)

Baraj dikkate alınarak yapılan senaryoda ise, köprüler için risk aşaması 50 yıllık sınırdan sonra dikkat çekmektedir (Şekil 87). 50 yıllıktan sonra yatağın yarısından fazlasının suyla kapladığı için bu tekrarlar sıklığından sonrakiler, risk analizi çalışmalarında dikkate alınmıştır.



Şekil 87: Havran ve Çevreyolu köprülerinde baraj dikkate alınarak oluşturulan taşkınlarda suyun konumu (5,10, 25, 50, 100, 200, 1000 yukarıdan aşağıya).

Gerçekte, köprü ayaklarının bugünkü konumları gözönünde bulundurulduğunda fazla bir direnç özelliklerinin olduğunu söylemek güçtür. Çünkü köprü ayakları oldukça aşınmış durumdadırlar (Foto 39, 40).



Foto 39: Havran köprüsü ayakları.

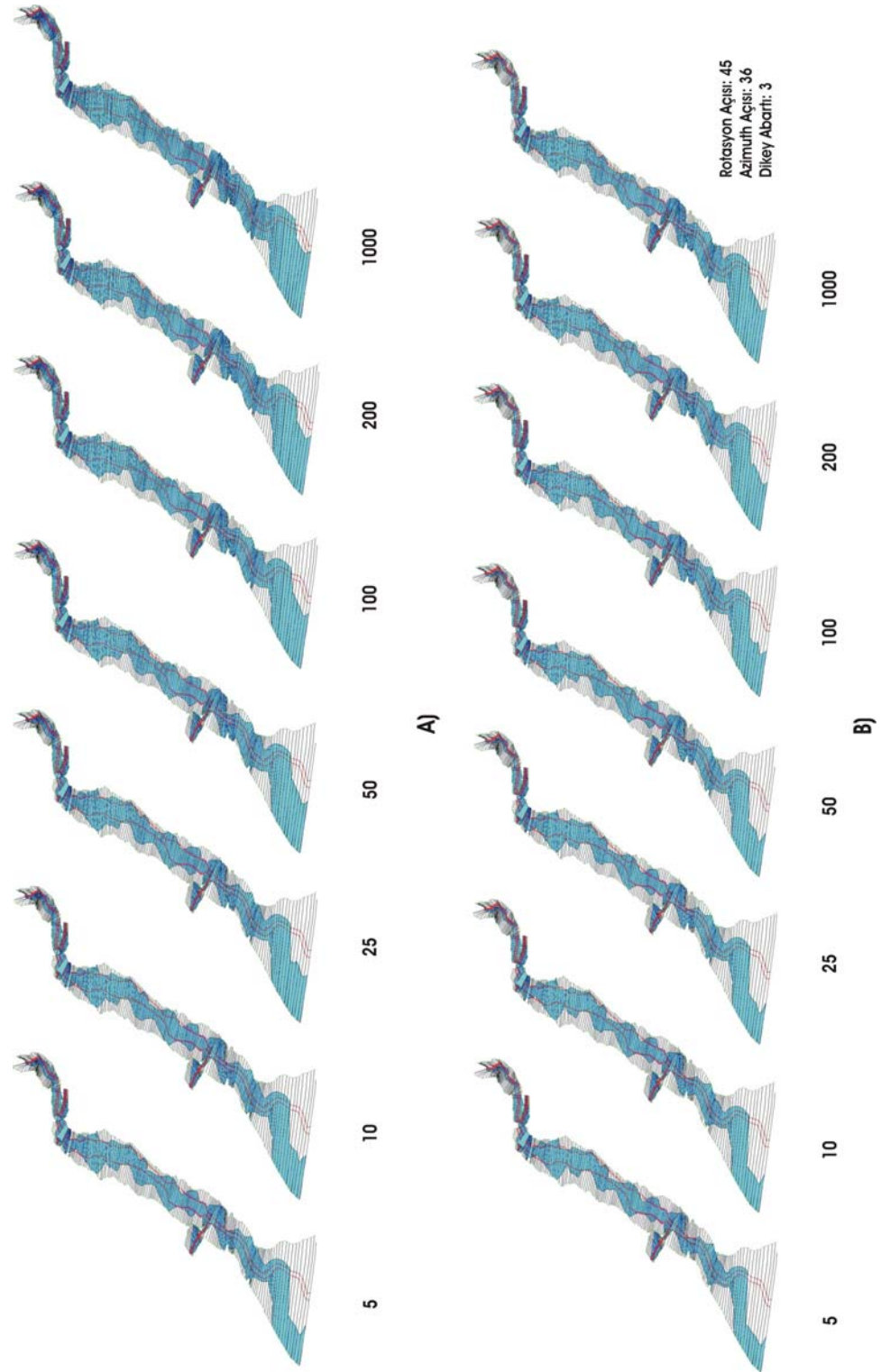


Foto 40: Çevreyolu köprüsü ayakları.

Çalışmada, GPS verileri ile üretilen TIN modelinin yanında, 1/25000 ölçekli topografik haritaların 5-10 m. lik eşyüksekti eğrilerinden üretilen TIN modeli kullanılarak da modelleme yapılmıştır. Bu TIN üzerinde akarsu yatağının şekilsel biçimi tam olarak gösterilemediğinden, yatak üzerinde yer alan köprü, etkisiz alanlar gibi bazı geometrik verilerin veri girişi de yapılamamıştır. Baraj dikkate alınmadan ve baraj dikkate alınarak oluşturulan modellerden şu sonuçlar ortaya çıkmıştır (Şekil 88).

Baraj dikkate alınmadan yapılan değişik sıklıklara ait taşkın senaryosunda, taşkın sularının yatak formunun tam yansıtılmamasından dolayı, yatak kenarında birçok alan su altından kalmaktadır. Ayrıca Havran yerleşmesi de 5 yıllık tekrarlama sıklığından başlamak suretiyle diğer hepsinde suların etkilediği alan olarak karşımıza çıkar. Havran Çayı'nın kanal altına alınan kesiminden sonraki alanda taşkın suları topografya haritasının da özelliklerine de bağlı olarak akış yönünün sağ tarafına doğru (Çoruk Deresi yatağı) bir meyil göstermekte ve akışın tamamı bu alana yönelmektedir. GPS ölçümleriyle üretilen TIN modelinde de hemen hemen aynı özelliklerin görüldüğü bu durumda, taşkın anından su kütlesi sadece tek yatağa bağlı olmayıp ova tabanında yer alan diğer akarsu yataklarına bağlı olarak da dağılıp göstereceği ortaya çıkmaktadır. Böylece yükselti farklarının çok az olduğu ova tabanında, taşkın anında bir çok alanın etkilenmesi mümkün olacaktır.

Barajın dikkate alındığı topografya haritasından üretilmiş TIN modelinden oluşturulan değişik senaryolarda, baraj dikkate alınmadan yapılandaki gibi dağılıp yönleri aynıdır. Ancak su kütlesine bağlı olarak dağılıpına ait sınır özellikleri daha dar alandadır. Fakat bunda da yatak özelliklerinin yansıtılmamasından dolayı yatak dışına taşmalar mevcuttur (Şekil 88).



Şekil 88: Farklı tekrarlama sıklıklarına göre topografyadan üretilen TIN den elde edilmiş taşkın modelleri A) Baraj dikkate alınmamıştır B) Baraj dikkate alınmıştır.

2.2.1.4.3. Barajla İlgili Taşkın Modelleri

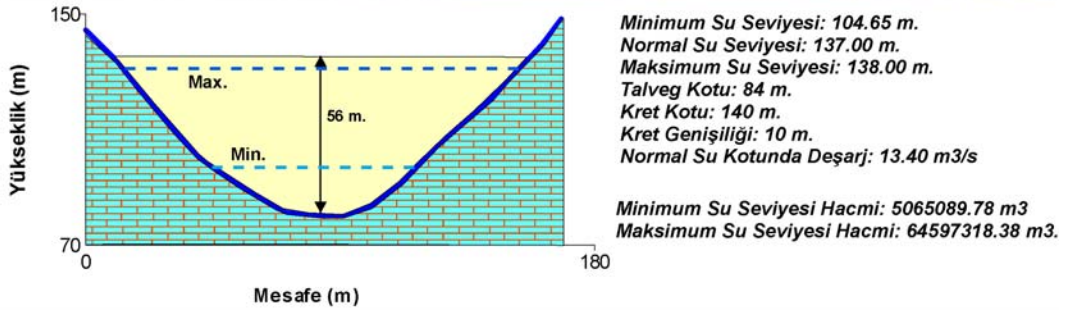
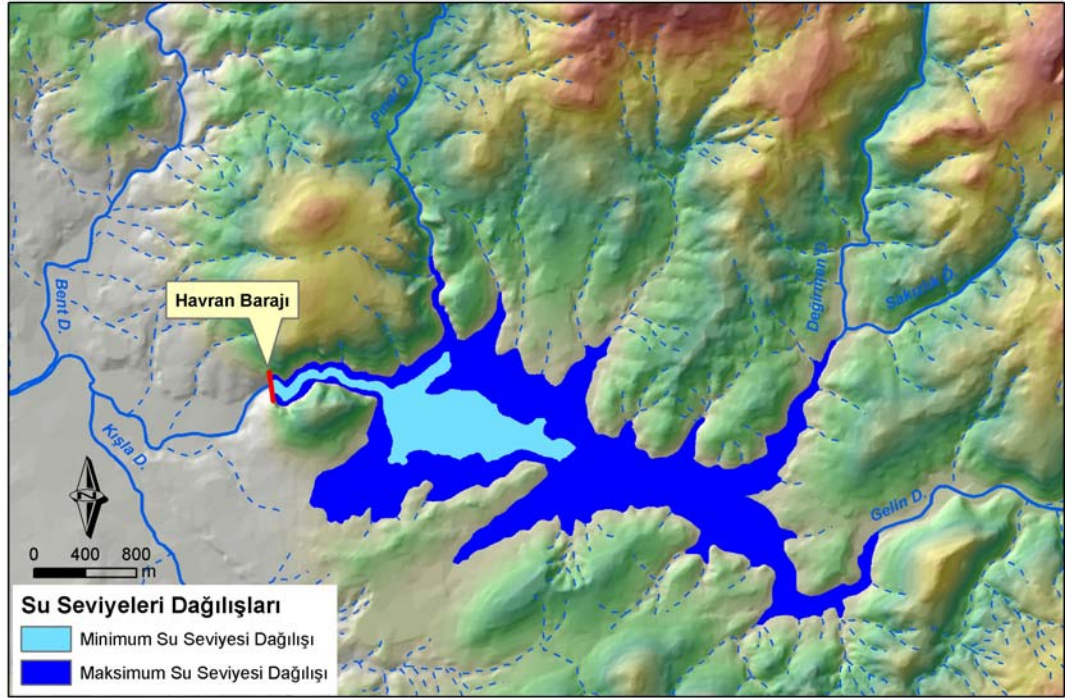
Barajlar, inşaa edildikleri alanlar için bir çok ekonomik fayda sağlarken, yıkılmalarıyla da o derece ekonomik zararların oluşmasına neden olurlar. Özellikle baraj gövdesi arkasında birikmiş olan su hacminin fazla olduğu alanlarda ani baraj gövdesindeki yıkılmayla, normal taşkınlardan bile fazla derecede etkiye sahip taşkınlar meydana getirirler.

Dünya üzerinde baraj yıkılmalarının %38'i dolusavak kapasitesi yetersiz olduğu için suyun baraj üzerinden aşması nedeniyle yada dolusavağın şiddetli yağışlardan gelen aşırı su karşısında yıkılması yüzünden, %33'ü baraj gövdesinde oluşan borulanma yada sızmadan ve %23 lük bir kısmı da şev kaymaları, deprem kaynaklı zemin sıvılaşması yada rezervuarlarda toprak kaymaları gibi nedenlerden dolayı gerçekleşmektedir (ICOLD, 1973; Fread, 1991).

Bu özelliklerden dolayı, Havran Çayı aşağı kesiminde yapılacak taşkın haritalamarından birisi de çeşitli nedenlerden dolayı meydana gelme olasılığı bulunan baraj yıkılmasıyla ortaya çıkacak taşkınlardır. Havran Çayı üzerinde baraj yapımı çalışmaları 1995 yılında başlamıştır (Özdemir, 1998). Sulama ve taşkın önleme amaçlı olarak yapılacak olan baraj gövdesinin tipi, kum, çakıl ve kaya dolgudur (DSİ, 1988). Bu türdeki barajlar ani olarak veya tamamen yıkılma eğilimi göstermezler ve gövdede oluşacak nihai gedik genişliği barajın toplam genişliğinden çok daha kısadır (Bozkuş, 2004).

Bu tip barajların yıkılmalarıyla ortaya çıkacak maksimum akımlar için bir çok araştırmacı rezervuarın hacmi, suyun derinliği, barajın yüksekliği veya bunlardan bazılarının ortak değerlendirilmesiyle, meydana gelmiş baraj yıkılmalarında gözlenen maksimum akımlar arasında regresyon ilişkisine bağlı olarak metotlar geliştirmiştir (Kirkpatrick, 1977; Hagen, 1982; MacDonald ve Landridge-Monopolis, 1984 ; Costa, 1985; Evans, 1986; Von Thun ve Gillette, 1990; Froehlich, 1995a,b). Çalışmada bu metotların uygunluğu veya doğruluğu sınanmamış olup, 138 m. lik maksimum su seviyesinde baraj gerisinde birikecek su hacminin, olası depremlerle gövdenin yıkılması ve yatak seviyesine ve enine kadar açılacak bir gedikte suyun boşalmasıyla etkilenme riski olan alanların tesbiti yapılmıştır. Fakat modelin gerçekçi olması bakımından gövdedeki gedikte farklı yükseltilere bağlı oluşacak maksimum akımları ve toplamda suyun boşalma zamanının hesaplanabilmesi için Froehlich (1995a,b) ampirik formülleri kullanılmıştır.

Havran Barajıyla ilgili teknik bilgiler Şekil 89'da verilmiştir. Bu bilgilerden maksimum su seviyesindeki gölün hacmi DSİ tarafından $66.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ olarak belirlenmişken, 1/25000 ten elde edilen DEM üzerinde maksimum seviyesindeki gölün hacmi, ArcGIS 9 içinde 3D Analyst te yer alan hacim hesaplaması kullanılarak 64597318.38 m^3 bulunmuştur (Şekil 89). Yaklaşık değerler göstermesine karşın, farklı su seviyelerindeki ve farklı gedik boyutlarındaki maksimum su çıkışları için suyun boşalma zamanı hesaplanacağından çalışmada ölçülen hacim değeri kullanılmıştır.



Şekil 89: Havran Barajı teknik bilgileri ve farklı su seviyelerinin dağılışı.

Modelde kullanılan TIN veri tabanında baraj lokasyonun olduğu alanda talveg kotu 80 m. dir. Bundan dolayı çalışmada talveg kotu 80 m. olarak alınmıştır. Bunun yanında su seviyeleri talvegten 58m. baraj kret uzunluğu ise 60 m. olarak alınmıştır.

Froehlich, 63 örnek üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda gediklerin aşınma zamanları ve 22 baraj çökmesi örneğinden de çıkan akım miktarları üzerine iyi sonuçlar veren formüller geliştirmiştir. Bunlardan baraj gövdesindeki gediğin aşınma zamanı için;

$$t_f = 0.00254V_w^{0.53}h_b^{-0.9}$$

formülü kullanılmıştır (Froehlich, 1995a). Formülde yer alan V_w göçme anında rezervuarın hacmi (m^3), h_b ise gediğin yüksekliğidir (m.). Formülden de anlaşılacağı üzere, gedik yüksekliği ve su hacmine bağlı olarak formül geliştirilmiştir.

Gedik yüksekliğine bağlı olarak ortaya çıkan pik akım değeri ise;

$$Q_p = 0.607V_w^{0.295}H_w^{1.24}$$

formülüyle hesaplanmıştır (Froehlich, 1995b). Formülde yer alan H_w rezervuarda bulunan suyun yüksekliğidir. Bu formülde suyun hacmi ve yüksekliği arasındaki ilişki kullanılmıştır.

Bu formüller, çalışma sahasında oluşması düşünülen baraj gölünün farklı su seviyelerine ve farklı gedik yüksekliklerine uygulanmıştır. Böylece toplamdaki su çıkışının zamansal değerine ulaşılmıştır. Barajın kret tipi kaya dolgu olmasından, krette oluşacak gediğin ani olarak açılmasından çok yavaş yavaş 5 m. de bir açıldığı varsayımı çalışmada kullanılmıştır. Farklı yüksekliklerdeki suyun hacim hesaplaması 3D Anayst içindeki hacim hesaplaması kullanılarak yapılmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar Tablo 48'de verilmiştir.

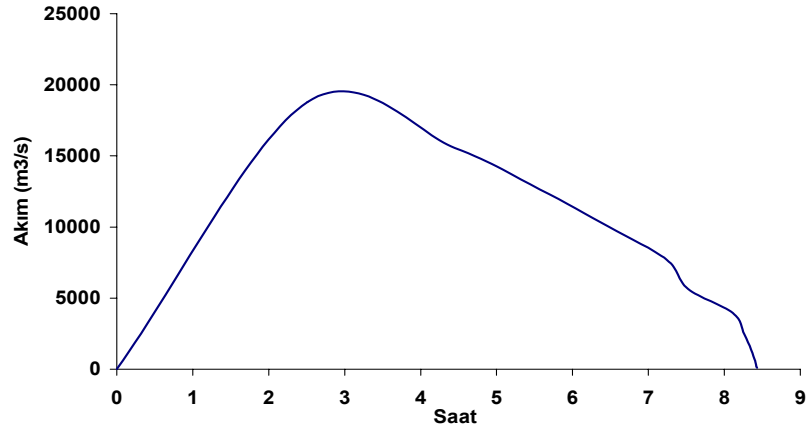
Çıkan sonuçlara bağlı olarak maksimum seviyedeki su kütlesi, çeşitli gedik seviyelerine bağlı olarak 8 saat 43 dakikada boşalmaktadır. Buna göre gedik akım hidrografi oluşturulmuştur (Grafik 35).

Çalışma alanının Nalbant vd. (1998) yaptığı çalışmaya bağlı olarak Coulomb stresin arttığı alanlar içinde olmasından dolayı, baraj gövdesindeki yıkılmanın oluşacak depremler neticesinde ortaya çıkacağı kabul edilmiştir. Burada barajın tahrip olması, göl alanında oluşacak dalgalanmayla suların baraj gövdesi üzerinden aşması ve gediğin oluşmasıyla gerçekleşeceği farzedilip bunun üzerinden modelleme yapılmıştır. Çalışmada, gediğin büyüklüğüne bağlı olarak suyun akış gücünün sahada yaptığı etkiden çok, baraj gölündeki suyun tamamının boşalmasıyla suyun ulaşabileceği maksimum yayılış alanını ortaya çıkarmak hedeflenmiştir.

Tablo 48: Gedik aşınma zamanları ve pik akım değerleri.

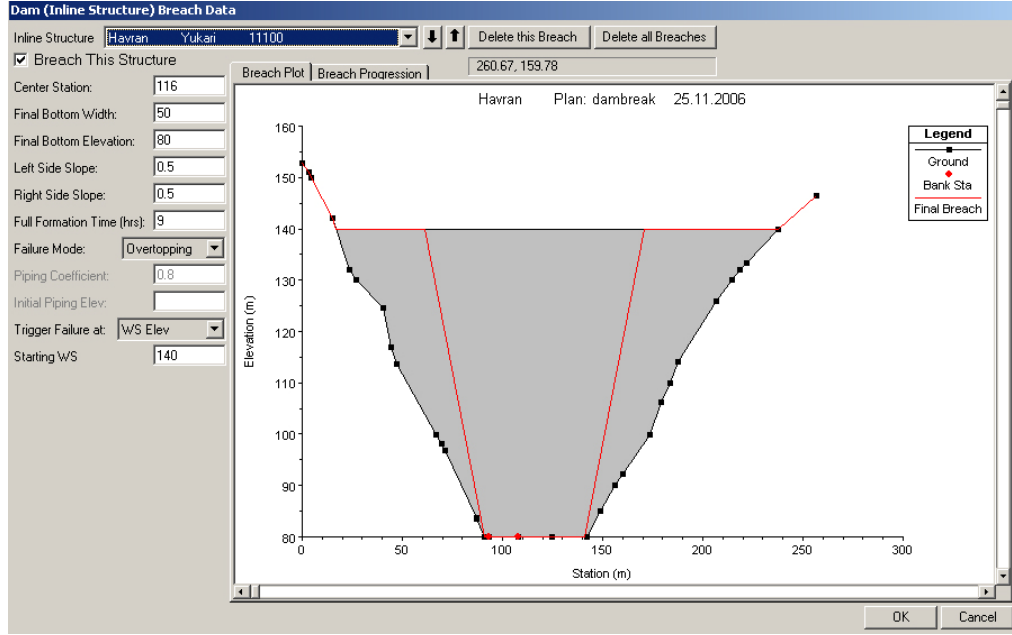
Yükselti Aralığı	Hacim (m ³)	Gedik (m)	Su Seviyesi (m)	t _r (Saat)	Qp (m ³ /s)
138-135	8761418	5	58	2.85	18786.79
135-130	13269692	10	50	1.91	15552.94
130-125	10960422	15	45	1.20	12657.35
125-120	9329740	20	40	0.85	10018.08
120-115	7218868	25	35	0.60	7712.18
115-110	5873506	30	30	0.46	5648.37
110-105	3878240	35	25	0.32	3968.37
105-100	3061688	40	20	0.25	2455.68
100-95	1394728	45	15	0.15	1397.96
95-90	752242	50	10	0.10	515.63
90-85	57010	55	5	0.02	239.90
85-80	39764	60	0	0.02	101.57
Toplam	64597318	60	58	8.43	

Böylelikle baraj yıkılmasıyla ilgili parametreler, HEC-RAS ta baraj gedik özellikleri olarak girilmiştir (Şekil 90). Gediğin ulaşacağı maksimum derinlik talveg olarak ve tabanda ulaşacağı maksimum genişlikte akarsu yatağının genişliği alınmıştır.

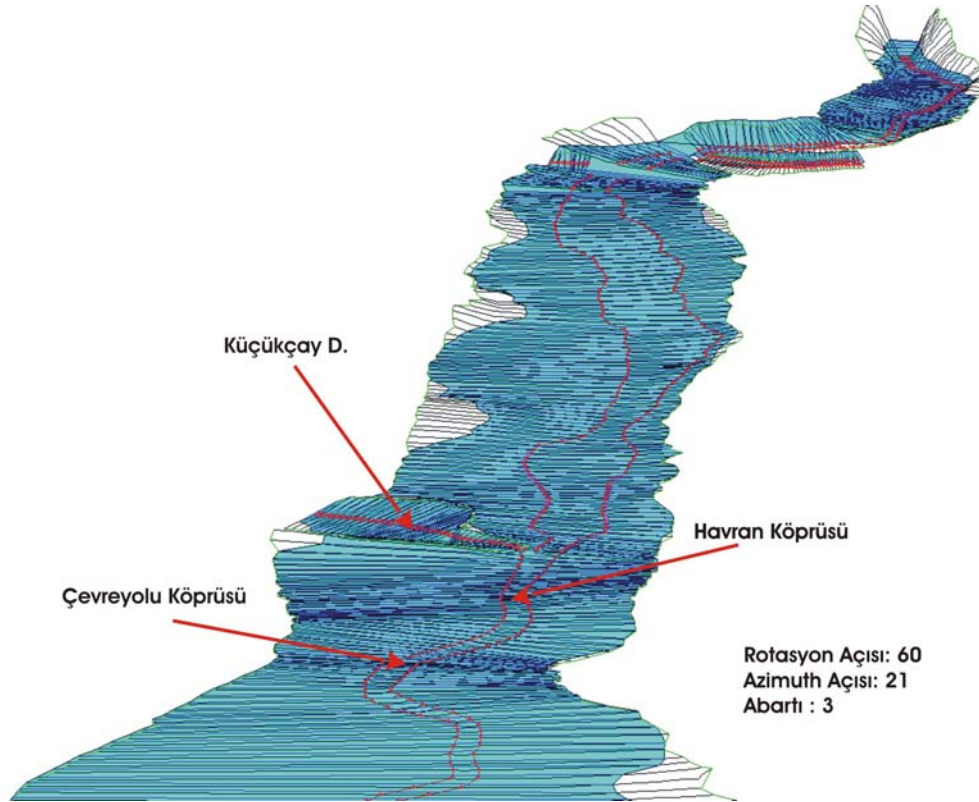


Grafik 35: Gedik akım hidrografı.

Elde edilen pik akım değerleri süreksiz akım verisi olarak HEC-RAS ta veri girişi yapılmış ve baraj yıkılmasıyla ortaya çıkan suyun dağılım alanı belirlenmiştir (Şekil 91). Burada sadece, 9 saatlik suyun akımı içinde taşkın ulaştığı maksimum seviyeler gösterilmiştir. Baraj gölünün maksimum su seviyesinin ova tabanındaki yayılımını görmek amacıyla diğer yan kollarda gelen akım miktarı olarak minimum değerler kullanılmıştır.



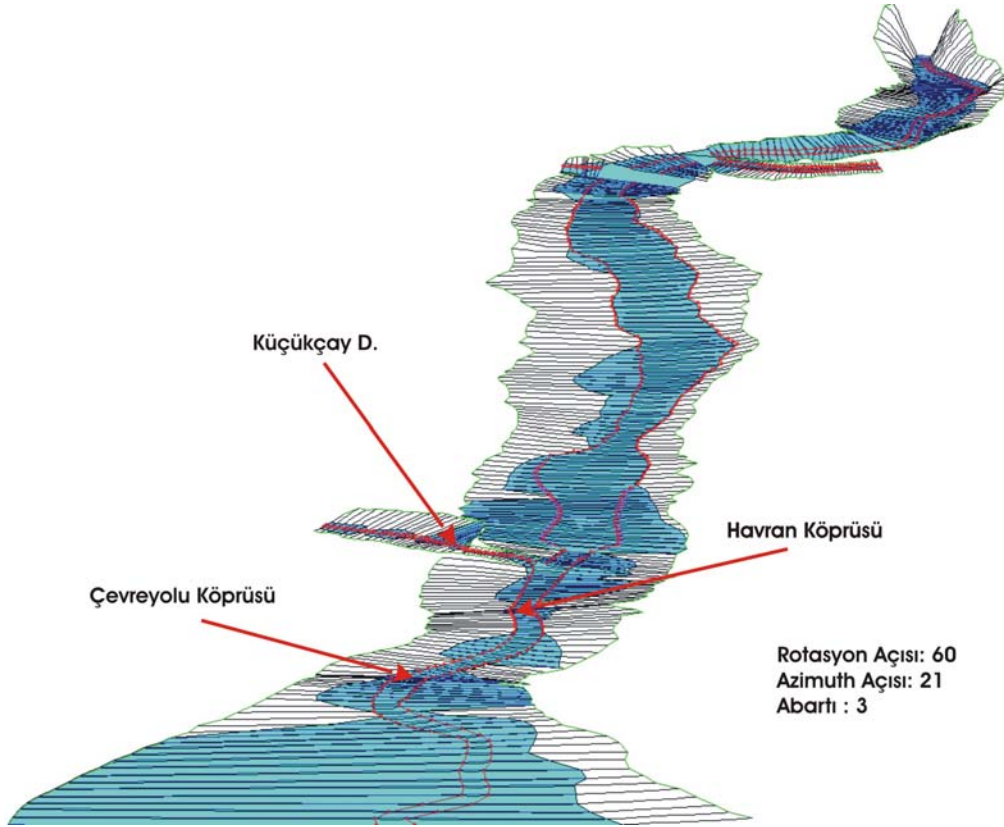
Şekil 90: Baraj yıkılmasına ait veriler ve kretteki gediğin son hali.



Şekil 91: Baraj yıkılmasıyla belirlenen alan içinde taşkına uğrayan alanlar.

Şekil 91'den de anlaşılacağı gibi taşkın modeli için baz alınan enkesit çizgilerinin uzunluğu özellikle Küçükçay Deresi kolundan sonraki alanda yeterli gelmemiştir. Havran yerleşmesinin tamamı su altında kalırken, enkesitlerin daha da genişletilmesiyle Havran yerleşmesini aşacağı ve ova tabanını tamamen kaplayacağı sonucunu çıkartabiliriz.

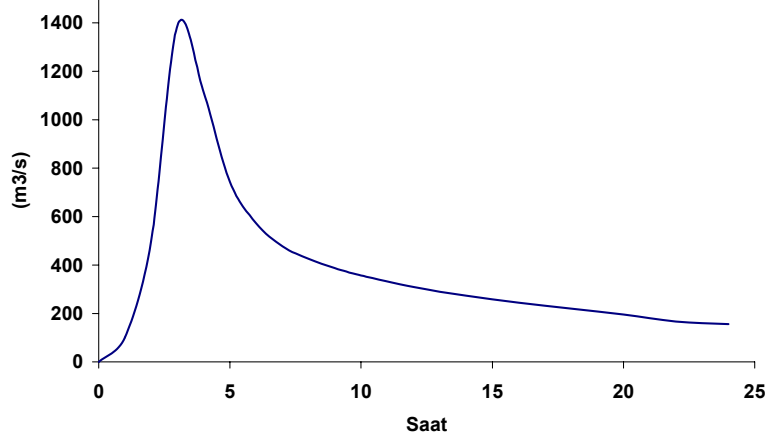
Bu kısımda baraj gövdesindeki gediklenmeyle oluşacak taşkın modellemesi yanında, barajın dolması sonucu dolu savaktan akacak suyun oluşturacağı taşkın modellemesi de yapılmıştır. Bu modelde, Havran Çayı yukarı kolu için (barajın olduğu kesim), baraj yapım aşamasında DSİ tarafından baraj taşkın pikleri göz önüne alınarak oluşturulan dolu savak taşkın debi değerleri (Tablo 49), diğer kollar için 30 yıllık maksimum akım miktarları arasındaki en yüksek değerler kullanılmıştır (Tablo 35). Bunun nedeni, barajın dolması maksimum yağışın meydana geldiği dönemlerde gerçekleşeceği ihtimalinden, yan kollardan da maksimum akımın geleceği düşünülmüştür.



Şekil 92: Dolu savak taşkın grafiği ile oluşturulmuş taşkın modeli.

Tablo 49: Havran Barajı dolu savak taşkın hidrografı (DSİ, 1988).

(Saat)	Q (m ³ /s)
0	0
1	102
2	497
3	1391
4	1114
5	744
6	573
7	477
8	426
9	387
10	357
12	309
14	274
16	245
18	220
20	196
22	167
24	156



Şekil 92'de görülen taşkın dağılışı alanlarının belirlenmesinde, 24 saatlik akım süresi içinde maksimum akımların ulaştığı seviyeler kullanılmıştır. Baraj dikkate alınmadan oluşturulan 1000 yıllık tekrarlama sıklıktaki taşkın dağılışına benzeyen bu senaryoda, leve gerisi ve çevresi, köprülerin olduğu alanlar ve yapay kanal alanından sonraki alanların tamamen su altında kaldığı görülmektedir.

2.2.1.4.4. Hec-GeoRAS'ta Taşkın Modellerinin Haritalanması

Hec-Ras ta üretilen üç değişik modele ait akım verileri ve bunların dağılışı alanları, risk analizi çalışmalarında CBS ortamında değerlendirebilmek amacıyla Hec-GeoRAS ortamına aktarılmıştır. Bunun için veri dönüşümleri yapılmıştır (Şekil 76). Bu kısımda, topografya haritasından üretilen modeller, gerçeği tam yansıtmadıklarından ele alınmamışlardır. Sadece GPS verileri ve topografya haritası verilerinden üretilen TIN modeli kullanılarak yapılan modellerin taşkın haritalaması oluşturulmuştur.

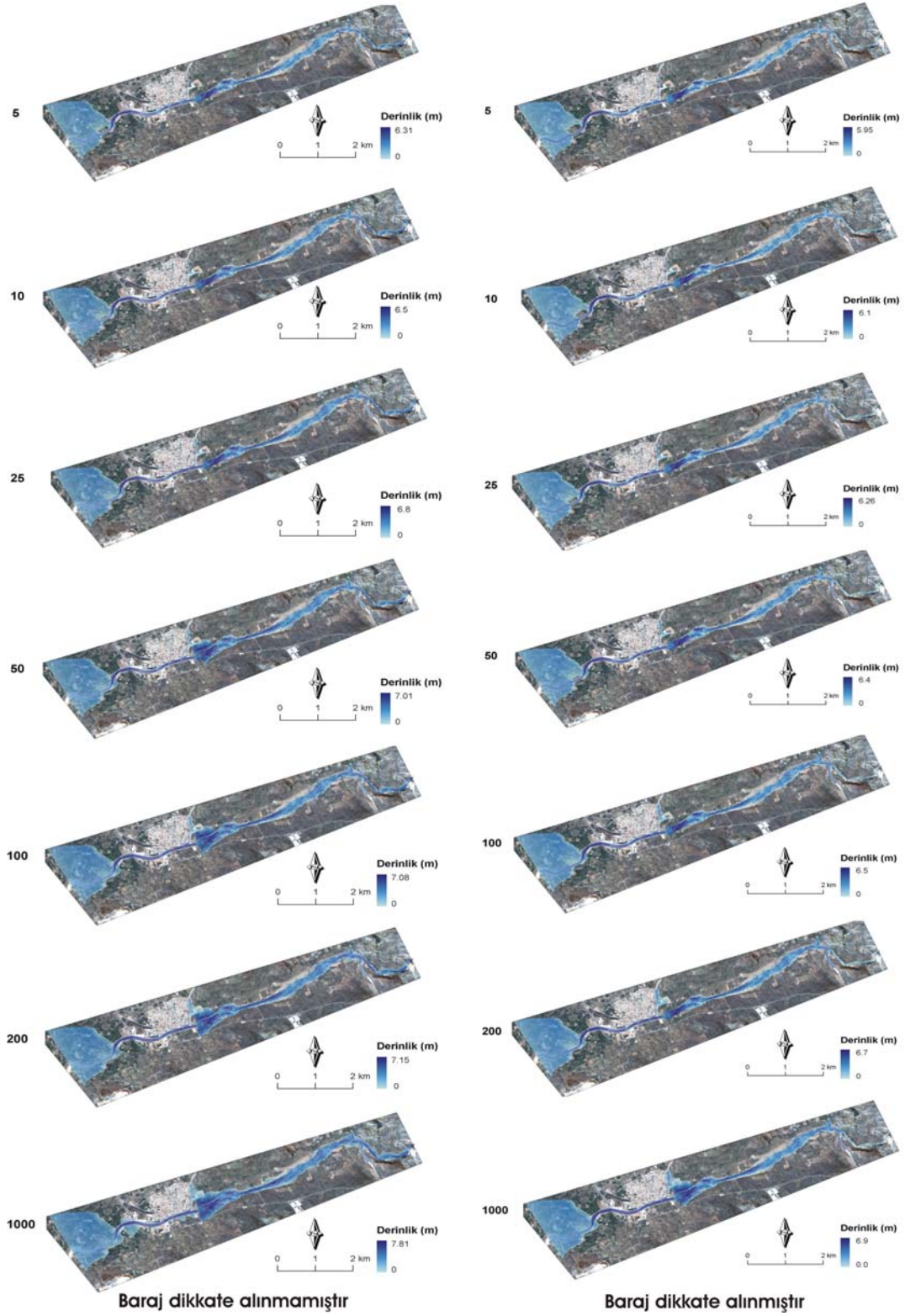
Yukarıda değinildiği üzere, taşkın haritalaması 4 farklı senaryo üzerine yapılmıştır. Bunlardan barajı dikkate alan ve almayan senaryolarda, farklı tekrarlama sıklıklarında ortaya çıkan akım miktarlarına bağlı olarak 7 farklı model ortaya konmuştur. Bunun haricinde baraj gövdesinde, değişik nedenlerden dolayı

gediklenmeyle ortaya çıkacak baraj yıkılmasının oluşturacağı taşkın haritalaması ve son olarak da baraj taşkınlarındaki olası dolusavak akımlarının oluşturacağı taşkın haritalamasıdır.

Hec-Ras tan .sdf dosyaları, Hec-GeoRas'ın çalışma uzantısı olan .xml uzantısına dönüştürülmüştür. RAS Mapping araç kutusunun kullanıldığı bu kısımda, öncelikle Hec-Ras ta oluşturulan her bir modelin su yüzeyine ait yükselti seviyeleriyle oluşturulmuş ve TIN modelleri meydana getirilmiştir. Daha sonra ise çalışmada kullanılan TIN modeliyle son oluşturulan su yüzeyine ait TIN modeli arasında fark, suyun dağılım alanı olarak kabul edilerek farklı modellere ait taşkın grid haritaları üretilmiştir (Şekil 93, 94).

Oluşturulan bu dört senaryoda taşkınları oluşturan suyun derinlik, alan ve hacim hesaplamaları 3D Analyst modülü kullanılarak yapılmıştır (Tablo 50). Buna göre, barajın dikkate alınmadığı ve dikkate alındığı iki senaryoda farklı tekrarlar sıklıklarının artmasına bağlı olarak derinlik alan ve su hacimlerinde de bir artış görülmektedir. Dolu savak taşkınına bağlı olarak oluşturulan model, barajın dikkate alınmadığı 1000 yıllık tekrarlar sıklığının değerlerine ve dağılım alanına benzerliği açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 94, Tablo 50). Bu da, taşkın önleme amaçlı olarak yapılan barajın, yağıştaki maksimum artışa bağlı olarak 1000 yıllık tekrarlar sıklığındaki akım ve tahrip değerlerine ulaştıracağını göstermektedir. Bunun yanında da meydana gelme ihtimali çok az da olsa, dikkat edilmesi gereken bir konu olan baraj yıkılmasının da bütün senaryoların en kötüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Modelin yapıldığı alanda 9.3 km²'lik alan su altında kalırken suyun toplam hacmi de 55.1 hm³ olarak hesaplanmıştır. Değerlendirilmeye alınan bütün alanlar, Havran yerleşmesi ve tarım alanlarının tamamı su altında kalırken, kuzey ve güneyde aniden yükselen seviyeler taşkından etkilenmemektedir.

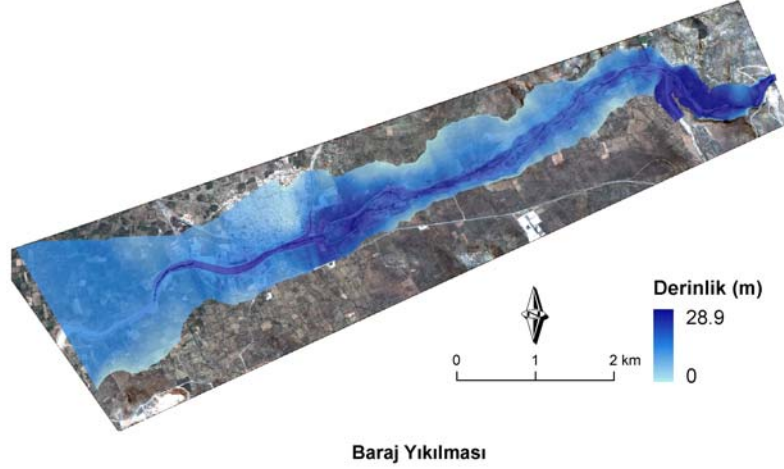
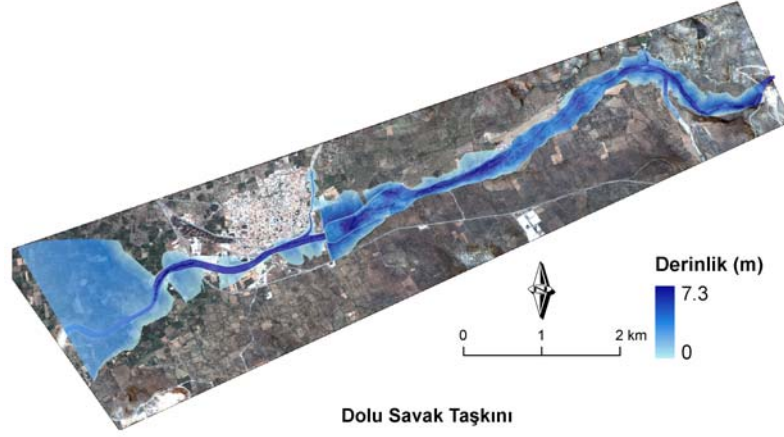
Senaryolarda ortaya çıkan taşkın dağılım alanlarında mevcut akarsu yatağının su değerleri çıkartılarak yatak dışına taşan suların derinlik, alan ve hacim değerleri bulunmuştur (Şekil 95, 96). Buna göre, taşkın sularının derinlik olarak levelerin arka kısmında ve Havran Çayı yukarı kolu ve Kışla Deresinin olduğu alanda derinliğin arttığı yerlerdir. Yapay kanal sonrası yine suların yayılışı açık bir şekilde görülürken gerek alansal gerekse hacimsel olarak en büyük değerlere baraj yıkılması modelinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 95, 96).



Baraj dikkate alınmamıştır

Baraj dikkate alınmıştır

Şekil 93: Taşkınların farklı tekrarlama sıklıklarına göre haritalaması.

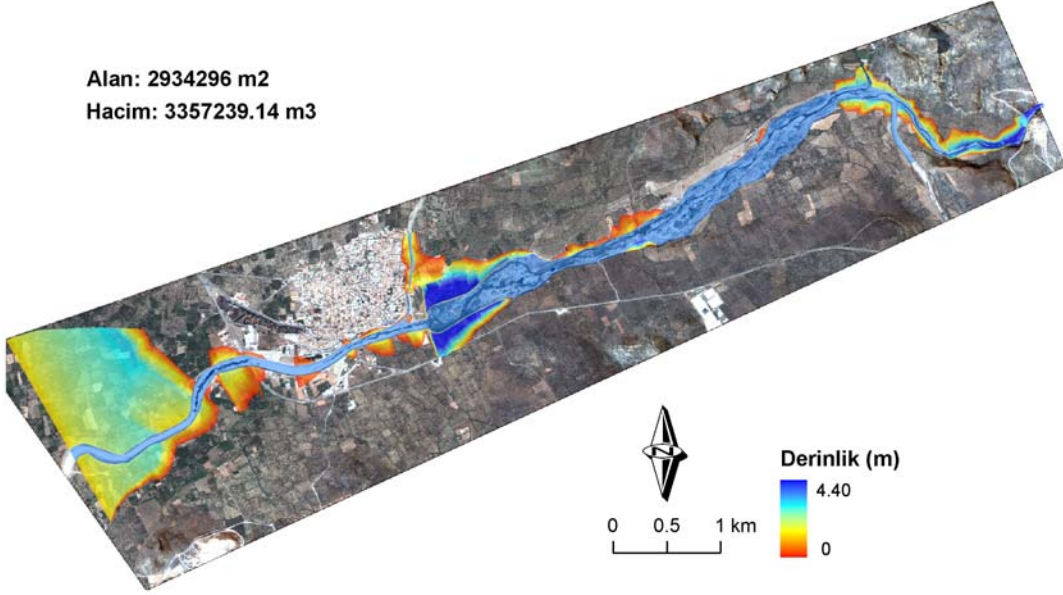


Şekil 94: Dolu savak ve baraj yıkılması modellerinde taşkınların dağılışı alanı.

Tablo 50: Farklı senaryolara ait taşkınların sayısal özellikleri.

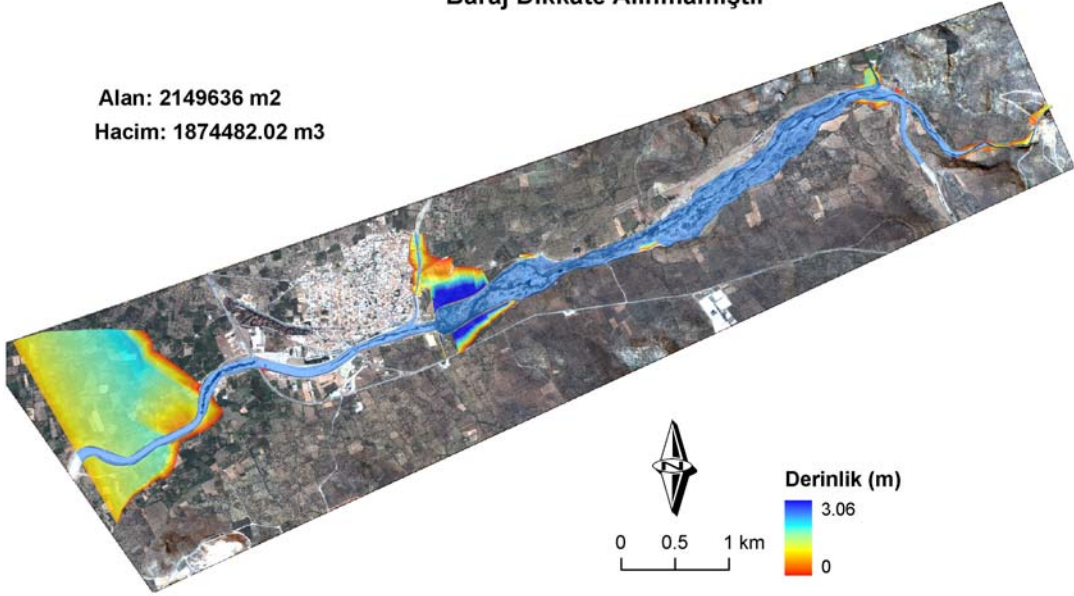
Senaryo	Su Derinliği (m)	Alan (m ²)	Hacim (m ³)
1 Baraj dikkate alınmamış			
5	6.3	3011608	2441822.36
10	6.5	3137708	2883155.96
25	6.8	3249332	3391690.08
50	7.01	3544232	4176508.18
100	7.08	3698280	4825979.35
200	7.15	3846308	5432565.32
1000	7.81	4461160	7272413.40
2 Baraj dikkate alınmış			
5	5.95	2811564	1781172.20
10	6.1	2919596	2060140.96
25	6.26	3010228	2374145.47
50	6.4	3078528	2627348.48
100	6.5	3163072	2935237.32
200	6.7	3239644	3255382.96
1000	6.9	3588324	4393888.84
3 Dolusavak Taşkını	7.30	4745880	8324485.83
4 Baraj Yıkılması	28.9	9327936	55110146.52

Alan: 2934296 m²
Hacim: 3357239.14 m³



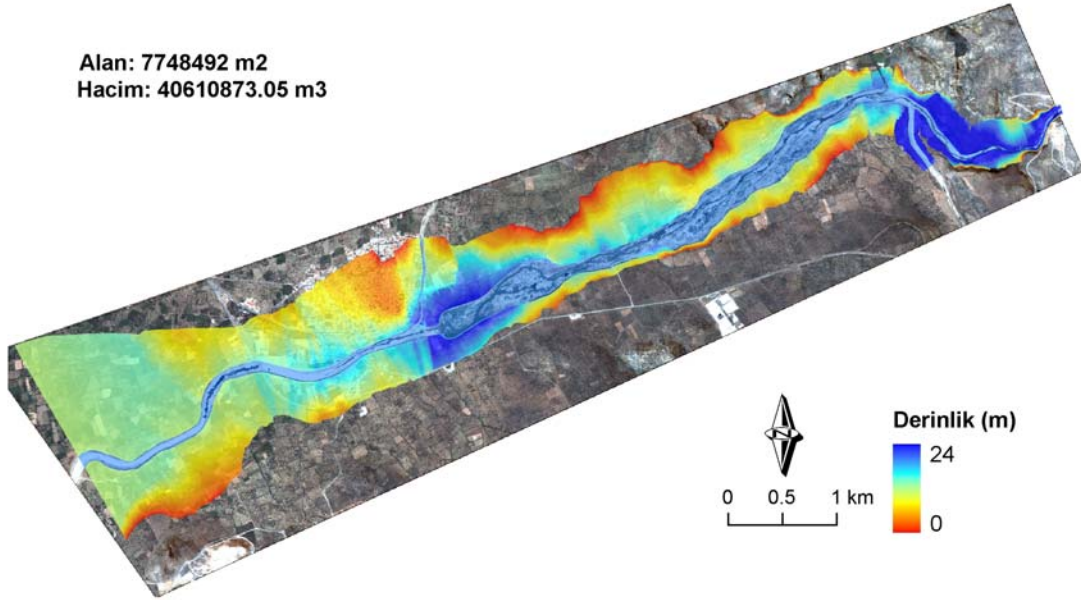
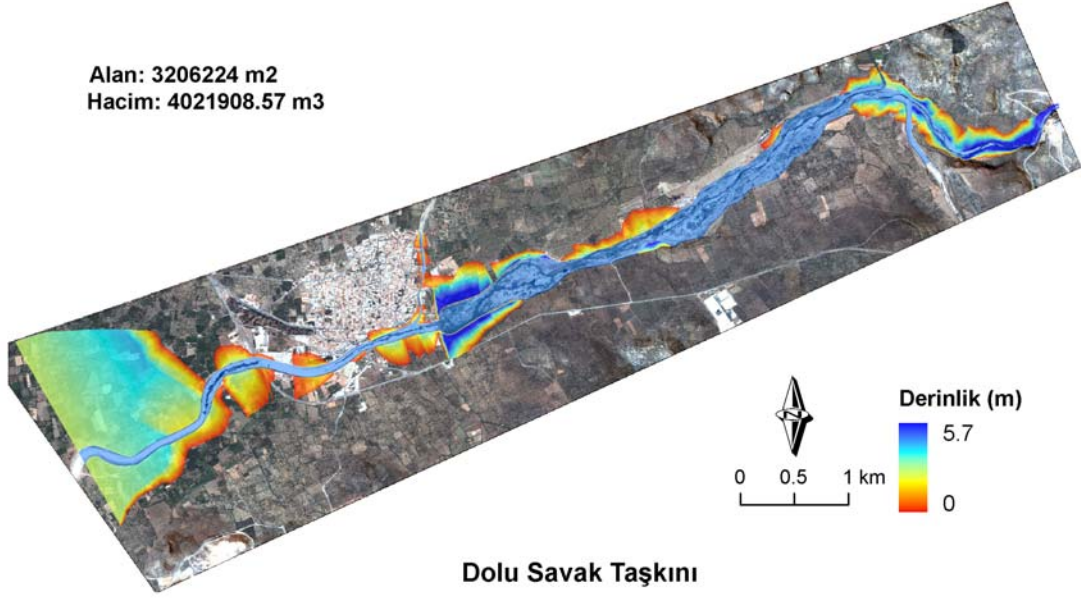
Baraj Dikkate Alınmamıştır

Alan: 2149636 m²
Hacim: 1874482.02 m³



Baraj Dikkate Alınmıştır

Şekil 95: İki farklı senaryoda 1000 yıllık taşkın tekrarlama yatak dışına taşan suların dağılışı.



Şekil 96: Dolu savak ve baraj yıkılmasıyla ortaya çıkacak taşkınların dağılışı alanı.

2.2.2. Heyelanlar

Çalışma sahasında riskin oluşmasında rol oynayan doğal faktörlerden bir diğeri de heyelanlardır. Çalışmada heyelan tanımlaması olarak, Cruden'in (1991) yapmış olduğu "kaya, toprak ve döküntü kütleleri olan arazi parçalarının bir yamaç boyunca aşağıya doğru hareketi" tanımı esas alınmıştır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden sahada meydana gelmiş heyelanlara ait verilerin temini, topografya haritalarından heyelan formunu gösteren alanların belirlenmesi ve arazi çalışmalarıyla, belirlenen bu heyelanların tetkiki ve yeni heyelanların tespit edilmesiyle çalışma alanına ait detaylı heyelan envanteri çıkartılmıştır. Bu kısımda, sahadaki heyelanların tür ve dağılışı özellikleri ve bu heyelanların meydana geldiği sahaların fiziki özellikleriyle benzer özellikler gösteren alanların belirlenmesi sonucunda, havzanın heyelana duyarlı alanları ortaya konmuştur. Sonuç olarak heyelan risk analizi çalışmasına altlık oluşturacak heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir.

2.2.2.1. Sahadaki Heyelanlar ve Dağılışı Özellikleri

Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nce kayıtlara geçmiş heyelanlar sadece Eğmir demir madeni açmalarından dolayı oluşan zemindeki kaymalar ve Çakırdere Köyünde görülen kaya düşmeleri olup bununla ilgili özellikler Tablo 51'de verilmiştir (Foto 41). Çakırdere ve Eğmir Köyleri haricinde heyelana maruz kalmış ve etkilenmiş saha Havran ilçesine bağlı Kobaklar Köyü'dür. Fakat bu köy, havzanın dışında kaldığı için çalışmada değerlendirilmemiştir.

Tablo 51: Çalışma alanı içinde kayda alınmış heyelanlar (AİGM, 2005).

Tipi	Yeri	Rapor Tarihi	Açıklama
Kayma	Eğmir	1988	Demir madeni açmalarında dolayı oluşan zemin hareketinden dolayı köyün yeri 3 km. güneye alınmıştır.
Kaya Düşmesi	Çakırdere	1974	Kaya düşmesine maruz 22 konut bulunmaktadır
Kaya Düşmesi	Çakırdere	1984	Gerekli ıslah çalışmaları yapıldığı için kaya blokları tehlike olmaktan çıkmıştır.

Bu afet türleri dışında 10 m. eşyüksekti eğrilerinden çalışma alanı içinde heyelan formuna sahip olan kesimler belirlenmiştir. Belirlenen alanların doğrulanması, arazi çalışmaları sırasında yapılmıştır. Ayrıca arazi çalışmalarıyla havza içinde yeni heyelanlar belirlenmiş olup, bunlara ait alansal veriler GPS ölçümleriyle

sağlanmıştır. Böylelikle çalışma alanının detaylı heyelan envanteri oluşturulmuştur (Şekil 97).

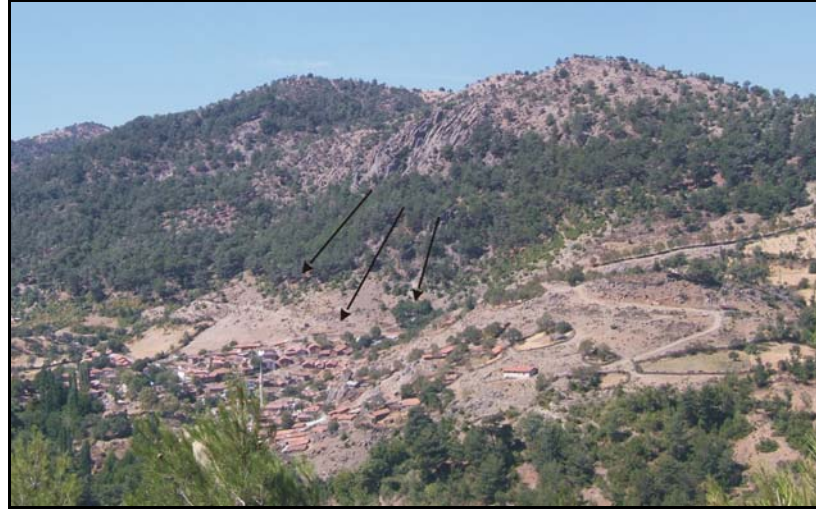
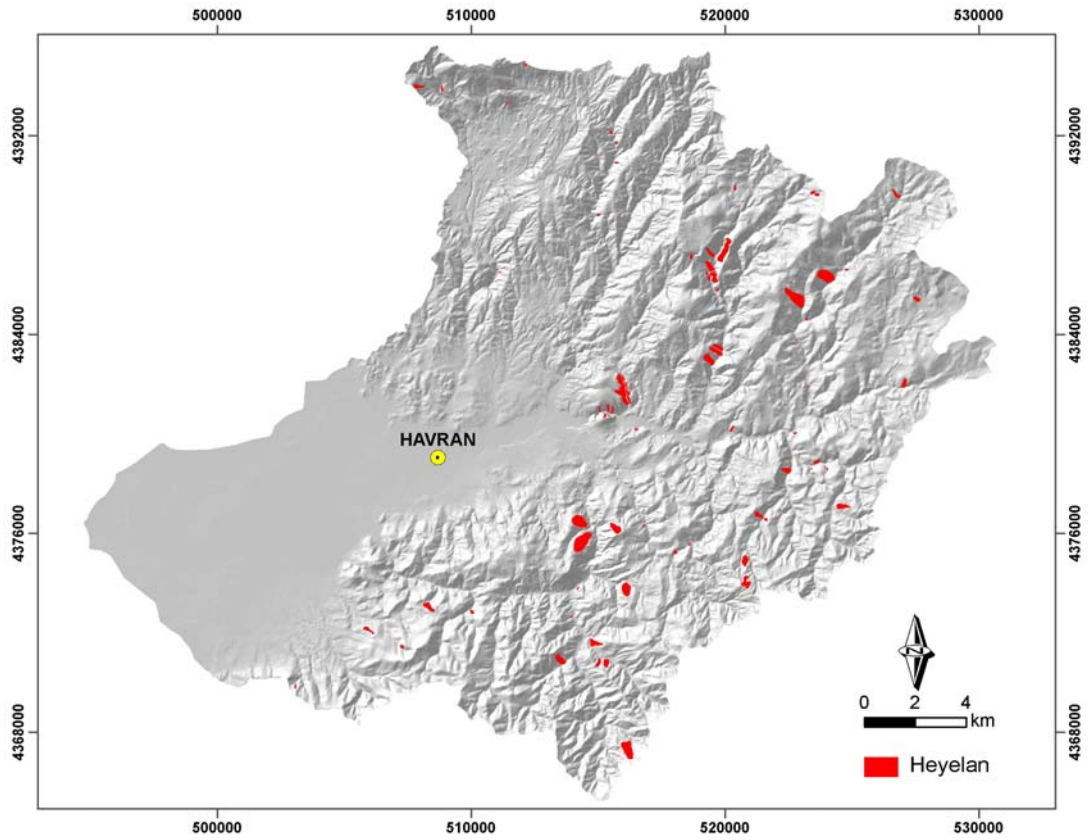


Foto 41: Kaya düşmesinden etkilenen Çakırdere Köyü ve volkanik kayalar.



Şekil 97: Çalışma alanı içerisinde belirlenen heyelanlar.

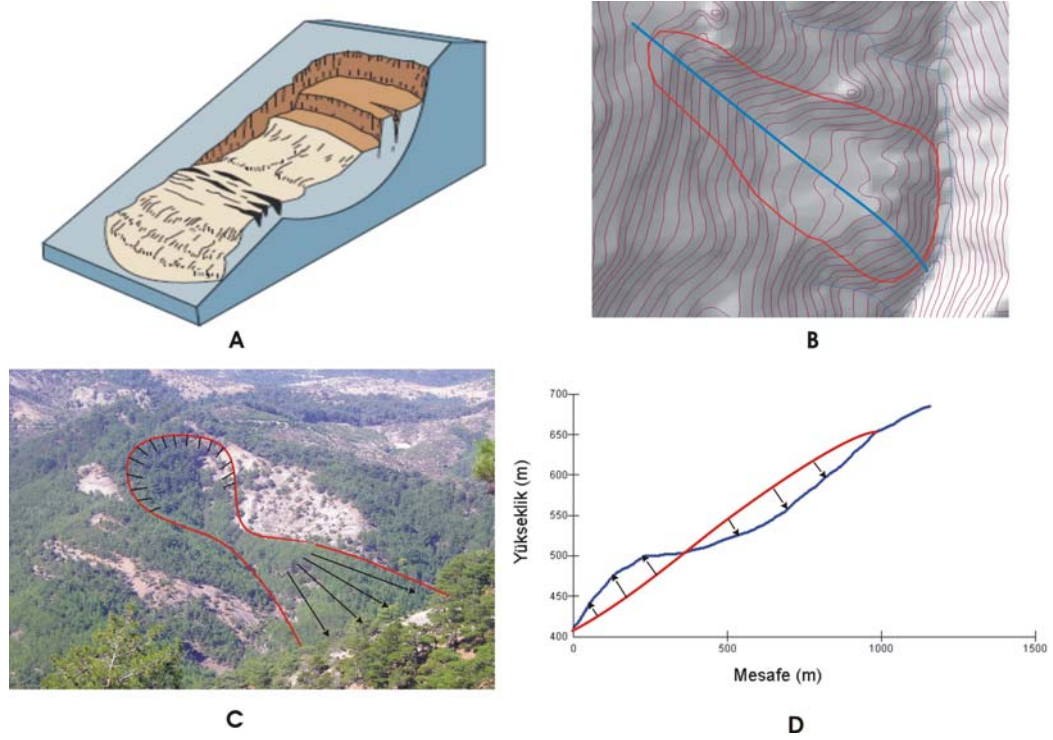
Varnes (1978), EPOCH (1993) ve Dikau vd. (1996) heyelan sınıfları baz alınarak, sahada belirlenen heyelanların tür ayrımları yapılmıştır. Heyelan sınıfları ve bunlara ait bazı istatistiki özellikler Tablo 52'de verilmiştir.

Tablo 52: Sahadaki heyelanlara ait bazı istatistiki özellikler.

Türler	Sayısı	Toplamdaki Yüzde %	Alan (m ²) Min.	Alan (m ²) Maks.	Toplam Alan (m ²)	Alan Yüzde %
Dönel Kayma	42	50	590	338519	2979800	73.3
Kaya Düşmesi	20	23.8	1567	262427	857093	21.1
Yamaç Döküntüsü	15	17.8	641	45677	183800	4.6
Yüzeysel Akma	4	4.8	4350	10985	28671	0.7
Blok Devrilmesi	3	3.6	3301	3887	10560	0.3
Toplam	84	100	590	338519	4059924	100

Buna göre, sahada toplamda 84 heyelan tespit edilmiş olup, dönel kayma türü heyelanlar sayı olarak en fazla olan heyelanlardır. Bunu kaya düşmeleri, yamaç döküntüsü, yüzeysel akma ve blok devrilmeleri takip eder. Alansal olarak çok büyük olmayan heyelanların minimumu 590 m² alana sahip olup, maksimumu ise 338519 m² dir. Toplam belirlenen alan ise 4059924 m² dir. Belirlenen heyelanların, aktif, aktif olmayan, meydana gelme zamanları, tekrarlama sıklıkları gibi bilgileri mevcut olmadığından bu özellikler çalışmada değerlendirilmemiştir. Belirlenen heyelan türlerine ait bazı açıklayıcı özellikler aşağıda verilmiştir.

Dönel Kayma: Dönel kayma heyelan türü, sahada tespit edilen heyelanların yarısını oluşturmaktadır. Alansal olarak değişik aralıklarda olan bu heyelanların (590 m² – 338519 m²) belirlenmesinde topografik haritalar ve arazi çalışmalarından faydalanılmıştır (Şekil 98). Toplam alansal değerleri ise belirlenen heyelanların toplam alanının %73.3'ünü oluşturmaktadır (Tablo 52). Dönel kayma, Varnes (1978) tarafından, yamaç eğrilerine paralel olarak meydana gelen ve içbükey özelliği gösteren, üst kısmında kopma yamacının kolay bir şekilde gözlenebildiği hareketler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca tek bir dönel kayma türü, bu özelliğinin yanında içbükey kısmın arkasında çatlakları olan, taşınan materyalin biriktiği kısımda basınç sırtları, ayaklar kısmı ve parmak gibi şekillerin bulunduğu bir özelliğe sahiptirler. Aktif veya yeni meydana gelmiş dönel kaymaların olduğu alanda görülebilen bütün bu özelliklere sahadaki heyelanlarda rastalanamamıştır. Bunun nedeni, sahadaki dönel kayma türü heyelanların üstlerinin kısmen orman örtüsü ile kaplı olması ve bu özelliklerinin deforme olmasındadır. Dolayısıyla sahadaki dönel kayma türü heyelanlar oldukça eski heyelanlardır. Oluşum nedenleri olarak sahanın içinde bulunduğu tektonik özelliklerden dolayı tektonizmaya bağlamak mümkündür.



Şekil 98: Dönel kaymaya ait şekiller a) blok diagram b) eşyükselti eğrilerindeki görünümü c) araziden bir örnek d) boyuna profil, içbükey – dışbükey kesimler.

Kaya Düşmesi: Tespit edilen heyelanların içinde sayı ve alansal büyüklük olarak kaya düşmeleri ikinci sırayı alırlar. Kaya düşmelerinin envanteri, yapılan arazi çalışmaları sırasında çıkartılmıştır. 20 tane olarak belirlenen ve toplam alanı 857093 m² olan kaya düşmeleri, sayı olarak toplamın %23.8 ini, alansal yüzdenin de % 21.1'ini oluşturmaktadır. GPS ölçümleri ile alansal özellikleri çıkartılan kaya düşmeleri, 1567 m² ile en en küçük alana sahipken, 262427 m² ile en yüksek alan değerine sahiptir (Tablo 52). Maksimum alansal büyüklük, yamaç boyunca meydana gelen kaya düşmesinin görüldüğü alanların bütün olarak ele alınmasından dolayıdır.

Arazi çalışmaları sırasında belirlenen kaya düşmelerinin çoğunluğu yol yapımından kaynaklanan yamaç dengesi bozulmalarından dolayı oluştuğu görülmüştür (Foto 42). Bunların haricinde, günlenme neticesinde ortaya çıkan fiziksel parçalanmanın neden olduğu kaya düşmelerine rastlamak da mümkündür (Foto 42). Çok dik yamaçlarda görülen kaya düşmeleri hızlı meydana gelen heyelan türüdür (Dikau vd., 1996). Havza içerisinde yer alan Çakırdere Köyü, 1970 li yıllarda yerleşmenin batı kenarında yükselen adezit kaya bloklarının fiziksel parçalanma sonucu oluşan kaya düşmelerinden etkilenmiştir.

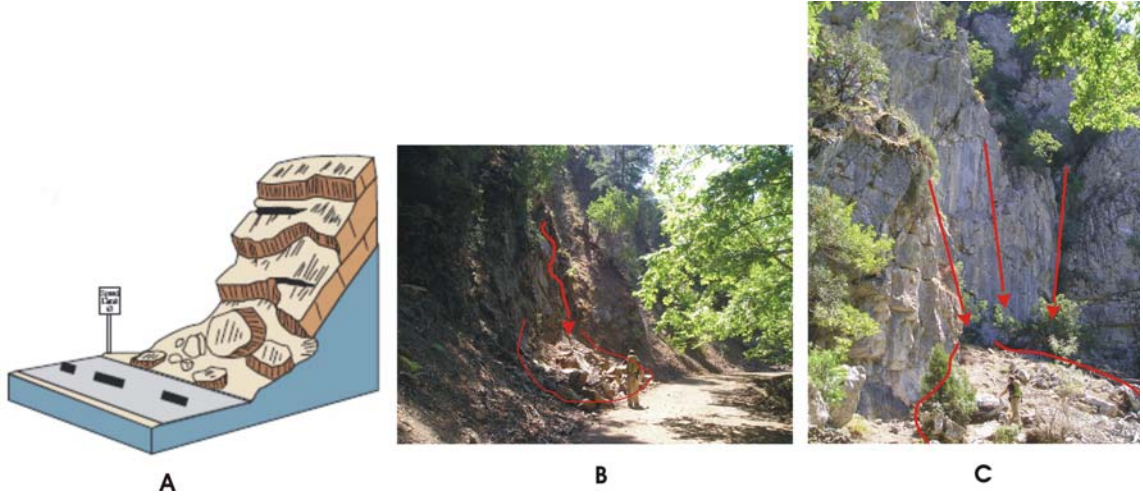


Foto 42: a) Kaya düşmesi blok diagram, b) yol açması, c) fiziksel parçalanma.

Yamaç Döküntüleri: Arazi çalışmaları sırasında kayda değer 15 adet yamaç döküntüsü belirlenmiş olup, kapladıkları alan olarak kaya düşmelerinden sonra üçüncü sırada yer alırlar. Yamaç döküntüleri, bitki örtüsü, eğim ve litolojik uygunluğun olduğu alanlarda koni şeklinde yamaçlardan akan döküntülerden oluşmaktadırlar (Foto 43). Belirlenen heyelanların %17.8'ini oluşturan yamaç döküntüleri, 183800 m²'lik toplam alanlarıyla da % 4.6 gibi değere sahiptir (Tablo 52). GPS ile alansal özelliklerin belirlendiği yamaç döküntüleri 641 – 45677 m² gibi değişen alansal büyüklüklerine sahiptir.

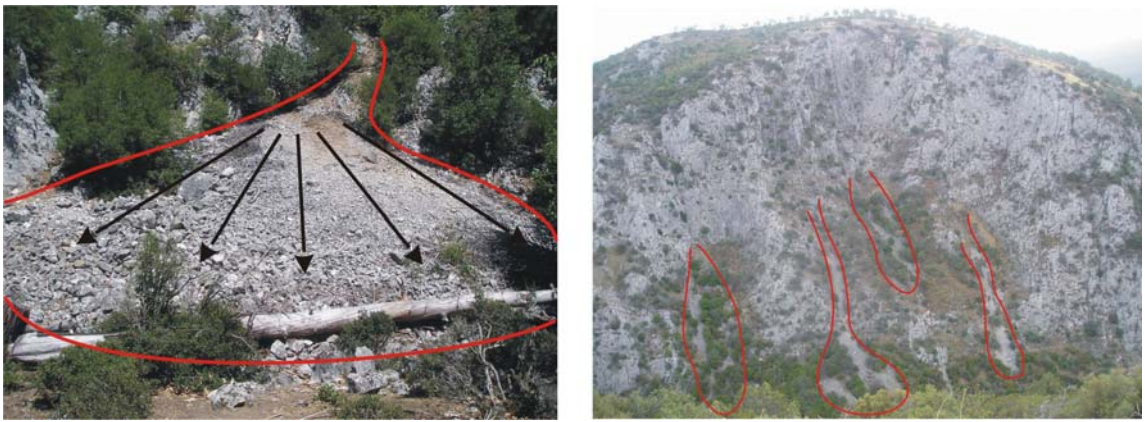


Foto 43: Kireçtaşının olduğu alanlardaki yamaç döküntüleri.

Yüzeysel Akmalar (Toprak Kaymaları): Sahadaki dördüncü tip heyelanlar yüzeysel akmalardır (Foto 44). Yapılan arazi çalışmalarıyla belirlenen bu tip heyelanların sayısı 4 tür. Toplam heyelan sayısındaki oranı % 4.8 gibi az bir değerdir. 28671 m² toplama alan sahip heyelan tipinin toplam heyelan alanlarındaki oranı ise % 0.7'dir (Tablo 52). Yağışlı dönemlerde su ile doymun hale gelen ve bu şekilde bütünüyle kayganlaşan toprağın yer aldığı yamaçlarda meydana gelirler (Erinç, 2000). Kuru toprak akması çok nadir olarak gerçekleşir (Dikau vd., 1996).



A

B

Foto 44: Yüzeysel akma a) blok diagram b) sahadan bir örnek.

Blok Devrilmeleri: Sahada belirlenen heyelanların sonucusu blok devrilmeleridir (Foto 45). Sahada 3 yerde rastlanan blok devrilmeleri andezit blokların bulunduğu alanlarda yer alırlar. Çok fazla alan kaplamayan bu heyelan türü, toplamda %0.3 lük bir alan kaplar (Tablo 52). Bu tipte bloklar arasında, yaklaşık yamaca paralel olarak tansiyon çatlakları, yarıklar yer alır (Dikau vd., 1996) (Foto 45). Meydana gelebilmesi için kaya düşmelerinde olduğu gibi oldukça dik bir eğim gerekmektedir. Bu tür heyelanlar, yavaş yavaş ilerleyen ayrışma veya erozyonla blok altında yer alan materyalin kaybı sonucunda, toprak nemindeki değişikliklerle içindeki kil minerallerinin şişme ve büzülmesiyle veya blok altının oyulması ve tahribi sonucunda meydana gelirler (Dikau vd., 1996).

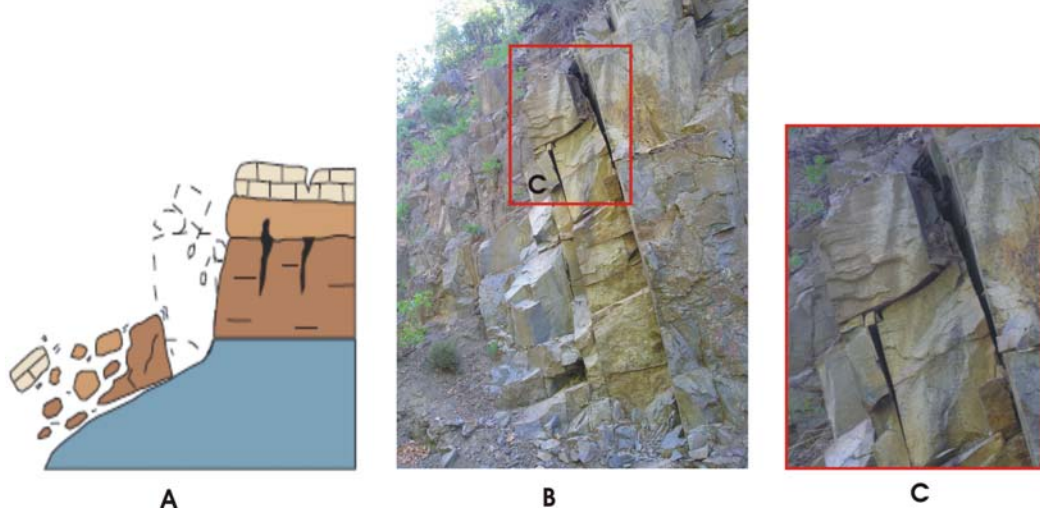


Foto 45: Blok devrilmesi a) blok diagram b) blok devrilmesi c) bloklar arası çatlaklar.

Sahada belirlenmiş olan 84 tane heyelan, genel olarak havzanın her tarafına yayılmış durumdadır. Fakat yoğunlaşılın alanlar güney, doğu ve kuzeydoğu kesimleridir (Şekil 97). Bu kesimlerde yoğunlaşmasının nedeni olarak, gerek sahanın sahip olduğu litolojik özelliklerin uygunluğu, gerekse morfometrik özellikler bahsinde değinilen özelliklerin ve tektonik aktivitelerin bu alanlarda yoğunluk kazanması gibi nedenlere bağlamak mümkündür. Daha öncede belirtildiği gibi bu heyelanlar, topografik haritalar ve arazi çalışmaları sırasında tespit edilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında havzanın bütün ana kolları dolaşılmış, fakat buna bağlı yan kolların hepsi incelenememiştir. Bunun için heyelan duyarlılık analizi çalışmaları belirlenen bu 84 heyelan üzerinden yapılmıştır.

2.2.2.2. Heyelan Duyarlılık Analizi ve Yaklaşımlar

Heyelan duyarlılık analizi, uygun fiziki faktörlere bağlı olarak bir bölgedeki benzer özelliklere sahip olan alanlarda heyelanın meydana gelebileceği tahmini üzerine yapılan çalışmalardır (Valvo, 2002). Heyelan analizlerinde genel olarak meydana geliş zamanları ve meydana gelmesinde esas etkiye sahip olan tetikleyici unsurlara ait bilgi eksikliği, bu faktörlerden bağımsız olarak gerçekleştirilen duyarlılık çalışmaları üzerinde yoğunlaşılmasına neden olmuştur (Ermini vd., 2005). Böylece üretilen duyarlılık haritalarıyla, heyelanlara yatkın olan ve meydana gelme olasılığı fazla olan alanların tespiti yapılabilmektedir.

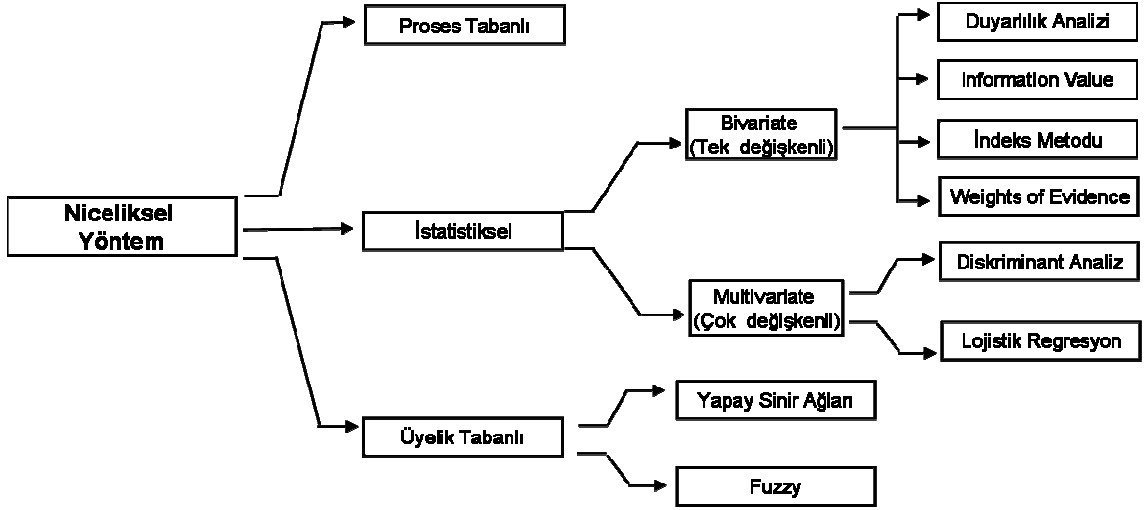
Heyelan duyarlılık çalışmalarında uygulanan birçok yöntem bulunmaktadır. Bunları genel olarak Tablo 53'teki gibi özetlemek mümkündür.

Tablo 53: Heyelan duyarlılık analizinde kullanılan yöntemler.
(Van Westen, 1993; Carrara ve Guzzetti, 1995; Valvo, 2002; Ermini vd., 2005)

Analiz Tipi	Genel İçerik
Dağılım Analizi	En basit yöntemlerden birisi olup, doğrudan heyelanların haritalanmasını içerir. Haritalanan alanlar geçmişte meydana gelmiş heyelan alanlarıdır.
Niteliksel Analiz	Kullanılan en genel yöntemdir. Daha çok, sayısal veri eksikliğinin olduğu ve niceliksel yöntemlere yabancılıktan dolayı tercih nedeni olup, bir veya iki haritanın arazi tecrübeleriyle ağırlıklandırılması esasına dayanır.
Niceliksel Analiz	Akademik ve araştırma enstitüleri çevrelerince en çok benimsenen dolaylı metot olup, heyelan ve heyelana neden olan faktörler arasındaki ilişkiye daha kapsamlı değinen ve diğer ilk iki yönetime göre çok daha az subjektif olan yöntemdir.
Deterministik Analiz	Dolaylı metot olan bu yöntem, yamaç stabilitesi çalışmalarını içerir ve güvenlik faktörünün değerlendirilmesini amaçlar. Bu yöntemin doğru uygulanabilmesi için detaylı jeoteknik ve hidrolojik dataya ihtiyaç vardır. Daha çok küçük alanlara uygulanabilen bu yöntem, veri elde edilmesi mümkün olmayan büyük alanlar için uygulanması zordur.
Sıklık Analizi	Dolaylı metot olan bu yöntemde, deprem ve yağış kayıtlarıyla heyelan günlerinin korelasyonu yapılır, sıklık için eşik değer elde edilir.

Duyarlılık analizleri için kullanılan bu yöntemlerde, gelecekteki heyelanların tespit çalışmaları veya meydana gelme ihtimalinin fazla olduğu alanların tahmini, geçmişte meydana gelmiş yamaç duraysızlıklarına bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Bundan dolayı, heyelan afetinin belirlenmesinde ve tahmininde, yamaç duraysızlığına neden olan özelliklerin mekansal dağılışı ile meydana gelmiş heyelanların dağılışının kombinasyonu kullanılmaktadır (Carrara vd., 1995).

Genel olarak verilen bu duyarlılık analizi çalışmalarınının kendi içinde uygulanan birçok alt teknikleri bulunmaktadır. Bunlardan sadece niceliksel analizlerin alt teknikleri çalışmada uygulanacağı için Şekil 99'da gösterilmiştir.



Şekil 99: Niceliksel yöntem içerisinde yer alan metotlar (Okimura ve Kawatani, 1987; Yin ve Yan, 1988; Van Westen, 1993, 1997; Carrara vd., 1991; Atkinson vd., 1998; Lee vd., 2003; Abolmasov ve Obradovic, 1997).

Bu nicel yöntemler içinden Bivariate İstatistiksel Analizleri (BİA) içinde yer alan İndeks Metodu (İM) ve Duyarlılık Analizi (DA) model olarak seçilmiştir.

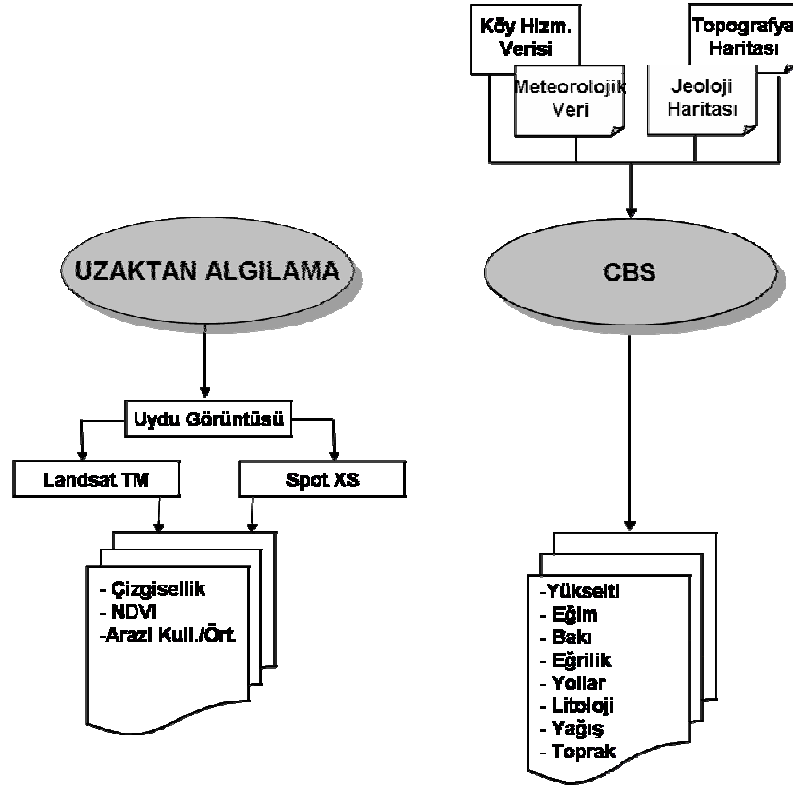
Risk analizi çalışmalarında heyelanların tiplerine ayrılması ve ona göre duyarlılık haritalarının üretilmesi daha kullanışlıdır. Çünkü heyelanın türüne göre meydana getirdiği hasar dereceleri farklılık göstermektedir (Van Westen, 1993). Çalışmada kullanılan bu iki metot, saha içinde yer alan farklı türdeki heyelanlara ayrı ayrı uygulanamamıştır. Bunun nedeni, sayıca istatistik analiz için yetersiz olmalarıdır. Bundan dolayı, metotlar toplamdaki heyelan sayısı üzerinden uygulanmıştır.

2.2.2.3. Duyarlılık Analizinde Kullanılan Parametreler

İstatistiksel metotların başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için en uygun parametrelerin seçilmesi gerekmektedir. Çalışma alanı içinde heyelan envanteri çıkartıldıktan sonra, istatistik analiz için seçilen parametreler ve üretilen kaynakları Şekil 100'de verilmiştir. Raster formata dönüştürülen bütün parametrelerde 10m. pikseller kullanılmıştır. Tablo 54'de verilen ve analizde kullanılan 11 parametrenin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Yükselti parametresi 5 alt sınıf olarak ele alınmıştır. Bu sınıfların oluşturulmasında sahanın morfometrik özellikleri bahsinde dikkat çeken yükselti aralıkları baz alınmıştır (Şekil 101).

Eğrilik, heyelanların tanımlanmasında önemli bilgiler verir (Ermini vd., 2005). Çünkü, özellikle dönel kayma tipi heyelanlarda kopma yüzeyleri iç bükey bir karakter gösterirken, materyalin biriktiği topuk kısmı ise dışbükey bir profil sergiler (Şekil 98). Bu iki kısmın orta alanı ise nisbeten düz alanları veya hafif dış bükey alanlar şeklinde geçiş yüzeylerini oluşturular. Bu özelliklerden dolayı sahadaki eğrilik parametresi 3 alt sınıftan oluşmuştur. Bunlar iç bükey, dış bükey ve orta özelliklerin olduğu geçiş yüzeyleridir (Şekil 101).



Şekil 100: Analizde kullanılan parametreler ve üretildiği kaynaklar.

Litolojik parametre ise saha içinde bulunan formasyonlar baz alınmıştır. Herbir formasyon ayrı bir alt sınıf olarak değerlendirilmiştir. Sahada toplamda 14 alt sınıf belirlenmiş olup sembollere ait açıklamalar jeolojik özellikler bahsinde verilmiştir (Şekil 101).

Eğim parametresi 5 alt sınıfta değerlendirilmiştir. Bu alt sınıfların oluşturulmasında Dikau ve diğerleri tarafından oluşturulan, heyelanların genel olarak meydana geldiği eğim aralıkları baz alınmıştır (Dikau vd., 1996) (Şekil 101).

Baki parametresi genel olarak 8 yön olmasına karşın, düz alanlar -1 ile gösterilen alanlar olarak değerlendirildiği için 9 alt sınıf içinde değerlendirilmiştir (Şekil 101).

Arazi kullanımı/örtüsü parametresi, Spot XS uydu görüntüsünden uzaktan algılama teknikleri kullanılarak oluşturulan arazi kullanımı/örtüsü verileri kullanılmıştır. Elde edilen uydu görüntüsünün 20x20 piksel değerleri olmasında tekrar sınıflamaya tabi tutulmuş 10x10 raster verisine dönüştürülmüştür (Şekil 101).

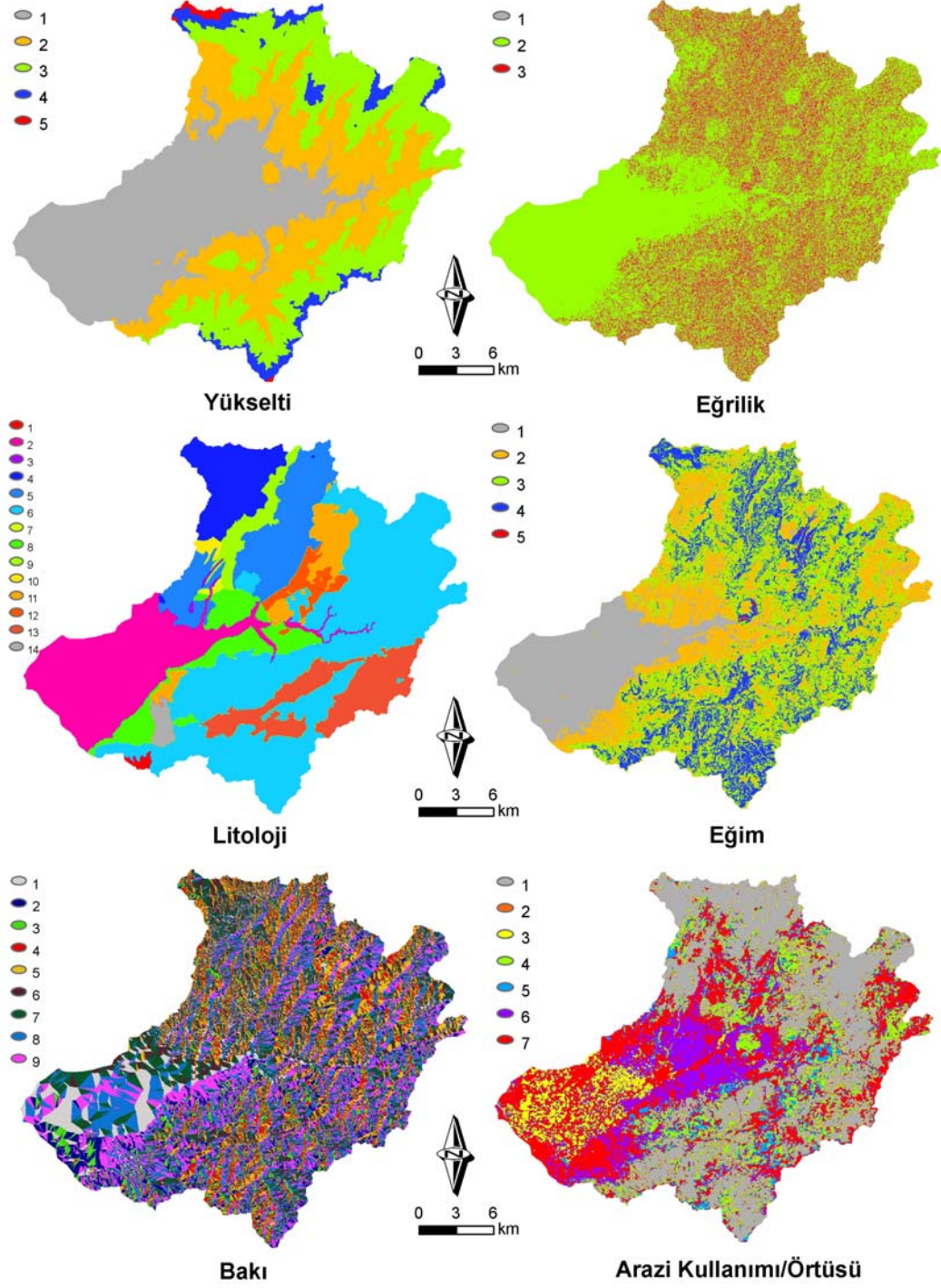
NDVI parametresi, Spot XS uydu görüntüsünden elde edilmiş olup, sahanın fiziki özellikleri bahsinde de değinildiği üzere 3 alt sınıfta ele alınmıştır. Bitki örtüsünün etkisini ortaya konması açısından ele alınan bu parametrede 1. sınıf bitkiden yoksun alanları, 2. sınıf nispeten bitki örtüsü ile kaplı alanları, 3. sınıf ise tamamen bitkiyle kaplı alanları göstermektedir. Bu parametre de tekrar sınıflamaya tabi tutularak 10m. raster verisine dönüştürülmüştür (Şekil 102).

Yağış parametresi, birinci bölümdeki sahanın iklim özellikleri bahsinde oluşturulan yıllık toplam yağış haritasından faydalanılmıştır. Yağış özellikleri, heyelanların oluşmasında önemli bir etkiye sahip olmasından parametre olarak değerlendirilmiştir. Yağış Tablo 54'te görüldüğü üzere 5 sınıfta ele alınmıştır. Yağışın saha içindeki heyelanları oluşturmasındaki tam etkisi bilinmediğinden doğal aralıklı sınıflama tekniği kullanılmıştır (Şekil 102).

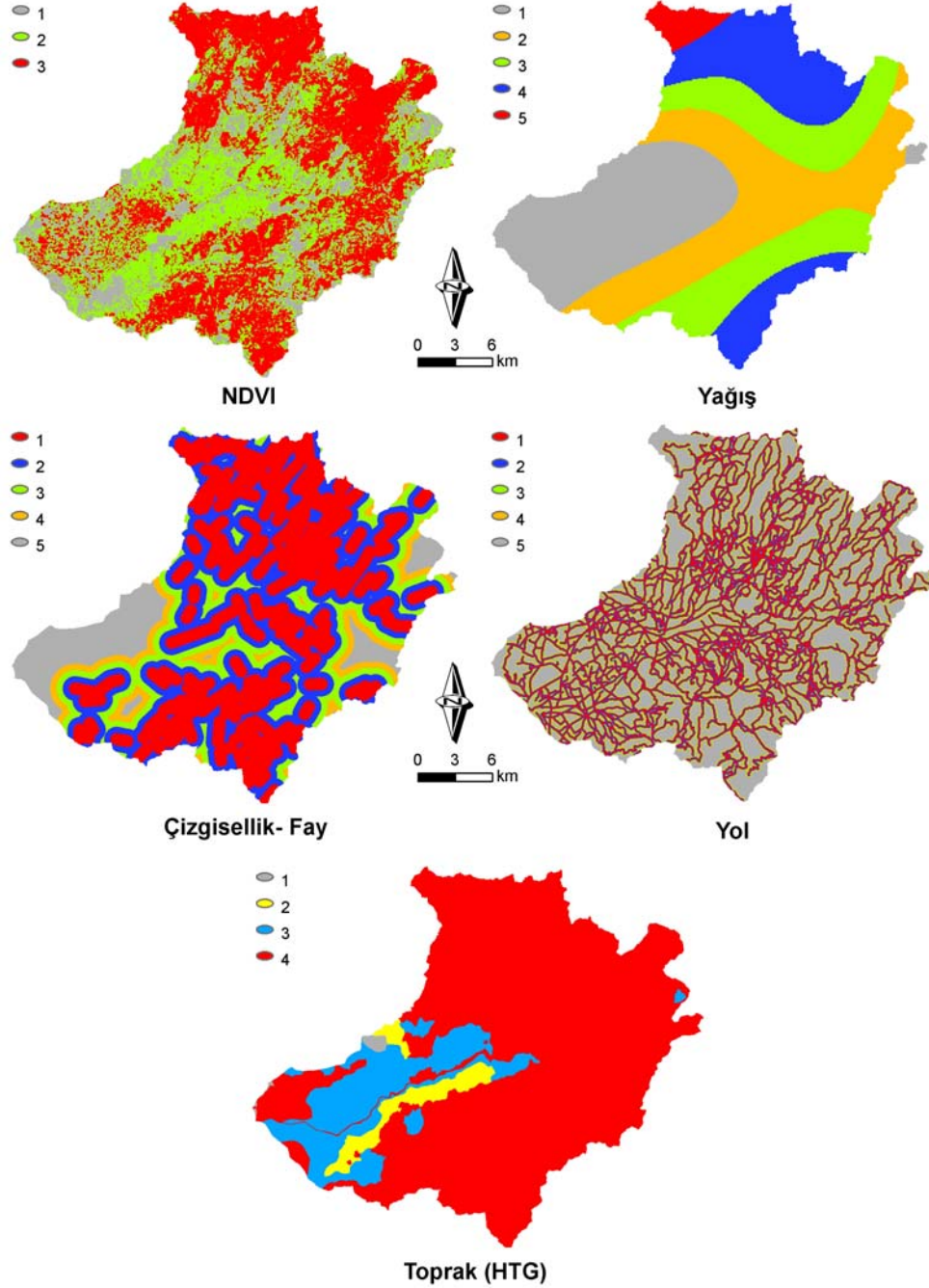
Çizgisellik parametresi, sahanın jeolojik özellikler bahsinde değinildiği üzere Landsat TM uydu görüntüsü 4, 5 ve 7 bantlarına uygulanan Sobel kernel filtreleme yöntemiyle üretilmiştir. Çizgiselliklerle birlikte, sahanın jeolojik haritasından temin edilen faylar da burada değerlendirilmiştir. Sahadaki çizgisellik ve etki alanı sağ ve sol olarak (250m+250m) 500 m. olarak alınarak, 5 alt sınıftan oluşan tampon bölgeleme yapılmıştır. 2000 m. den daha uzak olan kesimler etkisiz alan olarak değerlendirilmiştir (Şekil 102).

Yol parametresi, topografik haritalardan oluşturulan çizgi özellikli yol verisidir. Yollar, bütün türleriyle, yapım aşamasında yamaç dengesinin bozulmasına neden olurlar. Bundan dolayı bazen heyelan görülmeyen alanlarda bile heyelanların başlamasına neden olabilirler. Bundan dolayı heyelan duyarlılık analizine dahil edilirler (Larsen ve Parks, 1997; Shaban vd., 2001). Oldukça sık bir yol ağına sahip alanda, yollara tampon bölge uygulaması yapılmıştır. Bunun için belirlenen aralık 50m. dir. Bu aralık, arazi çalışmaları sırasındaki gözlemler neticesinde oluşturulmuştur. 5 alt

sınıftan oluşan alt sınıflarında 200 m. uzaklıktan sonrası değerlendirilmeye katılmamıştır (Şekil 102).



Şekil 101: Heyelan duyarlılık analizi için seçilen parametreler.



Şekil 102: Duyarlılık analizinde kullanılan parametreler (devamı), (lejant ayrıntıları Tablo 54'tedir).

Toprak parametresi, yüzey örtüsü olması bakımından parametre olarak değerlendirilmiştir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünden temin edilen toprak haritası aynen kullanılmamış olup, toprak sınıflarının sahip olduğu özelliklere bağlı olarak

toprak bahsinde değinildiği gibi A, B, C ve D den oluşan Hidrolojik Toprak Gruplaması (HTG) çalışmada kullanılmıştır. Bu sınıfların toprağın geçirgenlik özelliklerini yansıtmamasından dolayı, heyelan duyarlılığının belirlenmesinde daha faydalı olacağı düşüncesinden analize bu şekilde dahil edilmiştir (Şekil 102).

Yukarıda değinilen bütün parametre ve alt sınıflardaki heyelanlara ait piksel değerleri ve analizde kullanılan metotlara ait sonuçlar Tablo 54'te verilmiştir.

Tablo 54: Parametreler, alt sınıflar ve heyelanların farklı metotlara göre ağırlık değerleri.

ID	Parametre Alt Sınıf	Σ Pix	Heyelanlardaki Pix. No	Alt Sınıftaki Yoğunluk	İndeks Metot W_i	Duyarlılık Analizi W_{area}
Yükselti						
1	0-250	2111377	4617	0.00219	-1.19018	-5.01
2	250-500	1682408	22299	0.01325	0.60992	6.05
3	500-750	1623388	11803	0.00727	0.00968	0.07
4	750-1000	259327	2141	0.00826	0.13734	1.06
5	1000-1290	27244	243	0.00892	0.21421	1.72
Eğrilik						
1	-0.39- (-0.01) İç bükey	704698	7386	0.01048	0.37539	3.28
2	(-0.01)-0.006 Geçiş	3759078	22823	0.00607	-0.17072	-1.13
3	0.006-0.34 Dış Bükey	1239967	10894	0.00879	0.19953	1.59
Litoloji						
1	Tyuf	15723	15	0.00095	-2.02537	-6.25
2	Qa	989814	20	0.00002	-5.88610	-7.18
3	P	9647	0	0	0	-7.20
4	Gd	387308	874	0.00226	-1.15872	-4.94
5	Dpo	626052	384	0.00061	-2.46838	-6.59
6	A2+T2	2233032	24172	0.01082	0.40732	3.62
7	Ta	11443	0	0	0	-7.20
8	Ng	367997	880	0.00239	-1.10279	-4.81
9	Ep	149456	262	0.00175	-1.41447	-5.45
10	KMK	24343	0	0	0	-7.20
11	Kçtsy	224558	8463	0.03769	1.65531	30.49
12	Kon	113447	1596	0.01407	0.66996	6.87
13	DR	495875	3950	0.00797	0.10160	0.77
14	AgPs	55397	487	0.00879	0.19953	1.59
Eğim (o)						
1	0-2	1242894	471	0.00038	-2.94167	-6.82
2	2-15	1900495	12825	0.00675	-0.06454	-0.45
3	15-25	1742484	13876	0.00796	0.10035	0.76
4	25-45	812712	12970	0.01596	0.79600	8.76
5	45-<	5158	961	0.18631	3.25333	179.11
Bakı						
1	Düz (-1)	378238	237	0.00063	-2.43612	-6.57
2	K (337.5-22.5)	614889	4916	0.00799	0.10411	0.79
3	KD (22.5-67.5)	439101	5783	0.01317	0.60386	5.97
4	D (67.5-112.5)	492395	7713	0.01566	0.77703	8.46
5	GD (112.5-157.5)	620659	8238	0.01327	0.61142	6.07
6	G (157.5-202.5)	578782	2913	0.00503	-0.35866	-2.17
7	GB (202.5-247.5)	715914	2311	0.00323	-0.80160	-3.97
8	B (247.5-292.5)	921288	3931	0.00427	-0.52247	-2.93
9	KB (292.5-337.5)	942478	5061	0.00537	-0.29325	-1.83
AK/Ö						
1	Orman Formasyonu	2027098	25667	0.01267	0.56516	5.47
2	Demir Yatakları	3392	0	0	0	-7.20
3	Tarım Alanları	280656	21	0.00007	-4.63334	-7.13
4	Maki Formasyonu	793343	7124	0.00898	0.22092	1.78
5	Ot Formasyonu	243237	931	0.00383	-0.63122	-3.37
6	Zeytinlikler	852366	2344	0.00275	-0.96248	-4.45
7	Yerleşim-Açık Alan	1499762	5006	0.00334	-0.76811	-3.86

NDVI						
1	-0.56-0.067	1471161	4478	0.00304	-0.86222	-4.16
2	0.067-0.28	2001613	10931	0.00546	-0.27663	-1.74
3	0.28-0.79	2228462	25694	0.01153	0.47087	4.33
Yağış						
1	581-704	1571100	0	0		-7.20
2	7704-837	1550400	15147	0.00977	0.30524	2.57
3	837-963	1320700	13806	0.01045	0.37252	3.25
4	963-1133	1118200	11288	0.01009	0.33746	2.89
5	1133-1429	142900	862	0.00603	-0.17733	-1.17
Çizgisellik						
1	500	2546719	21474	0.00843	0.15772	1.23
2	1000	1493490	11770	0.00788	0.09025	0.68
3	1500	704122	4779	0.00679	-0.05863	-0.41
4	2000	333655	1141	0.00342	-0.74444	-3.78
5	2000<	626106	1939	0.00310	-0.84268	-4.10
Yollar						
1	50	1375704	7910	0.00575	-0.22488	-1.45
2	100	1114109	6653	0.00597	-0.18733	-1.23
3	150	867875	5779	0.00666	-0.07796	-0.54
4	200	657163	4944	0.00752	0.04349	0.32
5	200<	1689241	15817	0.00936	0.26236	2.16
Toprak (HTG)						
1	A	25068	0	0		-7.20
2	B	229059	0	0		-7.20
3	C	846496	86	0.00010	-4.27667	-7.10
4	D	4602840	41017	0.00891	0.21309	1.71

2.2.2.4. Uygulanan İstatistiksel Yöntemler

Çalışmada, heyelan duyarlılık analizi için istatistiksel yöntemlerden Bivariate (Tek değişkenli) İstatistik Analizi (BİA) kullanılmıştır. Bu metodun özünü, duyarlılık için seçilen parametrelerin çakıştırılmasıyla, içindeki heyelan yoğunlukların hesaplanması oluşturur ve her parametre bireysel olarak değerlendirilir. Daha sonra ise bu parametrelere verilen ağırlık değerlerinin toplanmasıyla da sahanın heyelan duyarlılık haritası oluşturulur (Van Westen, 1993).

Hangi parametrelerin seçileceği subjektif olan ve analizciye bırakılan bu metotta, aşağıdaki CBS aşamaları uygulanmıştır (Van Westen, 1993);

- Herbir parametre tekrar sınıflanarak piksel ve uygun alt sınıflar belirlenmiştir.
- Seçilen parametreler ile heyelan haritası çakıştırılmıştır.
- Zonal istatistik kullanılmak suretiyle ağırlık hesaplamaları yapılmıştır.
- Parametrelere ait ağırlık değerleri toplanmış ve sonuç haritaları çeşitli duyarlılık sınıflarını gösterir şekilde tekrar sınıflandırılmıştır.

Aşamalardan anlaşılacağı üzere, ilk ve son aşamalar analizciye bağlı olarak yapılan çalışmalardır ve metodun subjektif olduğu kısımlardır. Bunlardan ilk kısımdaki parametrelerin sınıflandırılması ile ilgili belirleyici faktörler yukarıda verilmiştir. Son aşamada uygulanacak olan iki metodun sonuçlarına ait haritalar, minimum uzaklık

baz alınarak (Forgy, 1965), 5 sınıftan oluşan kümeleme analizine tabi tutulmuştur. Böylelikle sonuç haritalar, daha objectif bir şekilde sınıflandırılmıştır.

İndeks metodu ve heyelan duyarlılık analizi metodu gibi istatistiksel yöntemlerin uygulandığı ve karşılaştırıldığı bu kısımda, heyelan türlerine göre analizin yapılması ve türlere göre risklerin belirlenmesinin, çalışmanın amacı açısından daha faydalı olacağı düşünülmüştür. Fakat, sahadaki heyelanlar sınıflandırıldığında, türlere ait istatistiksel analiz için yeterli örnek sayısı olmadığından bu yöntem uygulanamamıştır. Bu sebeple sınıflandırılan türlere ait değil, toplam heyelan sayısına göre istatistiksel analiz yapılmıştır.

2.2.2.4.1. Heyelan Duyarlılık Analizi (HDA)

Bivariate istatistiksel analiz içinde en basit ve kullanışlı olan bu metot, farklı değişkenlerin heyelanın oluşmasındaki etkisini ortaya koymayı sağlar (Van Westen, 1993). Bunun için heyelan katmanı ile parametrelere ait haritaların zonal istatistikleri çıkartılarak daha kolay değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu analizde uygulanan formül;

$$D_{area} = 1000 \frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)}$$

şeklinde (Brabb, 1984; Van Westen, 1993).

Formülde yer alan;

D_{area} = Alansal yoğunluk (Binde)

$Npix(SX_i)$ = Parametrelerin alt sınıflarındaki heyelana ait piksel sayısı

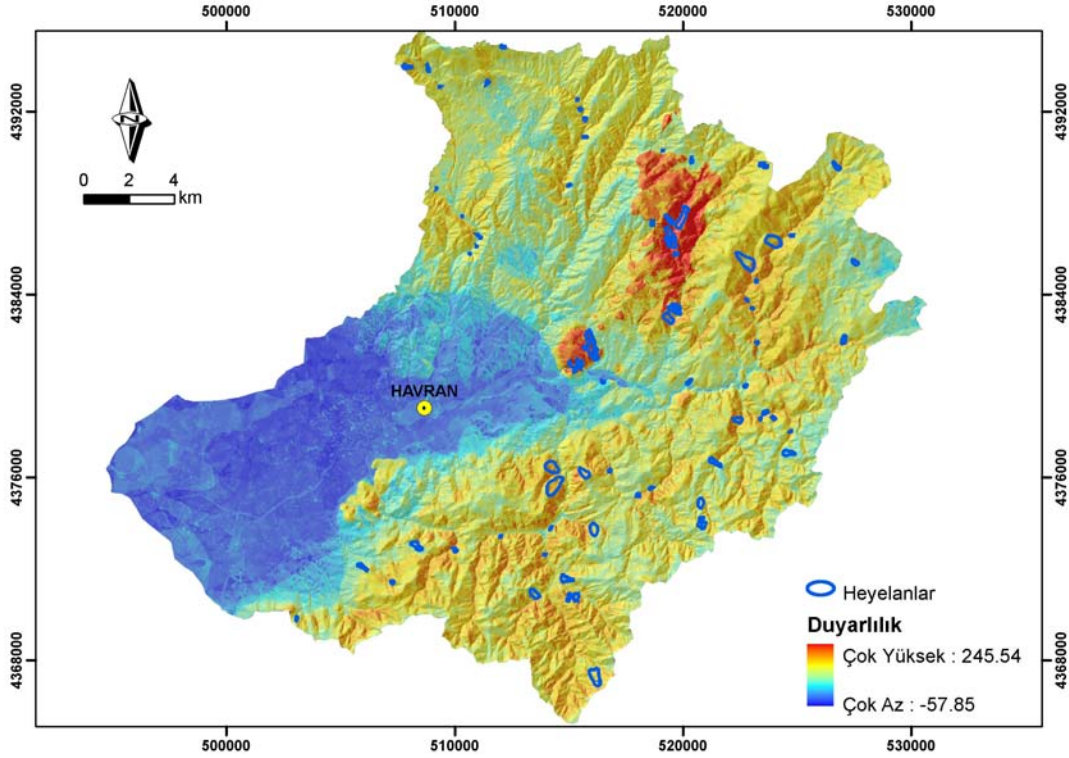
$Npix(X_i)$ = Parametrelerin alt sınıflarına ait piksel sayısıdır.

Her bir parametrenin etkisini değerlendirmek için ağırlık değeri atanması gerekmektedir. Bunun için toplam heyelanların piksel sayısı bütün alanın piksel sayısına oranının binde değeri, bulunan yoğunluktan çıkarılarak elde edilmiştir. Buna göre oluşan yeni formül;

$$W_{area} = 1000 \frac{Npix(SX_i)}{Npix(X_i)} - 1000 \frac{\sum Npix(SX_i)}{\sum Npix(X_i)}$$

şeklinde. Bu ağırlık formülü havza genelindeki heyelanlara uygulanmış olup çıkan sonuçlar Tablo 54'te verilmiştir. Bu analizde eğim, litoloji ve bakı faktörü heyelanlarda en fazla etkiye sahip parametrelerdir.

Üretilen sonuç harita sınıflandırılmamış olarak Şekil 103'te gösterilmiştir.



Şekil 103: Duyarlılık Analiziyle üretilmiş duyarlılık haritası (Sınıflandırılmamış).

2.2.2.4.2. İndeks Metodu (İM)

BİA arasında yer alan bu metod, mevcut heyelanların heyelan duyarlılık belirlemesi için seçilen her bir parametre içindeki yoğunluğunu esas alır. Bu yoğunluğun parametrelerde standart altına alınabilmesi için, çalışma alanının bütünüyle ilişkilendirilmesi yapılmaktadır. Her parametredeki alt sınıfların heyelan duyarlılığındaki ağırlık değeri ise alt sınıflardaki heyelan yoğunluğunun bütün alandaki heyelan yoğunluğuna bölümünün doğal logaritmasıyla bulunmaktadır (Van Westen, 1997). Bunu aşağıdaki formülle CBS ortamında uygulamak mümkündür;

$$W_i = \ln \frac{Densclas}{Densmap} = \ln \left(\frac{\frac{Npix(S_i)}{Npix(N_i)}}{\frac{\sum Npix(S_i)}{\sum Npix(N_i)}} \right)$$

Formülde yer alan;

W_i : Parametrelere ait alt sınıfların ağırlık değeri

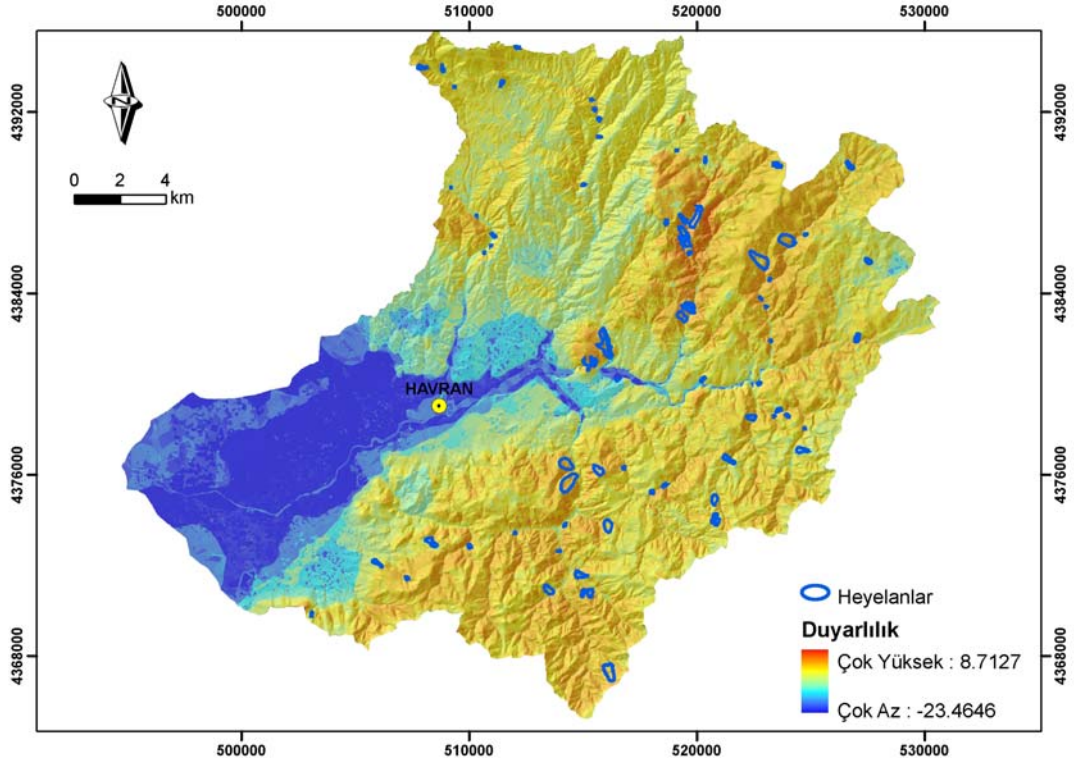
Densclas: Alt sınıflarındaki heyelan yoğunluğu

Densmap: Bütün alandaki heyelan yoğunluğu

$N_{pix}(S_i)$: Parametrelerin alt sınıflarındaki heyelana ait piksel sayısı

$N_{pix}(N_i)$: Parametrelerin alt sınıflarına ait piksel sayısıdır.

Bu metod, çalışma alanındaki bütün heyelan türlerini içine alan 84 heyelana uygulanmıştır. Sonuçlarıyla ilgili değerler Tablo 54'te verilmiştir. İndeks metoduna göre parametreler arası etkide eğim ve litolojik föktörler ilk sırayı alırken bunları bakı faktörü takip etmektedir. Üretilen duyarlılık haritası sınıflandırılmamış olarak Şekil 104'te verilmiştir.



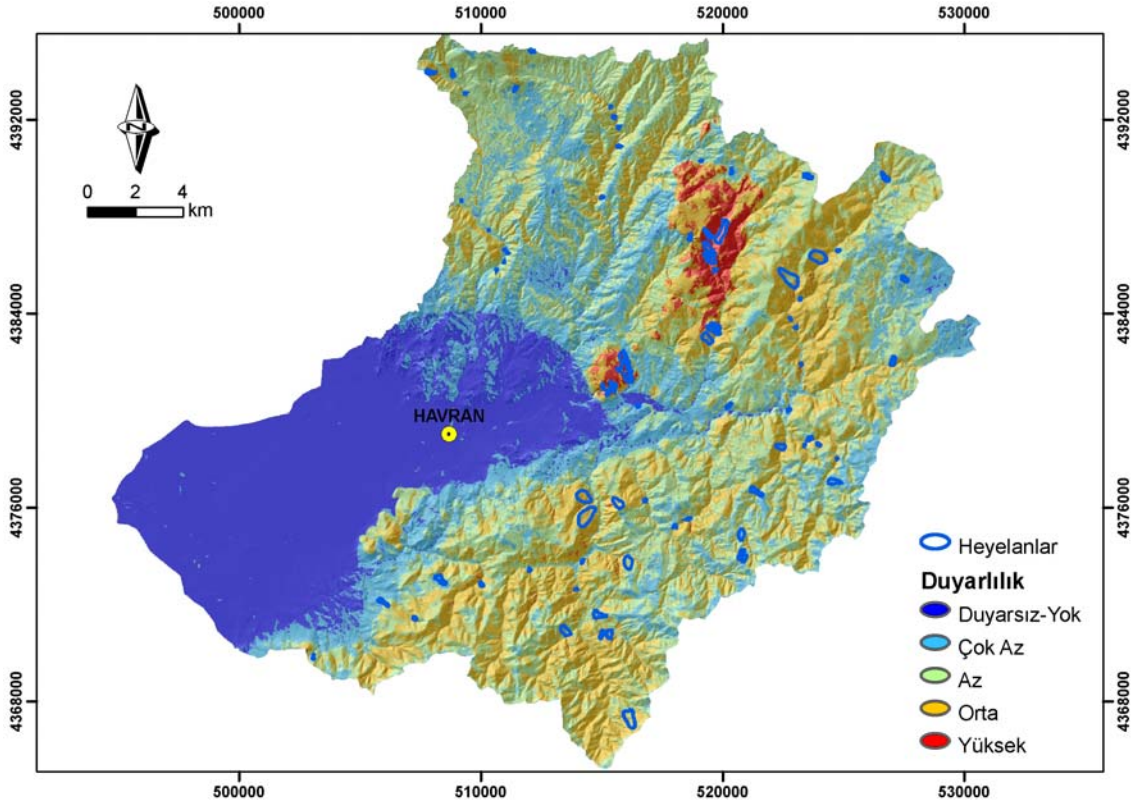
Şekil 104: İndeks Metoduyla üretilmiş duyarlılık haritası (Sınıflandırılmamış).

2.2.2.5. Heyelan Duyarlılık Haritalaması ve Doğruluk Analizi

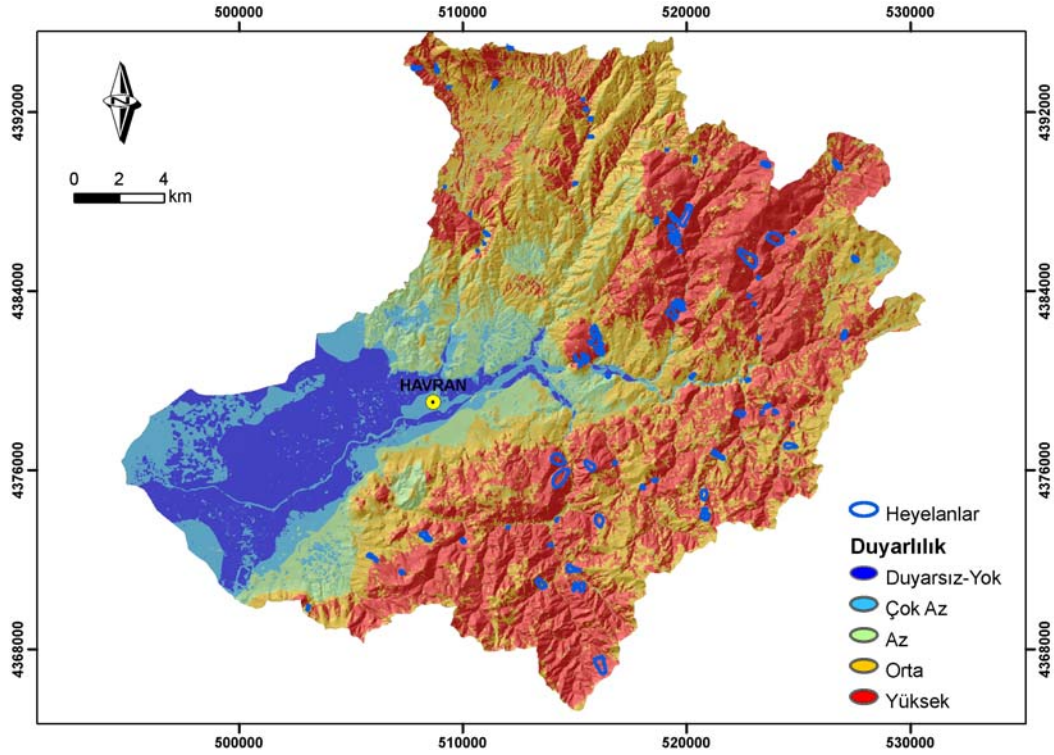
Heyelan duyarlılık analizi çalışmalarında özellikle istatistiksel çalışmaların sonucunda, CBS'de üretilen sonuç haritaların sınıflandırılması ve sınıflara ait sınırların belirlenmesi, analizi ve sonuç haritayı etkileyen bir özelliktir. Bunun için

değişik araştırmacılar değişik yöntemler kullanmışlardır. Bu yöntemler; analizcinin bilgi düzeyine bağlı olarak yapılan sınıflandırma (Ayalew vd., 2004), standart sapma değerlerine bağlı olarak oluşturulan sınıflandırma (Süzen ve Doyuran, 2004; Ayalew vd., 2004) ve sahada meydana gelmiş heyelanların doğrulama amaçlı kullanılmasıyla üretilmiş başarı oranı eğrileri sınıflandırmasıdır (Zezere vd., 2004).

Farklı metotlara göre üretilmiş duyarlılık haritalarını sınıflandırmada 5 grup esas alınmıştır. Bunlar, "Duyarsız", "Çok Az", "Az", "Orta" ve "Yüksek" şeklindedir. Bu çalışmada, sonuç haritanın sınıflandırılmasında standart sapma yönteminden farklı olarak kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Minimum uzaklık ilişkisine bağlı olarak çalışan bu analiz, her iki metotla üretilen sonuç haritalarına uygulanmıştır. Bunun için SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) GIS 2.0 yazılımı kullanılmış olup üretilen sınıflar yukarıda verilen 5 sınıfa göre adlandırılmıştır (Şekil 105, 106).



Şekil 105: Heyelan duyarlılık analizine (HDA) göre üretilen sonuç duyarlılık haritası.



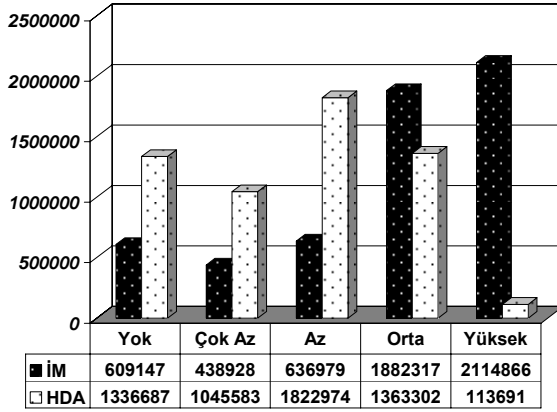
Şekil 106: İndeks metoduna (İM) göre üretilen sonuç duyarlılık haritası.

Kümeleme analiziyle ortaya çıkan sınıflandırma sonuçlarına göre, HDA'da az ve orta duyarlılıkta alanlar, havzada daha fazla dağılım göstermektedir (%32.08, %23.99). Bunun yanında yüksek duyarlı olan alan, %2 gibi bir oranla havzada minimum dağılım sergiler (Grafik 36, Tablo 55). Yüksek duyarlılıkta olan alanlar baraj yapım çalışmalarının olduğu İnboğazı mevki ve Gelin Deresi alt havzasının kuzey kesimlerinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 105). İM'e göre ise, yüksek ve orta değerler sırasıyla %37.22 ve %33.13 gibi bir oranla, en yüksek dağılım oranlarına sahiptir (Grafik 36, Tablo 55). Yüksek duyarlı olarak sınıflandırılan grup, havzanın özellikle andezit ve tuf volkanik birimlerin hakim olduğu kesimlerde yoğunluk kazanmaktadır (Şekil 106).

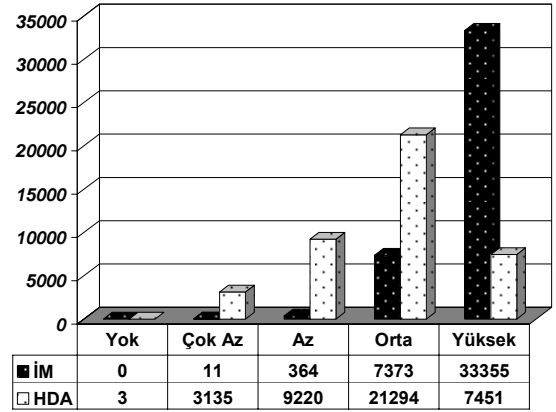
Guzzetti vd. (1999) ile Chung ve Fabri'nin de (2005) belirttiği gibi, duyarlılık analiziyle ortaya konan gelecekte heyelanların meydana gelebileceği alanların doğrulaması mümkün değildir. Fakat buna rağmen, heyelan duyarlılık analizi sonuçlarının güvenilirliğini ölçmek amacıyla bazı görüşler öne sürülmüştür (Yin ve Yan, 1988; Carrara vd., 1995; Irigaray vd., 1996; Zezere, 2002). Saha için iki farklı metotla üretilen heyelan duyarlılık sınıflarının doğrulamasında ise duyarlılık

analizinde kullanılan heyelan verileri kullanılmıştır (Zezere vd., 2004). Bunun için heyelan verisiyle iki farklı duyarlılık haritası zonal istatistiğe tabi tutulmuştur. Çıkan sonuçlar Grafik 37 ve Tablo 55'de verilmiştir.

Buna göre, Duyarlılık Analizi sonuçlarında, yüksek duyarlılığa sahip alan içinde kalan heyelanların dağılışı %18.13 olurken, İndeks metodunda yüksek duyarlılıkta kalan heyelanların dağılışı değeri ise %81.15'tir. Analizlerin başarı oranı olarak değerlendirebileceğimiz bu sonuçlara göre heyelan risk analizi çalışmasında İndeks metoduyla üretilmiş heyelan duyarlılık sınıflarına ait sınırlar baz olarak kullanılmıştır.



Grafik 36: Duyarlılık sınıflarının alansal dağılışı grafiği.



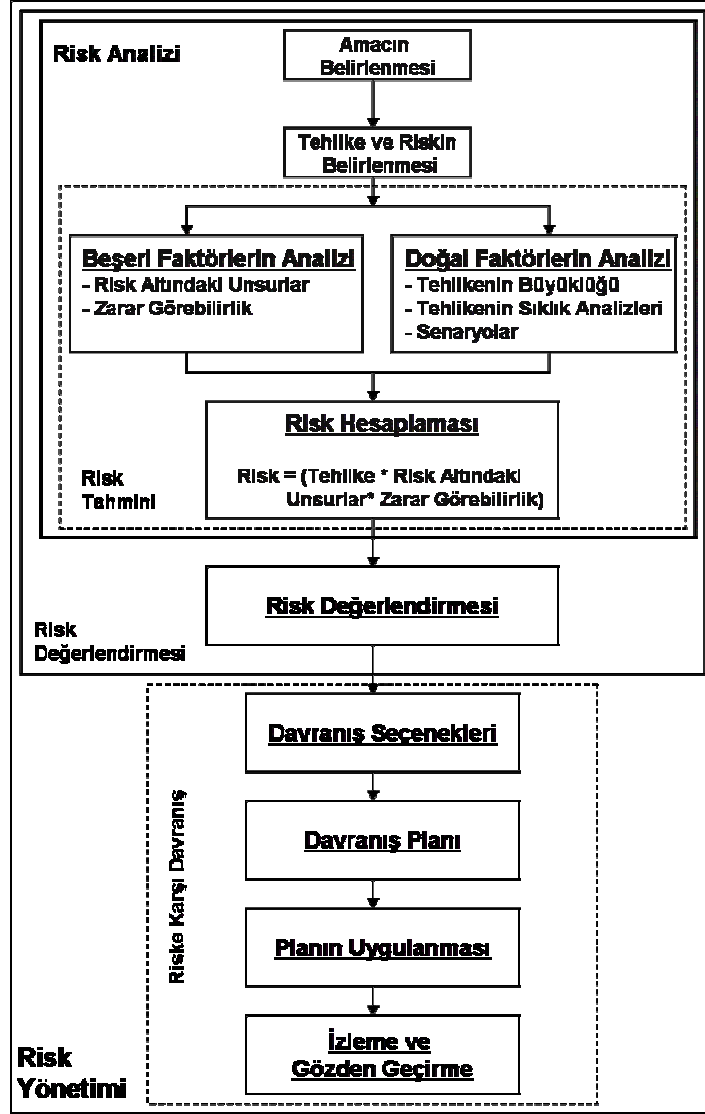
Grafik 37: Heyelanların dağılışı grafiği.

Tablo 55: Sınıfların ve heyelanların dağılışı yüzdeleri.

	Duyarlılık Sınıflarının Havzadaki Dağılışı		Heyelanların Duyarlılık Sınıflarındaki Dağılışı	
	HDA (%)	İM (%)	HDA (%)	İM (%)
Yok	23.52	10.72	0.01	0.00
Çok Az	18.40	7.72	7.63	0.03
Az	32.08	11.21	22.43	0.89
Orta	23.99	33.13	51.81	17.94
Yüksek	2.00	37.22	18.13	81.15

3. RİSK ANALİZİ

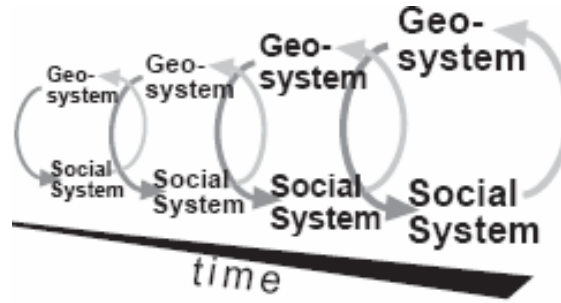
Risk analizi; riski oluşturan faktörlere ait sonuçların ve meydana gelme olasılıklarının değerlendirilmesini içerir. Risk analizi, risk yönetimi kavramı içinde yer alan en önemli öge olup risk yönetiminin temelini oluşturmaktadır (Şekil 107).



Şekil 107: Risk yönetimine ait aşamalar (Crozier ve Glade, 2005'ten değiştirilerek).

Risk analizi çalışmaları, yapıldığı dönemin şartları için geçerlidir. Aslında doğal afetler uzun zaman süreçleri içinde tek başına ortaya çıkmazlar. Bu olaylar, yer sistemleri ve sosyal sistemler arasındaki etkileşimin ortaya çıkardığı kompleks

olaylardır (Cutter, 1996b). Çünkü, sosyal sistem yavaş yavaş gelişir ve değişir. Bu değişimin genişleyebilmesi için yer sistemlerine karşı yeni taleplerle ortaya çıkar. Bu taleplerini yerine getirirken dahi yer sistemlerinin verdiği ve afetler olarak karşımıza çıkan yanıtlarına bile bazen aldırış edilmez. Aynı özellikler yer sistemlerinin gelişimi için geçerlidir. Sosyal sistemler de yer sistemlerinin gelişimini ne kadar engellemeye çalışsalar da yer sistemlerinin gerçekleşmesine tam anlamıyla engel olamazlar. Bu iki ana sistem arasındaki ilişki zaman içindeki talep artışlarına bağlı olarak büyümektedir (Şekil 108).



Şekil 108: Zaman içinde sistemlerin etkileşimi (Hufschmidt vd., 2005)

Dolayısıyla burada yapılan risk analizi çalışması yapıldığı bu döneme ait olup, gelecekteki sosyal sistem ve yer sistemindeki değişimlere bağlı olarak tekrardan ele alınmasında fayda olacaktır.

Bu kısımda 2. bölümde ele alınan riski oluşturan faktörlerin değerlendirilmesi yapılacaktır. Saha için doğal tehlike olarak ele alınan taşkın ve heyelanlar ayrı ayrı başlıklar altında değerlendirilecek olup son olarak da havzanın taşkın ve heyelanlardan oluşan toplam risk (MultiRisk) haritalaması yapılmıştır.

Çalışma alanıyla ilgili olarak, taşkınların değişik dönemlere ait tekrarlar sıklıkları ve senaryoları yapılmıştır. Heyelanlar için zaman faktörü değerlendirilemediği için bu şekilde bir tekrarlar sıklığı üzerinde durulamamıştır. Sadece ele alınan parametreler ışığında heyelana duyarlı alanların belirlenmesi yapılmıştır. Beşeri faktörler olarak risk altında kalan unsurlar ortaya konmuş, fakat veri eksikliğinden dolayı bunların bütününe ait zarar görebilirlik analizi yapılamamıştır. Ancak çok sınırlı özelliklerin zarar görebilirlikleri ortaya konabilmiştir. Bu açıdan zarar görebilirlikle ilgili olarak, veri eksikliği olan unsurlar için yüksek riske sahip alanlardaki beşeri özelliklerin bütünüyle zarar gördüğü ihtimali üzerinden analiz yapılmıştır (Glade, 2003).

3.1. Taşkın Risk Analizi

Saha için taşkınlarla ilgili olarak tekrarlama sıklıkları ve değişik senaryolar doğal faktörler kısmında verilmiştir. Daha önce değinildiği gibi taşkınlarla ilgili 4 farklı senaryo üretilmiştir. Bu senaryolar, barajın dikkate alınmadığı senaryo, barajın dikkate alındığı senaryo, barajda meydana gelebilecek dolu savak taşkını ve en son olarak da barajda meydana gelebilecek yıkılma sonucunda ortaya çıkabilecek taşkın senaryosudur. Bu senaryolardan ilki olan barajın dikkate alınmadığı senaryoya göre risk analizi çalışmaları yapılmamıştır. Bunun nedeni, hali hazırda baraj yapım çalışmalarının son aşamasına gelmiş olmasıdır. Bu senaryonun modellenmesinin yapılması, iki senaryo arasındaki farkı ortaya koymak içindir. Dolayısıyla burada sadece geriye kalan 3 senaryoya göre taşkın risk analizi çalışması yapılmıştır. Bu modellerden baraj dikkate alınarak yapılan senaryo yıllık maksimum akımlara bağlı olarak ortaya konan değişik dönemlerdeki tekrarlama sıklıklarıyla gerçekleştirilmiştir. Bunun haricindeki dolu savak ve baraj yıkılması senaryoları ise anlık olaylar olarak değerlendirilmiştir. Yine daha öncede değinildiği gibi, taşkın modellenmesi barajın yapıldığı alandan Edremit Körfezi'ne kadarki alanda yaklaşık 22 km içinde yapılması planlanmış, fakat gerekli verinin sağlanamamasından dolayı, bu modeller sadece Havran Barajından Havran yerleşmesi dışına kadarki yaklaşık 9 km'lik bir alan için yapılabilmektedir. Ayrıca bu kısımda taşkınlar anında akarsu yatağındaki suyun hızına da değinilmiş olup, değerlendirilmeleri Şekil 82'deki akarsu ve uzantılarına göre yapılmıştır.

3.1.1. Baraj Dikkate Alınarak Ortaya Çıkan Senaryonun Risk Analizi

Doğal faktörler bahsinde baraj dikkate alınarak oluşturulan modelde, son 30 yılın maksimum akımlarına bağlı olarak LPT3 ve Gumbel EV I dağılımlarına göre 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık, toplamda 7 farklı tekrarlama sıklıkları bulunmuştur. Bu yedi farklı tekrarlama sıklıklarına ait akım değerlerinin meydana gelme olasılıkları bakımından risk analizi çalışmasında 5 alt sınıfta toplanmıştır. Bu sınıflama yapılırken Avustralya/Yeni Zelanda Risk Yönetimi Standartları'nın (1999) temel aldığı oranlamalar kullanılmıştır (Tablo 56).

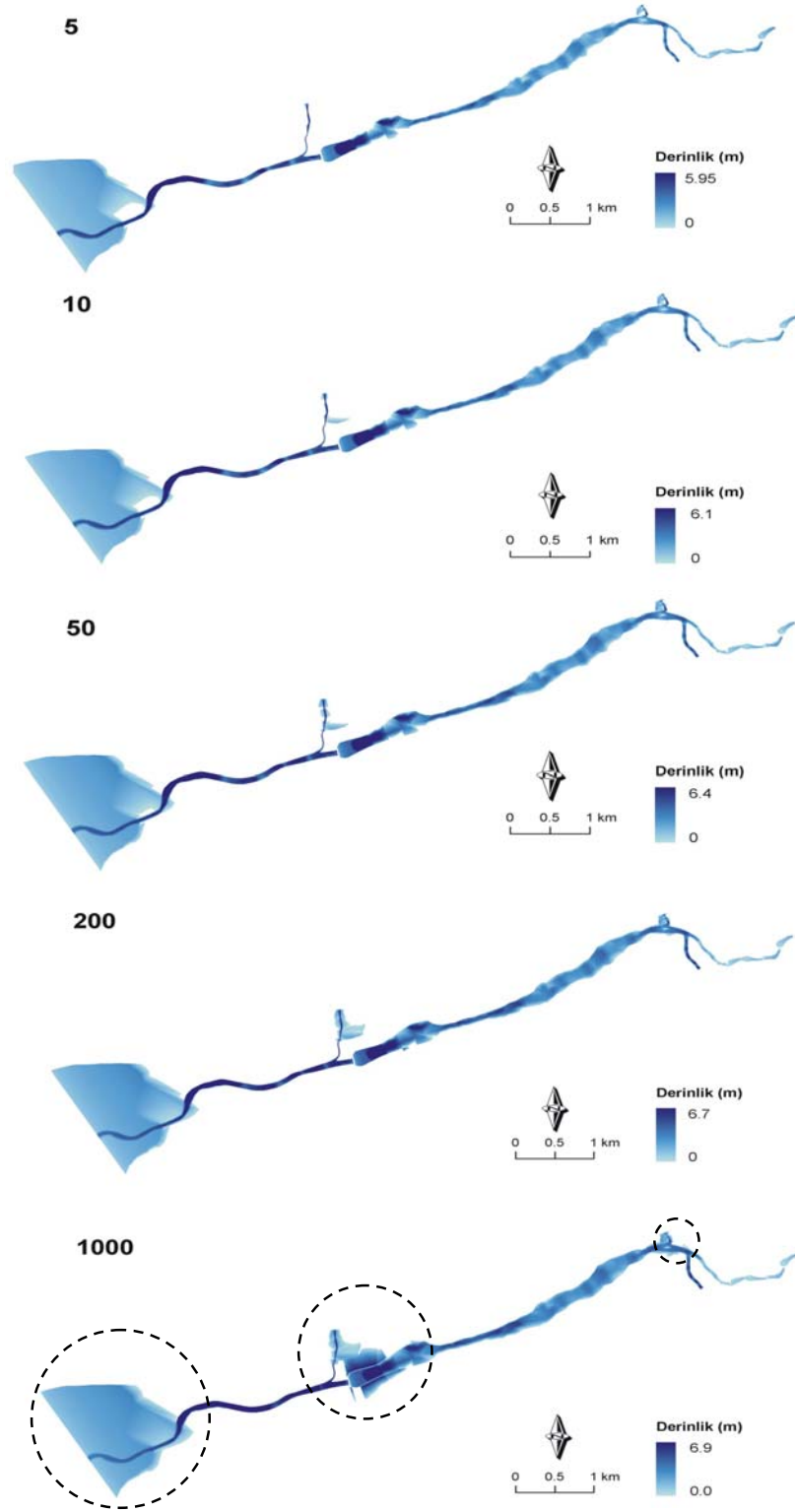
Tablo 56: Risk değerlendirmesi için baz alınan olasılık oranları.

Risk	Olasılık Oranı	Taşkın Tekrarlama Periyodu (Yıl)
Yüksek	Kesin	0 – 5
Orta	Olma İhtimali Fazla	6 – 19
Az	Mümkün	20 – 99
Çok Az	Çok Az	100 – 999
Nadir	Nadir-Yok	≥1000

Not: Karşılaştırma açısından, tekrarlama sıklığı 100-999 yılları arasında olan afetlerin 70 yıl içindeki meydana gelme olasılığı %50-%7 arasında ve ≥1000 tekrarlama sıklığına sahip afetlerin 70 yıl içindeki meydana gelme olasılığı <%7'den azdır.

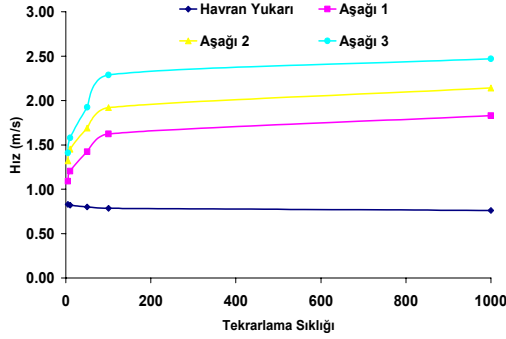
Tablo 56'ya göre üretilen farklı tekrarlama sıklılarından 5 yıllık ve 10 yıllık olanlar yüksek ve orta derece riske sahipken, 25 ve 50 yıllık periyotlar az riskli, 100 ve 200 yıllık periyotlar çok az riskli ve 1000 yıllık periyotta riskin hemen hemen olmadığı bir özellik göstermektedir. Risk analizi çalışmasında bu kriter baz olma koşuluyla aynı risk değerine sahip olan 25 ve 50 ile 100 ve 200 arasında akım değerlerinin fazla olduğu 50 ve 200 yıllık tekrarlama sıklıkları kullanılmıştır. Böylece baraj dikkate alınarak üretilen taşkın risk analizi çalışmasında 5, 10, 50, 200 ve 1000 yıllık periyotların değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 109).

Baraj dikkate alınarak oluşturulan senaryoda, baraj inşaatı çalışmaları, yataktaki bazı düzenlemeler ve kullanılan altlık TIN modeline de bağlı olarak, taşkının çok fazla etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Su derinliği 5.9 m ile 6.9 m. arasında değişen oldukça yüksek bir derinliğe sahip olmasına rağmen, yatak özellikleri ve kısmen de kullanılan TIN modelinden dolayı yatak dışına taşmalar çok fazla gözükmemektedir. Fakat 5 yıllık tekrarlama sıklığından itibaren yatağın yapay kanala alındığı kesimin sonundan başlamak üzere taşkını meydana getirecek suların tarım alanlarına doğru yayılışı görülmektedir (Şekil 110). Bunun yanında, yine ana kola kuzeyden katılan Küçükçay Derenin kanal içine alınmadığı yukarı kısımda 10 yıllık tekrarlama sıklığından itibaren çevreye yayılış göstermektedir. Bu yayılış, maksimum seviyeye 1000 yıllık tekrarlama sıklığında ulaşmaktadır. 1000 yıllık tekrarlama sıklığında taşkın suları tersip bendini aşmış olup çevre alana yayılmış durumdadır. Ayrıca doğuda İnönü yerleşmesi yakınından ana kola katılan Bent Deresinin birleşme noktasında 5 yıllık tekrarlama sıklığından 1000 yıllığa kadar çevreye yayıldığını görmek mümkündür.

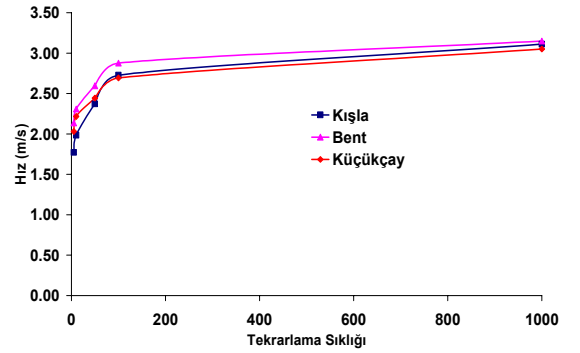


Şekil 109: Barajın dikkate alındığı senaryoya ait taşkın tekrarlama sıklıkları.

Modellemenin yapıldığı bu kesimlerde suyun derinlik özellikleri 0-2 m. arasında değişmektedir. Etki alanlarının daha çok tarım alanları olmasından, 2 m. lik su derinliği tarım alanları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca taşkın riskinde önemli olan özelliklerden birisi taşkın anındaki suyun hızıdır. Bu hız değerleri yatak kenarlarının aşındırılması açısından önemlidir. Taşkın anından suyun hızının haritalanması bu çalışmada kullanılan HecGeoRAS 4.1 yazılımında mevcut değildir. Bundan dolayı mekansal olarak haritalanamamıştır. Fakat HEC-RAS yazılımında kanaldaki suya ait hız değerleri her bir en kesit için mevcuttur. Burada her bir kola ait olan enkesitlerdeki hızların ortalaması farklı tekrarlama sıklıklarına göre değerlendirilmiştir (Grafik 38, 39).



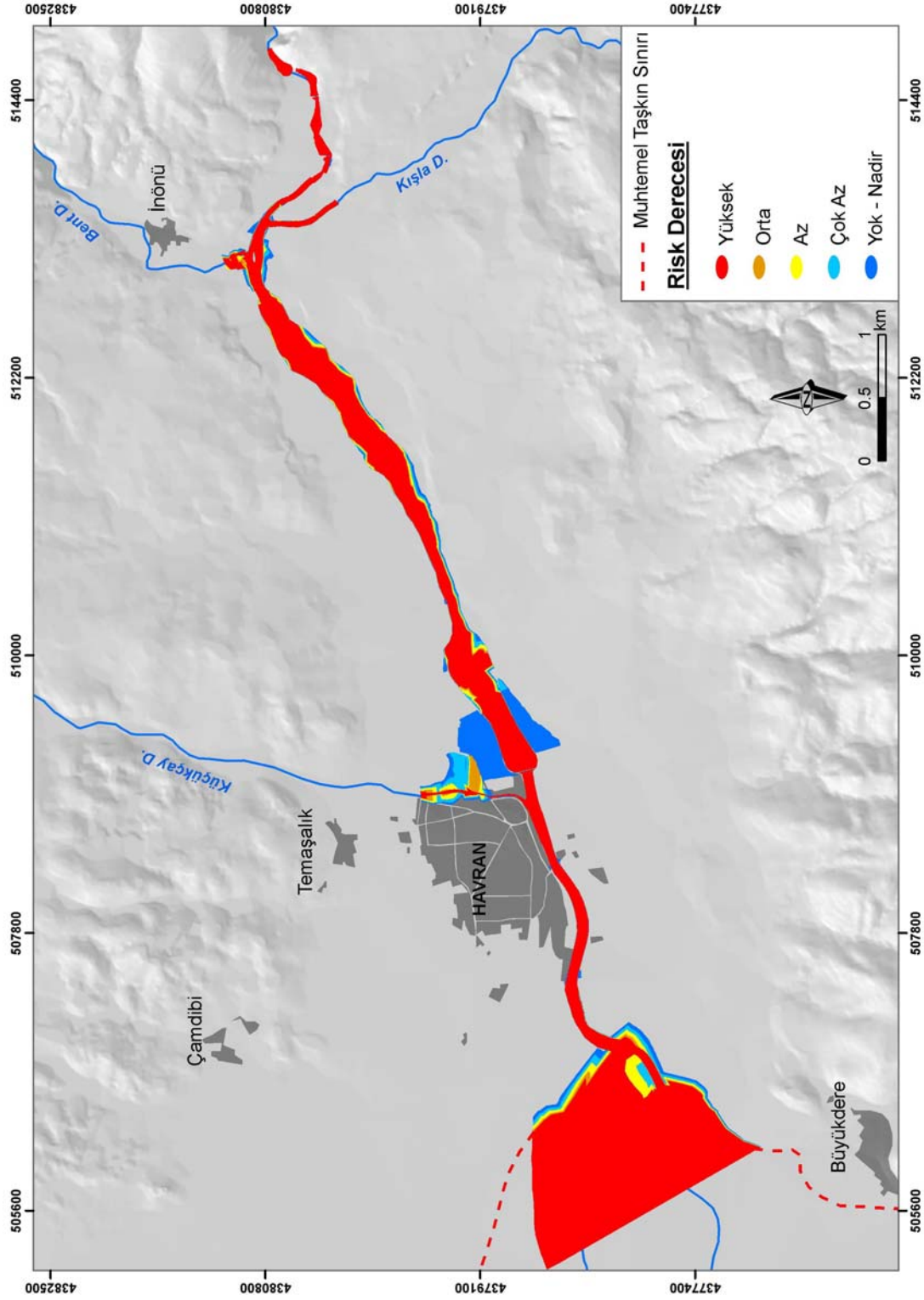
Grafik 38: Ana koldaki su hızı.



Grafik 39: Ana kola katılan yan derelerdeki su hızı.

Hız değerlerinden Havran Yukarı koluna ait hızın az olması, baraj yapımından dolayı sabit akım miktarının alınmasından kaynaklanmaktadır. Bundan sonraki aşamalarda yan derelerin ana kola katılmasından dolayı ana koldaki su hızında bir artış gözlenmektedir. Aşağı 3 kolunda bu hız artışı maksimum düzeydedir. Bunda bütün kolların birleşmesi ve yapay kanal özelliklerini söylemek mümkündür. Bunun yanında yan derelerinde yamaçlardan yüksek enerjiyle ana kola katılmalarından hızlarının yüksek olduğu görülmektedir (Grafik 39). Bunlar arasında en fazla yüksek hıza sahip olan ise Bent Deresi yan koludur.

Taşkın risk analizi çalışmasında hız ve derinlik konuları, ortaya çıkacak tahribatın değerlendirilmesi açısından önemlidir. Fakat bu senaryoda kullanılan TIN modelinin kalitesine bağlı olarak riskin fazla olduğu 5 yıllık tekrarlama sıklığında sadece tarım alanlarının zarar görmesi ve derinliğin tarım alanlarını tahrip edebilecek seviyede olmasından dolayı bu parametreler değerlendirilmeye katılmamıştır.



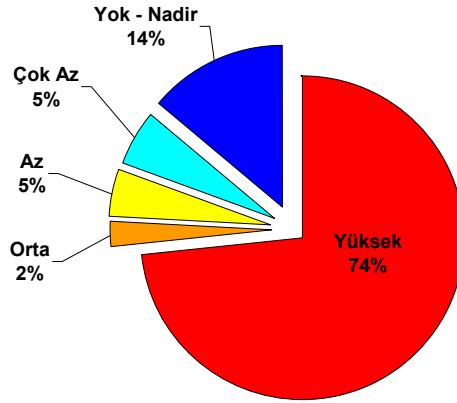
Şekil 110: Barajın dikkate alındığı senaryoya göre alandaki taşkın risk değerleri.

Sadece değişik risk kategorileri altında kalan arazi kullanım özellikleri ortaya konmuştur. Bunun için taşkın tekrarlama sıklıklarına ait sınır özellikleri çakıştırma analizine tabi tutularak her tekrarlama yılına ait sınır özellikleri çıkartılmıştır. Bu sınır özellikleri altında kalan alansal ifadeler clipping analizine uygulanarak, değişik risk zonları altında kalan arazi kullanım türleri belirlenmiştir. Bu arazi kullanımları, alansal değerleri ve dağılışı Tablo 57 ve Grafik 40'da verilmiştir.

Tablo 57: Risk derecelerine göre arazi kullanımlarının alansal değerleri.

Arazi Kullanımı	Yüksek (m ²)	Orta (m ²)	Az (m ²)	Çok Az (m ²)	Yok – Nadir (m ²)	Toplam (m ²)
Boş	1272.88	1628.63	1587.35	1619.44	6793.83	12902.13
Çöp	227.83	40.28	29.94	43.1	47.8	388.95
Sanayi	1746.4	790.1	1710.43	1967.19	2822.4	9036.52
Tarım	1582952.17	32985.14	84586.19	94451.19	255437.02	2050411.71
Yerleşme	4444.45	12643.69	11733.84	14916.64	14520.07	58258.69
Yol	454.06	2616.02	870.95	878.13	5653.3	10472.46
Zeytin	49788.02	3424.85	5530.36	8572.43	28096.84	95412.50
Toplam (m ²)	1640885.8	54128.71	106049.1	122448.1	313371.26	2236882.96

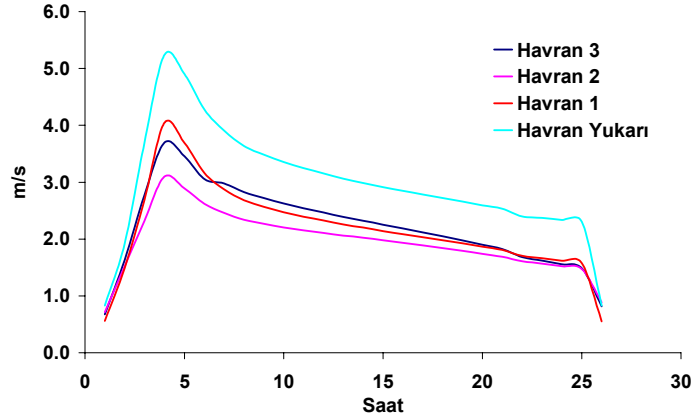
Tablo 57'ye göre, tarım alanları baraj dikkate alınarak yapılan taşkın senaryosunda alansal olarak en fazla zarara uğrayan arazi kullanım türüdür. Bunu zeytinlik ve yerleşmeler takip etmektedir. Sanayi alanları ise daha çok yatak içinde ve kenarında kurulan asfalt, kum ocakları ve zeytinyağı fabrikalarıdır. Bu senaryoya ait risk değerleri arasında bir değerlendirme yapıldığında ise, yüksek riske sahip alanların oranı diğerlerine göre artış göstermektedir (%74) (Grafik 40).



Grafik 40: Taşkın tekrarlama sıklıklarına ait risklerin alansal dağılışı.

3.1.2. Dolu Savak Taşkınına Ait Senaryonun Risk Analizi

Dolu savak taşkını, baraj gölünün dolması riskine bağlı olarak dolu savaktan akacak maksimum akımın oluşturacağı taşkındır. DSİ tarafından baraj yapımı çalışmalarında belirlenmiş olan bu dolu savak akımlarına ait hidrograf özellikleri modele konduğunda, 24 saatlik akım süresi içinde 3. saatte akım maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Akım değeri ise $1391 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Dolu savak taşkınıyla ortaya çıkan etki, baraj yapılmadığı varsayılırsa normal akımın ortaya çıkardığı 1000 yıllık taşkın tekrarlama sıklığının dağılışıyla paralellik göstermektedir. Fakat alansal, hacimsel ve derinlik olarak bundan daha fazla etkiye sahiptir. Ayrıca bu senaryoda başlangıç ve bitiş arasında geçen süre 24 saattir. En büyük etkiye ise yine 3. saatte ulaşmaktadır. Taşkın suyunun maksimum hıza ulaşması da yine bu zamandır (Grafik 41). Ana kol üzerinde enkesitlerde hesaplanan hız değerlerinin ortalaması alınarak oluşturulan grafikte (Grafik 41), hızın en fazla olduğu kol doğal olarak Baraj önündeki Havran Yukarı kolundadır. Bunu Havran 1 takip eder. Havran 1 den sonra sırasıyla Havran 2 olması gerekirken bunun yerine Havran 3 hızın fazla olduğu kol olarak gözüktür. Bunun nedenini, Havran Çayı'nın yapay kanal içine alınmasına bağlayabiliriz.



Grafik 41: Dolu savak taşkınında ana kol üzerindeki kanaldaki suyun ortalama hızı.

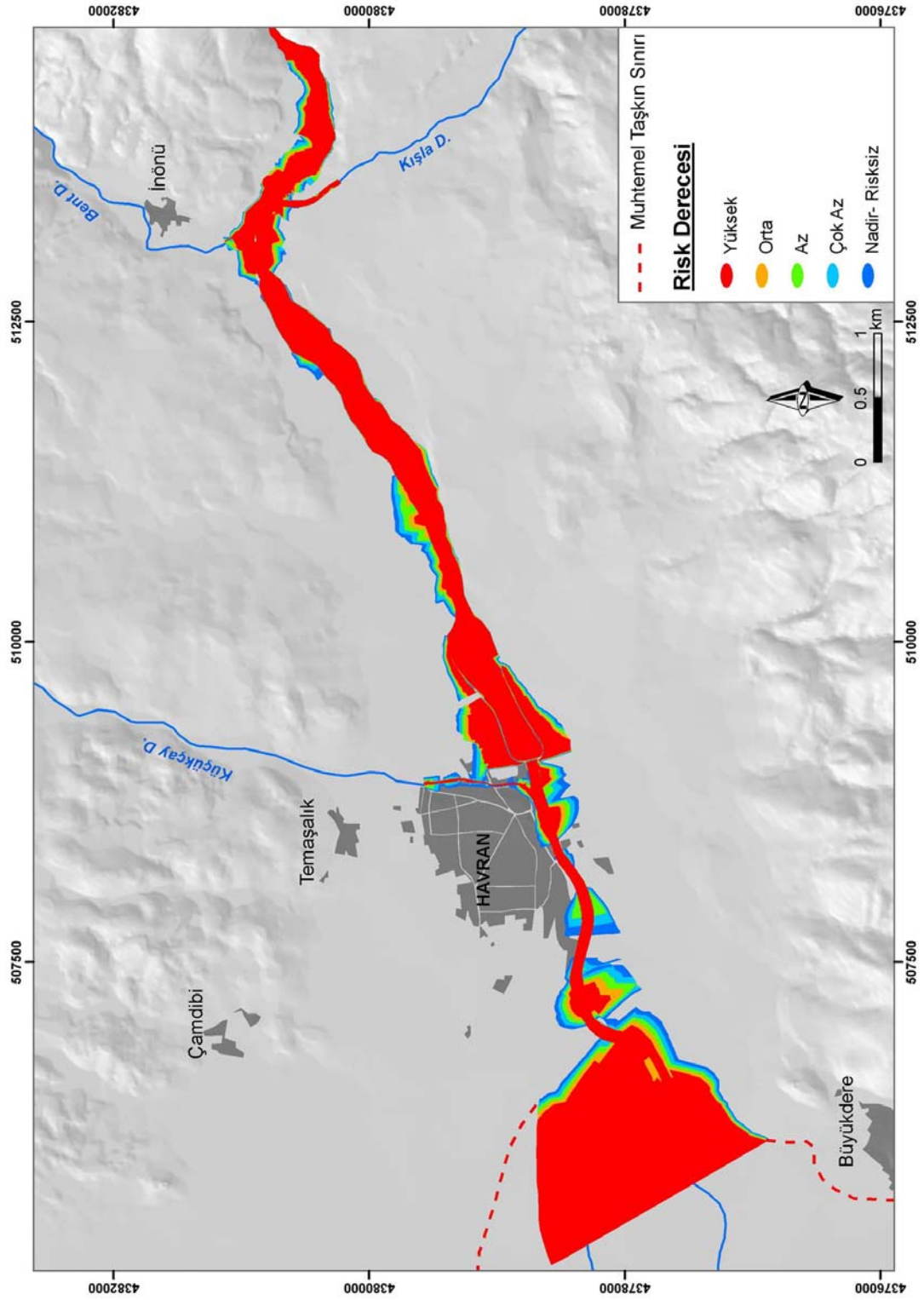
Dolu savak taşkını tek bir olay olup, taşkın tekrarlama sıklıklarında olduğu gibi değişik risk dereceleri farklı tekrarlama zamanlarına göre belirlenmemiştir. Burada suyun derinliği ve hızı riskin derecelerini belirleyen temel elemanlardır. Fakat hız faktörü haritalanamadığı için sadece derinlik faktörüne göre derecelendirme

yapılmıştır. Bu derecelendirmede 1 m. derinliğin üzerinde olan su kütlesi çok yüksek risk değerine sahip olarak değerlendirilmiş (Tingsanchali ve Karim, 2005), bunun altındakiler diğer risk derecelerine bölünmüştür (Şekil 111). Derinliğe göre belirlenen risk dereceleri alansal olarak polygon katman özelliğine çevrilmiş ve her bir risk derecesi altındaki arazi kullanım türleri ortaya konmuştur (Tablo 58). Bu senaryoda, baraj dikkate alınarak oluşturulan senaryodaki gibi risk altındaki alanlar daha çok tarım ve zeytinlik alanlarıdır. Mahallelere ait zarar görülebilirlik özelliklerinin olmasına rağmen, bu senaryoda taşkın suları mahallelerde fazla etkiye sahip olmadıkları için bu özellik fazla dikkate alınmamıştır.

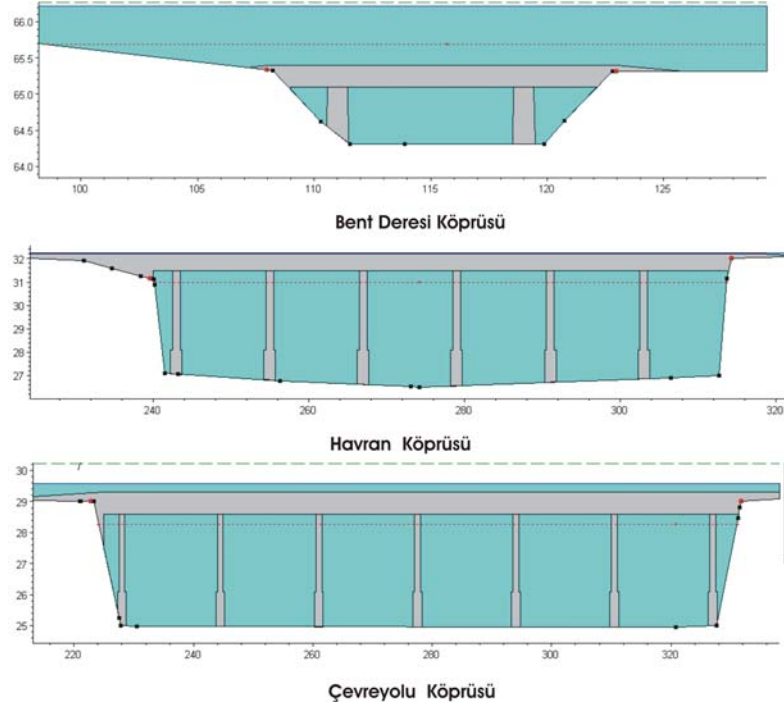
Tablo 58: Risk derecelerine göre arazi kullanımları ve alansal değerler (m²).

Arazi Kullanımı	Yüksek (1-7.30m)	Orta (0.75-1m)	Az (0.50-0.75m)	Çok Az (0.25-0.50m)	Yok – Nadir (0-0.25m)	Toplam
Boş	63011	5029.35	3410.25	2921.79	2398.65	76771.04
Çöp	412.43	66.35	694.01	1132.55	1197.36	3502.7
Park	778.16	139.92	7946.92	4236	4366.8	17467.8
Sanayi	13909.79	4526.88	5397.25	6749.84	11172.21	41755.97
Tarım	1874292.61	125034.51	130264.58	145250.6	143241.71	2418084.04
Yerleşme	10218.27	5496.18	11287.14	19160.18	38062.81	84224.58
Yol	8421.76	1969.95	2875.79	3914.65	3944.82	21126.97
Zeytin	250010.68	66919.99	93201.14	93654.66	92477.26	596263.73
Toplam	2221054.7	209183.13	255077.08	277020.3	296861.62	3259196.83

Tablo 58'e göre, tarım alanları gerek yüksek risk olarak gerekse toplam etkilenen alan olarak yine en fazla zarara uğrayan arazi kullanım özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarım alanlarını zeytinlik alanlar takip eder. Zeytinlik alanlardan sonra yüksek risk derecesine sahip arazi kullanımı sanayi alanlarıdır. Sanayi alanları tür olarak Havran yerleşmesinde yeni inşa edilen sanayi sitesi, zeytinyağı fabrikası, Havran Çayı yatağı içinde ve kenarında bulunan kum ocağı ve asfalt fabrikası sanayi alanları içinde yer alan türlerdir. Riskin fazla olduğu alanlarda sanayi alanlarını yerleşmeler takip eder. Yerleşmeler genelde konut evler olmakla birlikte bunların içinde yine Havran Çayı yatağı kenarında inşa edilen, Havran Belediye binası, kütüphane binası, itfaiye binası, öğrenci yurdu ve eğitim binaları yüksek riskte olmasa da diğer risk derecelerinin altında bulunan kamu binaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Risk altındaki diğer arazi kullanım türünü boş alanlar meydana getirmektedir. Boş alanları yollar takip eder. Ulaşım hatları olan yollar içinde Havran Çayı üzerindeki Havran köprüsü, Çevre yolu köprüsü ve Bent Deresi üzerindeki köprü su yüksekliğine bağlı olarak yıkılması söz konusudur (Şekil 112).

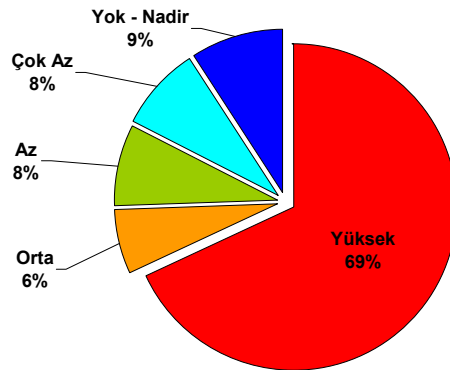


Şekil 111: Dolu savak taşkını senaryosunun alandaki risk dereceleri.



Şekil 112: Dolu savak taşkınında alan içindeki köprülerdeki suyun konumu.

Risk dereceleri içinde yer alan enerji nakil hatlarının uzunluğu ise 5580 m. dir. Modellemin yapıldığı alanda ise 3 tane transformatör bulunmaktadır. Dolu savak taşkınının derinlik değerlerine göre risk derecelerinin toplam etki alanlarına bakıldığında yüksek riske sahip alanlar daha fazla yer kaplamaktadır (Garik 42). Bunu risk derecesi nadir veya hiç olmayan alanlar, çok az, az ve orta derecede riske sahip alanlar takip eder. Bu senaryonun etki alanının fazla olacağından söz etmek mümkündür.



Grafik 42: Dolu savak taşkın senaryosuna ait risk derecelerinin dağılışı grafiği.

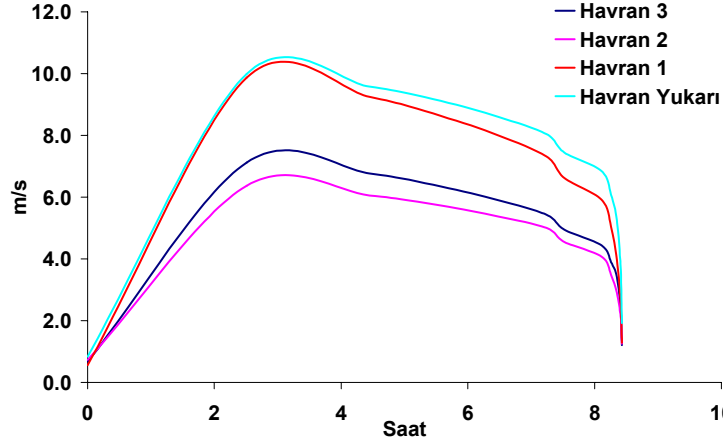
3.1.3. Baraj Yıkılmasına Ait Taşkın Senaryosunun Risk Analizi

Taşkın risk analizi içinde yer alan senaryolardan en kötüsü ve saha için yapılması gerekli olan, baraj yıkılmasıyla ortaya çıkacak taşkın senaryosudur. Bu senaryo, daha önce doğal faktörler bahsinde de değinildiği gibi, baraj gövdesi arkasında birikecek yaklaşık 65 milyon m³ lük maksimum suyun, baraj gövdesinde meydana gelebilecek bir gedikle ile boşalması neticesinde ortaya çıkacak bir taşkın senaryosudur. Barajın yapıldığı İnboğazı mevkiinin önünde böyle bir olası tehlikede suyun boşalacağı alan tamamen Havran ovası olmasından dolayı, gerçekleşme ihtimali az olsa dahi yönetimlerce dikkate alınması gereken özelliklerden birisidir. Bu tip senaryolar, sürdürülebilir çevre ve planlama açısından her zaman dikkate alınmalıdır. Özellikle, depremlerin sıkça yaşandığı ülkemizde bu tip senaryoların önemi daha büyüktür.

Bu senaryo, dolu savak taşkını gibi tek bir olay olmasından dolayı su derinliği ve hızlarına göre değerlendirilmiştir. Taşkın süresinde kanal içindeki su hızı olarak diğer bütün senaryolardan en fazla hıza sahip bir özellik göstermektedir (Grafik 43). Yatak içerisinde su maksimum hıza, barajdaki gediklenmeye bağlı olarak akımında maksimum olduğu ilk 2.30 saatten sonra ulaşır. Hız Havran Yukarı kolunda en fazladır. Bunu Havran 1, Havran 3 ve Havran 2 takip eder. Havran 3 kolunun üçüncü sırada olması yapay kanal içinde olmasıyla ilişkilidir. Su derinlikleri, dolu savak taşkın senaryosundaki gibi 1m. den fazla olan su derinlikleri yüksek risk derecesine sahip alanlar olarak gösterilmiştir. Bu derinliğin altındakiler kendi içinde sınıflandırılmıştır.

Risk derecelendirmesi sonunda yüksek riske sahip alanlar, kullanılan enkesitlerin uzunluklarına bağlı olarak diğer risk derecelerine göre daha fazla alana sahiptir. Sahadaki risk dereceleri ile sahadaki arazi kullanım özellikleri karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar Tablo 59' da verilmiştir.

Tablo 59'a göre, taşkından etkilenme riski en fazla olan arazi kullanım türü tarım alanlarıdır. Bunu sırasıyla zeytinlik alanlar, yerleşmeler, yollar, sanayi alanları, mezarlık, park alanı, boş alan, çöp alanı ve benzin istasyonu takip eder.



Grafik 43: Ana kol üzerinde kanaldaki suyun ortalama hızlarının grafiği.

Tablo 59: Risk derecelerine göre arazi kullanımları ve alansal değerler (m²).

Arazi Kullanımı	Yüksek (1-28.9m)	Orta (0.75-1m)	Az (0.50-0.75m)	Çok Az (0.25-0.50m)	Yok – Nadir (0-0.25m)	Toplam
Benzin İstas.	5396.17	-	-	-	-	5396.17
Boş	90840.45	4.73	16.2	0.91	-	90862.29
Çöp	21850.15	-	-	-	-	21850.15
Mezarlık	59762.55	-	-	-	-	59762.55
Park	59760.93	-	-	-	-	59760.93
Sanayi	122184.98	-	-	-	-	122184.98
Tarım	3509998.04	11389.74	8330.57	2927.98	2128.42	3534774.75
Yerleşme	888717.60	5270.31	5082.78	4696.78	4408.34	908175.81
Yol	144724.26	220.4	235.98	367.56	333.19	145881.39
Zeytin	2674814.63	45184.96	42297.32	37989.92	33608.73	2833895.56
Toplam	7578049.8	62070.14	55962.85	45983.15	40478.68	7782544.58

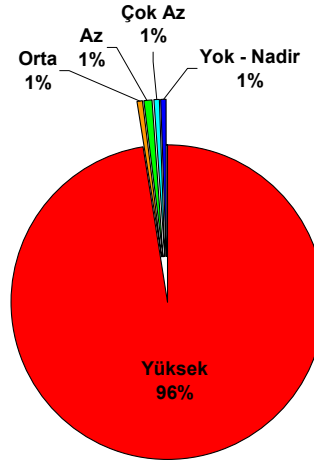
Yerleşmeler içinde Havran ilçe merkezinde bulunan bütün kamu binaları da yer almaktadır. Ayrıca mahalleler bazında, mahallelerin sosyal zarar görebilirlikleri (kadın nüfus, 18 yaş altı nüfus, 65 yaş üstü nüfus ve okuma yazma bilmeyen nüfus) ve fiziksel zarar görebilirlik özellikleri (binaların dağılışı ve konut alanlarının dağılışı) birlikte değerlendirilerek riskin derecelendirilmesi yapılmıştır. Buna göre Ebubekir Mahallesi en fazla taşkın riskinin olduğu mahalle olurken, Camiikebir, Yeni Mahalle ve Hamambaşı Mahalleleri orta derecede, Tekke ve Çiğitzade Mahalleleri az, Mescit Mahallesi ise nadir veya hemen hemen risksiz olarak sınıflanmıştır (Şekil 113). Fakat mahalleler arasında Camiikebir, Yeni Mahalle ve Hamambaşı Mahallelerinin kuzey kısımları, hiçbir riske sahip değildir. Bunun nedeni, bu kesimden itibaren yükseltinin artmasıdır.

Ulaşım hatlarından yollar olarak Havran ilçe merkezine bağlantısı olan yolların tamamı risk altındadır. Özellikle Havran – İnönü yerleşmesini bağlayan yol tamamen sular altında kalmaktadır. Bent Deresi, Küçükçay Deresi üzerindeki köprüler ve Havran köprüsü ile Çevre yolu köprüsü suların yükselmesine bağlı olarak zarar görmesi muhtemeldir.

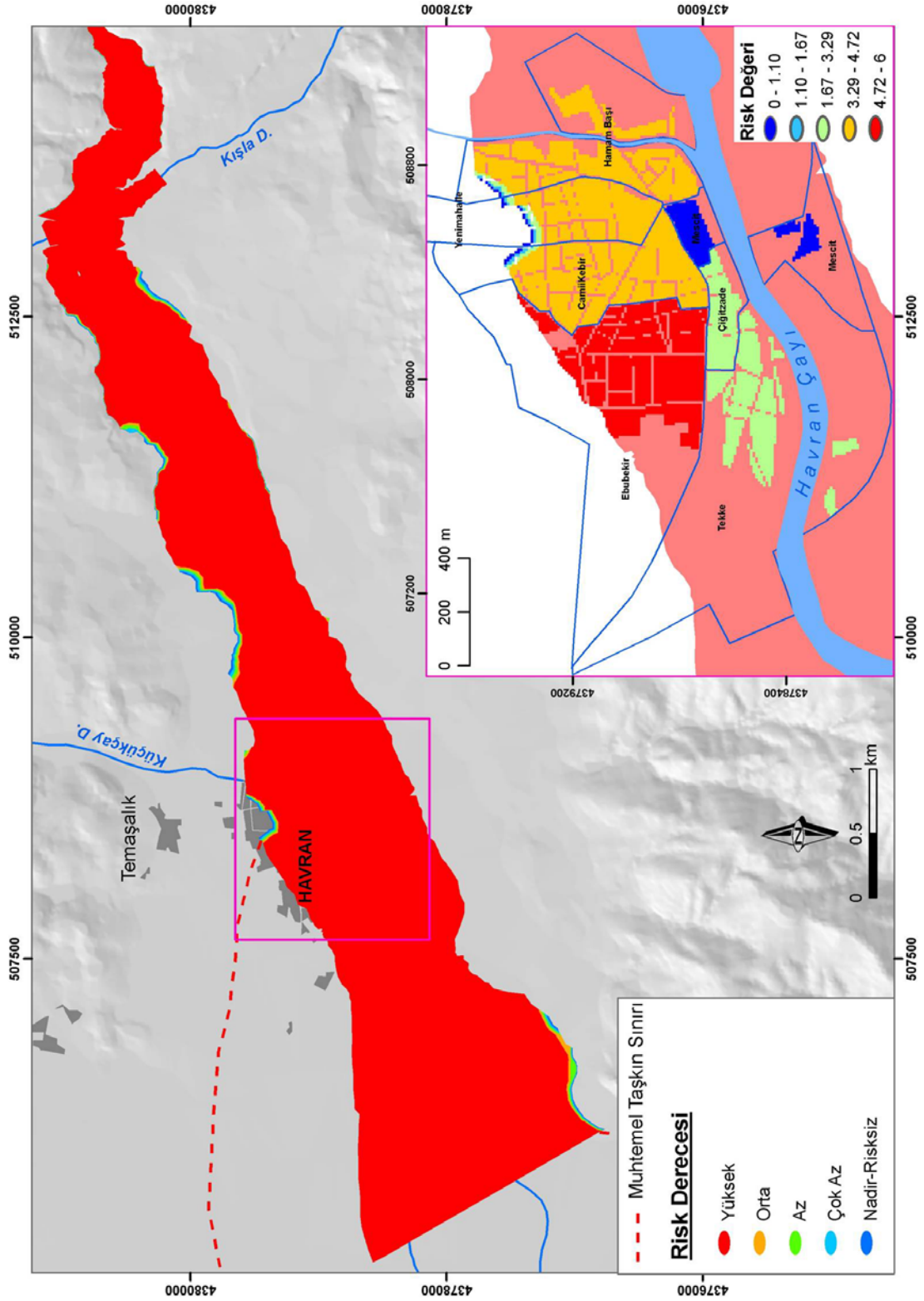
Sanayi alanları olarak, risk altında kalan türler; 7 zeytinyağı fabrikası, toptancı hali, zeytinci hali, asfalt fabrikası, kum ocağı ve havran sanayi alanıdır. Havran Çayı yatağı içinde kalan çöplük alan yine tamamen taşkın sularından etkilenirken, Balıkesir yolu üzerinde bulunan benzin istasyonu da taşkın etkisi alanı içinde kalan arazi kullanım türleri arasındadır.

Bunların dışında risk alanı içinde kalan enerji hatlarının toplam uzunluğu 9239 m. dir. Ayrıca modellenen kısımda 4 transformatör etki alanı içinde kalırken, TEK trafo merkezi de tamamen sular altında kalmaktadır.

Meydana gelme ihtimali az da olsa katastrofik olay olarak nitelendirilebilecek olan bu senaryoda toplam risk alanları olarak değerlendirildiğinde yüksek riske sahip alanların oranı diğerlerine göre oldukça fazladır. Yüksek riskli bölgeler % 96 lık orana sahipken diğerleri % 1 lik değere sahiptirler (Grafik 44).



Grafik 44: Baraj yıkılması senaryosunda risk derecelerinin alansal dağılışı grafiği.



Şekil 113: Baraj yıkılmasıyla oluşacak taşkın risk dereceleri.

3.2. Heyelan Risk Analizi

Çalışma alanı, heyelanlar bakımından aktif ve büyük heyelanların görüldüğü bir yer değildir. Fakat sahada arazide çalışmaları esnasında tespit edilmiş birçok heyelanın bulunması, ayrıca beşeri faaliyetlerden dolayı yamaç dengesinin bozulduğu alanlarda küçüğe olsa değişik heyelan türlerinin görülmesi sahadaki heyelanların incelenmesine neden olmuştur.

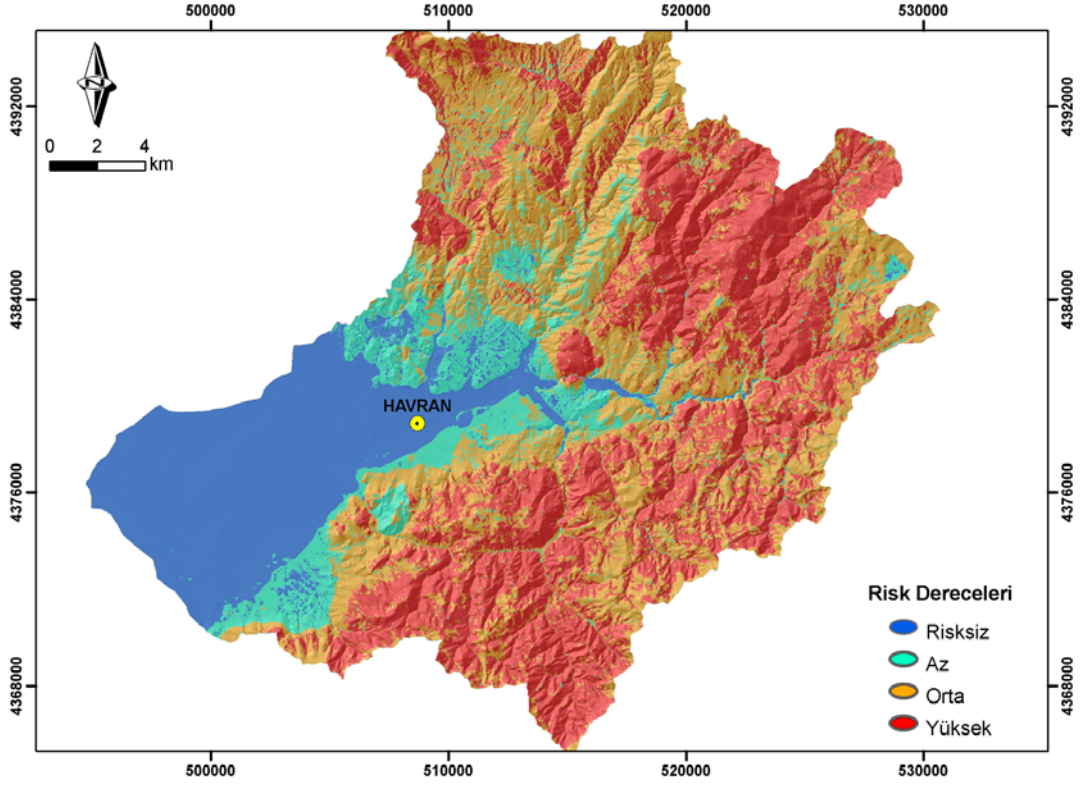
Sahada belirlenmiş olan farklı türdeki toplam 84 adet heyelanlar baz alınarak, 11 parametre kullanılmak suretiyle sahanın heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Belirlenen heyelanların meydana gelme zamanlarıyla ilgili olarak herhangi bir bilgiye sahip olunmamasından dolayı, burada zaman faktörü ve tekrarlama sıklıkları dikkate alınmamıştır. Ele alınan beşeri faktörlerin zarar görebilirlik özellikleriyle ilgili detaylı bilgiye sahip olunamadığı için heyelanlara duyarlı olan alanlardaki beşeri unsurların tamamen tahrip olduğu varsayımıyla analiz edilmiştir. Sonuçlar aynı zamanda değişik duyarlılık derecelerinin etkisi altındaki beşeri unsurların ortaya konması açısından da önemlidir.

Doğal faktörler bahsinde, heyelan risk analizi için üretilen heyelan duyarlılık analizinde kullanılan lejant birimleri olan duyarsız-yok, çok az, az, orta ve yüksek sınıflamaları risk analizinde risk sınıfları olarak baz alınmıştır. Fakat buradaki heyelana duyarsız alanlar ile çok az duyarlı alanlar genellikle ova ve vadi tabanı ve çevresi olmasından dolayı risk bakımından risksiz bölgeler olarak isimlendirilmiştir. Buna göre risk analizinde kullanılan risk derecelendirmesi Şekil 114'te verilmiştir.

Havzanın iç kesimleri için yapılan heyelan risk analizinde kullanılan beşeri unsurlar, yollar, enerji hatları, telefon hattı, eğitim-sağlık binaları, tarım alanları ve nüfus özelliklerine ait zarar görebilirlik özellikleridir. Ana yollar üzerinde yer alan köprüler, vadi tabanlarında bulunduğu ve risksiz grubun içinde yer aldıklarından değerlendirilmeye katılmamıştır. Bahsi geçen beşeri unsurlardan sadece nüfusun zarar görebilirlik özellikleri incelendiği için havzaya ait risk haritası üretilebilmiştir. Diğerlerinin zarar görebilirlikleriyle ilgili bilgiye sahip olunamadığı için farklı risk zonları içinde kalan özelliklerine göre değerlendirilmiştir.

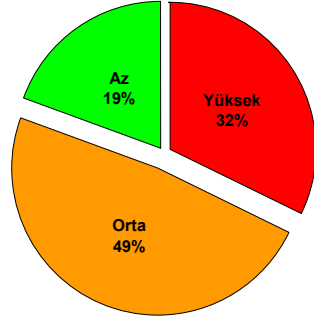
Sonuçlara göre, yollar havzanın tamamında yoğun bir şekilde dağılışı gösterdiğinden en fazla risk altında kalan beşeri unsurdur. Heyelan risk zonlarından risksiz olan

bölge burada değerlendirilmemiş olup, diğer zonlar içinde kalan yollar çakıştırma analiziyle ortaya konmuştur (Şekil 114, Tablo 60).



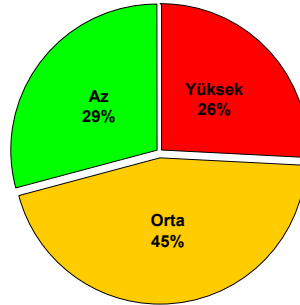
Şekil 114: Duyarlılık haritasından üretilen sahanın heyelan risk dereceleri.

Buna göre yollar alt türlerinden tali yollar, gerek toplamda gerekse yüksek heyelan riski içinde en fazla etkilenen türdür. Bunu yüksek risk bölgesinde gevşek yüzeyli şoseler takip ederken (11.4 km), toplam risk bölgesinde sert yüzeyli şoseler ikinci sırayı alır (96.1 km) (Tablo 60). Yollardan Belikesir'i kıyı bölgesine bağlayan D 230 devlet yolunun özellikle doğu kesimde 3.1 km si yüksek heyelan risk bölgesinin içinde yer alır. Toplam risk bölgesinde ise 19.7 km lik bir uzunluk yer almaktadır (Tablo 60). Yolların toplamda risk bölgelerinde kalan uzunlukları oransal olarak değerlendirildiğinde ise en fazla % 49'luk değerle orta derece risk bölgesinde olduğu görülür (Grafik 45). Bunu % 32 ile yüksek, % 19 ile az riskli bölge içinde kalan yollar takip eder.



Grafik 45: Yolların risk derecelerindeki oransal dağılışı.

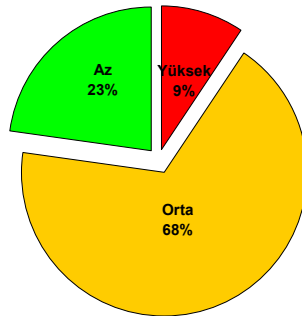
Sahadaki enerji nakil hattı olan elektrik hatları da heyelan risk bölgelerinde kalan diğer beşeri unsurdur. Ayrıca bu başlık altında elektrik dağıtımını sağlayan transformatörler de ele alınmıştır (Şekil 116). Değişik heyelan risk zonları içindeki elektrik ve transformatörlerin dağılışına bakıldığında, 34.5 kv lık elektrik hattı alandaki daha fazla uzunluğuna bağlı olarak gerek yüksek risk bölgesinde (23.4 km) gerekse toplamdaki uzunluk olarak (76.7 km) en fazla etkilenen hattır. 154 kv lık elektrik hattı bundan sonra gelir. Bu hattın yüksek risk bölgesindeki uzunluğu 8.9 km olup toplamda risk bölgesinde ise 48.9 km uzunluğa sahiptir (Tablo 60). Sahadaki transformatörler ise yüksek risk bölgesinde 3 adet bulunurken toplam risk bölgelerindeki sayısı ise 27'dir. Saha genelindeki risk bölgelerinde yer alan toplam enerji hatlarının uzunluğu olarak değerlendirildiğinde ise elektrik hattının % 45'lik bir oranla orta derecede risk bölgesinde kaldığı görülmektedir. Bunu % 29 ile az, % 26 ile yüksek risk bölgesindeki dağılışı takip eder (Grafik 46).



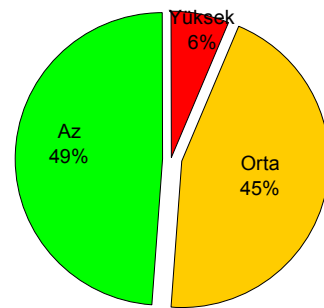
Grafik 46: Enerji hatlarının risk derecelerindeki oransal dağılışı.

Sahadaki iletişim hatlarından olan telefon hatları heyelan riski altında kalan bir diğer beşeri unsurdur. Risk bölgeleri toplamında 91.8 km uzunlukta telefon hattı etki altında kalırken, bunun 18.7 km. si yüksek risk zonu, 45.5 km. si orta risk zonu ve 25.5 km. ise riskin az olduğu zon içinde yer almaktadır (Şekil 117, Tablo 60). Bunun yanında, köylerde bulunan eğitim ve sağlık binaları olarak risk zonları içinde kalan kamu binaları değerlendirildiğinde, yüksek risk zonu içinde herhangi bir eğitim ve sağlık binası bulunmamaktadır. Orta derece risk bölgesi içinde sadece 4 eğitim binası olup, bunlar Hallaçlar, Kocaseyit, Kalabak ve Küçükşapçı Köylerinde yer alırlar. Riskin az olduğu zon içinde Kızıklı, Büyükdere, Çamdibi ve Fazlıca Köylerinde bulunan 4 eğitim binası ile Büyükdere Beldesinde bulunan 1 sağlık binası yer almaktadır. Böylece toplamda risk bölgesinde kalan eğitim binası sayısı 8 olurken sağlık binası sayısı 1 dir.

Havzanın iç kesimlerinde yapılan tarımsal faaliyetin heyelan risk bölgeleri altında kalan kısımlarını ortaya koymak için, Spot XS uydu görüntüsünden üretilmiş arazi kullanım haritasından faydalanılmıştır. Burada yansıma değerlerinden dolayı ot formasyonu ve kuru tarım alanları birlikte değerlendirilmiş olup, zeytinlik alanlar ayrı değerlendirilmiştir (Şekil 118, Tablo 60). Buna göre, kuru tarımın heyelan risk zonları içindeki dağılımı, zeytin tarımına göre daha fazladır. Bunda ot formasyonunun dağılışı büyük rol oynasa da, kuru tarım alanları havza iç kesimlerinde daha fazla yayılış gösterdiğinden, ot formasyonundan daha fazla olarak kabul edebiliriz. Kendi içlerinde değerlendirildiğinde, orta derece riske sahip alanların oranı kuru tarımda fazlayken, zeytin de ise zeytinin birikinti konileri üzerinde ve yamaçlarda bulunmasından dolayı heyelan riski az olan alanlar içindeki dağılışı daha fazladır (Şekil 118 ve Grafik 47, 48).

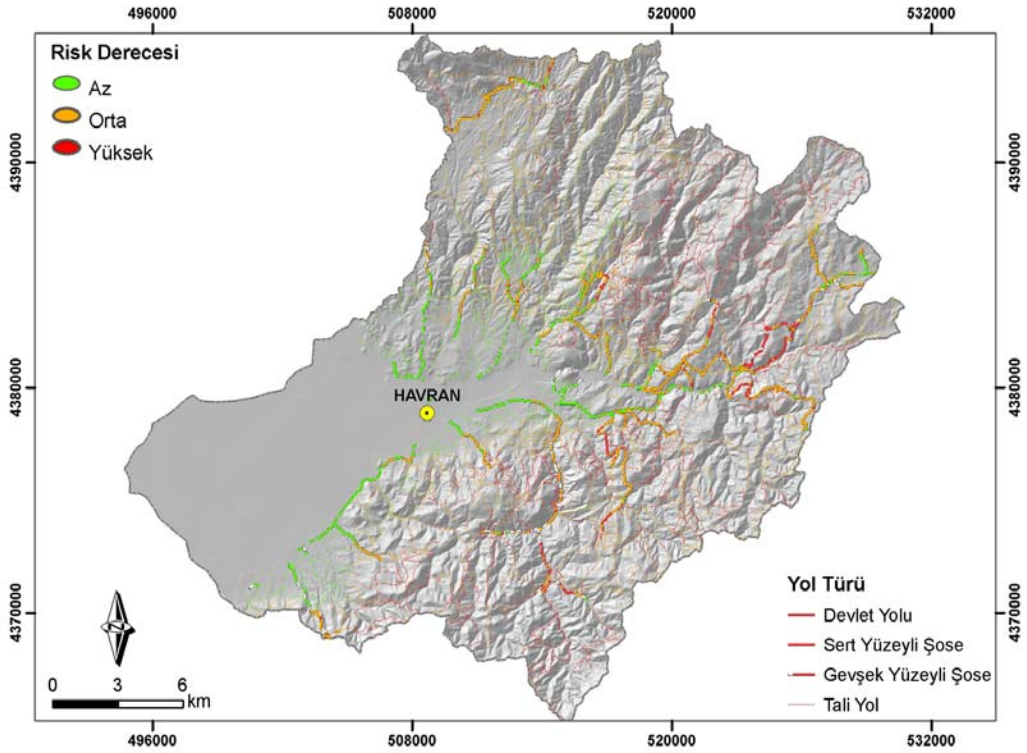


Grafik 47: Kuru tarım ve Ot formasyonu dağılışı.

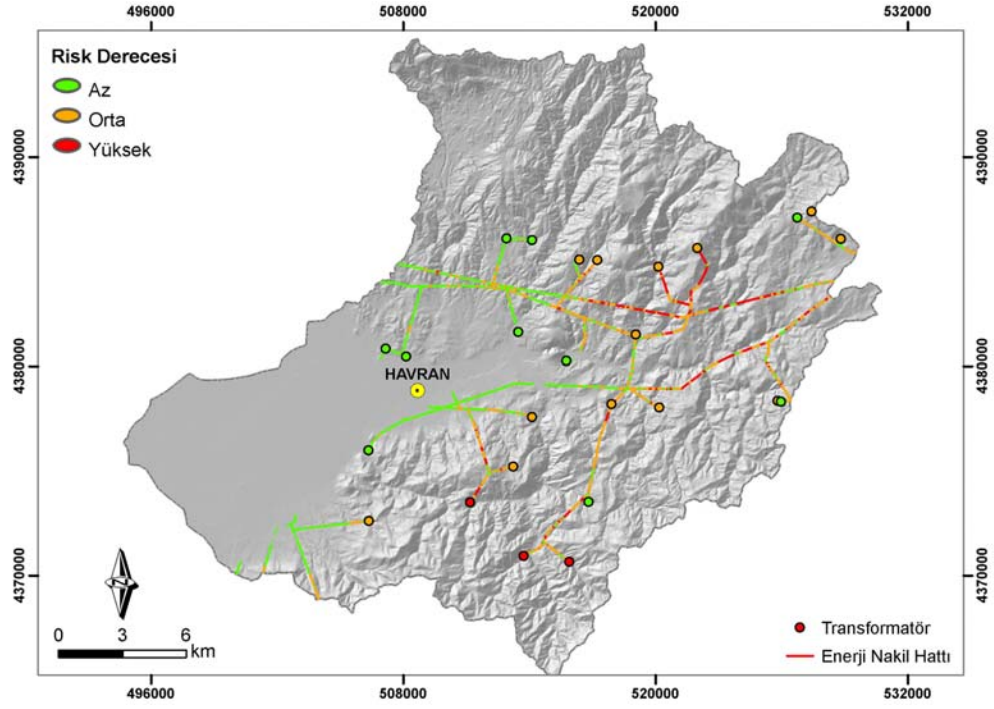


Grafik 48: Zeytin tarımı dağılışı.

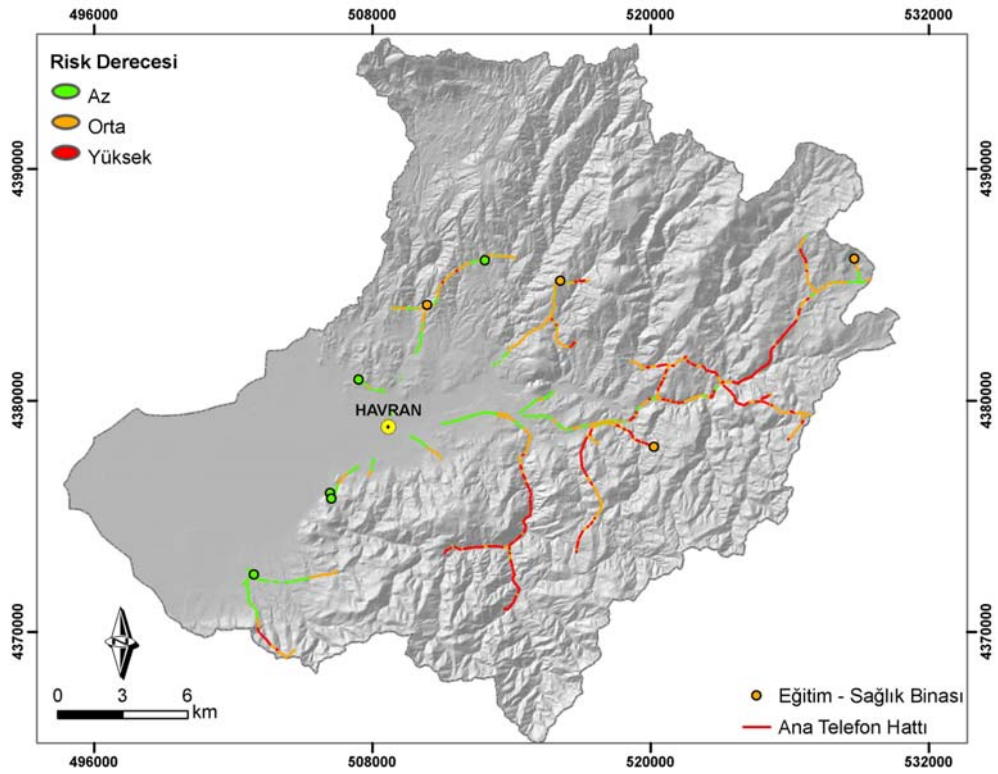
Nüfus özellikleri olarak; heyelan risk zonları içinde kalan köy yerleşmelerine ait kadın nüfus, 18 yaş altı nüfus, 65 yaş üstü nüfus ve okuma yazma bilmeyen nüfus değerlendirilmiştir. Köy yerleşmelerindeki zarar görebilirliği arttıran bu özelliklerin mekansal dağılışı Havran ilçe merkezindeki mahallelerde olduğu gibi Cutter vd. nin (1997) yöntemi kullanılmamıştır. Bunun nedeni yerleşmelerin birbirinden bağımsız olması ve farklı olmasıdır. Yerleşmelere ait zarar görebilirlik değerleri doğal faktörler kısmında her bir yerleşmenin kendi toplam nüfusuna oranlanmasıyla elde edilmiştir (Şekil 70). Havzanın nüfus özelliklerine bağlı olarak üretilen heyelan risk haritasında, havza içindeki köy yerleşmelerine ait zarar görebilirliğin mekansal dağılışı ile heyelan risk zonlarına ait dağılışı birlikte değerlendirilmiştir (Şekil 119). Buna göre, nüfus özellikleri olarak heyelan riskinin en yüksek olduğu yerleşmeler Karalar ve Taşarası Köyleridir. Orta derece riske sahip köy yerleşmeleri ise, Çakırdere, Dereören, Eseler, Halılar, Hallaçlar, Hüseyinbeşeler, Karaoğlanlar, Küçükşapçı ve Sarnıç Köyleridir. Riskin az olduğu yerleşmeler ise, Büyükşapçı, Çamdibi, Kocaseyit ve Fazlıca Köyleridir. Bu yerleşmeler haricindeki diğer yerleşmeler nüfus zarar görebilirlikleri bakımından heyelanlar için risksiz zon içinde yer almaktadır (Şekil 119).



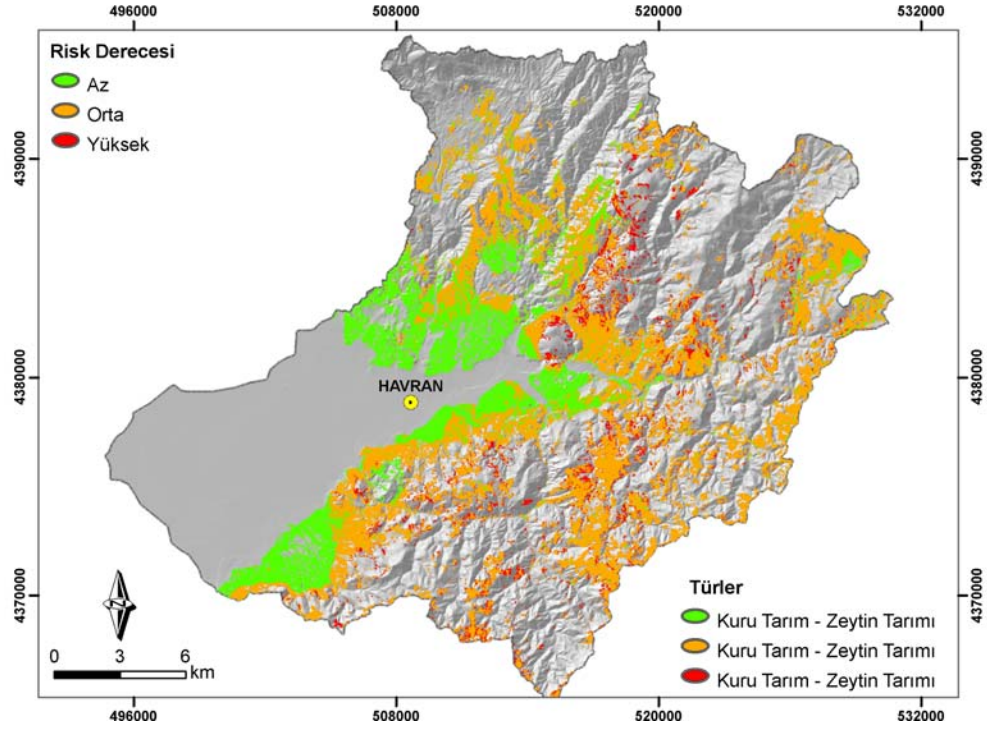
Şekil 115: Heyelan riski altında kalan yollar.



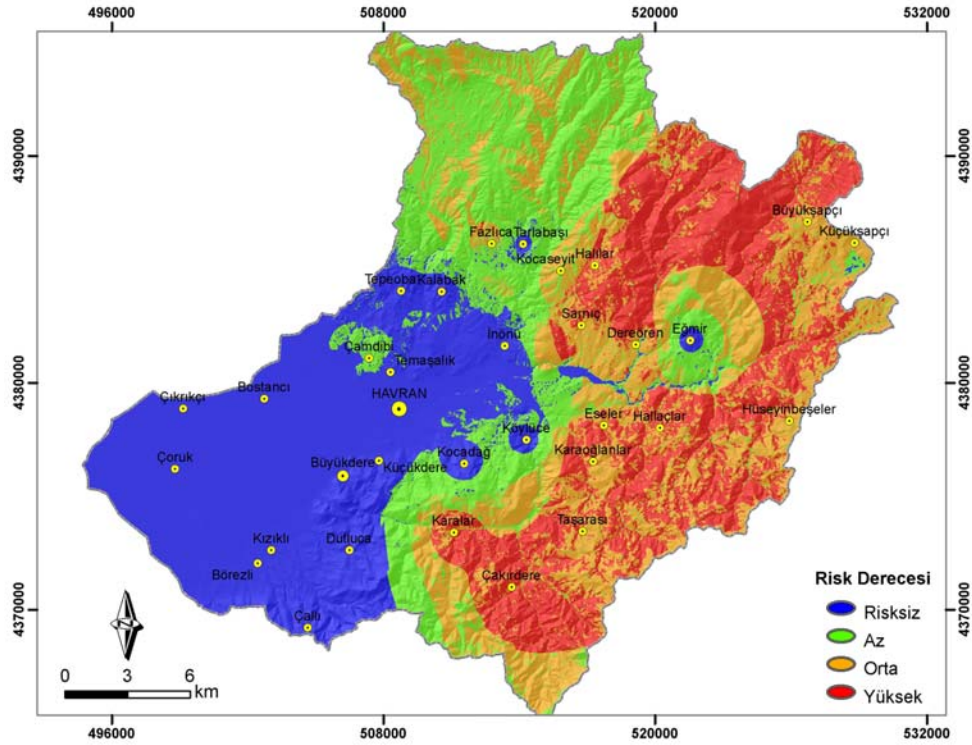
Şekil 116: Heyelan riski altında kalan enerji hatları.



Şekil 117: Heyelan riski altında kalan telefon hattı ve eğitim-sağlık binaları.



Şekil 118: Heyelan riski altında kalan tarım alanları.



Şekil 119: Heyelan riski ve köylere ait nüfusun zarar görbilirlik haritası.

Tablo 60: Heyelan riski altında kalan beşeri unsurlar.

Beşeri Unsurlar	Alt Türler	Yüksek	Orta	Az	Toplam
Yollar (m)	Devlet Yolu	3125	6780	9825	19730
	Sert Yüzeyle Şose	10631	55661	29891	96183
	Gevşek Yüzeyle Şose	11413	17950	9269	38632
	Tali Yol	354513	487519	179471	1021503
	Toplam	379682	567910	228456	1176048
Enerji Hattı (m)	34.5 kv	23443	47987	5316	76746
	154 kv	8908	8647	31443	48998
	Toplam	32351	56634	36759	125744
	Transformatör Sayısı	3	14	10	27
Telefon Hattı (m)	Telefon Hattı	18717	45552	27551	91820
Eğitim	Bina Sayısı	-	4	4	8
Sağlık	Bina Sayısı	-	-	1	1
Tarım (m ²)	Kuru Tarım- Ot Form.	11109536	79401176	26622327	117133039
	Zeytin Tarımı	2907197	20173497	21932459	45013153
	Toplam	14016733	99574673	48554786	162146192

3.3. Havran Çayı Havzasının Taşkın ve Heyelan Risk (MultiRisk) Haritası

Havzada meydana gelme ihtimali olan afetlerin birlikte değerlendirilmesi, havza genelinde yapılacak planlamaların daha gerçekçi ve kullanılabilir olması bakımından önemi büyüktür. Bu çalışmada değerlendirilen taşkın ve heyelanların risk analizi ayrı ayrı ele alındıktan sonra ikisinin birlikte değerlendirildiği risk haritası oluşturulmuştur. MultiRisk olarak adlandırılan birden fazla riskin ele alındığı bu yaklaşım, sadece bir saha için genel olarak toplamdaki risklerin gözden geçirilmesi olmayıp, riskler karşısında etkin bir tedbir alınması bakımından planlama için ayrı bir öneme sahiptir (Crozier ve Glade, 2005). Bazen sahadaki bir riskin azaltılmasına karşı yapılan tedbirler diğer bir riskin artmasına neden olabilmektedir. Bundan dolayı sahada havzanın yönetimi açısından havzadaki risklerin birlikte ele alınmasında fayda bulunmaktadır.

Çalışma alanına bu açıdan bakıldığında, risk açısından değerlendirilen taşkın ve heyelanların oluşmasında birçok etken varken, iki tehlikenin meydana gelmesi

bakımından ortak özellik olan etkin ve sağnak yağışların olması, iki afet türünün de birlikte incelenmesinde önemli bir nedendir. Tektonizmanın yanında yağışların da heyelanların oluşmasında etken olduğunu birçok araştırmacı değişik bölgelerde yaptıkları çalışmalarla ispatlamıştır (Fukuoka, 1980; Crozier, 1986; Gostelow, 1991; Corominas, 2001; Iverson, 2000; Zezere, 2000; Zezere ve Rodrigues, 2002). Daha öncede belirtildiği gibi bu çalışmada heyelan oluşum zamanlarıyla ilgili veri mevcut olmadığından iklimle ilişkilendirilmesi yapılamamıştır. Fakat sahadaki arazi çalışmaları sırasında eski heyelanların dışında meydana gelmiş küçük çaplı yeni heyelanların oluşmasında insan etkisi yanında yağışın da büyük rolü olduğu gözlemlenmiştir.

Sahada taşkın risk analizi çalışması, İnboğazı mevkiinden Havran yerleşmesi dışına kadarki yaklaşık 9 km lik alanda yapılabilmektedir. Bu çalışmanın Edremit Körfezi'ne kadarki alanda gerçekleşmesi durumunda, ovadaki nüfus ve arazi kullanım özelliklerinden dolayı taşkınların ortaya çıkartacağı zararların heyelanlara göre daha fazla olacağı aşikardır. Heyelanlar ise, köy yerleşmelerinin havzanın iç kısımlarında çok fazla yayılış göstermemesi, daha çok ova tabanına yakın kesimlerde yoğunlaşması, çoğunlukla heyelana duyarlı olan alanların dışında kalmalarına neden olmuştur. Bütün bu nedenlerden dolayı heyelanlara ait riskin taşkınlardan sonra ikinci derecede olduğunu söylemek mümkündür.

Çalışma alanı için oluşturulan Taşkın ve Heyelan Risk (MultiRisk) haritasında taşkınlar için barajın dikkate alındığı senaryodaki taşkın tekrarlama sıklıklarının en sonuncusu olan 1000 yıllık tekrarlama sıklığının sınır özelliği, en yüksek riskin maksimum seviyesi olarak gösterilmiştir (Harita 1). Meydana gelme olasılığı bakımından, dolu savak taşkın sınırı orta seviyedeki risk sınırı ve son olarak da baraj yıkılmasıyla meydana gelecek taşkın sınır özelliği az riskli bölgenin sınırı olarak belirlenmiştir. Burada taşkın havza genelindeki değerlendirilmesi, her bir taşkın senaryosunun tek başına ele alındığı şekilde değil, daha çok her bir senaryonun meydana gelme olasılıklarına bağlı olarak sınır özellikleri kullanılmıştır. Her bir senaryoya ait taşkın sınır özellikleri yeterli verinin olmamasından dolayı devamı oluşturulamamış ve eşyüksele eğrilerine bağlı olarak muhtemel sınır özellikleri olarak gösterilmiştir (Harita 1).

Yaklaşık 400 km² lik bir alandan toplanan suların ova tabanına ulaşmasından sonra ana akarsu olan Havran Çayı'nın akış rotası üzerinde bulunan yerleşme ve diğer arazi kullanım türlerinin, yağışların ekstrem değerler gösterdiği dönemlerde her

zaman risk altında olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca barajda meydana gelebilecek herhangi bir problem sonucunda, baraj gölüne ait suların boşalacağı alanın da yine aynı olması, ova tabanı ve çevresi için riskin büyük olduğu sonucunu ortaya çıkarır.

Oluşturulan bu senaryolara bağlı olarak sahadaki olası taşkınlar neticesinde ortaya çıkan maddi hasarı tahmin etmek için, her bir senaryonun toplamdaki kayıplarının fiyatlandırması yapılmıştır. Fakat bu fiyatlandırma, alanda olası senaryolar meydana geldiği takdirde oluşacak olan gerçek ekonomik kayıpları tam yansıtmasa da, senaryoların sonuçlarının ekonomik olarak karşılaştırılmasında bir fikir vermesi açısından önemlidir. Buradaki fiyatlandırma, bütün arazi kullanım türleri için yapılmayıp, sadece benzin istasyonu, park, sanayi alanı, tarımsal ürünler, yerleşmeler ve zeytin tarımına ait fiyatlandırmalar yapılabilmektedir. Bunun haricindeki diğer arazi kullanım türlerine ait fiyatlandırmanın örneğin; yollar, köprüler, elektrik hatları, telefon hatları gibi biraz daha karmaşık olması, etkilenme derecelerinin lokasyondan lokasyona farklılık göstermesi ve etkilenmenin decesine ait tahminin zor olmasından dolayı fiyatlandırmaları yapılmamıştır.

Fiyatlandırması yapılan arazi kullanım türlerinden benzin istasyonu, park, sanayi alanı ve yerleşmelere ait birim fiyatlar, Bayındırlık İskan Bakanlığının belirlediği yapı yaklaşık birim fiyatlarından temin edilmiştir (Bayındırlık İskan Bakanlığı, 2006). Zeytin ve diğer tarım ürünlerinin birim fiyatlandırması ise TÜİK ten temin edilen Balıkesir iline ait en son tarım ürünlerinin birim fiyatlarından alınmıştır (TÜİK, 2007a). Fakat tarım ürünlerine ait fiyatlandırma kilogram başına olmasından dolayı, Havran ilçesinde üretilen tarım ürünlerinin ve zeytinin üretim alanları ve üretilen miktara ait oranlaması, taşkın senaryolarında etkilenen alan ve tahmini ürün üzerinden yapılmıştır.

Tablo 61'de, taşkın açısından yüksek risk olarak kabul edilen, baraj dikkate alınarak oluşturulmuş taşkın tekrarlama sıklıklarına ait etkilerin fiyatlandırması verilmiştir. 30 milyon YTL olan toplamdaki hasar senaryolar içinde en az değerdir. Bunu orta derecede risk taşıyan dolu savak taşkının sonuçlarına ait kayıplar takip eder. Belirlenen türler üzerindeki toplam değeri 58 milyon YTL'nin üzerinde çıkmıştır. Meydana gelme olasılığı az olan dolayısıyla risk derecesinin de az riskli olarak belirlendiği baraj yıkılmasına ait senaryodaki toplam kayıp ise 420 milyon YTL'nin üzerindedir. Bu değer, diğerlerinin sırasıyla 14 ve 7 katıdır.

Tablo 61: Taşkın risk senaryolarına göre oluşacak ekonomik kayıplar.

Arazi Kullanımı	Yüksek	Orta	Az
Benzin İstasyonu	-	-	1.802.321
Park	-	3.580.899	12.250.991
Sanayi	3.885.704	17.955.067	52.539.541
Tarım (Diğer)	4.068.077	4.797.550	7.013.098
Yerleşme	22.196.561	32.089.565	346.014.984
Zeytin Tarımı	36,977	231,082	1.098.275
Toplam (YTL)	30.187.319	58.654.163	420.719.209

Ayrıca daha öncede belirtildiği gibi bu değerler yalnızca belirli arazi kullanım türlerinin minimum değerleridir. Bütün kayıplar değerlendirildiğinde sonuçlar daha da yüksek çıkacaktır.

Heyelanlar, heyelana duyarlı olan alanların etkisi altındaki beşeri faktörlerin birlikte değerlendirilmesiyle bu kısma dahil edilmiştir. Bunun için daha önce heyelana duyarlı alanlardan çıkartılan yollar, enerji ve telefon hatları, transformatörler, tarım alanları, eğitim ve sağlık binaları ile yerleşmeler birlikte değerlendirilmiştir. Herbir risk derecesi çakıştırılmak suretiyle riskin yoğun olduğu alanlar belirlenmiştir. Bunun sonucunda sahada az ve orta riskli alanların yoğunluk kazandığı ortaya çıkmıştır (Harita 1). Daha öncede belirtildiği gibi tez sahasındaki heyelanlar ikinci derecede önemlidir. Bunda köy yerleşmelerinin havzanın iç kısımlarında yoğunlaşmaması etken olduğu gibi belirlenen heyelana yüksek duyarlı bölgelerde beşeri unsurlar bakımından yoğun arazi kullanımlarının olmamasının da önemi büyüktür (Harita 1). Ayrıca heyelan duyarlılığı yüksek olan alanlarda, eşzamanlı ve kütleli olarak heyelanların meydana gelmesi söz konusu değildir. Heyelanlar, şartların uygun olduğu yerlerde lokal olarak meydana geldiklerinden, riskli olarak belirlenmiş alanların tamamı birden heyelana uğrayamaz. Bu açıdan bakıldığında havzada heyelanların etkilerinin daha az derece olduğunu söylemek mümkündür. Fakat şunu da belirtmek gerekir ki, sahadaki arazi çalışmaları neticesinde belirlenen heyelanların bir çoğu, beşeri faaliyetler neticesinden yamaç dengesinin bozulmasıyla meydana geldiği aşikardır. Bundan dolayı, beşeri faaliyetin yapılacağı alanın heyelan için riskli olup olmadığının anlaşılması bakımından yapılan çalışmanın önemi büyüktür.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Balıkesir ili sınırları içinde yer alan Havran Çayı havzasındaki ova tabanı için taşkınlar ve havza iç kısımları için heyelanların risk analizi çalışmaları, CBS ve UA yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, öncelikle havzanın genel fiziki özellikleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra, saha için riski oluşturan faktörler olan beşeri ve doğal faktörler detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Son olarak da sahanın taşkın ve heyelan risk analizi tamamlanmıştır. Araştırmanın başlangıcından bitimine kadarki yapılan çalışma ve analizlerin sonuç ve değerlendirmeleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Havran Çayı havzası, taşkın ve heyelan afetlerinin meydana gelebileceği bir potansiyele sahiptir. Fakat risk açısından değerlendirildiğinde, taşkınların etkinliği ve ortaya çıkaracağı zararlar, heyelanlara göre daha fazladır.
- Sahada, geçmiş dönemlerde taşkınlar sıklıkla meydana gelirken günümüz ve günümüze yakın dönemlerde taşkınlar görülmemektedir. Bunun temel nedeni, son 30 yıllık verilere bağlı olarak, büyük taşkınların meydana geldiği 1981 yılının Aralık ayında düşen yağışların bir daha yaşanmamasıdır.
- Gerek havzanın morfometrik özelliklerine, gerekse yağış-akış ilişkisiyle ortaya konmuş maksimum akım değerlerinden elde edilen 5, 10, 25, 50, 100, 200, 1000 yıllık taşkın tekrarlama sıklıklarına göre, Havran Barajı, Havran Çayı üzerinde meydana gelecek taşkınların etkisini azaltsa da tamamen önleyememektedir.
- Havran yerleşmesi, ova tabanındaki diğer yerleşmeler ve tarım alanları için taşkın riski, sürdürülebilir kullanımlar ve risk yönetimi için önemlidir. Bundan dolayı sahadaki planlamalar açısından meydana gelebilecek farklı taşkın senaryoları oluşturulmuştur. Maksimum risk açısından değerlendirilen bu senaryolara ait modellemeler, barajın dikkate alınmadığı, barajın dikkate alındığı, dolu savak taşkını ve baraj yıkılmasıyla oluşacak taşkın modelleridir. Risk analizi açısından barajın dikkate alınmadığı model değerlendirilmemiştir. Bunun nedeni, baraj yapımının tamamlanma aşamasına gelmesidir. Fakat, barajın sahadaki taşkınlarla etkisinin anlaşılması açısından, bu model önemlidir. Buna göre, baraj, Havran yerleşmesinin olduğu alanda suyun kanal dışına taşmasını engellemektedir. Diğer senaryolarda ise risk açısından en

fazla etkiye sahip olan senaryo, baraj yıkılmasıyla ortaya çıkan taşkın modelidir. Meydana gelme olasılığı çok az olduğundan risk derecesi az olarak nitelendirilen bu modelde, sonuçlar saha için katastrofik bir boyut kazanmaktadır. Dolu savak taşkını ise, baraj gölündeki maksimum su seviyesinin aşılması durumunda, savaklardan suların boşaltılmasıyla ortaya çıkacak taşkın modelidir. Bu modelde ortaya çıkan sonuç, baraj dikkate alınmadan oluşturulan 1000 yıllık taşkın tekrarlama sıklığından da fazladır.

- Havran Çayı taşkın sıklık analizleri ve bunlara ait modellemeler sonucunda, Havran Çayı yatağı üzerinde taşkınları önlemek için yapılan çalışmaların, Havran yerleşmesini taşkınlardan koruduğu anlaşılmıştır. Fakat, gerek Bent, Kışla ve Gelin Derelerinin birleştiği alanda, gerek Küçükçay Deresinin kanal içine alındığı kısmın gerisinde ve gerekse Havran Çayı'nın Çevreyolu köprüsünden sonraki yapay kanalın sonlandığı alandan itibaren, taşkın sularının çevreye yayılması, beraberinde bir takım problemleri getirecektir. Dolayısıyla bu alanlar ve çevreleri risk altındadırlar. Ayrıca, çalışmada modellemelerde temel altlık olarak kullanılan TIN modelinde, yatak içindeki gerek doğal gerekse yapay olarak bulunan malzeme birikimleri, adacıklar, bitki örtüsü ve suyun akışını engelleyici diğer unsurlar gösterilememiştir. Çalışmada daha detay TIN modelinin kullanılması durumunda sonuçların daha olumsuz çıkması muhtemeldir.
- Havran Çayı'nın barajdan sonraki yatak morfometrik özelliklerine bağlı olarak, geniş ve doğal bir yataktan dar ve yapay kanal özelliğine geçiş gösteren bir şekil ortaya çıkmaktadır. Taşkın esnasında suların, yataktaki bu değişime bağlı olarak zemin ve yamaçlarla sürtünmesinin azalması, yatağın kanalla sınırlandırılması gibi nedenlerden dolayı hızını arttıracaktır. Bu da yapay kanalın bitiminde, enerjisi yüksek suların sınırlandırmadan kurtularak, yüksekliği daha az olan doğal kanal üzerinden çevreye yayılmayasına neden olacaktır. Böylece ova tabanındaki diğer yerleşmeler ve tarım alanları için büyük risk ortaya çıkmaktadır.
- Havran Çayı'nın örgülü mecrası özelliği gösterdiği yatak içerisinde sanayi, çöp döküm sahası gibi arazi kullanım türlerinin olması, meydana gelebilecek taşkınlara ait riskleri arttırmaktadır. Özellikle Havran ilçesine ait çöp dökümü sahasının bu alanda olması taşkın sularıyla bu atıkların direkt yerleşmeler

üzerine taşınmasına neden olacaktır. Bu da beraberinde sağlık problemlerini ortaya çıkartacaktır. Ayrıca yine sahanın önemli geçim kaynağı olan zeytinin fabrikalarda işlenmesinden sonra ortaya çıkan atık sularının Havran Çayı'na deşarjı, olası taşkın anında insan sağlığı ve tarım ürünlerini etkilemesi bakımından zararın boyutunu arttırıcı bir etki yapacaktır.

- Sahada risk açısından heyelanlar ikinci sırayı alır. Bunun nedeni, heyelanların meydana geldiği ve heyelana duyarlı olan alanlarla havzadaki yerleşmelerin yayıldığı alanların fazla çakışmamasındadır. Havzadaki köy yerleşmeleri daha çok ova tabanı çevresindeki yükseltilerde yayılış göstermektedir.
- Havza içinde, dönel kayma, kaya düşmesi, yamaç döküntüsü, yüzeysel akma, blok devrilmesi şeklinde heyelan türleri mevcuttur. Heyelanların birçoğu eski heyelanlar olup, bu heyelanların oluşum nedeni daha çok sahadaki tektonik hareketliliktedir. Sahadaki güncel heyelanların meydana gelme nedenleri, beşeri faaliyetlere bağlı olarak yamaç dengelerindeki bozulmalar, günlenme ve yağış özellikleridir.
- 11 parametreye bağlı olarak oluşturulmuş heyelan duyarlılık analizinde İndeks metodu, Heyelan duyarlılık metoduna göre daha doğru sonuçlar vermiştir. İndeks metoduna göre, sahadaki heyelanların oluşmasında etkili olan faktörlerden ilk üçü litoloji, eğim ve bakıdır. Buna göre, havzanın güney, güneydoğu, doğu ve kuzeydoğu kesimleri heyelan duyarlılığının artış gösterdiği alanlardır.
- Havza içinde heyelanlardan etkilenebilecek beşeri unsurlar, elektrik hatları, telefon hatları, yollar ve kısmen de tarım alanlarıdır. Fakat, heyelandaki etkinliğin lokal olması, taşkınlar gibi eş zamanlı ve geniş alanları etkilememesinden dolayı risk altındaki beşeri unsurların etkilenme düzeyleri de çok az olacaktır. Bu da heyelanın saha için risk derecesini azaltmaktadır.
- Havza genelinde taşkın ve heyelanların birlikte ele alınması, havzalara ait risk yönetimi açısından önemlidir. Birden fazla riskin (MultiRisk) birlikte gösterildiği haritaların hazırlanması, yönetim ve planlamada büyük önem taşımaktadır.
- Risk analizi çalışmalarında önemli bir faktör olan beşeri unsurlara ait zarar görülebilirlikler tam olarak çalışmada yansıtılmamıştır. Bunun nedeni veri eksikliğidir. Fakat Havran ilçe merkezi için nüfus ve binalara ait mahalle

bazında zarar görebilirlikler çıkartılmıştır. Nüfus özellikleri olarak Ebubekir Mahallesi, zarar görebilirliğin en fazla olduğu mahalle olurken bunu sırasıyla, Yeni Mahalle, Camiikebir, Hamambaşı, Tekke, Çiğitzade ve Mescit Mahalleleri takip eder. Bina ve konut sayısına göre, Ebubekir Mahallesi zarar görebilirliğin en fazla olduğu mahalle iken bunu, Hamambaşı, Camiikebir, Yeni Mahalle, Tekke, Çiğitzade ve Mescit Mahalleleri takip eder. Havza genelinde nüfus özellikleri olarak zarar görebilirliğin artış gösterdiği yerleşmeler ise Çamdibi, Fazlıca, Halılar, Kocaseyit, Sarnıç, Dereören, Büyükşapçı, Küçükşapçı, Hüseyinbeşeler, Hallaçlar, Eseler, Karaoğlanlar, Taşarası, Çakırdere ve Karalar Köyleridir.

- CBS yazılımı içindeki Hec-GeoRAS ve HEC-RAS hidrolik yazılımları, taşkınların anlaşılması ve farklı senaryoların değerlendirilmesi açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Fakat ilgili yazılımlarda, modellemelerin daha gerçekçi yapılabilmesi için yoğun ve çok fazla veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışılan bölgede veri eksikliği yaşanmış olup, bunun modele etkisi minimum düzeyde tutulmaya çalışılmıştır. Ayrıca taşkınlara ait risklerin belirlenmesinde derinlik, su hacmi, alansal yayılım yanında önemli bir yere sahip olan su hızı ve sediment miktarı gibi özellikler çalışmada gerçekleştirilememiştir. Bunun nedeni kullanılan programlarda bu özelliklerin mekansal dağılımını gösterir özelliklerinin olmamasıdır.
- Heyelanlar için kullanılan 11 parametrenin artırılması veya parametrelerin alt sınıflarına ait tanımlamaların değiştirilmesiyle, heyelan duyarlılık alanları farklı olacaktır. Fakat, İndeks metodunda gösterilen heyelana duyarlı alanların doğruluğu %80'ni aşması, mevcut heyelanlar bazında belirlenen duyarlılığın tutarlılığını ispatlamıştır.
- Çalışmada uzaktan algılama verileri; arazi kullanımı/örtüsünün belirlenmesi ve değişiminin ortaya konması, sahanın çizgisellik özelliklerinin belirlenmesi, Havran Çayı yatak özelliklerinin ortaya konması ve taşkınlar için geometrik verilerin oluşturulması gibi konularda kullanılmıştır. Bu alanlarda verilerin işlenmesinde büyük kolaylıklar sağlayan uzaktan algılama verileri, sahadaki taşkınların çok eski olmasından dolayı, uydu görüntüsünden taşkın alanı çıkartımı gibi çalışmalar yapılamamıştır. Ayrıca yeterli maddi destek sağlanamadığı için yüksek çözünürlüklü stereo uydu görüntüsünden DEM

üretimi çalışması da gerçekleştirilememiştir. Havzadaki aktif heyelanların çok küçük olması, mevcut uydu görüntülerinin çözünürlüğünden dolayı kullanımını sınırlandırmıştır. Dolayısıyla, çalışmada uzaktan algılama; yöntem olarak taşkın ve heyelanlara aktif bir şekilde uygulanmamış olup, CBS'ye veri sağlayan araç olarak kullanılmıştır. Analiz ve modellemeler, CBS tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

- Saha için yapılmış analizler kullanılarak, yüksek çözünürlüklü arazi modeli üzerinde İnboğazı mevkiinden, Edremit Körfezi'ne kadarki 22 km'lik alanda taşkın modellemelerinin detaylı olarak yapılmasına ihtiyaç vardır. Ayrıca sosyo-ekonomik özelliklerin mahalle bazında değil de bina bazında detaylandırılması ve buna göre risk analizlerinin yapılması, ovada yaşayan ve gelirini buradan kazanan insanlar için son derece önemlidir.
- Risk analizi çalışmaları, üzerinde çalışılan alandaki farklı ve detay bilgilerin derlenmesi, işlenmesi ve değerlendirilmesini gerektirdiği için, bu tür çalışmaların disiplinler arası ortak çalışmalarla yapılması daha başarılı sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- ABOLMASOV, B., OBRADOVIC, I., 1997, "Evaluation of Geological Parameters for Landslide Hazard Mapping by Fuzzy Logic", In: Marinos, P.G., Koukis, G.C., Tsiambaos, G.C., Stourna, G.C. (Eds.), **Engineering Geology and the Environment**, Balkema, Rotterdam, pp. 471–476.
- AİGM, 1984, **Büyükdere Köyünde Meydana Gelen Afetle İlişkili Rapor**, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- AİGM, 2005, **Balıkesir İlinde Meydana Gelmiş Afet Türleri Envanteri**, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Ankara.
- AKDAĞ, M., 1975, **Türk Halkının Dirlik ve Düzenlik Kavgası (Celali İsyancıları)**, Ankara.
- AKHIR, J.M., ABDULLAH, I., 1997, "Geological Application of Landsat TM Imagery: Mapping and Analysis of Lineament in NW Peninsula Malaysia", **www.gisdevelopment.net**.
- AKYÜREK, B., ve SOYSAL, Y., 1980, Biga Yarımadası Paftası 1/100000 Ölçekli Jeoloji Haritası, **Rapor No: 652**. MTA, Ankara.
- AMBRASEYS, N.N., 1970, "Some Characteristic Features of North Anatolian Fault Zone", **Tectonophysics**, **9**, 143-165.
- AMBRASEYS, N.N., 1988, "Engineering Seismology", **Earthq. Engineer. Struct. Dynam.**, **17**, 1–105.
- AMBRASEYS, N.N., Jackson J.A., 1998, "Faulting Associated with Historical and Recent Earthquakes in the Eastern Mediterranean Region", **Geophys. J. Inter.**, **133**, 390–406.
- ANGELIER, J., CHEN, R.F., 2002, "Soulevé et Plissement Tectoniques Révélés par Analyse Mathématique Empirique de Profils Longitudinaux de Rivières: Un cas à Taiwan", **Geoscience**, **334**, 1103-1111.
- ARDOS, M., 1979, **Türkiye Jeomorfolojisinde Neotektonik**, İ.Ü. Yay. No: 2621, İstanbul.
- ARSLANOĞLU, M., ÖZÇELİK, M., 2005, "Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi", **TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası** **10**.

Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

ATALAY, İ., 1986, **Uygulamalı Hidrografiya**, Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Yayınları, No:38, İzmir.

ATKINSON, P.M., JISKOOT, H., MASSARI, R., MURRAY, T., 1998, "Generalized Linear Modeling in Geomorphology", **Earth Surface Processes and Landforms**, **23**, 1185– 1195.

AUSTRALIAN/NEW ZEALAND STANDART, 1999, **Risk Management Standart**, AS/NZS 4360:1999.

AYALEW, L., YAMAGISHI, H., UGAWA, N., 2004, "Landslide Susceptibility Mapping Using GIS-based Weighted Linear Combination, The Case in Tsugawa Area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan", **Landslides** **1**, 73-81.

AYAN, M., 1979, "Geochronological and Petrological Studies Of The Eybek Grandiorite Pluton (Edremit)", **De La Faculte Des Sciences De L'Univesite D'Ankara, Serie C**, **22**, 19-31.

AZAZ, D., 1998, **Edremit Kuzeyi (Balıkesir) Eybek Granitoidi'nin Mineralojisi ve Petrolojisi**, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

BALIKESİR İL NÜFUS MÜDÜRLÜĞÜ, 2006, **Havran İlçesi 2000 Nüfus Sayımı Sonuçları**, Balıkesir.

BALIKESİR İL TARIM MÜDÜRLÜĞÜ, 2006, **Balıkesir Tarım Master Planı**, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara.

BAKER, V.R., KOCHER, R.C., PATON, P.C., 1988, **Flood Geomorphology**, John Wiley & Sons, USA.

BAYINDIRLIK ve İSKAN BAKANLIĞI, 2006, **2006 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri**, 12.03.2006 tarih, 26106 sayılı Resmi Gazete.

BEYHAN, G., 1999, **Sismik Yansıma Verilerinin Yorumu ile Saroz, Edremit ve Gökova Körfezlerinin Tektonik Özelliklerinin İncelenmesi**, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.

BEVEN, K.J., 2001, **Rainfall-Runoff Modelling**, John Wiley & Sons, LTD, England.

- BİLGİN, T., 1969, **Biga Yarımadası Güneybatı Kesiminin Jeomorfolojisi**, İ.Ü. Yay. No. 1433, Coğrafya Ensti. Yayın No: 55, İstanbul.
- BİNGÖL, E., DELALOYE, M., ve ATAMAN, G., 1982, "Granitic Intrusions in Western Anatolia: A Contribution to The Geodynamics Study of This Area", **Eclogae Geol. Helv.**, **Vol.75/2**, p. 437-446.
- BISWAS, S., SUDHAKAR, S., DESAI, V.R., 1999, "Prioritisation of Subwatersheds Based on Morphometric Analysis of Drainage Basin: A Remote Sensing and GIS Approach", **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, **Vol. 27**, No.3, p. 155-166.
- BOGOLOMOV, L.A., 1963, "Topographical Interpretation of Aerial Photographs of Natural Landscape", Moscow, **Gosgeoltekhizdat, JPRS**, 17-771.
- BOLLIN, C., CARDENAS, H., HAHN, H., VATSA, K.S., 2003, **Natural Disaster Network; Disaster Risk Management by Communities and Local Governments**, Washington DC.
- BOZKUŞ, Z., 2004, "Afet Yönetimi İçin Baraj Yıkılma Analizleri", **İMO Teknik Dergisi**, Yazı 224,333-3350.
- BRABB, E.E., 1984, "Innovative Approches to Landslide Hazard and Risk Mapping", **In Proc., Fourth International Symposium on Landslides**, Canadian Geotechnical Society, Toronto, Canada, vol: 1, pp. 307-324.
- BROWN, P.D., COMRIE, A.C., 2002, "Spatial Modeling of Winter Temperature and Precipitation in Arizona and New Mexico", USA, **Climate Research**, **Vol:22**,115-128.
- BULDAN, İ., 2002, "Edremit Havzasında Rüzgarın Zeytin Üretimi Üzerine Etkileri", **Klimatoloji Çalıştay 2002, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 21**, İzmir.
- BY, R.A, 2004, **Principles of GIS**, ITC Educational Textbook Series, Netherlands.
- CARRARA, A., CARDINALI, M., DETTI, R., GUZZETTI, F., PASQUI, V., REICHENBACH, P., 1991, "GIS Techniques and Statistical Models in Evaluating Landslide Hazard", **Earth Surface Processes and Landforms**, **16**, 427-445.

- CARRARA, A., and GUZZETTI, F., 1995, **Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht The Netherland, 353 pp.
- CARRARA, A., CARDINALI, M., GUZZETTI, F., and REICHENBACH, P., 1995, **GIS Technology in Mapping Landslide Hazard**, edited by Carrara, A. and Guzzetti, F., Geograph. Inf. Syst. in Assess. Nat. Hazards, Kluwer Academic Publishers, 135–175.
- CHOW, V. T., 1959, **Open-Channel Hydraulics**, McGraw-Hill, Inc. New York, NY.
- CHOW, V.T., MAIDMENT, D.R., MAYS, L.R., 1988, **Applied Hydrology**, McGraw-Hill Inc., New York
- CHUNG, C.F., and FABRI, A., 2005, “Systematic Procedures of Landslide Hazard Mapping for Risk Assessment Using Spatial Prediction Models”, edited by Glade, T., Anderson, M. G., and Crozier, M. J., **Landslide Hazard and Risk**, JohnWiley & Sons Ltd., London.
- COLLINS, F.C., and BOLSTAD, P.V., 2006, A Comparison of Spatial Interpolation Techniques in Temperature Estimation, www.ncgia.ucsb.edu, Erişim, 11.04.2006.
- COROMINAS, J., 2001, “Landslides and Climate”, **Keynote Lectures from the 8th International Symposium on Landslides 4**, 1–33.
- COSTA, J.E., 1985, **Floods from Dam Failures**, US Geological Survey, Open-File Report 85–560, Denver, Colorado, 54.
- CROZIER, M., 1986, **Landslides Causes, Consequences and Environment**, Croom Helm, London, 252.
- CROZIER, M.J. and GLADE, T., 2005, “Landslide Hazard and Risk: Issues, Concept and Approach”, in **Landslide Hazard and Risk**, Edited by: Glade T., Anderson, M.G., and Crozier, M.J., Wiley, Chichester, 1-40.
- CRUDEN, D.M., 1991, “A Simple Definition of A Landslide”, **Bulletin International Association for Engineering Geology**, **43**, 27-29.
- CUTTER, S.L., 1996a, “Vulnerability to Environmental Hazards”, **Progress in Human Geography**, **20**, 4, 529–539.

- CUTTER, S.L., 1996b, **Societal Response to Environmental Hazards**, Blackwell Publishers, Oxford UK, Cambridge USA, 525-536.
- CUTTER, S.L., MITCHELL, J.T., and SCOTT, M.S., 1997, **Handbook For Conducting A GIS-Based Hazards Assessment At The County Level**, Hazard Research Lab, Department of Geography, University of South Carolina, USA.
- DALY, C., HELMER, E.H., and QUINONES, M., 2003, "Mapping the Climate of Puerto Rico", **Viegues and Culebra, International Journal of Climatology**, **23**, 1359-1381.
- DARKOT, B., ve TUNCEL, M., 1995, **Ege Bölgesi Coğrafyası**, İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 99, İstanbul.
- DAS, S., and PAUL, P.K., 2006, "Selection of Site for Small Hydel Using GIS in the Himalayan Region of India", **Journal of Spatial Hydrology**, **Vol. 6**, No.1.
- DAVIDSON, R., 1997, **An Urban Earthquake Disaster Index**, The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Department of Civil Engineering, Report No. 121, Stanford University.
- DELALOYE, M., BİNGÖL, E., 2000, "Granitoids From Western and Northwestern Anatolia: Geochemistry and Modelling of Geodynamic Evolution", **International Geology Review**, **Vol. 42**, p. 241-268.
- DEMOULIN, A., 1998, "Testing the Tectonic Significance of Some Parameters of Longitudinal River Profiles: The Case of the Ardenne (Belgium, NW Europe)", **Geomorphology** **24**, 189-208.
- DEVLET HAVA MEYDANLARI İŞLETMESİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 2007, Hava Liman ve Meydanları, <http://www.dhmi.gov.tr/>.
- DIKAU, R., BRUNSDEN, D., SCHORTT, L., and IBSEN, M.L., 1996, **Landslide Recognition: Identification, Movement and Causes**, John Wiley & Sons Ltd., England.
- DODSON, R., MARKS, D., 1997, Daily Air Temperature Interpolated at High Spatial Resolution Over a Large Mountainous Region, **Clim. Res.** **8**:1-20.

- DÖNMEZ, Y., 1990, **Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları**, İ.Ü. Edebiyat Fakültesi Yayın.3248, İstanbul.
- DSİ, 1977, **Edremit ve Armutova (Gömeç) Ovaları Hidrojeolojik Etüt Raporu**, T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- DSİ, 1988, **Edremit-Havran Projesi Planlama Raporu, Bayındırlık İskan Bakanlığı**, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XXV. Bölge Müdürlüğü, Balıkesir.
- DSİ, 2005, **2004 yılı Edremit Ovası Yeraltısu Seviyeleri**, Balıkesir DSİ Müdürlüğü, Balıkesir.
- E.İ.E., 2005, **408 Havran Çayı-İnboğazı Akarsu Gözlem İstasnyonu Verileri**, Ankara.
- EPOCH (European Community Programme), 1993, **Temporal Occurrence and Forecasting of Landslide in the European Community**, (Ed.J-C.Flageollet). 3 Volumes, Contract No. 90 0025.
- ERİŞ, E., 1990, **Bergama Uygarlık Tarihi**, İzmir.
- ERİNÇ, S., 2000, **Jeomorfoloji I**, Güncelleştirilmiş 5. Basım, Der Yayınları, İstanbul.
- ERMINI, L., CATANI, F., CASAGLI, N., 2005, "Artificial Neural Networks Applied to Landslide Susceptibility Assessment", **Geomorphology** **66**, p. 327-343.
- EROL, O., 1999, **Genel Klimatoloji**, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- ERSAN, H., ve GÖÇMEN, M., 1966, **Edremit Ovası ve Armutova'nın Yeraltısu Rezerv Raporu**, DSİ, Rapor No: 0402/3 RP. Ankara.
- EVANS, S.G., 1986, "The Maximum Discharge of Outburst Floods Caused by the Breaching of Man-made and Natural Dams", **Canadian Geotechnical Journal**, **23(3)**, 385-387.
- EYİDOĞAN, H., 1987, "Rates of Crustal Deformation in Western Turkey as Deduced From Major Earthquakes", **Tectonophysics**, **148**, 83-92.
- EYİDOĞAN, H., ve JACKSON, J., 1985, "A Seismological Study of Normal Faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz Earthquakes of 1969-1970 in

Western Turkey: Implications for the Nature and Geometry of Deformation in the Continental Crust”, **Geophys. J.R. Astron. Soc.**, **81**; 569-607.

- FLECKKENSTEIN, J., 1998, **Using GIS to derive Velocity Fields and Travel Times to Route Excess Rainfall in a Small-Scale Watershed**, Univ. of California Davis. URL: <http://scs.ucdavis.edu>.
- FORGY, E., 1965, “Cluster Analysis of Multivariate Data: Efficiency vs. Interpretability of Classifications”, **Biometrics** **21**:768,
- FREAD, D.L., 1991, **The News Dambnk Model: Theoretical Background/User Documentation**, National Weather Services, NOAA, Maryland, USA.
- FROEHLICH, D.C., 1995a, “Embankment Dam Breach Parameters Revisited”, **Proceedings of the 1995 ASCE Conference on Water Resources Engineering**, San Antonio, Texas. August. p. 887-891.
- FROEHLICH, D.C., 1995b, “Peak Outflow from Breached Embankment Dam”, **Journal of Water Resources Planning and Management**, vol. **121**, no. 1, p. 90-97.
- FUKUOKA, M., 1980, “Landslides Associated with Rainfall”, **Geotechnical Engineering**, **11**, 1–29.
- GARDNER, T.W., BACK, W., BULLARAD, T.F., 1987, **Central America and the Caribbean**, In W.L. Graf (ed.), **Geomorphic Systems of North America**, Centennial Special Volume 2, Boulder, CO: Geological Society of America, 343-402.
- GEDİKOĞLU, İ., 2000, **Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri- I. Mekansal Analizler**, Set Ofset, Ankara.
- GLADE, T., 2003, “Vulnerability Assessment in Landslide Risk Analysis”, **Die Erde**, **134**, 2, 123–146.
- GOOVAERTS, P., 1999, “Performance Comparison of Geostatistical Algorithms for Incorporating Elevation into the Mapping of Precipitation”, **Geocomputation’99**, <http://www.geovista.psu.edu>.

- GOSTELOW, P., 1991, **Rainfall and Landslides, in: Prevention and Control of Landslides and Other Mass Movements**, edited by: Almeida-Teixeira, M. et al., CEC, Brussels, 139–161.
- GOUDIE, A.S., 2004a, **Encyclopedia of Geomorphology: Volume 1**, Routledge Taylor & Francis Group, London.
- GOUDIE, A.S., 2004b, **Encyclopedia of Geomorphology: Volume 2**, Routledge Taylor & Francis Group, London.
- GUMBEL, E.J., 1958, **Statistics of Extremes**, Columbia University Press, NewYork.
- 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.
- GÜMÜŞ, A., 1964, **Contribiton a letude Leologique de Secteur Septentrional de Kalabakköy-Eğmirköy**, MTAE Yay. No: 117, Ankara.
- HAAN, C.T., 1977, **Statistical Methods in Hydrology**, Iowa State University Press, Ames.
- HAGEN, V.K., 1982, "Re-evaluation of Design Floods and Dam Safety", **Proceedings of the 14th International Commission on Large Dams Conference**, Rio de Janeiro, Brazil.
- HAVRAN İLÇE MİLLİ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ, 2006, **Havran İlçesinde Yeralan Okullar ve Öğretmen-Öğrenci Sayıları**, Havran.
- HAVRAN KAYMAKAMLIĞI DEVLET HASTANESİ BAŞTABIPLIĞI, 2006, **Personel Bilgi Formu**, Havran.
- HAWKINS, R.H., HJELMFELT, A.T., and ZEVENBERGEN, A.W., 1985, "Runoff Probability, Storm Depth, and Curve Numbers", **J. Irrig. Drain. Eng. ASCE** **111(4)**, 330–339.
- HJELMFELT, A.T., 1982, "Closure to Empirical Investigation of the Curve Number Technique", **J. Hydraul. Div. ASCE** **108(4)**, 614–616.

- HOCAOĞLU, Ş., 1991, **Edremit Ovası ve Çevresinin Jeomorfolojik ve Uygulamalı Jeomorfolojik Etüdü**, İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- HOLBEN, B.N., and FRASER, R.S., 1984, "Red and Near Infrared Response to Off Nadir Viewing", **International Journal of Remote Sensing**, **5**, 145-160.
- HORTON, R.E., 1945, "Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology", **Bull. Geol. Soc. Amer.**, **56**: 275-370.
- HOŞGÖREN, M.Y., 2001, **Hidrografiya'nın Ana Çizgileri 1: Yeraltı Suları-Kaynaklar-Akarsular**, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- HUFSCHEMIDT, G., CROZIER, M., and GLADE, T., 2005, "Evolution of Natural Risk: Research Framework and Perspective", **Natural Hazard and Earth System Science**, **5**, 375-387.
- ICOLD, 1973, **Lessons from Dam Incidents**, Abridged Edition, USCOLD, Boston, Massachusetts.
- IIRS (INDIAN INSTITUTE of REMOTE SENSING), 2005, **RS and GIS Applications in Water Resources**, Lectures Notes, Dehradun, India.
- IACWD (INTERAGENCY ADVISORY COMMITTEE on WATER DATA), 1982, **Guidelines for Determining Flood Frequency**, Bulletin#17B of the Hydrology Subcommittee, Office of Water Data Coordination, U.S. Geological Survey, Reston, V.A.
- IRIGARAY, C., CHACON, J., and FERNANDEZ, T., 1996, **Methodology for the Analysis of Landslide Determinant Factors by Means of a GIS: Application to the Colmenar Area (Malaga, Spain)**, edited by Chacón, J., Irigaray, C., and Fernández, T., *Landslides*, Balkema, Rotterdam, 163–172.
- ITC, 2006, **Determination of Peak Runoff**, www.itc.nl/ilwis/applications/application11.asp
- IVERSON, R. M., 2000, "Landslide Triggering by Rain Infiltration", **Water Resources Research**, **36**, 7, 1897–1910.

- JACKSON, J.A., MCKENZIE, D.P., 1988, "Rates of Active Deformation in the Aegean Sea and Surrounding Regions", **Basin Res.**, **1**, 121–128.
- JACKSON, J., and FITCH, T., 1979, "Seismotectonic Implications of Relocated Aftershock Sequences in Iran and Turkey", **Geophys. J.R. Astron. Soc.**, **57**; 209-229.
- JAIN, M.K., MISHRA, S.K., and SINGH, V.P., 2006, "Evaluation of AMC-Dependent SCS-CN-Based Models Using Watershed Characteristics", **Water Resources Management**, **20**, 531-552, Springer.
- JARVIS, C.H., and STUART, N., 2001, "A Comparison Among Strategies for Interpolating Maximum and Minimum Daily Air Temperatures. Part II: The Interaction Between Number of Guiding Variables and Type of Interpolation Method", **Journal of Applied Meteorology**, **40**: 1075-1084.
- JOHNSON, R.R., 1998, "An Investigation of Curve Number Applicability to the Watersheds in Excess of 2500 Hectares (250 km²)", **Jornal of Environmental Hydrology**, Volume 6.
- KELLER, E.A., PINTER, N., 2002, **Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape**, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- KETİN, İ., 1959, **Türkiye'nin Orojenik Gelişmesi**, MTAED, 53, s. 78-86.
- KETİN, İ., 1982, **Genel Jeoloji, Cilt 1**, 2. Baskı, Yerbilimlerine Giriş, İTÜ Kütüphanesi, No: 1096, İstanbul.
- KIRKBY, M.J., ATKINSON, K., and LOCKWOOD, J.G., 1990, **Aspect, Vegetation Cover and Erosion on Semi-arid Hillslope**, in J.B. Thornes (ed.), **Vegetation and Erosion**, 25-39, Chichester: Wiley.
- KIRKPATRICK, G.W., 1977, "Guidelines for Evaluating Spillways Capacity", **Water Power and Dam Construction**, **29(8)**, 29–33.
- KRUSHENSKY, R.D., 1970, **Edremit Doğusu Jeolojisi**, (Yayınlanmamış Rapor). MTA, Ankara.
- KOÇMAN, A., 1989, **Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir Bozdağlar Üzerinde Araştırmalar**, E.Ü. Ed. Fak. Yay. No: 1096, İzmir.

- KOOPMAN, B. N., 1986, "A Comparative Study of Lineament Analysis from Different Remote Sensing Imagery Over Areas in the Benue Valley and Jos Plateau Nigeria", **International Journal of Remote Sensing**, **7**, 1763-1771.
- KÖKTEN, İ.K., 1949, **Yılı Tarih Öncesi Araştırmaları Hakkında Kısa Rapor**, Belleten XIII.
- LARSEN, M.C., PARKS, J.E., 1997, "How Wide is a Road? The Association of Roads and Mass Movements in a Forested Mountain Environment", **Earth Surface Processes and Landforms**, **22**, p 835-848.
- LEE, S., RYU, J.H., MIN, K., WON, J.S., 2003, "Landslide Susceptibility Analysis Using GIS and Artificial Neural Network", **Earth Surface Processes and Landforms**, **28**, 1361– 1376.
- LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W., CHIPMAN, J.W., 2004, **Remote Sensing and Image Interpretation**, John Wiley & Sons.
- LIU, X.L., YUE, Z.Q., THAM, L.G., and LEE, C.F., 2002, "Empirical Assessment of Debris Flow Risk on a Regional Scale in Yunnan Province, Southwestern China, **Environmental Management**, **30**, 2, 249-264.
- MACKA, Z., 2001, "Determination of Texture of Topography from Large Scale Contour Maps", **Geografski vestnik**, **73-2**, p. 53-62.
- MAIDMENT, D.R., 2002, **ArchHydro GIS for Water Resources**, Esri Press, California.
- MARPLE, R.T., ve SCHWEIG, E.S., 1992, "Remote Sensing of Alluvial Terrain in a Humid, Tectonically Active Setting: The New Madrid Seismic Zone", **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, **58**, 209-219.
- MATER, B., 1998, **Toprak Coğrafyası**, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- MAYER, L., 1990, **Introduction to Quantitative Geomorphology: An Exercise Manual**, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- MCDONALD, THOMAS C., and MONOPOLIS, J.L., 1984, "Breaching Characteristics of Dam Failures," **Journal of Hydraulic Engineering**, **Vol. 110**, No. 5, p. 567-586.

- MCKENZIE, D., YILMAZ, Y., 1991, "Deformation and Volcanism in Western Turkey and The Aegean", **Bulletin of The Technical University of İstanbul**, **44**, 345-373.
- MELESSE, A.M., JORDAN, J.M., 2003, "Spatially Distributed Watershed Mapping and Modelling: Thermal Maps and Vegetation Indices to Enhance Land Cover and Surface Microclimate Mapping: Part 1", **Journal of Spatial Hydrology**, **Vol.3**, No.2.
- METHODS, H., 2003, **Floodplain Modeling Using HEC-RAS**, Heasted Methods, Inc. 37 Brookside Rd. USA.
- MORRIS, K., 1991., "Using Knowledge Base Rules to Map the Tree Dimensional Nature of Geological Features", **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, **57**, pp.1209-1216.
- MORRIS, P.H., WILLIAMS, D.J., 1997, "Exponential Longitudinal Profiles of Streams", **Earth Surf. Processes Landforms**, **22 (2)**, 143 – 163.
- MTA, 1989, **1:100000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Ayvalık – G3 Paftası**, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- MUTLUER, M., 1990, **Edremit-Burhaniye Ovası ve Yakın Çevresinin Beşeri ve İktisadi Coğrafyası Üzerine Bir Araştırma**, Ege Üni. Sos. Bilim. Enst. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), İzmir.
- NALBANT, S., HUBERT, A. and KING, G.C.P., 1998, "Stress Coupling Between Earthquakes in Northwest Turkey and The North Aegean Sea", **J. Geophysics Res.**, **103**, 24469-24486.
- OAS, 1990, **Disaster, Planning and Development: Managing Natural Hazards to Reduce Loss. Dept. Of Regional Development and Environment**, Organization of American States. Washington DC, 80 pp.
- OHMORI, H., SHIMAZU, H., 1994, "Distribution of Hazard Types in a Drainage Basin and Its Relation to Geomorphological Setting", **Geomorphology**, **10**, 95 – 106.
- OKAY, A., SIYAKO, M., ve BÜRJAN, K.A., 1990, "Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Tektonik Evrimi", **T.P.J.D. Bülteni**, **C.2/1**, 83-121.

- OKIMURA, T., KAWATANI, T., 1987, **Mapping of the potential surface-failure sites on granite slopes**, In: Gardiner, E. (Ed.), International Geomorphology 1986, Part I. Wiley, Chichester, pp. 121– 138.
- ORBAY, N., DÜZGİT, Z., GÜNDOĞDU, O., HİSARLI, M., ve ÖZÇEP, F., 1993, **Batı Anadolu'nun Paleomagnetizması ve Tektonik Gelişimi**, TÜBİTAK Projesi (YBAG-017).
- ÖNHON, E., ERTAN, İ., GÜLER, S., AĞACIK, G., 1983, **Determination of Groundwater Characteristics and Groundwater Budget in Edremit Plain by Means of Isotopes**, IAEE 2234/RR/RB Final Report, DSİ yayını, 20 s,
- ÖZDEMİR, Z., 1998, **Körfezdeki Zümrüt Havran**, Meltem Ofset, İzmir.
- PERRY, M. ve HOLLIS, D., 2005, "The Generation of Monthly Gridded Datasets for a Range of Climatic Variables Over the UK", **International Journal of Climatology**, **25**: 1041-1054.
- PETEROLLI, N., VIK, J.O., AYSTERUD, A., GAILLARD, J.M., TUCKER, C.J., STENSTEH, N.C., 2006, "Using the Satellite-dreived NDVI to Assess Ecological Responses to Environmental Change", **Trends in Ecology and Evolution**, Inpress, 495.
- PHILIP, G., 1996, "Landsat Thematic Mapper data analysis for Quaternary Tectonics in Parts of Doon Valley, NW Himalaya, India", **International Journal of Remote Sensing**, **17**, 143-153.
- PHILIPPSON, A., 1918, **Kleinasien, Handbuch der Regionalen Geologie**, Heidelberg.
- PIKE, R.J., ve WILSON, S.E., 1971, "Elevation-relief Ratio, Hypsometric Integral and Geomorphic Area-altitude Analysis", **Geological Society of America Bulletin**, **82**; 1079-1083.
- RADOANE, M., RADOANE, N., DUMITRIU, D., 2003, "Geomorphological Evolution of Langitudinal River Profiles in the Carpathians", **Geomorphology**, **50**, 293 – 306.
- RATNAYAKE, U., 2006, **Watershed Characteristics**, <http://www.egr.msu.edu/~northco2/BE481/WshedChar.htm>, erişim tarihi, 02.01.2006,

- RAO, A.R., and HAMED, K.H., 2000, **Flood Frequency Analysis**, CRS Press, USA.
- REDDY, G.P.O., MAJI, A.K., GAJBHIYE, K.S., 2004, "Drainage Morphometry and Its Influence on Landform Characteristics in Basaltic Terrain, Central India – a Remote Sensing and GIS Approach", **International Journal of Applied Observation and Geoinformation**, **6**, p. 1-16.
- REILINGER, R.E., McCLUSKY, S.C., ORAL, M.B., KING, W., TOKSÖZ, M.N., 1997, "Global Positioning, System Measurements of Present-day Crustal Movements in The Arabian–Africa-Eurasia Plate Collision Zone", **J. Geophy. Res.** **102**, 9983–9999.
- RITTER, D.F., KOCHER, R.C., MILLER, J.R., 1995, **In Process Geomorphology**, William C. Brown, Dubuque.
- ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., and DEERING, D.W., 1973, "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS", **Proceedings of the 3rd ERTS Symposium NASA SP-351**, Vol. 1pp, 48-62.
- SCHREIBER, S., 1959, **Edremit Ovası Hakkında Hidrojeolojik Rapor**, DSİ, Rapor No: 0450/1 HJ, Ankara.
- SCHWAB, G.O., FANGMEIER, D.D., ELLIOT, W.J., and FREVERET, R.K., 1993, **Soil and Water Conservation Engineering**, J. Wiley and Sons, NewYork, 507 pp.
- SCHULTZ, G.A. and ENGMAN, E.T., 2000, **Remote Sensing in Hydrology and Water Management**, Springer-Verlag, Berlin.
- SCHUMM, S.A., 1981, **Evolution and Response of the Fluvial System: Sedimentologic Implication**, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Spec. Publ. 31, pp. 19-29.
- SCHUMM, S.A., DUMONT, J.F., HOLBROOK, J.M., 2000, **Active Tectonics and Alluvial Rivers**, Cambridge University Press, U.K.
- SCS, 1956, 1964, 1972, 1985, 1993, **Hydrology – National Engineering Handbook**, Supplement A, Section 4, Chapter 10, Soil Conservation Service, USDA, Washington, D.C.
- SELBY, M. J., 1985, **Earth's Changing Surface**, Chpt. 1.

- SELLERS, P.J., 1985, "Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration", **Int.J..Remote Sensing**, **6**, 1335-1372.
- SHABAN, A., KHAWLIE, M., BOU KHEIR, R., ABDALLAH, C., 2001, "Assessment of Road Instability Along a Typical Mountainous Road Using GIS and Aerial Photos, Lebanon, Eastern Mediterranean", **Bulletin of Engineering Geology and Environment**, **60**, p. 93-101.
- SHERMAN, L.K., 1932, "The Relation of Hydrographs of Runoff to Size and Character of Drainage Basin", **Trans. Am.Geophys. Union**, **13**, 332-339.
- SNEAD, D.B., 2000, **Development and Application of Unsteady Flow Models Using Geographic Information Systems**, Departmental Report, Master of Science in Engineering, The University of Texas at Austin, USA.
- SOBHANI, G., 1975, **A Review of Selected Small Watershed Design Methods for Possible Adoption to Iranian Conditions**, M.S. thesis, Utah State Univ., Logan, Utah.
- SOLWAY, L., 1999, **Socio-Economic Perspective of Developing Country Megacities, Floods And Landslide**, (Ed. Riccardo Casale, Claudia Margottini), Springer, Germany.
- SOTOMAYOR, A.I.,T. 2002, **A Spatial Analysis of Different Forest Cover Types Using GIS and Remote Sensing Techniques; A Case study in Shivapuri Area, Nepal**, Master of Science Thesis, ITC, Netherland.
- STEFOLI, M., ANGELLOPOULO, A., PERANTONIS, S., VASSILAS, N., AMBAZIS, N., and CHAROU, E., 1996, "Integrated Analysis and Use of Remotely Sensed Data for Seismic Ris Assessment of the Southwest Peloponessus Greece", **First Congress of Balkan Geophysical Society**, 23-27 September, Athens Greece.
- STRAHLER, A. N., 1964, **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks**, In "Handbook of Applied Hydrology" (V.T. Chow, ed.) pp. 4-40-4-74, Newyork.

- STRAHLER, A.N., 1952, "Hypsometric (area-altitude curve) Analysis of Erosional Topography", **Geological Society of America Bulletin**, **63**: 1117-1141.
- SUBRAMANYA, K., 1997, **Engineering Hydrology**, Tata McGraw Hill, New Delhi.
- SÖNMEZ, S., 1996, **Havran Çayı- Bakırçay Arasındaki Bölgenin Bitki Coğrafyası**, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- SÜZEN, M.L., and TOPRAK, V., 1998, "Filtering of Satellite Images in Geological Lineament Analysis: An Application to Fault Zone in Central Turkey", **Internatinoal Journal of Remote Sensing**, **19**, pp.1101-1114.
- SÜZEN, M.L., and DOYURAN V., 2004, "Data Driven Bivariate Landslide Susceptibility Assessment Using Geographical Information Systems: A Method and Application to Asarsuyu Catchment, Turkey", **Engineering Geology**, **71**, p. 303-321.
- ŞENGÖR, A.M.C. ve YILMAZ, Y., 1981, "Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach", **Tectonophysics**, **75**, 181-241.
- ŞENGÖR, A.M.C., GÖRÜR, N. ve ŞAROĞLU, F., 1985, "Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Neotectonic Escape: Turkey As a Case Study. In: Strike-Slip Deformation. Basin Formation and Deformation", **Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ. 37**: 227-264.
- ŞENGÖR, A.M.C., YILMAZ, Y., ve SUNGURLU, O., 1984, "Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: Nature an Evolution of Western Termination of Paleo-Tethys", **Geol. Soc. London. Spec. Publ. 17**, 77-112.
- TARBOTON, D.G., BRAS, R.L., RODRIGUEZ-ITURBE, I., 1991, "On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data", **Hydrological Processes. Vol. 5**, 81-100.
- TARIM İL MÜDÜRLÜĞÜ, 2005, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1992-2005, **Balıkesir Tarım İl Müdürlüğü İstatistik Verileri**, Balıkesir.

- TAYMAZ, T., JACKSON J., MCKENZIE, D.P., 1991, "Active Tectonics of the North and Central Aegean Sea", **Geophy. J. Inter.** **106**, 433–490.
- TCHIHATCHEFF, P., 1853, **Asie Mineure**, Premiere Partie, Geographie Physique Comparee, Paris.
- TCHIHATCHEFF,, P., 1869, **Asie Mineure**, Description Physique, Geologie II, Paris.
- TEZCAN, L., 1989, **Edremit Ovası Yeraltısuyu Akımı Sonlu Farklar Modeli**, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Mühenslik Tezi, Ankara.
- THIESSEN, A.H., 1911, "Precipitation Averages for Large Areas", **Monthly Weather Review**, **39 (7)**, pp. 1082-1084.
- TIBALDI, A. ve FERRARI, L., 1991, "Multisource Remotely Senses Data, Field Checks and Seismicity for the Definition of Active Tectonics in Ecuadorian Andes", **International Journal of Remote Sensing**, **12**, 2343-2358.
- TINGSANCHALI, T., KARIM, M. F., 2005, "Flood Hazard and Risk Analysis in the Southwest Region of Bangladesh", **Hyrological Processes**, **19**, 20055-2069.
- TURİZM İL MÜDÜRLÜĞÜ, 2006, Balıkesir İlindeki Sağlık Turizmi <http://www.balikesirturizm.gov.tr/saglik.html>.
- TUROĞLU, H., 1997, "İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım", **Türk Coğrafya Dergisi**, **32**, 355-364.
- TUROĞLU, H., ve ÖZDEMİR, H., 2005, **Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri**, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- TÜİK, 2007a, **Havran İlçe Merkezine Ait Mahalle Bina Verileri**, Türk İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜİK, 2007b, **Balıkesir İli 2004 yılı Tarım Ürünleri Birim Fiyatları**, Türk İstatistik Kurumu, Ankara.

- TÜİK, 2007c, **Havran, Edremit ve Burhaniye İlçelerinin Nüfus Özellikler**, Türk İstatistik Kurumu, Ankara.
- TÜMERTEKİN, E., ve ÖZGÜÇ, N., 1995, **Ekonomik Coğrafya**, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- TÜMERTEKİN, E., ve ÖZGÜÇ, N., 1997, **Beşeri Coğrafya İnsan-Kültür-Mekan**, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- UNDP (United Nations Development Programme), 2004, **Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development**, A Global Report, New York: UNDP-Bureau for Crisis Prevention and Recovery (BRCP).
- UNDRO, (United Nations Disaster Relief Organisation), 1979, **Natural Disaster and Vulnerability Analysis**, Geneva.
- UNDRO, 1991, **Mitigation Natural Disaster, Phenomena, Effects and Opinions**, UN Disaster Relief Coordinator, United Nations, New York, 164 pp.
- USACE, 1993, **Engineering and Design Hidrologic Frequency Analysis**, Department of Army, EM-1110-2-1415, USA.
- USACE, 2005, **Hec GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS**, User Manual Version 4, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA, USA.
- USDA, 1963, **Guide for Selecting Roughness Coefficient “n” Values for Channel**, United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Lincoln Nebraska.
- USDA, 1985, **National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology**. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- UN/ISDR (International Strategy for Disaster Reduction), 2004, **Living With Risk: A Global Rivew of Disaster Reduction Initiatives**, 2004 Version, Geneva: UN Publications.
- ÜÇER, S.B., CRAMPIN, S., EVANS, R., MILLER, A. ve KAFADAR, N., 1985, “The MARNET Radio Linked Seismometer Network Spanning the Marmara Sea and the Seismicity of Western Turkey”, **Geophys. J. R. Astron. Soc.**, **83**: 17-30.

- VALVO, M., 2002, **Landslides: From Inventory to Risk**, In: Rybar, J., Stemnerk, J., Wagner, P., (Eds.), *Landslides, Proc. Of the I ECI*, Prague, Cz.Rep.June 24-26, 2002. Balkema, Netherland, pp.79-93.
- VAN WESTEN, C.J., 1993, **Applicaition of Geographic Information Systems to Lanslide Hazard Zonation**, ITC Publication Number 15, The Netherlands.
- VAN WESTEN, C.J., and SOETERS, R., 1993, "Remote Sensing and Geographic Information Systems for Geologic Hazard Mitigation", **ITC Journal 4**, Enschede, Netherlands.
- VAN WESTEN, C.J., 1997, **Statistical landslide hazard analysis**, ILWIS 2.1 for Windows Applicaiton Guide, ITC Publication, Enschede, pp. 73-84.
- VAN WESTEN, C.J., and SOETERS, R., 1999, **Remote Sensing and Geographic Information Systems in Disaster Management**, ITC, Enschede, Netherlands.
- VARNES, D.J., 1978, **Slope movement types and processes**, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., *Landslides—Analysis and control: National Research Council*, Washington, D.C., Transportation Research Board, Special Report 176, p. 11–33.
- VARNES, D.J., 1984, **Lanslides Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice** , UNESCO, Paris, 63.
- VERSTAPPEN, H. Th., 1983, **Applied Geomorphology**, ITC Enschede, The Netherlands.
- VICENTRE-SERRANO, S.M., SAZ-SANCHES, M.A., CUADRAT, J.M., 2003, "Comparative Analysis of Interpolation Methods in the Middle Ebro Valley (Spain): Application to Annual Precipitation and Temperature", **Climate Research 24**, 161-180.
- VOLDATI, T., 1995, "Multiple-source Remotely Sensed Data For Lithological and Structural Mapping", **ITC Journal, 2**, 95-113.
- VON THUN, J.L., and GILLETTE, D.R., 1990, **Guidance on Breach Parameters**, Unpublished Internal Document, US. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, 17 pp.

- WANG, Q., and TENHUNEN, J.D., 2004, "Vegetation Mapping with Multitemporal NDVI in North Eastern China Transect (NECT)", **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, **6**, 17-31.
- WANIELISTA, M., KERSTEN, R., and EAGLIN, R., 1997, **Hydrology: Water Quantity and Quality Control**, John Wiley & Sons, Ltd.
- WILLMOTT, C.J., and MATSUURA, K., 1995, "Smart Interpolation of Annualy Averaged Air Temperature in the United States", **J. Appli. Meteorology**, **34**, 2577-2586.
- WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T., and DAVIS, I., 2004, **At Risk-Natural Hazard, People's Vulnerability and Disasters**, Routledge, London, 471.
- YALÇINLAR, İ., 1970, "Batı Anadolu'nun Strüktür ve Relief Şekilleri Üzerine Müşahedeler", **İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi**, **17**, s. 69-72.
- YETKİN, G., 1957, **Kuruluşundan Bugüne Kadar Edremit'te Olup Bitenler**, Balıkesir.
- YILMAZ., Y., GENÇ, Ş.C., GÜRER, Ö.F., ELMAS, A., KAACIK, Z. ALTUNKAYA, Ş., GÜLEÇ, N., 1997, **Aycacık-Dikili-Çandarlı-Bergama Arasında (Edremit-Bergama Grabenleri Çevresinde) Genç Mağmatizmanın Jeolojik ve Petrografik Araştırılması**, TÜBİTAK Raporu, 74 sy.
- YILMAZ, Y., KARACIK, Z., 2001, "Geology of The Northern Side of The Gulf of Edremit and Its Tectonic Significance For The Development of The Aegean Grabens", **Geodinamica Acta**, **14**, 31-43.
- YILMAZ, Y., GENÇ, Ş.C., KARACIK, Z., ALTUNKAYA, Ş., 2001, "Two Contrasting Magmatic Associations of NW Anatolia and Their Tectonic Significance", **Journal of Geodynamics**, **31**, p.243-271.
- YIN, K.L., YAN, T.Z., 1988, "Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks", In: Bonnard C. 8Ed.), **Proc. 5th Int. Sym. On Landslides**, Lausanne, Balkema, Rotterdam, pp.1269-1272.
- ZENGİN, Y., 1954, **Edremit Bölgesi Demir Madenleri**, MTA, 3255, Ankara.

- ZEZERE, J.L., 2000, "Rainfall Triggering of Landslides in the Area North of Lisbon", edited by Bromhead, E., Dixon, N., and Ibsen, M.L., **Landslides in Research**, Theory and Practice, Thomas Telford , London 3, 1629-1634.
- ZEZERE, J.L., 2002, "Landslide Susceptibility Assessment Considering Landslide Typology, A Case Study in The Area North of Lisbon (Portugal)", **Natural Hazards and Earth System Science**, **European Geophysical Society**, **2**, 73-82.
- ZEZERE, J.L., and RODRIGUES, M.L., 2002, "Rainfall Threshold for Landsliding in Lisbon Area (Portugal)", edited by Rybar, Stemberk and Wagner, **Landslides**, A.A. Balkema, Lisse, 333-338.
- ZEZERE, J.L., REIS, E., GERCIA, R., OLIVEIRA, S., RODRIGUES, M.L., VIEIRA, G., FERRIRE, A.B., 2004, "Integration of Spatial and Temporal Data for Definition of Different Landslide Hazard Scenarios in The Area North of Lisbon (Portugal)", **Natural Hazard and Earth System Science** **4**, p.133-146.
- ZIMOLZAK, C.E., and STANSFIELD, C.A., 1983, "The Human Landscape", **Geography and Culture**, Ohio.

ÖZGEÇMİŞ

1979 Muğla doğumluyum. İlköğrenimimi Muğla'da, Orta öğrenimimi İstanbul'da tamamladım. 1996 yılında İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü'ne başladım ve 2000 yılında mezun oldum. Aynı yıl İ.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans programına başlayıp 2002'de yüksek lisansımı tamamladım. Aynı Enstitü'de 2002 yılında Doktora programına başladım.

Doktora sürem içerisinde 2004 yılında Hindistan Uzaktan Algılama Enstitüsü'nde (IIRS) "Afetler ve Risk Analizleri" üzerine, 2006 yılında Bonn Üniversitesi (Almanya) Coğrafya Bölümü'nde "MultiRisk" üzerine, 2007 yılında ise Cenevre Üniversitesi (İsviçre) Jeolojik Riskler Araştırma Merkezi'nde (CERG) "Jeolojik Risklerin Yönetimi ve Çalışmalar" başlığı altında eğitim aldım.

2001 yılında Coğrafya Bölümü Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı'na Araştırma Görevlisi olarak atandım ve çalışmalarımı Doğal Afetler, Doğal Risk Analizleri, Afet Yönetimi, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama konularında yürütmekteyim.