Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi (TUCAM),
VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu 2010, 03–05 Kasım 2010 Bildiriler Kitabı: 29–36.

Yapılaşmanın Doğal Akım Yönü ve Akım Birikimi Üzerindeki Etkileri

The impacts of structuring on natural flow direction and flow accumulation

Hüseyin Turoğlu*

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul

* İletişim yazarı: H. Turoğlu, e-posta: turogluh@istanbul.edu.tr

Öz: *Yüzeysel sularının doğal akım yönleri topografyanın eğim özelliklerine bağlıdır. Akışa geçen su miktarı ve akış ile toplanan su miktarları ise akarsu havzasına gelen suyun miktarı ve havzada meydana gelen su kayıpları olmak üzere temel olarak iki doğal faktöre bağlıdır. Akarsu havzasına gelen suyun tamamı akışa geçmez ve bunun bir kısmı kayba uğrar. Kayba uğrayan su miktarı akarsu havzasının fiziki karakteristiklerine bağlıdır. Akarsu havzası içindeki yapılaşmalar doğal akım yönünü ve akım miktarını doğrudan etkileyen fiziki faktörlerden biridir. Bu çalışmada, 08/13 Eylül 2010, İstanbul sellerinden örnekler verilerek, yapılaşmanın yüzeysel akış üzerindeki etkisi araştırılması amaçlanmıştır. Yol, bina, vb. her türlü yapılaşmalar ve dolgular akarsu havzalarındaki hem yüzeysel akışın doğal akım yönlerini değiştirmiş ve hem de doğal akım birikimi koşullarını da etkilemiştir. 08/13 Eylül 2010, İstanbul sellerinde yapılaşmaların önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Her türlü yapılaşma projesinin uygulanmasında doğal akım yönlerine ve akım birikimi üzerine olan etkisi göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Aksi halde, afet olarak gerçekleşen sel ve taşkınlar şiddet ve sıklıkları giderek artış gösteren bir trent ile devam edecektir.*

Anahtar Kelimeler*: Yüzeysel akış, etkili faktörler, yapılaşmalar, akım yönü, akım birikimi.*

Abstract: *Natural flow direction of surface waters depends on the characteristics of topography slope. Both the amount of surface runoff and the amount of accumulated water depends on two natural factors such as the amount of water coming to river basin and as the amount of water loss in the river basin. The entire water, coming to river basin, does not flow and will suffer the loss of some. The amount of lost water depends on the physical characteristics of river basin. The structuring in the river basin is one of the physical factors directly affecting on surface flow direction and flow accumulation. In this study, it has been aimed to investigate that the structuring effect on surface runoff by giving examples from Istanbul flashfloods on September 08/13, 2009. The all structures such as buildings, roads, etc.. and fillings have both changed the natural flow direction of surface waters and affected on conditions of the natural flow accumulation in river basin. It is clear that structuring has become an important contribution in the Istanbul flashfloods on September 08/13, 2010. It should not be ignored that the effects of all types of construction projects on the natural flow direction and natural flow accumulation. Otherwise, flashfloods and floods, becoming as disasters, will be continue in an increasing frequency and severity trent.*

Keywords*: Surface runoff, influential factors, structures, flow direction, flow accumulation.*

1. Giriş

Yağış ya da kar erime suları doğal eğim koşulları ve gravite kuvvetinin kontrolünde hareket ederler. Bu akışlarını, büyük oranda, akarsu havzasının topografik özelliklerine bağlı olarak yapılanan drenaj sistemi içinde sürdürürler ve akışları sırasında gerçekleştirdikleri aşınım ve birikim faaliyetleri ile bu drenaj sistemini şekillendirirler. Bu sistem içinde yer alan ve her türlü bina, yol, kanal, vb. sert

zeminler oluşturan yapılaşmalar şehirsel gelişmelerin doğal sonuçlarıdır. Bunlar insan yaşamını kolaylaştırma ve yaşam kalitesini arttırma amaçlı olmasına karşın, genellikle doğal ortam koşullarını da değiştiren özellikleri vardır. Yapılaşmaların doğal akım yönü ve akım birikimi üzerindeki en önemli rolü ise doğal eğim özelliklerini değiştirme ve sert ve geçirimsiz zeminler oluşturma etkileridir. Böylece, şiddet ve sıklıkları yapılaşma etkinliği ile uygunluk gösteren bir eğilimi içinde, sel ve taşkın afetleri can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bu çalışmada; 08/13 Eylül 2010 tarihleri arasında, İstanbul'da meydana gelen sellerden örnekleme yapılarak, yapılaşmaların yüzeysel akışın yönü ve akım birikimi üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinin kullanıldığı ve arazi çalışmaları ile gerçekleştirilen ölçümler ve kontrollere dayalı doğrulamalar konunun araştırılması ve geliştirilmesindeki temel yöntemler olmuştur. Örnekleme yapılan sahalara ait sayısal veri tabanı oluşturulmasında 1/25000 ölçeğindeki topografya haritaları, arazi kullanımındaki farklılıkların belirlenmesinde ise 1970 yılına ait, 1/25 ölçekli hava fotoları kullanılmıştır.

2. Yüzeysel akış karakteristikleri

Yüzeysel akış; yağmur, kar erime suyu, göl-deniz taşmaları, barajlardan kontrollü ya da kontrol dışı akışa geçen sular ile beslenen su hareketleridir. Bu su hareketi, alan kaplayan seyelanlar şeklinde ya da az çok çizgisellik gösteren, bir drenaj sistemine bağlı olarak gerçekleşir. Yüzeysel akış temel olarak iki coğrafi faktörden etkilenir. Bunlar; Klimatik faktörler ve Fiziki faktörlerdir (Tablo 1).

Tablo 1: Yüzeysel akışı etkileyen coğrafi faktörler.

Klimatik Faktörler	Fiziki Faktörler
➢ Yağışın türü (yağmur, kar, dolu, vb.). ➢ Yağışın süresi. ➢ Yağışın şiddeti. ➢ Yağışın miktarı. ➢ Yağışın akarsu havzası içindeki dağılışı. ➢ Zeminin nem içeriği. ➢ Evapotranspirasyonu etkileyen diğer meteorolojik ve klimatik koşullar.	➢ Arazi kullanımı-Arazi örtüsü ➢ Bitki örtüsü. ➢ Toprak türü. ➢ Drenaj alanı. ➢ Drenaj havzasının şekli. ➢ Yükselti özellikleri. ➢ Eğim özellikleri. ➢ Topografya özellikleri. ➢ Drenaj sistemi. ➢ Yüzeysel akışın devamlılığını engelleyen göl, baraj, gölet, su kapanı, vb. rezarvuarların varlığı.

3. Yüzeysel akış ve yapılaşmalar

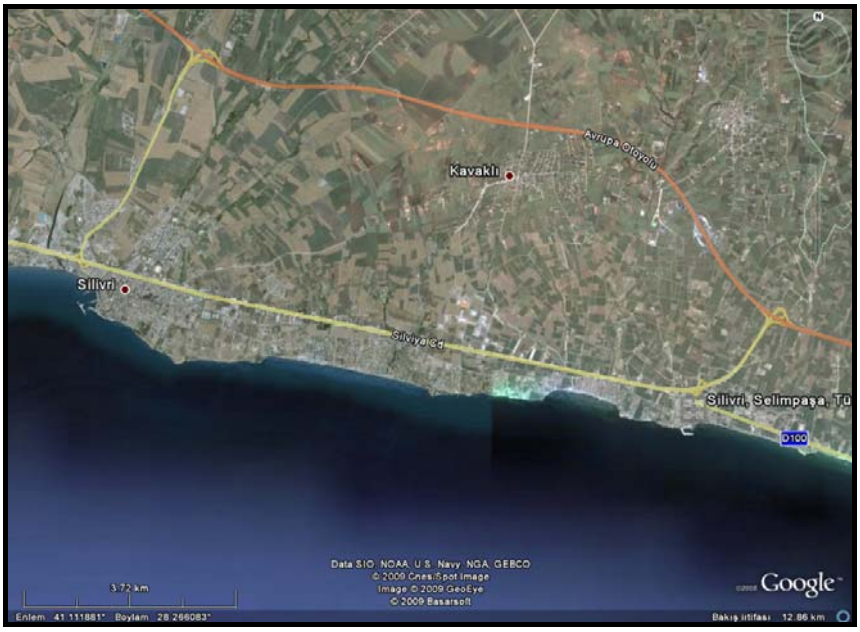
Yüzeysel akış, büyük oranda, yağmur şeklindeki yağışlar ve kar erimeleri ile beslenir. İlk dizinlerden başlayan yüzeysel akış alt dizinlerin birleşmesi ile artan su hacimleri ile dikkati çeker ve ana kola ulaştığında maksimum akıma ve su hacmine ulaşır. Yağmur ve kar erime suları ile beslenen akarsuların akım özellikleri, genellikle iklimin kontrolü altında, yıl içinde mevsimlere göre değişiklik gösterir. Bu değişiklik salınımları normal gelişim olarak kabul edilir. Ancak, ortalamaların üstündeki su birikimleri sel ve taşkınlar için klimatik faktör olarak etkili olur. Fiziki faktörler de bu klimatik pozitif salınımın afet haline dönüşmesinde şiddet arttırıcı ya da kontrol edici rol oynar.

Arazi kullanımı-Arazi örtüsü fiziki faktörlerden biridir. Orman, çalı ve/veya ot formasyonuna ait bitki örtüsü, toprak ve/veya enkaz örtü malzeme hatta anakaya dışındaki diğer doğal zeminler, arazi engebeliliği, infiltrasyon ve depolama yolu ile hem hacimsel kayıp yaratan ve hem de yüzeysel akışı yavaşlatan bir rol oynar. Depolama kapasitesinin limitlerine gelindiğinde yüzeysel akış artmaya başlar.

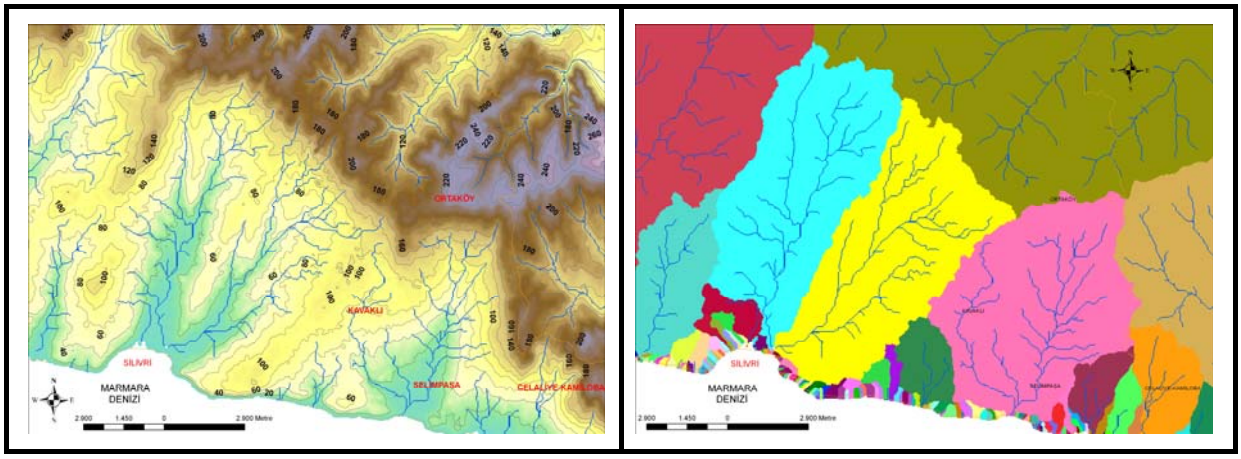
Akarsu havzasında inşa edilen bina, yol ve diğer sert zemin oluşturacak yapılaşmalar, havza içindeki her türlü bitki örtüsünün tahribi, toprak ve diğer doğal zeminlerin geçirimsiz hale gelmesine, arazi engebeliliğin ortadan kalkmasına neden olur. Dolayısıyla, yapılaşmalar ile oluşturulan sert zeminlerin geniş alanlar kapladığı ve bu alanların giderek artış gösterdiği sahalarda yağmur ve kar erime suları oyalanmadan, depolanamadan, hacimsel kayba uğramadan doğrudan akışa geçerler ve kısa süre içinde çok büyük bir hacme ulaşırlar. Akarsu havzalarındaki yapılaşmalar ayrıca doğal eğim özelliklerinin de değişmesine, dolayısıyla yüzeysel akışın doğal akım yönlerinden sapmalarına, faklı yönlere yönelmesine, akım birikiminin de değişmesine neden olurlar. Akarsu havzası içindeki yapılaşmalar, ayrıca havzaların meydana gelmesine neden olur. Böylece yeni su bölümü çizgileri ve havzalar şekillenir. Bu durum, akarsu havzasında su fazlası sağlandığında bu suyun deşarjının problem haline gelmesine, sel ve taşkınların oluşmasına teşvik edici rol oynar.

Silivri-Selimpaşa arasında (İstanbul) Marmara denizine boşalan akarsular, kabaca birine paralellik gösteren ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu sırtlar ile birbirinden ayrılan depresyonlar içine yerleşmişlerdir. Sahanın sayısal yükselti modeli ve drenaj sistemi bu yapıyı belirgin olarak ortaya koymaktadır. Uydu görüntüsü ve arazi ölçümlerinden elde edilen veriye dayandırılan ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile yapılan havza sınıflaması, bölgede ana akarsu havzalarının yanında, özellikle kıyı kuşağında birbirine paralellik gösteren çok sayıda küçük havza ayırtlamaktadır. Bölgedeki doğal su bölümü çizgileri ile sınırlandırılan akarsu havzaları içinde, yapılaşma amaçlı yapılan kazı, dolgu ve sert zeminlerin değiştirdiği doğal eğim ve topografik özelliklerdeki değişiklikler yapay küçük havzaların meydana gelmesine neden olmuştur. Prensip olarak, küçük havzalar içindeki şehirsel gelişime bağlı yapılaşmalar ve ser zemin örtülerinin yaygınlaşması yüzeysel akışa geçen suyun doğal akım yönünü ve miktarını sel ve taşkın afetlerine dönüştürecek nitelik kazandırmaktadır. Bu küçük havzalar içindeki cadde ve sokaklar ki bunlar bölgede genellikle eğim yönünde planlanmıştır, birer drenaj kanalı olarak çalışırlar. Yine, bu havzalar içinden geçen dere yataklarından geçişler ya ayaklı köprüler ile ya da üstü kapatılıp menfeze alınarak yapılmışlardır. Her iki uygulama da su akışı için birer set görevi üstlenerek suyun deşarjını engelemekte ve geriye doğru şişerek taşkınlara neden olmaktadır. D100 (E5) ve TEM (Avrupa Otoyolu) Marmara Denizine boşalan akarsuların taşkın yataklarını büyük oranda dolgu ve sınırlı bölümünü de ayaklı köprüler ile geçecek şekilde inşaa edilmiştir (Şekil 1, 2).

Şehirsel gelişme ve buna bağlı yapılaşmalar doğal gelişime iki şekilde etki eder. Bunlardan biri yüzeysel akışın hem doğal yönelimini değiştirir ve hem de akışa geçen su miktarının artmasına neden olur. Diğeri ise toplanan yüzeysel suların sel ve göllenmeler ile afete dönüşerek doğal ortam ve insan yaşamı üzerinde etkili olmasına neden olur. Bu tür havzalar içinde oluşan sel ve taşkın çökelleri de doğal organik ve inorganik yük ile insan ürünü malzemeler karışımından oluşur.



Şekil 1: Silivri-Selimpaşa bölgesi arazi örtüsü özellikleri.



Şekil 2: Silivri-Selimpaşa bölgesindeki akarsu havzaları ve doğal drenaj özellikleri.

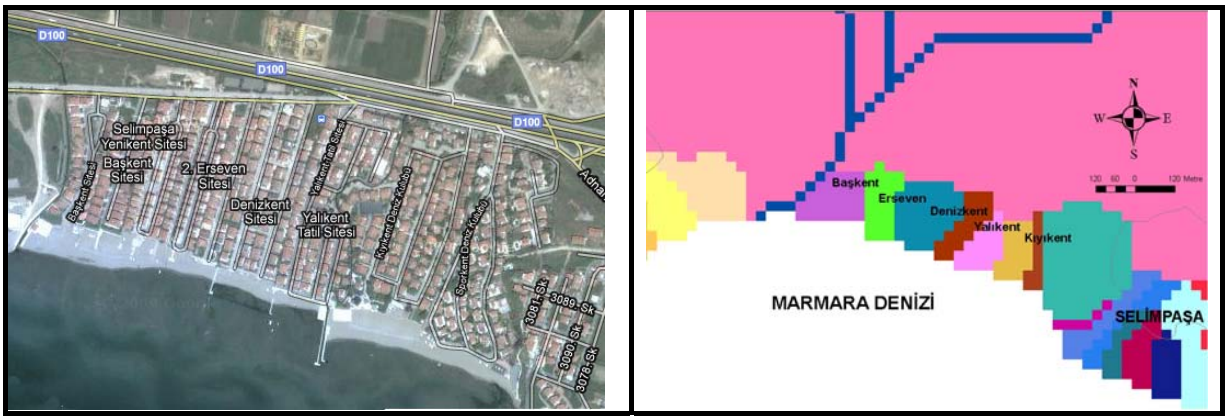
Güncel veriler Selimpaşa-Silivri arasında şehirsel amaçlı yapılaşmaların yaygın olarak geliştiğini göstermektedir. 1970 yılına ait hava fotosunda tamamen kumsal, plajlı alçak kıyı niteliğindeyken, son 30 yıllık dönem içinde yapılan yazlık amaçlı site inşaatları yüzeysel akışın denize ulaşmasını engellemiştir. Doğal eğimin genel olarak kuzeykuzeydoğudan güneygüneybatıya, Marmara Denizine doğru olduğu bölgede, inşa edilen yazlık siteler ve diğer yapılaşmalar ile D100 (E5) karayolu yüzeysel akışın denize ulaşması için yapay engelleri oluşturmuştur (Foto1, 2). Eğim yönüne paralel site içi yolların yer aldığı yapılaşmalar ise yüzeysel akışın şehir sellerine dönüştüğü ve afet boyutundaki zararlara neden olduğu örneklerdir (Şekil 3, Foto 3).



Foto 1: Selimpaşa şehir merkezi ve Silivri yönündeki sahil kuşağının 1970 ve 2009 yılları landcover özellikleri.



Foto 2: Selimpaşa kıyı kuşağı üzerindeki yazlık amaçlı binalar.



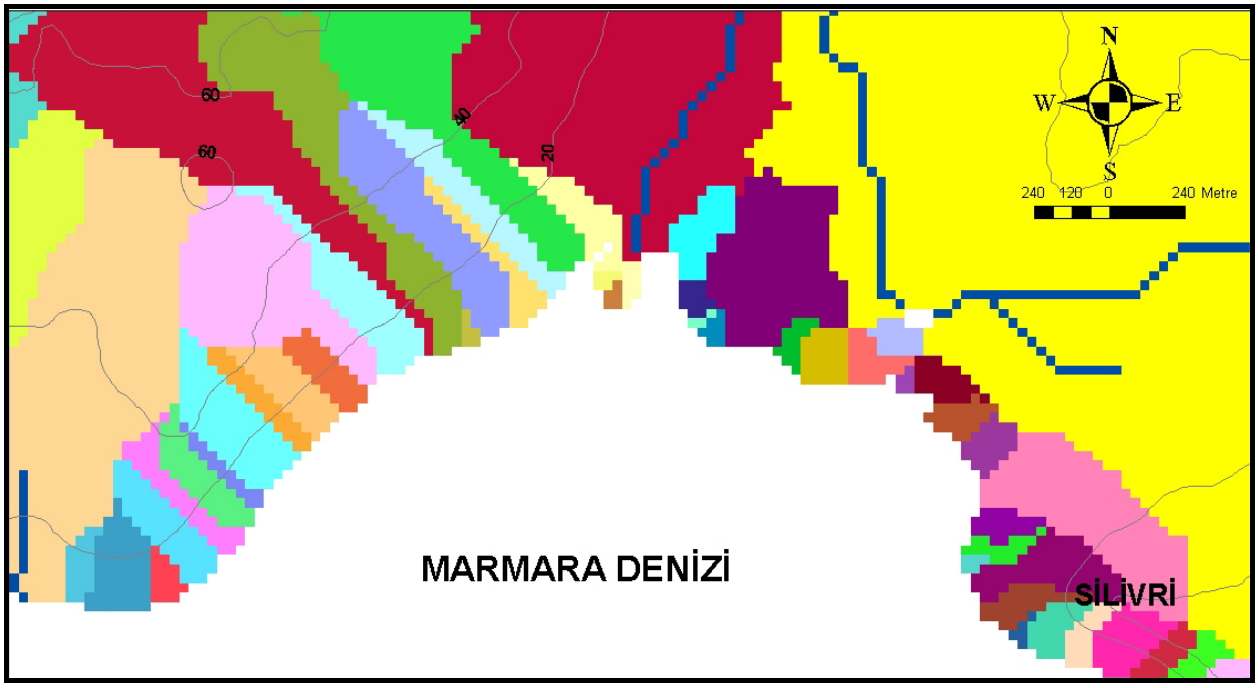
Şekil 3: 8-9 Eylül 2009 yağışlarından zarar gören sahil siteleri ve yapılaşmanın oluşturduğu yapay havzalar.



Foto 3: Sel suları, site içi yolları sel yatağı gibi kullanıp, yüksek debi ile gelerek, sahildeki kumları denize taşımıştır.



Foto 4: Silivri şehir merkezi ve yakın çevresinin 1970 ve 2009 yılları landuse özellikleri.



Şekil 4: Silivri koyu ve kıyıdaki yapılaşmaların neden olduğu yapay havzalar.

4. Araştırma ve önleme-zarar azaltma önerileri

Yüzeysel akış yeryüzü şekilleri ve eğim özelliklerine bağlıdır. Yağmur ya da kar erime suları topografya yüzeyini eğim yönünde takip ederek akış hareketi gösterirler. Topografik engebelilikler, çukur ve çanak şeklindeki topografya yüzeyleri yüzeysel akışın yönelimini değiştirerek ya da göllenmelerine neden olarak etkili olurlar. Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri; bir bölgedeki yüzeysel akışın doğal akım yönü ve akım birikimi özelliklerinin analiz edilerek ortaya çıkarılma kolaylığı sağlamaktadır. Topografik özelliklere ait sayısal veri tabanı kullanılarak oluşturulan raster tabanlı Sayısal Yükselti Modeli (DEM) bu konudaki analizin temelini oluşturmaktadır. Raster veri yapısındaki hücrelerin doğal eğim yönüne ait ağırlıklı yönelimi doğal akım birikimi ve akış yönünü

ortaya çıkarmaktadır. Bu akış yönü tekli ve çoklu akış yönü algoritmaları kullanılarak belirlenir. Sonuçlar topografyaya ait yükseklik verileri ile test edilerek doğrulanabilir. CBS teknolojileri ile gerçekleştirilen bu hidrolojik analizlerin kalitesi mekânsal veri tabanının çözünürlüğü ile doğru orantılıdır. Yüksek çözünürlüklü LIDAR ve InSAR teknikleri büyük drenaj alanlarına ait son derece güvenilir olmak üzere, havza bölümlenmeleri, yüzeysel akışın doğal akım birikimi ve akım yönüne ait hidrolojik analiz yapma imkânı vermektedir (Jenson ve Domingue 1988, Maathuis ve Wang 2006, Orlandini ve Moretti 2009, Schäuble 2006, Turoğlu 2005, Turoğlu 2007, Turoğlu 2010, Wang ve Liu 2006).

Yüzeysel akışı kontrol eden faktörler Tablo 1 de özetlenmiştir. Bunlardan "Fiziki Faktörler" Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri ile analiz edilerek yüzeysel akışa geçen su miktarı ve doğal akım yönlerini belirlemek mümkündür. Ancak zaman içinde yapılaşmaların giderek yaygınlaşması ve daha büyük alanlar kaplar hale gelmesi, şehirleşmenin gelişmesi zaman bağlı olarak meydana gelen değişikliklerdir. Sonuçları havza içinde topografyanın eğim ve engebelilik özelliklerini farklılaşmasına ve yüzeysel akışa geçen su miktarının ve su hareketlerinin değişmesine neden olmaktadır. Şehir sellerinin giderek sıklık ve şiddet özellikleri artan bir eğilim içine girmesi bu değişiklikler ile ilgilidir. Silivri-Selimpaşa bölgesinde yapılan hidrolojik analizler bunu doğrular niteliktedir. Yapılaşmaların çok yaygın olmadığı 1970 li yıllar ile 2009 yılı arazi örtüsü özellikleri karşılaştırıldığında değişen en önemli unsurun, eğim ve engebelilik koşullarını değiştiren, sert zeminler yaratan yapılaşmalar ve bunlara bağlı büyüyen şehirleşme gelişimidir. Meydana gelen sellerin kökeni de yapılaşmaların bu etkileri ile doğrudan ilişkilidir.

Yapılaşmaların ve şehirsel gelişimin yüzeysel akış üzerindeki olumsuz etkisinden kaynaklanan sel ve taşkınları önleme-zarar azaltma amaçlı olarak yapılacak çalışmalar proje ve planlamalarda doğal ortam koşullarının ve hidrolojik trentlerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır (Konrad 2002, Konrad 2005, Turoğlu 2007, Turoğlu 2010). Bu kapsamda önemsenmesi gereken hususları şu şekilde özetlemek mümkündür;

- Şehirsel planlamada yüzeysel akışın doğal koşulları mutlaka göz önüne alınması gerekmektedir.
- Dere yatakları ıslah çalışması adı altında daraltılarak su taşıma kapasiteleri düşürülmemelidir.
- Mevsimlik dereler ve sel yarıntıları mutlaka önemsenmeli ve doldurularak kapatılmak yerine drenaj kanalı olarak çalışabilecek nitelikleri korunmalıdır.
- Dere ve akarsu boyu taşkın sahaları sert zemin olmayan, park, bahçe, oyun alanı vb. landuse tür tercihleri yapılmalıdır.
- Şehir içi köprülerin doğal vadi kesitleri dikkate alınarak ve yüksek kotlu su geçiş kanalları bırakılarak projelendirilmesi ve uygulanması gerekmektedir.
- Yapılaşma alanlarında mümkün olduğunca geçirimsiz zeminler oluşturulmasından kaçınılmalı, infiltrasyona müsait, su tutma niteliği taşıyan toprak ve bitki örtüsü oluşturulmuş alanlara yer verilmesine gayret gösterilmelidir.
- Yüzeysel akışı engellemeye çalışmak yerine su akışını kolaylaştırıcı, sızmaya, depolanmaya imkân veren uygulamalar tercih edilmelidir.

5. Sonuç

Yapılaşmalar ve kentleşme yüzeysel akışların sel ve taşkınlara dönüşmesini, sıklıklarının ve şiddetlerinin artmasını teşvik etmektedir. Yapılaşma projelerinde ve kent planlarının yapılmasında doğal akım yönleri, arazinin eğim özellikleri, akım birikimi dikkate alınmalı, doğal drenaj kanallarının

kesit alanları değiştirilmemeli, taşkın yatakları ve ıslak zeminlerden faydalanmada geçirimsiz sert zeminlerin oluşturulmasından kaçınılmalıdır.

Yukarıdaki önerilerin plan ve projelendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerine ait uygulamalar doğal ortam koşulları ile uyumlu veriler sağlayan analiz ve projelendirme yöntemleridir.

Referanslar

Jenson, S.K.; Domingue, O. (1988) "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis" *Photogrammetrıc Engıneerıng And Remote Sensıng*, 4, 11, 1593-1600.

Konrad, C. P. (2002) *Hydrologic Trends Associated with Urban Development for Selected Streams in the Puget Sound Basin, Western Washington*, USGS Water Resources Investigations Report 02-4040, Tacoma, Washington.. (http://pubs.usgs.gov/wri/wri024040/, 09.07.2010)

Konrad, C. P. (2005) "Effects of Urban Development on Floods", *U.S. Geological Survey,* Fact Sheet 076-03 (http://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/, 09.07.2010).

Maathuis, B. H. P.; Wang, L. (2006) "Digital Elevation Model Based Hydro-processing". *Geocarto International*, 21, 1, 21-26,

Orlandini, S.; Moretti, G. (2009), "Determination of surface flow paths from gridded elevation data", *Water Resources Research*, 45, W03417, doi:10.1029/2008WR007099.

Oriola, O. 1994, "Strategies for combating urban flooding in a developing nation: A case study from Ondo, Nigeria". *The Environmentalist*, 14-1, 57-62.

Schäuble, H.; Marinoni,O.; Hinderer, M. (2006) "A GIS-based method to calculate flow accumulation by considering dams and their specific operation time". *Coumputers & Geosciences*, 34- 6, 635-646.

Turoğlu, H. (2005) "Bartın'da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri", *İTÜ Türkiye Kuvaterner Sempozyumu V, 02-03 Haziran 2005, Bildiriler Kitabı*, 104-110.

Turoğluh, H. (2007) "Flood and flash floods analysis for Bartin River Basin", *International River Basin Management Congress, Proceeding*, 22-24 March 2007, 0-14.

Turoğlu, H. (2010) "8-10 Eylül 2009 Tarihlerindeki yağışların Silivri-Selimpaşa sahil kuşağında neden olduğu sel ve taşkınlar". *DSİ Genel Müdürlüğü, 2. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, 31-43.

Wang, L.; Liu, H. (2006) "An efficient method for identifying and filling surface depressions in digital elevation models for hydrologic analysis and modelling". *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 2, 193 - 213