İSTANBUL'UN AFETLERDEN ZARAR GÖREBİLİRLİĞİ SEMPOZYUMU
04–05 EKİM 2010, İstanbul
Bildiri Kitabı, s.55–69

ŞEHİRSEL GELİŞMENİN İSTANBUL SELLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Doç. Dr. Hüseyin TUROĞLU
İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü
Ordu Cad. No: 196, Laleli-İstanbul
e-posta: turogluh@istanbul.edu.tr

Özet:

İstanbul; sıklık ve şiddet özellikleri artış gösteren sel ve taşkın afetlerinden her geçen yıl daha fazla etkilenmekte ve meydana gelen sel ve taşkınlar daha büyük zararlara neden olmaktadır. Bu çalışmada; İstanbul'un sellerden zarar görebilirliği konusuna, mevcut eğim koşulları ile araziden faydalanma özellikleri dikkate alınarak ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri kullanılarak yaklaşımlarda bulunulması hedeflenmiştir. Mevcut eğim koşulları dikkate alınarak doğal su toplanma ve su akış yönlerinin belirlenmesi yapılmıştır. Böylece drenaj havzaları belirlenip, bu havzaları drene eden çizgisel akış kanalları modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile güncel araziden faydalanma özellikleri karşılaştırıldığında su toplanma havzaları ile doğal akış yönleri ve akış kanallarının araziden faydalanmadaki düzenlemeler ile örtüşmediği görülmektedir. İstanbul'da meydana gelen ve şehir selleri olarak tanımlanan sel afetinin bu farklılaşmanın doğal bir sonucu olduğu görülmektedir. İstanbul için şehir sellerinden korunma ve/veya zarar azaltmada; güncel araziden faydalanama özellikleri ile doğal su toplanma ve akış yönü modellemesi uyumunun sağlanması ve toplanan su miktarı hacimsel büyüklüğü ile kanal su taşıma kapasitesi uygunluğunun temin edilmesi gerekmektedir.

GİRİŞ:

İstanbul; sıklık ve şiddet özellikleri artış gösteren sel ve taşkın afetlerinden her geçen yıl daha fazla etkilenmektedir. Meydana gelen sel ve taşkınlar daha büyük zararlara neden olmaktadır. Sel ve taşkınlar; farklı kökenli olarak ortaya çıkan, mevcut drenaj sisteminin sutaşıma kapasitesine göre, su fazlasının yarattığı afetlerdir. Bu yüzden hidrografik afetler olarak tanımlanması gerekmektedir. Sel ve taşkınlar meydana geliş sebepleri, oluşum şekilleri ve sonuçları açılarından birbirinden farklı hidrografik afetlerdir. İstanbul'da meydana gelen örnekler ise daha çok sel afeti olup, şehir selleri niteliği taşır. İstanbul'da önemli boyutlarda zararlara neden olan sel afetlerinden biri de 08-10 Eylül 2010 tarihlerinde meydana gelen sel afetidir. Sıra dışı yağışların etkili olduğu bu sellerin meydana gelmesinde, birkaç saat içinde son 80 yılın en fazla yağışı gerçekleşmiştir. İstanbul'un ortalama maksimum yağış miktarı 65 kg/m^2 dir. 09 Eylül 2009 tarihinde İstanbul'a düşen yağış miktarı 185-225 kg/m^2 olmuştur. Bu miktarın hemen hemen tamamının birkaç saat içinde düşmesi, dere yataklarındaki su seviyelerinin, dakikalar ile ifade edilen kısa süre içinde, 3 m ye kadar yükselmesine neden olmuştur. Sonuçta; 3 gün kadar devam eden yağışların neden olduğu seller İstanbul'da 26 kişinin, Tekirdağ'da 5

kişinin ölçmesine ve ayrıca 9 kişinin de kaybolmasına, toplamda da 40 can kaybına neden olmuştur.

Bu çalışma iki basit soru üzerine kurgulanmıştır. Bunlar; İstanbul'a düşen yağışın yüzeysel akış ile toplanması nasıl bir havza bölümlenmesine bağlı olarak gerçekleşecek ve toplanan suların çizgisel akış yönelimi nasıl olacak? Bu soruların cevabı için Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojileri kullanılmıştır. ASTER ve SRTM DEM verilerinden üretilen İstanbul'un vektör sayısal veri tabanı esas alınarak, doğal ve/veya yapay, mevcut eğim koşullarına bağlı olarak doğal akım birikimi, havza bölümlenmesi ve doğal akım yönleri belirlenmiştir. Ayrıca araziden faydalanma özelliklerinin belirlenmesinde de Google Earth imkânlarından faydalanılmıştır.

İSTANBUL ŞEHİR SELLERİNİN SEBEPLERİ:

Temel prensipler:

Bir su toplama havzasına düşen yağmur şeklindeki yağışı; oranları değişmekle birlikte, bir kısmı zemine infiltre olur, bir kısmı bitki örtüsü tarafından tutulur ama önemli kısmı yüzeysel akışa geçer. Genel prensip olarak; yüzeysel akım birikimi ve akım yönünü belirleyen temel coğrafi faktörler şunlardır;

- Su toplama havzasının boyutları ve şekli,
- Su toplama havzasının eğim özellikleri,
- Arazi kullanım özellikleri,
- Bitki örtüsü,
- Toprak türü,
- Drenaj sistemi ve kanal özellikleri,
- Su toplama havzasının yükselti özellikleri,
- Topografik engebelilik,
- Drenaj ve kanal ıslah projeleri,
- Su toplama havzasında, farklı amaçlar için yapılmış olan su kapanları, havuz ve göletler ile barajlar.

Şehirsel gelişimin fiziksel etkileri, yeni alt havzalar oluşmasına ve doğal ya da yapay küçük su toplama havzalarının fiziksel olarak tamamen değişmesine neden olur. Bu yüzden şehirsel gelişimin sel-taşkın etkisi küçük su toplama havzalarında çok daha büyüktür. Buna karşın bu değişim büyük akarsu havzalarında yüzeysel akım birikimi ve akım yönünü tamamen değiştirecek boyutlarda olmaz, doğal özellikleri kısmen ya da tamamen korunabilir (GÖRCELİOĞLU 2003; JENSEN ve DOMINGUE, 1988; MOORE, BURCH ve MACKENZIE, 1988; TUROĞLU 2005; TUROĞLU 2007; TUROĞLU 2009; TUROĞLU 2010, TUROĞLU ve ULUDAĞ 2010).

İstanbul'da yüzeysel akışı denetleyen coğrafi faktörler:

İstanbul'da yüzeysel akışı denetleyen coğrafi faktörler aynı zamanda İstanbul'da meydana gelen şehir sellerinin temel sebepleri olup, iki başlık altında sınıflandırmak mümkündür. Bunlardan biri; mevcut doğal ve/veya yapay drenaj sisteminin su taşıma kapasitesini aşan su kütlesinin aynı anda bir araya gelmesi, diğeri ise; doğal su akışının engellenmesidir.

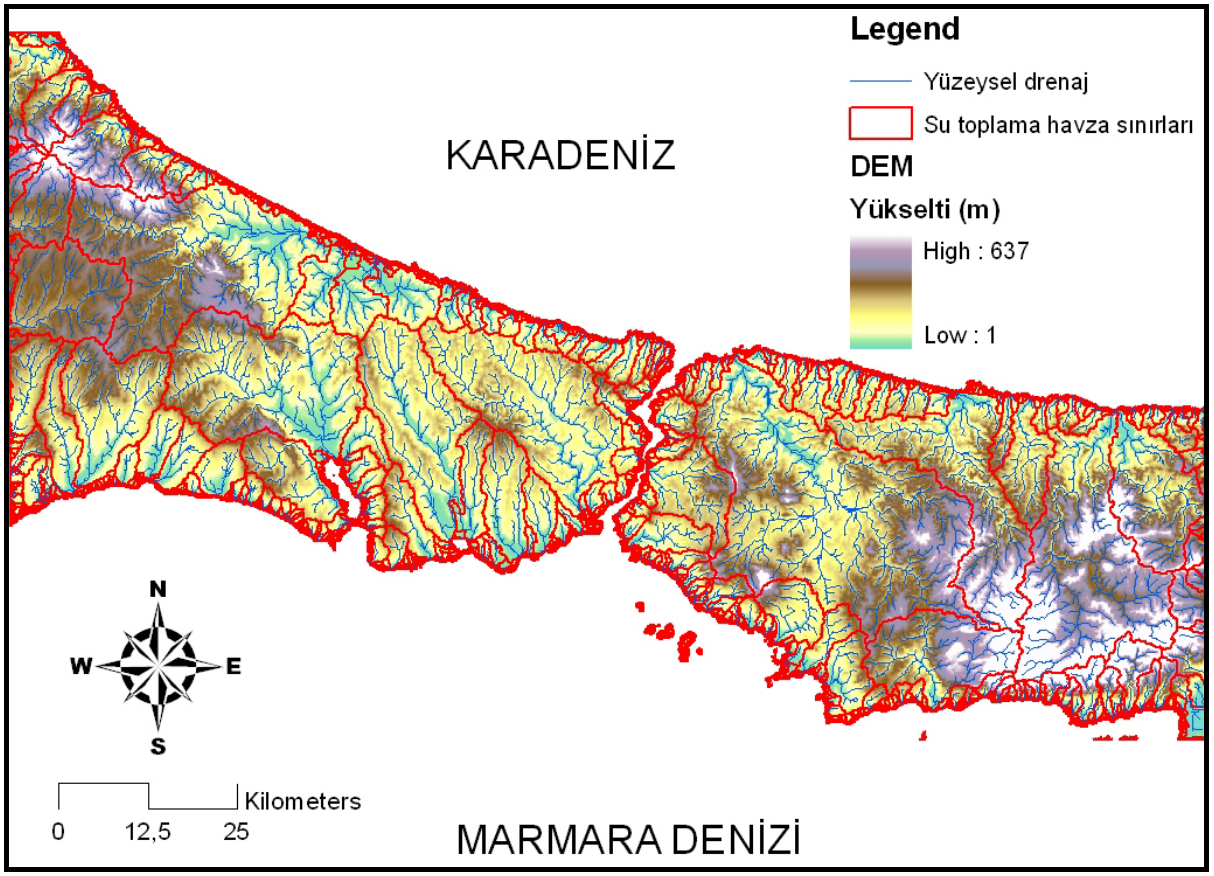
Mevcut drenaj sistemi belirli bir miktardaki suyu drene etme yeterliliğine sahiptir. Drene edilebilecek su miktarının üstünde su toplandığında akım sorunu ortaya çıkmaktadır. İstanbul'daki mevcut drenaj sisteminin su taşıma kapasitesini aşan su kütlesinin bir araya gelmesini sağlayan ya da bunu denetleyen faktörleri ise aşağıdaki gibi maddelemek mümkündür. Bunlar;

- Sıra dışı şiddetli yağış.
- Küçük su toplama havzası.
- Akış için uygun eğim.
- Uygun drenaj sistemi.
- Düşük infiltrasyon.

İstanbul'da meydana gelen şehir sellerinin diğer bir sebebi ise doğal su akışının engellenmesidir. Şehirselleşme ile gerçekleşen her türlü sert zeminler, yapılaşmalar ve yetersiz ya da çalışmayan altyapı sistemleri, hatalı üst yapı projeleri vb. İstanbul'daki şehirleşme gelişiminin birer parçası olarak hemen dikkati çekmektedir. Bu konudaki temel etken faktörlerini de aşağıdaki gibi listelemek mümkündür. Bunlar;

- İnfiltrasyonu engelleyen sert zeminler.
- Proje hatalı ya da kullanım problemli drenaj altyapısı
- Akışı engelleyen yol, kavşak, geçit, vb. projeleri.
- Akışı engelleyen yerleşim düzeni.
- Drenaj sistemi ve doğal akım yönünün değiştirilmesi.
- Yatak en kesitlerinin yer kazanma amaçlı küçültülmesi.
- Dere ıslah projelerindeki hidrografik yaklaşım hataları.

Uydu verilerinden üretilen sayısal veri tabanı kullanılarak İstanbul'un topografik özellikleri, doğal su birikimini gösteren drenaj havzaları ve doğal akım yönlerini gösteren drenaj kanalları Coğrafi Bilgi Sistemleri Mekânsal Analiz teknikleri kullanılarak belirlenmiştir (TUROĞLU 2008). Analiz sonuçlarının hassasiyet derecesi, analizde kullanılan uydu verilerinin mekânsal çözünürlükleri ile sınırlı olup bu durum, yapılan analizin zayıf yönüdür. Doğal ve/veya insan faaliyetleri (kazı, dolgu, her türlü yapılaşmalar, altyapı projeleri, vb.) ile oluşturulan güncel eğim özelliklerine bağlı topografik yapı, akım birikimi ve akım yönü belirlemelerinin yapılması ise bu çalışmanın güçlü yanını temsil etmektedir. Yapılan hidrografik analiz sonucu Şekil 1 deki harita üretilmiştir. Bu haritadaki dikkat çekici husus su toplama havzalarının boyutları, bunların oranları ve dağılış özellikleridir. Büyük havzalar oldukça azdır. Küçük boyutlardaki su toplama havzalarının sayısı çok fazladır. Bunların dağılış karakteristiği ise şehirsel etkinliğin en yüksek düzeyde olduğu kıyı bölgelerinde toplanması ile belirgindir (Şekil 1, 2, 3, 4, 5). Su birikim alanlarının boyut ve dağılış özellikleri tesadüf olmayıp, aksine son derece anlamlıdır. Zira eski tarihli, örneğin 1950 li yıllara ait topografya haritaları kullanılarak su toplanma alanlarının ve su akım yönlerinin belirlenmesi yapılırsa o sonuçların şekil 1 deki sonuçlardan farklı olduğu görülür. Bu farklılığın kökeni, bölgedeki şehirsel faaliyetlerin alansal genişlemesi ve buna bağlı yapılaşmanın ve diğer üstyapı projelerinin yaygınlaşmasına dayanmaktadır.

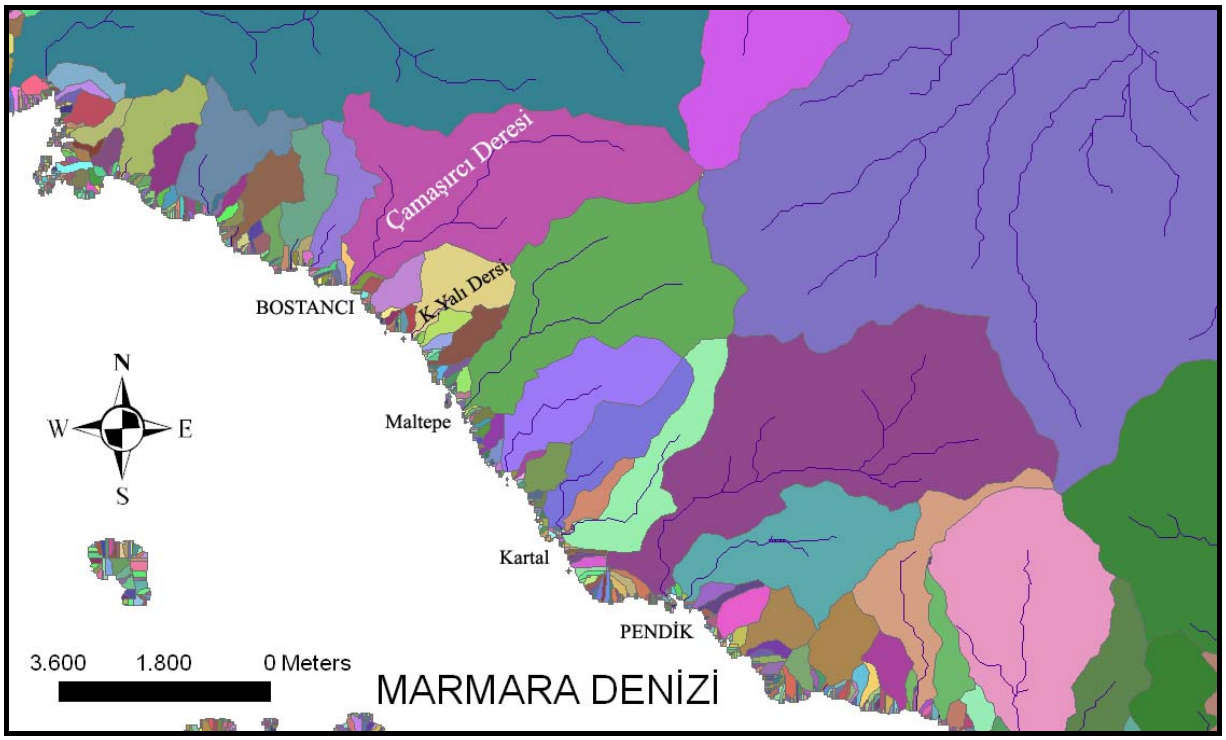


Şekil 1. İstanbul'un topografik özellikleri ve drenaj sistemleri.

Kuzeyde ve güneyde, kıyı boyunca yer alan, birbirine kabaca paralellik gösteren ve çok sayıdaki küçük su toplanma alanlarını temsil eden drenaj havzalarının suları kabaca ya kuzey ya da güne yönünde akış özelliğine sahiptir. Buna karşın D100 (E5 Karayolu) ve E80 (TEM Otoyolu) gibi ana arter otoyolları ile ikinci derecedeki yollar kabaca doğu-batı doğrultuda olup, doğal zeminden yüksekte oluşturdukları yol platformları ile doğal akım birikimi engelleyerek doğal yüzeysel drenajın akım özelliklerini sınırlamaktadırlar. Bu yolların bağlantı yolları ise İstanbul'un Trakya ve Anadolu yarımadası Marmara Denizi aklanındaki akarsu vadilerinde olduğu gibi, çoğunlukla, kabaca kuzey-güney yönlü olan vadi tabanlarından geçer (Şekil 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8).



Şekil 2. Kadıköy-Tuzla arası Marmara Denizi aklanı arazi örtüsü özellikleri.



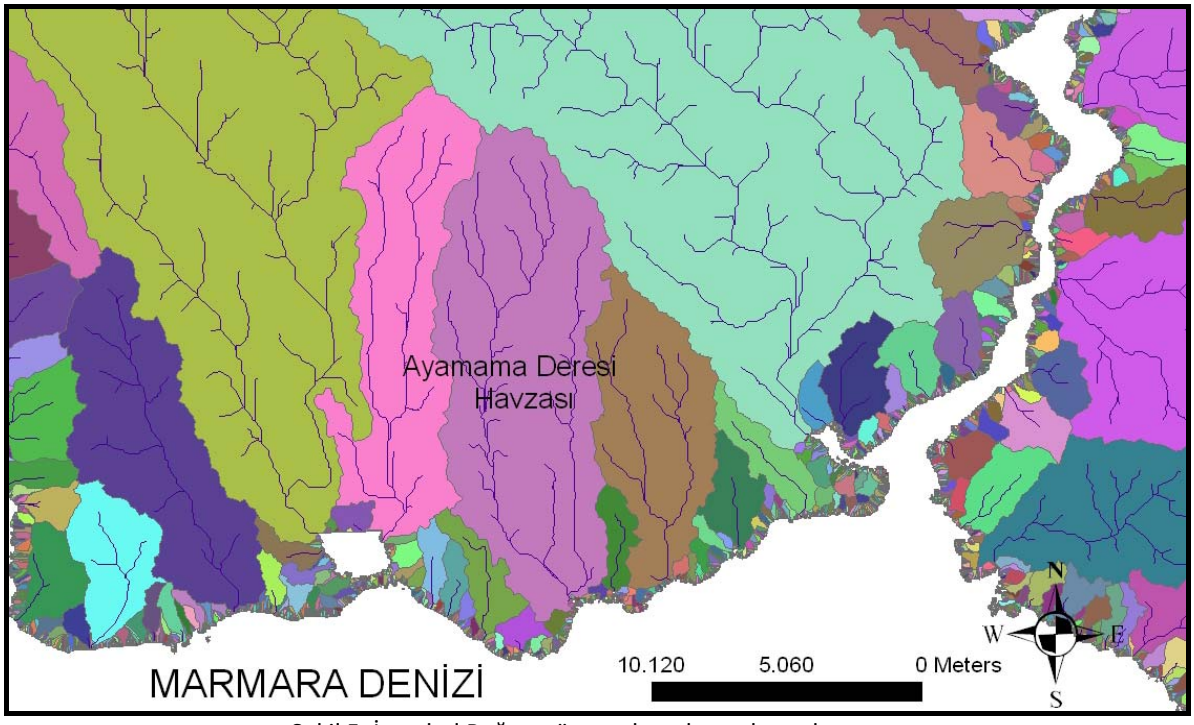
Şekil 3. Kadıköy-Tuzla arası Marmara Denizi aklanı havzaları.

Bu tür yol projeleri doğal akımı iki kez engellemektedir. Bu engelleme; hem doğal akım yönüne set oluşturarak akımı kesip göllenmeye neden olarak büyük hacimdeki su kütlesinin toplanmasına ve hem de bağlantı yollarının vadi tabanından geçirilmesi ile doğal drenaj kanallarının su taşıma ve deşarj etkinliklerine sınırlama getirmeleri suret ile gerçekleşir. Vadi tabanından geçirilen yollar ya da vadi tabanlarına yapılan her türlü üstyapı projesi su akış kanallarının etkinliklerinin azaltılması yolundaki temel fiziki engellerdir. Çoğu kez, şehir içindeki

"Dere ıslah çalışması" adı altında yapılan projeler de derelerin en kesit alanlarını hem yatay ve hem de düşey doğrultuda daraltmak sureti ile sel ve taşkın yaratmayacak miktarlardaki akımların dahi afet haline dönüşmesine neden olmaktadırlar (Foto 1).



Şekil 4. İstanbul Boğazı güney çıkışı, E-80 ve D-100 karayolları.

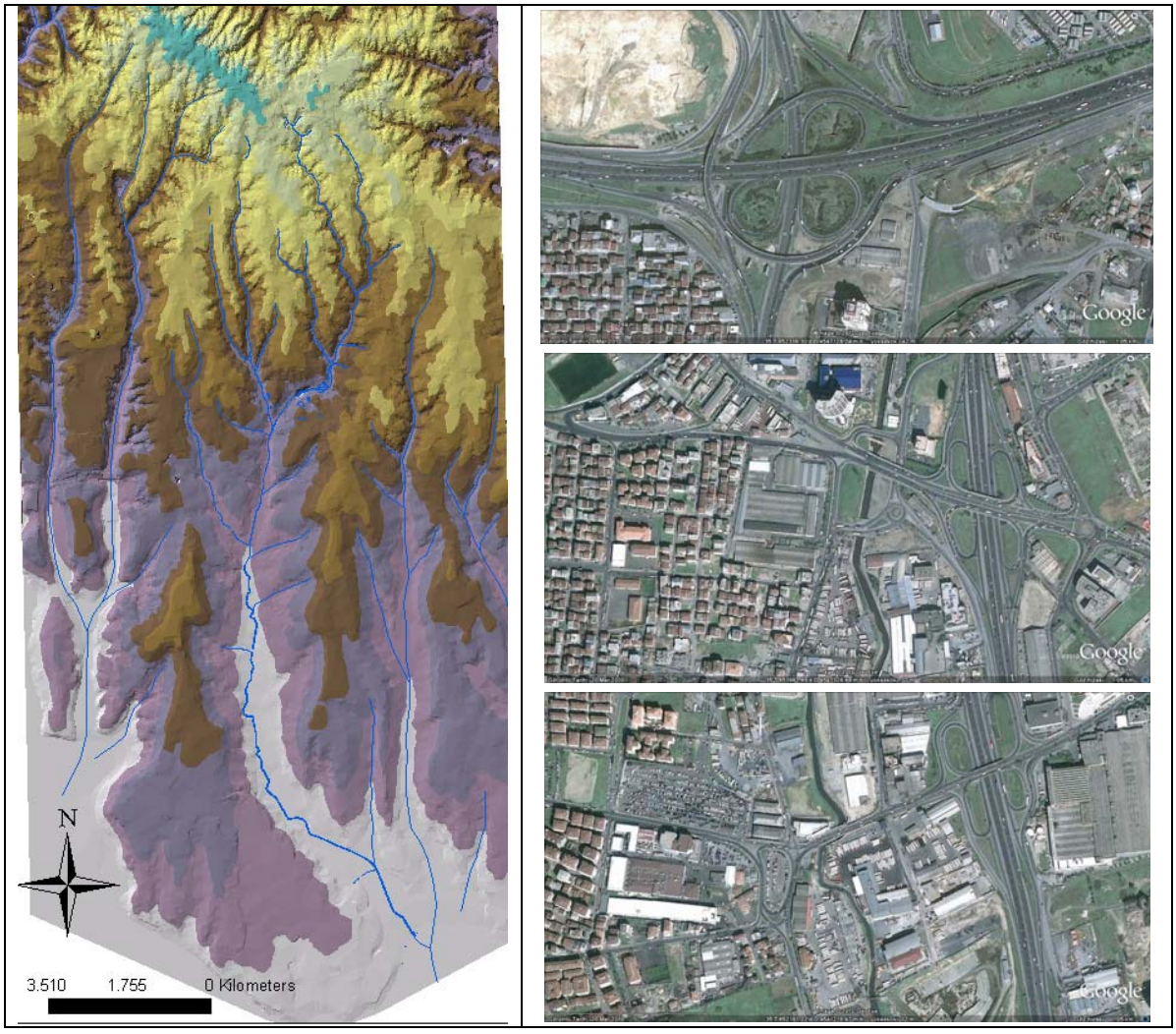


Şekil 5. İstanbul Boğazı güney çıkışı akarsu havzaları.

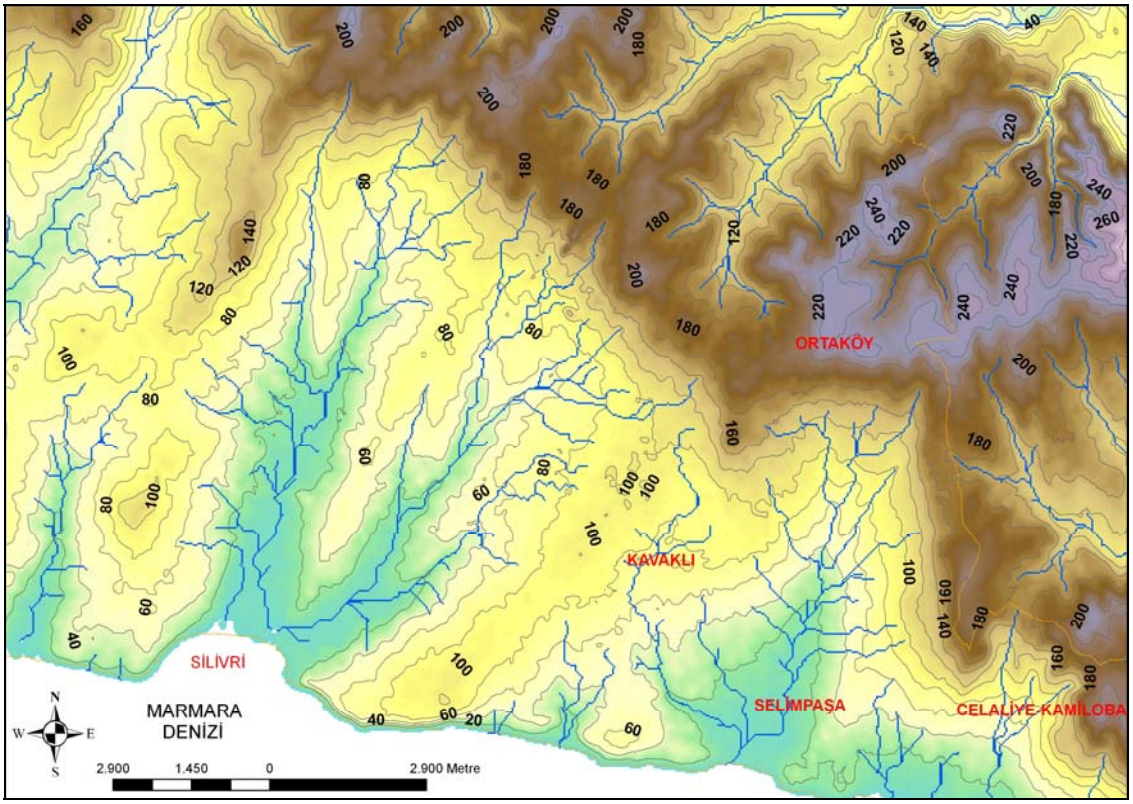


Foto 1. Çamaşırcı Deresi (Bostancı) dere ıslahı projesi sonrası.

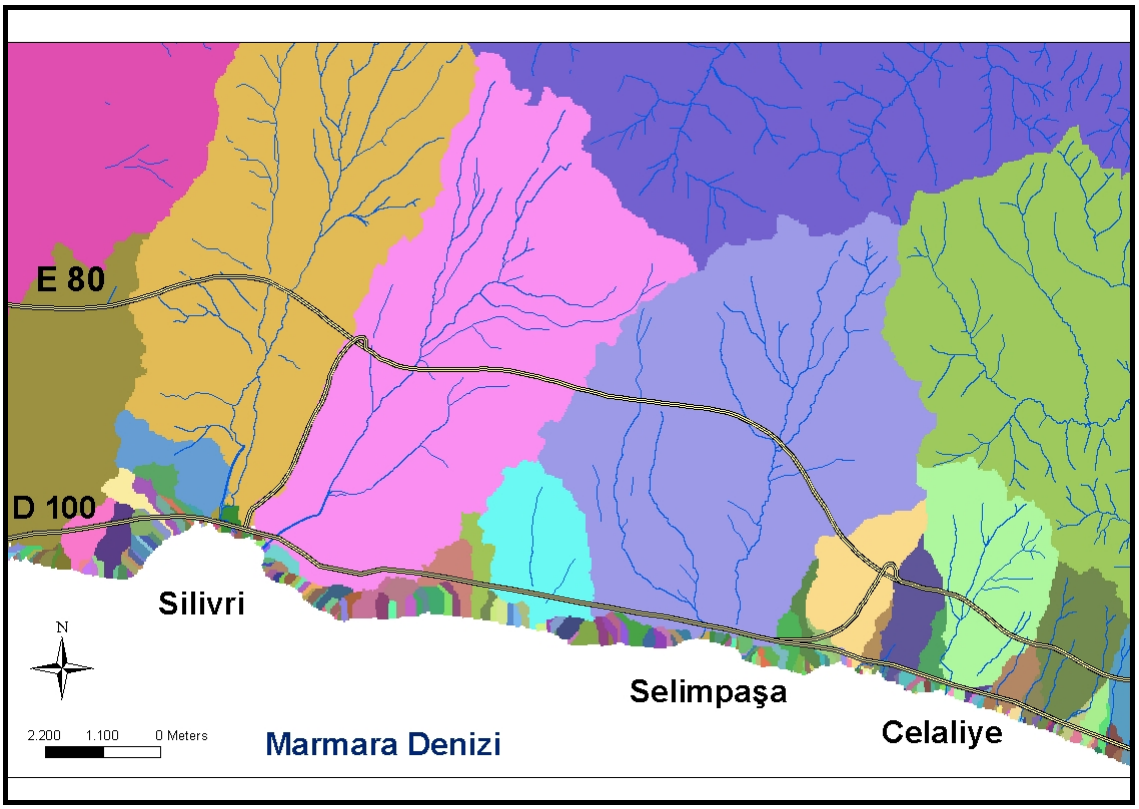
Dere yatakları içinde, vadi tabanlarında yapılan ana arter ya da bağlantı yollarına ait yonca kavşaklar, alt ve üst geçit inşaatları ile döner kavşaklar dere yatağındaki akışın, özellikle sıra dışı şiddetli yağışlarla toplanan büyük hacimli su kütlesinin dren edilmesindeki önemli engellerdendir. Bu yol projeleri ile drenaj kanallarının en kesitleri küçültülmekte, yetersiz büz veya kutu menfezlerle akışa izin verilmekte veya bazen de tamamen belirli mesafeler için drenaj yeraltına alınmaktadır (Şekil 6) (Foto 1, 3, 5).



Şekil 6. Ayamama Deresi vadisi ve arazi örtüsü.



Şekil 7. Silivri-Selimpaşa arası Marmara Denizi aklanı topografya ve drenaj sistemlerinin özellikleri.



Şekil 8. Silivri-Celaliye arası Marmara Denizi aklanı havzaları ile E80 ve D100 kara yolu güzergâhları.

Analiz sonucu İstanbul kıyılarında belirlenen küçük havzalar şehirsel dokunun bir sonucudur (Şekil 1, 3, 5, 8). Gerek D100 ve E80 karayolları ve gerekse kıyılardaki yapılaşmalar İstanbul'un tüm kıyıları boyunca yüzeysel akışın denize ulaşmasına en gel olmaktadır. Su geçişleri için bırakılan menfez ve köprüler ise olması gerekenden çok daha yetersizdir (Foto 3, 5). İstanbul'daki eski ve yeni köprüler bu konuyu çok açık olarak göstermektedir (Foto 5). Kıyılardaki yerleşim düzenleri ise denize dik inen yollar ve bu yolların her iki yanındaki yapılaşmalar ile en alçak seviyesi yollar olan birer küçük drenaj havzası oluşturmaktadır. Böylece şiddetli yağışlarda parsellerdeki yüzeysel sular yollarda toplanmakta ve bu yollar drenaj kanalları gibi çalışmaktadır(Foto 4).



Foto 2. Selimpaşa-Silivri arası arazi örtüsü özellikleri.



Foto 3. Selimpaşa-Silivri arası doğal akım yönünü keserek set oluşturan karayolu dolguları.



Foto 4. Selimpaşa-Silivri arası sahil kesimindeki yapılaşmalar.



Foto 5. Silivri, Mimarsinan Köprüsü ve aynı yerdeki D100 karayolu köprüsünün, sıra dışı yağışlar için akıma uygunluk karşılaştırması, sel ve taşkınlar için yaklaşım farklılığını ortaya koymaktadır.

SONUÇ:

İstanbul'da meydana gelen şehir selleri aslında İstanbul'un şehirsel gelişiminin doğal bir sonucudur. Zira şehirsel gelişime ait elemanların uygulanmasında doğal akım birikimi ve doğal akım yönü hemen tamamen göz ardı edilmiştir. Zaman içinde ortaya çıkan ihtiyaçların karşılanmasına yönelik olarak, kazı ve dolgular yapılmak sureti ile ayrıca yol, farklı amaçlara yönelik bina ve diğer yapılar ile sert zeminler oluşturularak doğal eğim koşulları değiştirilmiştir. Bu değişiklikler yapılırken dereler için de ıslah projeleri uygulanmıştır. Bu uygulamada ise kanallar kesitlerinin küçültülerek su taşıma kapasitelerinin yetersiz hale getirilmesi, drenaj kanallarının çeşitli sebeplerden dolayı ve doğal akım birikimi ile doğal akım yönleri dikkate alınmadan ötelenmeleri, yer değiştirilmeleri sıklıkla yapılan hatalı işlemler olmuştur. Bu değişikliklere rağmen yağışlar ile gelen sular bu yönlendirmeler değil, mevcut eğim koşullarına göre toplanarak, cadde ve sokaklarda, binaların içinde bulunduğu vadi tabanlarında akışa geçmektedir.

İstanbul'da meydana gelen şehir sellerini önleme, zarar azaltma amaçlı olarak yapılabilecek çalışmaları şu şekilde maddelemek mümkündür:

- Doğal akımın engellendiği yapılaşmalar için tadilat projelerinin yapılması gerekmektedir.
    - Doğal akışı engelleyen yol inşaatlarının yeterli menfezler ile tadilatları yapılmalıdır.
    - Doğal akış kanalları üzerindeki kavşak ve geçitleri su deşarjına uygun hale getirilmelidir.
    - Mevcut eğim koşullarına bağlı su birikim alanları doğru olarak belirlenerek bu drenaj havzalarındaki doğal akım yönleri hassas olarak tespit edilmeli ve dere ıslah projeleri bu esaslar ile uygulanmalıdır.
- Doğal akım birikimi özellikleri dikkate alınarak, drenaj sistemi su taşıma kapasitelerinin yeterli hale getirilmesi gerekmektedir.
- Alternatif-ilave drenaj kanalları açılarak toplanacak su miktarının büyük hacimlere ulaşması engellenmelidir.
- Alt yapı drenaj sistemlerinin yeterliliği sağlanmalı ve çalışır halde tutulmalıdır.

KAYNAKÇA:

GÖRCELİOĞLU, E. (2003). Sel ve Çığ Kontrolü. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın no: 4415, O. F. Yayın no: 473, İstanbul.

JENSEN, S. K. ve DOMINGUE, J. O. (1988). "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis*". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Volume 54, 1593–1600.

MOORE, I. D., BURCH, G. J. ve MACKENZIE, D. H. (1988). "Topographic effects on the distribution of surface water and the location of the ephemeral gullies". *Transactions of the American Society Agricultural Engineering*. Volume 31, 1098–1107.

TUROĞLU, H. (2005). "Bartın'da Meydana Gelen Sel Ve Taşkınlara Ait Zarar Azaltma ve Önleme Önerileri". *İTÜ Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V Bildiriler Kitabı*, İstanbul, 02-03 Haziran 2005, 104-110.

TUROĞLU, H. (2007). "Flood And Flash Flood Analysis For Bartin River". *International Congress, River Basin Managemant, Antalya, Turkey*, 22-24 March 2007, 505-514.

TUROĞLU, H. (2008). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları (Genişletilmiş 2. Baskı)*. Çantay Kitapevi, İstanbul.

TUROĞLU, H. (2009). "8-10 Eylül 2009 Tarihlerindeki Yağışların Silivri-Selimpaşa Sahil Kuşağında Neden Olduğu Sel ve Taşkınlar". *2. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebligler Kitabı*, DSİ Genel Müdürlüğü, 22-24 Mart 2010, Afyonkarahisar, 31-43.

TUROĞLU, H. ve ULUDAĞ, M. (2010). "Floods and flashfloods in Edirne (Turkey)". *10th International Multidisiplinary Scientific GeoConference SEGEM 2010, Conference Proceedings*, Volume II, 20-26 June, Bulgaria, 9-14.