ASOS JOURNAL

The Journal of Academic Social Science

Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 7, Sayı: 98, Kasım 2019, s. 73-91

ISSN: 2148-2489 Doi Number: <http://dx.doi.org/10.29228/ASOS.36814>

Yayın Geliş Tarihi / Article Arrival Date
29.08.2019

Yayınlanma Tarihi / The Publication Date
29.11.2019

Prof. Dr. Jef VANDENBERGHE

Amsterdam Vrije University, Faculty of Earth and Life Sciences, De Boelelaan 1085, 1081 HV
Amsterdam, The Netherlands,
jef.vandenberghe@vu.nl

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan AVŞİN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fiziki Coğrafya
nurcanavsın@yyu.edu.tr

İKLİM KONTROLÜNDE ŞEKİLLENEN AKARSU SEKİLERİ VE SEKİLERİN BEŞERİ KULLANIMI

Öz

İklim ve tektonizma, flüvyal sistemlerde akarsu sekilerinin oluşumunu ve şekillenmesini denetleyen en önemli kontrol mekanizmalarıdır. Bunlardan iklimsel değişimlerin nehir sistemleri üzerindeki etkisi, sekilerin morfolojik ve sedimentolojik olarak birbirinden farklı olmasına neden olmaktadır. Bu fark ise peleo ortam analizlerinde flüvyal mimarinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Ancak, iklim-flüvyal sistem etkileşimine ilişkin bilgiler her zaman istenilen yalınlıkta değildir. Örneğin, iklimsel bir döngü (sıcak-soğuk dönem aralanması) sürecinde oluşan seki sedimentasyonun, sadece iklimle değil, tektonik birikme-kazılma süreçleriyle ya da nehirlerin yanal göçü gibi farklı etkenlerle de şekillenebilmesi bu konudaki en büyük soru işaretlerinden biridir. Bunun yanında, iklim-flüvyal sistem etkileşiminde yalınlığı bozan diğer tartışma konuları aşağıdaki gibidir.

- Sekilerin içyapısında karakteristik bir sedimanter yapı var mıdır? Her bir sedimanter tabakanın oluşum mekanizması kesin olarak tespit edilebilir mi?

- b. İklim denetimindeki bir flüvyal aşınma-birikme döngüsü içinde meydana gelen sedimanter katmanların ve aşınım safhalarının rölatif yaşları nelerdir? Hangi süreç, hangi iklimsel döngüye karşılık gelmektedir?
- c. İklim döngüsü ile bağlantılı sekilerin basamaklı seki serileri halinde korunması, hangi senaryolarla analiz edilebilir?
- d. Flüvyal alanların beşeri kullanımına ilişkin bulgular nasıl elde edilebilir ve bu bulgular ne çeşit bir veri kaynağı sağlayabilir? Bu makale, söz konusu sorulara yanıt aramak amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Flüvyal sedimantasyon, basamaklı seki serileri, tarihsel yerleşmeler

CLIMATIC CONTROLLED FLUVIAL TERRACES AND HUMAN USAGE OF THE TERRACES

Abstract

Climate and tectonism are most important control mechanisms which monitor forming fluvial terraces. The influence of the climatic changes on the fluvial systems causes different terraces in terms of sedimentological and morphological structures. This difference reveals the importance of fluvial architecture for the paleo-environment analysis. However the information of the interaction between climate and fluvial system is not clean everytime. For instance, it is one of the most important questions that the terrace sedimentation that formed in a climatic cycle (sequential warm and cold periods) can be formed by the tectonic accumulation-erosion processes or by the different factors like as the lateral migration of the rivers. Besides the other discussing topics which reverse the simplex for the interaction of climate-river systems are below.

- a. Is there any characteristic sedimentary structure in the terrace sections? Can be determined accurately the forming mechanism of every sedimentary layers.
- b. What are the relative ages of the sedimentary layers and their erosive phases which formed in a fluvial incision-accumulation cycle? Which processes and phases are consistent?
- c. Which scenarios can analysed the preservation of the terraces sequences which related to the climatic cycle?
- d. How the finding about human usage of fluvial areas can obtain, and which information can be derived from these findings? This article aims to search the answers for these questions.

Keywords: Fluvial sedimentation, terrace sequences, historical settlements.

1.GİRİŞ

Akarsu sekileri, flüvyal alanların morfolojik gelişimini anlamak için anahtar unsurlardır. Bir akarsu sekisi, nehrin yatağını daha derine kazarak terk ettiği eski taşkınovasını temsil eden

düz yüzey olarak açıklanmaktadır (Leopold, Wolman ve Miller, 1964, s.460-461). Bu yüzey, dolgu (birikim) sekisi ve erozyonal seki kavramları ile iki grupta sınıflandırılmaktadır. Bunlardan dolgu sekileri, bir alanda istiflenmiş olan flüvyal depoları kapsarken (kil, silt, kum, çakıl vb.), erozyonal sekiler; nehrin dikey ve yanal erozyonu ile karakterize edilmekte, bu yüzeylerde sadece ince bir sediment örtüsü (genellikle çakıl) korunabilmektedir. Bu şekilde, söz konusu iki sınıf kolaylıkla birbirinden ayırt edilmekte ise de, literatürde, “erozyonal seki” kavramının yanı sıra, “ana kaya sekisi” terimi de kullanılabilmektedir. Bu makalede, flüvyal bir örtüye sahip olmayan ya da çok ince bir yüzey örtüsü olan sekiler için, “anakaya sekisi” yerine “erozyonal seki” terimi kullanılmıştır. Çünkü ana kaya sekisi, ana kaya içerisindeki kazılmayla sınırlandırılırken (Leopold vd., 1964) erozyonal seki, gevşek ve dağınık sedimentler içerisinde (örneğin daha eski flüvyal çakıllar içinde) oluşan sekileri de kapsar.

Akarsu sekilerinin oluşumu konusunda genel görüş, tektonik upliftin (bölgesel yükselmin) ortak etkisi ile iklimsel değişimlerin, nehirlerin derine gömülmesine yol açarak sekileri meydana getirdiği şeklindedir (Schumm, 1977; Vandenberghe, 1995a; Maddy, 1997; Bridgland, 2000; Antoine, Lautridou ve Laurent, 2000; Veldkamp and Tebbens, 2001; Maddy, Bridgland ve Westaway, 2001; Vandenberghe and Maddy, 2001; Starkel, 2003; Peters and Van Balen, 2007; Bridgland and Westaway, 2008; Starkel, Michczynska, Gebica, Kiss ve Panin, 2015; Wang, Shuangwen, Van Balen ve Lu, 2015). Bu durumda seki basamakları, iklimsel ve tektonik denetim altında, nehirlerin biriktirme, durağanlık ve derine kazma süreçlerinin bir sonucu olarak gelişmektedirler. Bunlardan derine kazma süreci, tektonik ya da iklimsel kökenli kaide seviyesi düşüşü ile (Kiden ve Törnqvist, 1998; Busschers vd., 2007), nehirlerin yeterince aşındırma yapabilecekleri yeni bir topografya ile karşı karşıya kalmaları sonucu gerçekleşirken, birçok akarsu havzasında seki basamaklarının oluşumu bu şekilde tetiklenmektedir. Ancak kaide seviyesi değişimlerinin yanında (Viveen vd., 2013), bitki örtüsü, yamaç gelişimi ve nehre giren sediment miktarındaki değişimler de nehrin boyuna profilinde bir bozulma yaratabilir (Vandenberghe, 1993a). Özellikle iklim etmeni, ikincil değişimlere (bitki örtüsü, sediment deposu ve nehir akımı) sebep olan yağış ve sıcaklık değişimleri vasıtasıyla vadileri etkilemektedir (Avşin, Vandenberghe, van Balen, Kıyak ve Öztürk, 2019). Daha küçük ölçekte bir başka olası senaryo ise, insan müdahalesi ya da nehrin iç dinamiklerindeki değişimlerin etkisidir.

İklimsel değişimlerin seki kronolojisi üzerindeki rolü konusunda incelemeler yapan çeşitli araştırmacılar (Bridgland ve Allen, 1996; Maddy vd, 2001; Vandenberghe, 2015), akarsuların yataklarını kazma aktivitelerinin, soğuk-ılık dönem (glasyal-interglasyal) geçişlerinde meydana geldiğini savunmuşlardır. Bu geleneksel bakışa göre, soğuk dönemlerde örgülü nehirler gelişerek yüksek miktarda sediment depolamış ve geniş seki depoları oluşturmuş, buna karşılık buzul arası-ılık dönemlerde menderesli nehirler var olmuştur. Dolayısıyla, soğuk dönemler kaba sedimentler ile karakterize edilirken, interglasyal (ılık) dönemler, ince sedimentler ile karakterize edilmektedir. Sonraki araştırmalar da benzer şekilde, flüvyal erozyonun daha çok soğuk-ılık iklim geçişleri sırasında, mevsimsel ısınmalarla meydana geldiği savunmuştur.

Bridgland ve Allen’in 1996’da ortaya koyduğu seki oluşum modeli, glasyal ya da interglasyal dönemler gibi kısmen sabit koşulların seki oluşumu üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla geliştirilirken, Maddy vd, 2001’de bu modeli İngiltere’ye uyarlamış ve sabit koşullara sahip olmayan iklim geçişlerini flüvyal kazılmalarla ilişkilendirmiştir. Dolayısıyla bu tür çalışmalarda, nehirlerin sediment birikimi sabit koşullara atfedilirken, biriktirilen sedimentlerin kazılması, geçiş dönemlerindeki sabit olmayan koşullara bağlanmıştır.

Vandenberghe (2015), iklim denetimindeki seki basamaklarının oluşum sürecinde üç ana senaryoyu ele aldığı çalışmada, bu senaryoları büyük ölçüde Kuzey Avrupa ülkeleri temelinde tartışmıştır. Dolayısıyla, geleneksel görüşü destekleyen bu çalışmaların dışında kalan diğer örnekler (Olzak, 2011; Doğan, 2011; Stange, Balen, Carcaillet ve Vandenberghe, 2013; Schielein, Schellmann, Lomax, Preusser ve Fiebig, 2015; Olzak ve Adamiec, 2016) ile Türkiye akarsuları yeterince ayrıntılı ele alınmamıştır. Bu çalışmada, söz konusu bölgelerin flüvyal süreçleri konusundaki eksiklikler giderilmeye çalışılacaktır.

Son olarak sekilerde, devamlı değişen çevresel koşullara insanların nasıl uyum sağladığını anlamak için, bu oluşumların morfolojik ve sedimantolojik değişimine yol açan iklimsel süreçler tartışılacaktır. Ancak, iklim-flüvyal sistem etkileşimi sanıldığı kadar yalın olmadığı için (Bridgland, 1994, 2010; Maddy, 1997; Maddy vd., 2001; Vandenberghe, 2002), bu makalede, iklimsel döngüyle ilişkili gelişen basamaklı seki serilerini meydana getiren olası süreçler, yer küre üzerindeki konum farkları dikkate alınarak irdelenecektir.

2. AKARSU SEKİLERİNİN SEDİMANTOLOJİK YAPISI VE SEKİ OLUŞUM SÜRECİ

Akarsu sekileri, flüvyal mimarinin en önemli unsurlarıdır. Seki sedimantolojisi ve stratigrafisinin analitik yorumları, nehir sisteminin evrimi hakkında bilgi verdiği gibi, o bölgenin paleocoğrafi koşulları hakkında da önemli bilgiler içermektedir. Sekilerin içyapılarındaki karakteristik sedimanter özellikler ile depoların kökenleri ve oluşum zamanları konusunda bazı soru işaretleri olmakla birlikte, genel seki sedimantolojisi konusunda kabul gören temel bilgiler aşağıdaki gibidir.

2.1. Genel sediment yapısı

Akarsu sekilerinin içyapılarındaki sedimanter katmanlar bazı araştırmacılar tarafından kısmen tanımlanmış olsa da, standart ve sistematik bir tanımlama henüz mevcut değildir. Bu durumun en önemli sebebi, nehirlerin oldukça değişken sistemler olmaları ve farklı akarsu kanalları arasındaki geçiş yapılarının varlığıdır.

Karakteristik bir akarsu sekisinin içyapısında, tabanda (deponun alt seviyelerinde) tipik olarak yatay, paralel ya da tekne (oluk) biçiminde katmanlanmış kaba taneli kum ve çakıllar ile onların üstünde uzanan ince taneli kum, silt ve kil katmanları beklenmektedir (Schirmer, 1995). Bu iki ünite arasında ise genellikle keskin ve belirgin bir sınır bulunmaktadır. Ancak bazen siltli ya da ince kumlu tabakalar, kaba taneli tabakaların arasına girmiş olabileceği gibi, ince taneli sedimentler de, temele doğru kaba taneli kanal (yatak) dolguları ya da lag depoları (kazıntı çakılları) içerebilirler. Dolayısıyla flüvyal depolarda standart tanımlamalar yapmak zordur. Ancak buna rağmen, bazı sedimantolojik değerlendirmelerden söz edilebilir. Örneğin flüvyal bir seri içerisindeki kaba taneli depolar, genellikle aktif yatağa ait sedimentler (yatakta taşınan iri unsurlar) olarak değerlendirilirken, ince taneli depolar, taşkın ovalarında biriken sedimentler şeklinde yorumlanmaktadır.

2.2. Sekileri oluşturan depoların kökenleri

2.2.1. Alt seviyelerdeki kaba taneli depolar

Akarsulara ait sedimanter fasiyes türlerinin birçoğu, bu konuda ortaya konulmuş sedimantolojik literatürde yıllarca tartışılmış, Rust (1972), Bluck (1979), Miall (1996), Lewin ve Gibbard (2010) gibi birçok bilim insanı tarafından kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Buna göre kaba taneli flüvyal sedimentler, genellikle vadilerdeki yatak yükü olarak düşünülmektedir. Yani bunlar, akarsuyun yatağı içerisinde taşınan iri boyutlu sedimentlerdir. Bu depolar çeşitli ebatlar-

da materyal içermekle birlikte, çoğunlukla imbrikasyon (tane yönelimi) gösteren çakıllardan oluşmaktadırlar. Masif olan ya da kabaca katmanlanmış bu tabakalar, bazı durumlarda yatay, çapraz veya tekne şeklinde de istiflenmekte, deponun üst seviyelerine doğru genellikle geniş ölçekli yatay katmanlar şeklinde devam etmektedirler. Fakat bazen de bu seviyeler, küçük ölçekli çapraz laminalanma (ince katmanlanma) gösterebilir ki bu durum, sedimantasyonun, kazılma sürecinden daha baskın olduğu aktif kanal kuşağının kenar bölümlerinde ortaya çıkmaktadır (Vandenberghe, Mommersteeg, Edelman, 1993).

Kaba taneli akarsu depoları içerisinde zaman zaman yer alan tekne (oluk) şeklindeki çapraz katmanlanmış tabakalar, kısmen hareketli, geniş ve sığ kanalların dolgularıdır ve bu kanallar, ana kanaldan çok daha küçük olup, dönem dönem yer değiştiren ünitelerdir. Dolayısıyla meydana gelen sediment deposu da, bu kanalcıkların içerisinde dolduran tekne çapraz katmanlar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 1 ve 2). Söz konusu kanallar içerisinde düzlemsel çapraz katmanlanma var ise, bu durum, menderesli akarsu yataklarının yatay göçüne işaret etmekte ve çoğunlukla Donjek ya da Scott tarzı olarak tanımlanmaktadır (Miall, 1978).

Lewin and Gibbard (2010), sekilerin içyapılarında gözlenen kaba taneli depoların, örgülü yatak tiplerine özgü olduğunu savunmaktadır. Ancak yapılan araştırmalarda görülmüştür ki, bu tür depolar sadece örgülü kanallarda değil, menderesli nehirlerde de oluşabilir (Alonso ve Garzon, 1994; Schirmer, 1995). Çünkü nehir tiplerinin tümü, mevcut bütün iklim bölgelerinde gözlenebilmektedir (Vandenberghe, 2001). Dolayısıyla, sekilerin deposal/stratigrafik yapılarının doğrudan bir kanal tipine işaret edemeyeceği, yapılacak değerlendirmelerde dikkatli olunması gerektiğini bilinmelidir.

Ayrıca kaba taneli bu flüvyal seriler, bazen de içerisindeki ince taneli, organik depoların varlığıyla daha karmaşık hale getirilmiştir. Bugün İngiltere'deki birçok nehir deposu bu şekildedir (Bridgland, 2006; Bridgland ve Westaway, 2008; Bridgland, 2010). Yine de en azından, söz konusu kaba taneli sediment katmanlarının Kuzey Avrupa'daki nehir yataklarında, genellikle soğuk dönemler (buzul dönemleri) sırasında oluştuğu söylenebilir. Ancak bu durum, Türkiye gibi Akdeniz kuşağı ülkelerinde tümüyle aynı değildir. Söz konusu farklılığa 2.3. bölümünde yer verilmiştir.

Şekil 1: Göksu Nehri'ne ait (Mut-Mersin) kaba taneli akarsu deposu örnekleri. Siyah renkli katmanlar silt ve kil depolarını göstermektedir.

Şekil 2: Kaba taneli seki depolarına Göksu Nehri vadisinden (Mut- Mersin) bir örnek

2.2.2. Üst seviyelerdeki ince taneli depolar

Kaba taneli depolar arasında yer alan ince taneli (organik) depolar, Gibbard ve Lewin (2002) tarafından ayrıntılı bir model ile tanımlanmıştır. Genelde bu depolanma, bir bataklık içinde ya da kanal terkinin ardından alüvyal bir göl içinde ince taneli sedimentin çökmesinden dolayı, flüvyal-gölsel bir depo olarak ya da alüvyal taşkınova deposu olarak yorumlanabilir. Bu depoların ince taneli oluşu, lős gibi yapısal olarak ince taneli bir materyalden kaynağını alması ile ilgili olabilse de, genellikle ana sebep, ağır sedimentlerin yatak tabanında taşınarak yatak yükünü oluşturmaları ve taşkın pozisyonuna ulaşmamasıdır. Taşkın pozisyonuna ulaşabilen depolar, hafif ve ince unsurlu kum, silt, kil gibi sedimentlerdir (Şekil 3).

Flüvyal serinin en üstünde, hafifçe yatay olarak katmanlanmış (laminlanmış) bu tabakalar, nehir taşkını sırasında ve/veya sonrasında sığ suda depolanan taşkın sedimentini temsil etmektedir (De Moor vd., 2008) ve bunlar, Leopold vd. (1964) tarafından “alüvyal örtü” olarak tanımlanmıştır. Nehir taşkınının devamlı olmama özelliğinden dolayı, depolanma sık sık kesintiye uğradığı için de, söz konusu taşkınova depoları içerisinde (farklı derecelerde) toprak oluşumu (flüvyosol, Turner vd., 2013) ve çamur çatlakları meydana gelebilir (Huijzer ve Múcher, 1993).

Şekil 3: İnce taneli seki depolarına Göksu Nehri vadisinden (Mut- Mersin) bir örnek

2.3. Seki oluşum süreci ve göreceli kronoloji

Flüvyal sistemlerin morfolojisi (başta seki serileri ve içyapı özellikleri), iklim ve bitki örtüsünün bir fonksiyonu olan akım ve sediment yükü arasındaki denge tarafından kontrol edilir. Bu iki faktör ise yerkürenin farklı iklim bölgelerinde değişkenlik gösterir. Örneğin Orta kuşağın soğuk iklim bölgeleri ile Akdeniz iklim bölgesi oldukça farklı klimatik koşullara sahiptir. Bu nedenle, standart bir flüvyal tepkiden söz etmek zordur.

Flüvyal sistem-iklim etkileşimini konu alan birçok araştırma, aşındırma aktivitesinin iklim geçişlerinde meydana geldiğini savunmuşlardır (Vandenberghe vd., 1993, Vandenberghe, 1995a, 2003, 2008; Bridgland ve Allen, 1996; Bridgland, 2006). Söz konusu durum, buzulların gerilemesi sırasında kar ve buz erimelerinin artışı ve nehirlerin güç kazanmaları ile yakından ilişkilidir (Marren ve Toomath, 2013). Aynı derine aşınım, çıplak arazilerde bitki örtüsünün yeniden ortaya çıkmaya başladığı dönemlerde (periglasyal-sıcak dönem aralanması sırasında) (Vandenberghe, Beyens, Paris, Kasse, Gouman, 1984; Vandenberghe, 1993a, 1995a) veya musonal ve (sub-) tropikal koşullarda da oluşabilir (Bridgland ve Westaway, 2008; Vandenberghe, Wang ve Lu, 2011; Wang vd., 2013; Pan, Hu, Wang, Vandenberghe, Hu, 2010). Fakat kazılma olayının kesin zamanı, bu farklı iklim kuşaklarında kısmen değişiklik gösterir.

Biriktirme aktivitesi ise farklı flüvyal tepkilerin bir sonucu olabilmektedir. Bu durumun ele alındığı senaryolar aşağıda etraflıca verilmiştir ancak burada belirtmek gerekir ki, uzun yıllar boyunca, kutup bölgelerine yakın sahalarda (özellikle buzullarla beslenen akarsu havzalarında) buz kütlelerinin maksimum hacme ulaştığı soğuk dönemlerde kaba taneli sediment birikiminin gerçekleştiği düşünülmüş, bu sebeple kaba sedimentler doğrudan buzul dönemleri ile ilişkilendirilmiştir. Soğuk iklim bölgelerinde ve serin orta kuşak enlemlerinde bu saptama doğru olmakla birlikte, son yıllarda Orta kuşağın bazı kesimlerinde ve Akdeniz iklim bölgesinde farklı sonuçlara erişen araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların en önemli özelliği, iklim kontrolündeki nehir aktivitesi için öngörülen geleneksel görüşün dışında bir sürecin gerçekleşebileceğini ortaya koymalarıdır. Örneğin Pireneler’de yapılan çalışma (Stange vd., 2013), interglasyaller sırasında yoğun sediment birikiminden söz ederken, Olszak (2011) ile Olszak ve Adamiec (2016), Batı Karpatlarda, interglasyal (ılık) ve interstadyal (kısa süreli ılık) dönemlerde önemli bir sediment birikimi olduğunu tespit etmişlerdir.

Benzer şekilde, Türkiye nehirlerinde gerçekleştirilen bazı çalışmalar da geleneksel görüşün dışındaki bulgulara destek niteliğindedir. Örneğin Kızılırmak, interglasyal dönemde sekisini depolamış ve Kuzey Avrupa nehirlerinin aksine sıcak dönemde yoğun bir sediment birikimi gerçekleştirmiştir (Doğan, 2010, 2011). Göksu Nehri ise yine interglasyal dönemde kaba taneli sediment depolayarak glasyal dönemde sedimantasyonuna devam etmiştir (Avşin, 2013; Avşin vd., 2019; Şekil 4).

Buradaki anahtar etken bitki örtüsüdür. Çünkü bu etken, bir nehrin sediment deposunu kontrol eden en önemli unsurlardan biridir (Vandenberghe, 1993a, 1995a, 2001). Polen analizlerine dayalı araştırmalar, Anadolu’da soğuk dönemler sırasında step vejetasyonunun varlığını koruduğunu göstermiştir (Şenkul ve Doğan, 2015; Pickarski, Kwiecien, Langgut ve Litt 2015). Bu da, Türkiye’de soğuk dönemlerin muhtemelen daha az şiddetli geçtiğine işaret eder. Dolayısıyla Anadolu’daki nehir sistemlerinin, interglasyal dönemlerdeki kanal paternini ve sedimantasyon sürecini soğuk dönemlerde de kısmen devam ettirdiğini söylemek yerinde olacaktır.

Şekil 4: Göksu Nehri vadisinin (Mersin) interglasyal depolarından örnekler. Gp: düzlemsel çapraz katmanlı çakıl ünitesi. Gh: Yatay katmanlı çakıl ünitesi

Sonuç olarak, seki oluşumunda tektonizma ve içsel eşiklerin etkisi göz ardı edilmeyecek, flüvyal birikim ve kazılma süreçlerine ait sedimantolojik ve stratigrafik verilerin iklim etkisinden bağımsız düşünülemeyeceği açıktır (Schumm, 1977). Bu iklimsel etkiler, belirli bir süre ve şiddet eşiğini aştığında akarsu vadilerindeki erozyon ve depolanma süreçleri meydana gelmektedir (Schumm, 1979; Vandenberghe ve Woo, 2002; Lewin ve Gibbard, 2010).

Seki oluşumunun yaşı konusunda ise, seki oluşum kavramı hakkında hemfikir olmak gerekmektedir. Bazı araştırmacılar, kaba taneli sedimantasyonun bitimiyle sekilerin oluştuğunu savunmakta iken, kimi araştırmacılar sekinin, tüm flüvyal depolanma bittiğinde oluştuğunu, böylece ince taneli taşkınovaşı depolanmasından sonra tarihleneceğini öne sürerler. Bu, oldukça önemli bir fark yaratır, çünkü her iki deponun yaşı önemli ölçüde farklı olabilir.

Daha önce açıklandığı gibi, nispeten düz bir arazi yüzeyi olarak tanımlanan sekiler, nehir terkinden sonra (nehrin o yüzeyi kazarak terk etmesinin ardından) korunmaktadırlar. Bu nedenle, teorik olarak bir sekinin yüzeyi ortaya çıkar çıkmaz oluştuğu söylenebilir. Dolayısıyla bu durumda seki, kaba taneli materyal birikimini tamamlar tamamlamaz meydana çıkmaktadır. Bu tespit, literatürde en çok kabul gören seki gelişim sürecidir. Çünkü bu kaba materyal üzerine ince taneli taşkın ovası depolarının birikimi, soğuk periyodun son aşamasından bir sonraki ılık periyoda kadar, değişken bir zaman aralığında gerçekleşebilir. Bu nedenle belirli bir yaş gösteremeyebilir ve iyi bir zaman belirteci değildir (Vandenberghe, 2015).

3. İKLİM DENETİMİNDE OLUŞAN BİR SEKİ BASAMAĞININ BİRİKİM-AŞINIM SÜRECİNE İLİŞKİN SENARYOLAR

Senaryo 1 ve 2, Bridgland ve Westaway (2008) tarafından ortaya konulan, gerek ısınma gerekse soğuma koşullarındaki iklimsel etkiye tepki olarak meydana gelen seki gelişiminin gözden geçirilmiş kavramsal modelleri ile benzerdir.

3.1. Senaryo 1

Bu öngöründe, nehir yataklarında iki birikim ve iki aşınım safhası belirlenmiştir. Birikim safhalarından ilki, soğuk (glasyal) dönemlerde gerçekleşen kaba unsurlu sedimantasyon iken, ikincisi, ılık (interglasyal) dönemlerde gerçekleşen ince unsurlu sedimantasyondur (Şekil 5). Erozyonel aktivite ise, glasyal dönemden interglasyal döneme geçişte ve interglasyal dönemden glasyal döneme geçişte meydana gelmektedir.

Şekil 5: Senaryo 1'e ait iklim sürüşlü flüvyal aşınım birikim modeli. Sğ/Sc: Soğuktan sığa geçiş. Sc/Sğ: Sıcaktan soğuğa geçiş (Vandenberghe, 2015).

Bu senaryoda, soğuk dönem sırasında nehir yataklarında kaba taneli sediment birikimi meydana gelmektedir. Dönem sonuna doğru azalan nehir gücü ve akımı nedeniyle, dönem bitiminde (ilk erozyon safhasının başlangıcında-interglasyale geçişte), kaba taneli depolar üzerinde ince taneli sedimantasyon gerçekleşir. Bunun yanında akarsular, sıcaklık artışı ile meydana gelen kar-buz erimeleri nedeniyle güçlenerek yataklarını derine aşındırırlar. Dolayısıyla eski yataklar terk edilir ve seki oluşumunda ilk adım atılmış olur. Bu aşamadaki nehir tipi genellikle menderesli kanallardır ve bu kanallarda altta kaba sediment, üstte taşkın ovası ince sedimentleri, en üstte ise interglasyal bir toprak tipi oluşur.

Tümüyle ılık döneme geçildiğinde, tipik bir menderesli kanalın varlığından söz edilebilir ki bu nehir, taşkınova sırasında kil, silt, kum gibi ince taneli unsurların yanı sıra, organik ve inorganik depolar biriktirebilir (Vandenberghe, 2015).

Takip eden ılık-soğuk dönem (interglasyalden-tekrar glasyale) geçişinde, çoğunlukla örgülü bir nehir tarafından temsil edilen ikincil bir erozyon safhası gelişmektedir. Bu erozyon, ilkinden daha baskındır ve bir önceki dönemde oluşan menderesli nehrin seki depolarını tümüyle ortadan kaldırmamakla birlikte o depoların kalıntılarını taşır.

Vandenberghe (2008) ile Gibbard ve Lewin (2009), soğuk iklimler sırasında nehirlerin nispeten güçlü bir erozyonal etkiye sahip olduğunu vurgulamışlar, pek çok araştırma da bu güçlü etkinin, alçak sahalarda (deniz seviyesine yakın alanlar) için en olası senaryo olduğunu kanıtlanmıştır (Van Huissteden, Van der Valk ve Vandenberghe 1987; Antoine, 1994, 1997; Mol, Vandenberghe ve Kasse, 2000; Cordier, 2006). Sekilerdeki kazılma (erozyon) izi, soğuk-ılık dönem geçişi ya da ılık-soğuk dönem geçişi gibi her iki durumda da oluşmaktadır, ancak bu erozyonal değişimin miktarı, sonraki örgülü nehrin yatay göçünün oranına bağlıdır.

3.2. Senaryo 2

Bu ikinci öngörü, ilk senaryoya benzemekle birlikte küçük bir farkla ondan ayrılmaktadır. Çünkü bu senaryoda, ikincil aşınım safhası olarak nitelendirilen ılık dönemden soğuk döneme (interglasyalden-glasyale) geçiş erozyonu, senaryo 1'deki kadar baskın değildir. Dolayısıyla, sıcak dönemde biriken sedimentler korunabilirler.

Bu senaryo genellikle, soğuk bir dönem başladığında o bölgedeki nehrin aşındırma aktivitesinin, önceki ılık dönemin başlangıcındaki aşındırma gücüne kıyasla düşük olduğu durumlarda, ya da soğuk bir dönem başladığında nehrin aşındırma aktivitesinin, soğuk dönem sırasında nehrin depolama aktivitesine kıyasla düşük olduğu durumlarda gerçekleşmektedir. Her iki durumda da soğuk dönem başında nehrin aşınım gücü nispeten düşüktür (Şekil 6).

Bu sürece dahil olan flüvyal sistemlerde nehirler, ılık dönemin başlangıcında (sınırlı alanlarına rağmen) derine kazma aktiviteleri ile karakterize edilirler. Bu nedenle interglasyal safhada nispeten güçlü bir flüvyal aktiviteden bahsedilebilir. Özellikle takip eden süreçte sıkı örgülü bir nehrin geliştiği yerlerde bu derin erozyonun kalıntıları korunabilmiş olabilir. Fakat bu şekilde korunabilmiş depolara her bölgede rastlanmaz. İngiltere'nin birçok nehir sisteminde, bu durumun var olduğu, yani altta uzanan ilk soğuk periyodun kaba taneli depoları ile üstte uzanan, ikinci soğuk periyodun kaba taneli depoları arasındaki interglasyal dönem depoları bu şekilde korunduğu tespit edilmiştir (Bridgland, 1994, 2006; Vandenberghe, 2015).

Söz konusu sürecin belirgin örneklerinden biri de Türkiye'nin önemli akarsularından olan Göksu Nehri flüvyal sistemidir. Yapılan araştırmalar, Göksu Nehri'nin, seki birikimini tam bir iklim döngüsü içinde (sedimentasyonuna sıcak dönemde başlayıp soğuk dönemde devam ederek) tamamladığını, soğuk dönemden sıcak döneme geçiş aşamasında ise yatağını kazdığını göstermiştir (Avşin vd., 2019). Bu örnekte, nehrin interglasyal depoları sekinin alt seviyelerinde uzanırken, glasyal depoları üst seviyelerinde uzanmaktadır. Ancak bu flüvyal sistemin 2. Senaryo ile önemli bir farkı vardır. Göksu Nehri'nin interglasyal depoları, ince taneli ve organik değil, aksine kaba taneli ve inorganiktir (Avşin vd., 2019). Bu durum, serin orta kuşak koşullarında öngörülen interglasyal dönem menderesli nehirlerinin ince taneli sedimentasyon betimlemesine uymaz. Dolayısıyla bu tür istisna yaratan örnekler (Doğan, 2010, 2011; Stange vd., 2013; Olszak, 2011; Olszak ve Adamiec, 2016), iklim kuşakları, paleocoğrafî koşulları (paleo vejetasyon başta olmak üzere) ve özel konumları dikkate alınarak ayrıca değerlendirilmelidir.

Şekil 6: Senaryo 2'ye ait iklim sürüşlü flüvyal aşınım birikim modeli (Vandenbergh, 2015)

3.3. Senaryo 3

Üçüncü senaryo, ikinci senaryodan bir adım daha ileriye gider. Burada tümüyle korunan dikey bir kanal dolgusu söz konusudur. İlk dönem başladığında baskın olan erozyon ile aşındırılıp biriktirilen interglasyal depolar, bu senaryoya göre tümüyle korunmuştur ki bu durum, interglasyal döneme ait bir sekinin oluşmuş olması anlamına gelmektedir. Bu seki, soğuk kökenli bir sekinin aksine ılık dönemi karakterize etmektedir (Şekil 7).

Günümüz nehir sistemlerinin depoları bu türdedir, çünkü gelecekteki ılık-soğuk geçişi (Holosen sonrası) henüz gerçekleşmemiştir. Bu nedenle günümüz vadi morfolojisi, Geç glasyaldan Holosen'e geçişteki erozyon izleri ile Holosen depolarını bir arada barındıran bir yapıdadır (Vandenbergh, 2008). Dünyada Main Nehri (Orta Almanya, Schirmer, 1988), Warta Nehri (Polonya, Kozarski, 1991), Yukarı Vistula, San, Wiskola ve Dniester nehirlerinin (Polonya, Ukrayna, Szumanski, 1983; Kalicki, 1991; Starkel, 1981, 1994; Gebica, Starkel, Jacyszyn ve Krapiec, 2013) Holosen seki serileri bu şekildedir.

Ayrıca ılık dönem sırasında vadilerini terk edip yatak değiştiren nehirlerin (örneğin Maas-Nehri'nin, Belvedere interglasyalinin sonunda sapması) durumları da bu örneğe uymaktadır. Benzer şekilde, menderesli ve Geç glayal yaşlı (Bölling-Alleröd) Maas ve Ijssel nehirlerinin depoları, Younger Dryas sırasındaki örgülü nehir tarafından tümüyle aşındırılmamıştır (Vandenbergh, 1993b; Vandenbergh, Kasse, Bohncke ve Kozarski, 1994; Kasse, Vandenbergh ve Bohncke., 1995; Huisink, 1997; Janssens vd., 2012; Şekil 7). Böylece, Bölling-Alleröd sekisinin, tipik menderesli karakteri ile "interglasyal tipte bir seki" olduğu söylenebilir. Yine Kuzey Almanya'daki Jeetzel Nehri'nin Alleröd sekisi gibi başka örnekler de oluşmuştur (Turner vd., 2013). Sonuç olarak, diğer iki senaryodan farklı olarak bu üçüncü öngörünün, sadece günümüz koşulları ile ilişkilendirilerek modellendiği söylenebilir.

Şekil 7: Senaryo 3'e ait iklim sürüşlü flüvyal aşınım birikim modeli (Vandenberghe, 2015)

4. FLÜVYAL ÇEVRELERDE İNSAN YERLEŞİMLERİ İÇİN TERCİH EDİLEN ALANLAR VE ÇEVRESEL KOŞULLAR

Nehir vadileri, su deposu, besin kaynağı (bitki ve hayvanlar), taşımacılık ve savunma amaçlı kullanıma uygunlukları sebebiyle, insan yaşamı için oldukça çekici alanlardır (Vandenberghe, 1995 a,b,c). Ancak, vadiler içerisindeki arkeolojik yerleşmelerin konumları çoğunlukla tespit edilememekte ya da kısmen tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada, flüvyal alanlardaki prehistorik yerleşim yerlerine ilişkin veriler, yeryüzünden rastgele seçilmiş çeşitli alanlardan örneklerle ortaya konulabilecektir. Bunlar; Güney Hollanda (Maas vadisindeki Maastricht-Belvedere alanı), Portekiz kıyı kesimi, Yukarı Volva ve Dvina (Rusya) ve Luonan havzası (Qinling Dağları, Orta Çin), Dicle Nehri vadisi (Diyarbakır) ve Gediz Nehri vadisidir. Bu örneklerden çıkarılabilen sonuca göre, yerleşim yeri seçimi için en yaygın konumlar ile varsayılan hâkim flüvyal çevre koşulları aşağıda değerlendirilmiştir.

1. **Buzul dönemleri** sırasında, aktif bir örgülü nehrin kaba sedimentleri içerisinde, insan ürünü materyallerin kesin konumları tam olarak saptanabilmiş değildir. Dolayısıyla söz konusu bulgular, ilgili nehir sistemi içerisindeki çevresel koşulları anlamlandırmak için yeterince veri sağlamamaktadır. Ancak yine de söylenebilir ki, bu döneme ait örgülü nehirlerin adaları, buzul devirlerinde yaşam alanı olarak en çok tercih edilen kesimlerdir (Martins vd., 2010).

2. Buna karşılık, **interglasyal döneme** ait bazı taşkın ovalarından elde edilen bulgular, ılık dönemler sırasında yaşam alanı olarak özellikle taşkın ovalarının seçildiğini göstermektedir. Rapor edilen örnekler şu şekildedir;

a. Güney Hollanda'da (Belvedere), interglasyal döneme ait bir menderesli nehrin taşkın ovasında gelişen levelerin bitki örtüsüyle kaplanmış yüzeyinden bazı arkeolojik bulgular elde edilmiş, ayrıca terkedilmiş bir kanalın/bataklığın kurumuş çukurundan da çakı ve kazıyıcılar çıkarılmıştır (Roebroeks, De Loecker, Hennekens ve Van Ieperen, 1993). Benzer şekilde, Tejo vadisindeki (Portekiz) bir kanal dolgusunun en üst kesiminde yine benzer aletler bulunmuştur (Mozzi, Azevedo, Nunes, ve Raposo, 2000).

Panin ve Nefedov (2010), Yukarı Volga ve Dvina nehirlerinin (Rusya) taşkın ovalarında, mevsimsel sellenmelerin çok sık olmadığı nispeten ılık koşullar sırasında, insan yerleşimi için uygun şartlar saptamışlardır. Buna karşın, nispeten soğuk koşullar sırasında yoğun mevsimsel seller söz konusudur. İnsanlar, bu soğuk dönemde, çakıllı taşkın ovasına sahip nehrin çevresinde ve leve, burun seti gibi nispeten yüksek kesimlerde kalırlarken, ılık dönemler sırasında, nehir bankları, alçak sekiler gibi taşkın ovası etrafında konaklamışlardır.

b) Kuzey-Orta Avrupa'da, interglasyal döneme ait taşkın ovası alüvyonlarında arkeolojik bulgular ele geçirilmiştir (Bridgland vd., 2006).

c) Yine Orta Çin'in dağlık bölgesinde, buzullaşmalar sırasında, nehir boyunca bazı lokasyonlarda insanımsı bir türün konumlandığı saptanmıştır (Sun vd., 2013).

d) Anadolu'da, Dicle Nehri vadisindeki interglasyal dönem taşkınovası üzerinde, sellenme riskinin azaldığı safhalarda (Geç Kalkolitik'te) varlığı koruyan yerleşim yerlerine ilişkin arkeolojik bulgular elde edilmiştir (Doğan, 2005). Bu bölgede tespit edilen höyüklerin büyük bölümü, Holosen taşkınovasında ve 10 metre sekisinin üzerindedir.

e) Benzer şekilde Anadolu'da, Gediz Nehri vadisindeki taşkınovası üzerinde, Erken Pleistosen döneminde varlığını koruyan insan yerleşiminin bir ürünü olarak, kuvarstan yapılmış bir el aleti bulunmuştur. Bu ürün Anadolu'nun en eski el aleti olma özelliği taşımaktadır.

f) Yukarı Volga Havzası'nda Minino alanı (Vandenberghe, Gracheva ve Sorokin, 2010), Don Vadisi boyunca nehir kıyısı kesimi (Velichko, Pisareva1, Sedov, Sinitsyn ve Timireva, 2009), Çin'in Luonan Havzası'nda nadiren su altında kalan terk edilmiş taşkın ovası ve bitişiğindeki alçak seki (Lu vd., 2011; Sun, Lu, Wang, Yi, Shen ve Zhang vd., 2013), flüvyal bir çevrede yerleşim yeri seçimi için diğer önemli örneklerdir.

Sonuç olarak flüvyal çevrelerde, taşkınovaları içerisindeki yüksek kesimlerin ve nehir kanalı boyunda gözlenen diğer yüksek lokasyonların (alçak sekiler, leveler vb.) beşeri kullanım için tercih edildiği söylenebilir. Bir yerleşimin ortadan kalkması ise, artan bir sellenme riskinden kaynaklanmış olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alonso, A., Garzon, G., (1994), Quaternary evolution of a meandering gravel bed river in central Spain, *Terra Nova*, 6, 465-475.
- Antoine, P., (1994), The Somme valley terrace system (northern France): a model of river response to Quaternary climatic variations since 800,000 BP, *Terra Nov*, 6, 453-464.
- Antoine, P., (1997), Modifications des systemes fluviaux a la transition Pléiglaciaire- Tardiglaciaire et al. 'Holocene: l'exemple du bassin de la Somme (Nord de la France), *Geographie Physique et Quaternaire*, 51, 93-106.
- Antoine, P., Lautridou, J.-P. & Laurent, M., (2000), Long-term fluvial archives in NW France: response of the Seine and Somme Rivers to tectonic movements, climatic variations and sea-level changes, *Geomorphology*, 33, 183-207.
- Avşın, N., (2013), Göksu Nehri vadisinin flüvyal jeomorfolojisi (Mut-Silifke arası), *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 34, 314-334.
- Avşın N., Vandenberghe, J., van Balen, R., Güneç Kıyak, N. & Öztürk, T., (2019), Tectonic and climatic controls on Quaternary fluvial processes and river terrace formation in a Mediterranean setting, the Göksu River, southern Turkey, *Quaternary Research*, 91, 533-547.
- Bluck, B.J., (1979), Structure of coarse-grained braided stream alluvium, *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 70, 181-221.
- Bridgland, D.R., (1994), Quaternary of the Thames. In: *Geological Conservation Review Series*, London: Chapman&Hall.
- Bridgland, D., (2000), River terrace systems in northwest Europe: an archive of environmental change, uplift and early human occupation, *Quaternary Science Reviews*, 19, 1293-1303.
- Bridgland, D.R., (2006), The Middle and Upper Pleistocene sequence in the Lower Thames: a record of Milankovitch climatic fluctuation and early human occupation of southern Britain, *Proceedings of the Geologists' Association*, 117, 281-305.
- Bridgland, D., (2010), The record from British Quaternary river systems within the context of global fluvial archives, *Journal of Quaternary Science*, 25, 433-446.
- Bridgland, D.R., Allen, P., (1996), A revised model for terrace formation and its significance for the early middle Pleistocene terrace aggradations of north-east Essex, England, In: Turner, C. (Ed.), *The Early Middle Pleistocene in Europe*, (121-134), Rotterdam: Balkema.
- Bridgland, D.R., Antoine, P., Limondin-Lozouet, N., Santisteban, J.I., Westaway, R. & White, M.J., (2006), The Palaeolithic occupation of Europe as revealed by evidence from the rivers: data from IGCP 449, *Journal of Quaternary Research*, 21, 437-455.
- Bridgland, D.R., Westaway, R., (2008), Climatically controlled river terrace staircases: a worldwide Quaternary phenomenon, *Geomorphology*, 98, 285-315.

- Busschers, F.S., Kasse, C., van Balen, R.T., Vandenberghe, J., Cohen, K.M., Weerts, H.J.T., Wallinga, J. & Cleveringa, P., (2007), Imprints of Late-Pleistocene climate change, sea-level change and glacio-hydro-isostasy on the sedimentary record of the Rhine-Meuse river system (southern North Sea Basin, the Netherlands), *Quaternary Science Reviews*, 26, 3216-3248.
- Cordier, S., (2006), Fluvial system response to Middle and Upper Pleistocene climate change in the Meurthe and Moselle valleys (eastern Paris basin and Rhenish Massif), *Quaternary Science Reviews*, 25, 1460-1474.
- De Moor, J.J.W., Kasse, C., Van Balen, R., Vandenberghe, J. & Wallinga, J., (2008), Human and climate impact on catchment development during the Holocene Geul River, the Netherlands, *Geomorphology*, 98, 316-339.
- Doğan, U., (2005). Holocene fluvial development of the Upper Tigris Valley (Southeastern Turkey) as documented by archaeological data. *Quaternary International* 129, 75-86.
- Doğan, U., (2010), Fluvial response to climate change during and after the Last Glacial Maximum in Central Anatolia, Turkey, *Quaternary International*, 222, 221–229.
- Doğan, U., (2011), Climate-controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia section, Turkey: inferred from Ar–Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy, *Geomorphology*, 126, 66–81.
- Gębica, P., Starkel, L., Jacyszyn, A. & Krąpiec, M., (2013), Medieval accumulation in the Upper Dniester river: the role of human impact and climate change in the Eastern Carpathian foreland, *Quaternary International*, 293, 207-218.
- Gibbard, P.L., Lewin, J., (2002), Climate and related controls on interglacial fluvial sedimentation in lowland Britain, *Sedimentary Geology*, 151, 187-210.
- Gibbard, P.L., Lewin, J., (2009), River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe, *Tectonophysics*, 474, 41-55.
- Huijzer, A.S., Múcher, H., (1993), Micro morphology of the Intra-Saalian Interglacial Pedocomplex and Eemian Rocourt Soil in the Belvederepit (Maastricht, The Netherlands), *Mededelingen Rijk Geologische Dienst*, 47, 31-40.
- Huisink, M., (1997), Late Glacial sedimentological and morphological changes in a lowland river as a response to climatic change: the Maas, Netherlands, *Journal of Quaternary Science*, 12, 209-223.
- Janssens, M.M., Kasse, C. & Bohncke, S.J.P., Greaves, H., Cohen, K.M., Wallinga, J., Hoek, W., (2012), Climate-driven fluvial development and valley abandonment at the last glacial-interglacial transition (Oude IJssel-Rhine, Germany), *Netherlands Journal of Geosciences*, 91, 37-62.
- Kalicki, T., (1991), The evolution of the Vistula river valley between Cracow and Niepołomice in Late Vistulian and Holocene times. In: Starkel, L. (Ed.), *Evolution of the Vistula River Valley During the Last 15,000 Years*, *Geographical Studies*, 6, 11-37.

- Kasse, C., Vandenberghe, J., Bohncke, S. J. P., (1995), European river activity and climatic change during the Lateglacial and early Holocene, *Paläoklimaforschung/Palaeoclimate Research Special Issue*, 14, 123-150.
- Kiden, P., Törnqvist, T., (1998), Can river terrace flights be used to quantify Quaternary tectonic uplift rates, *Journal of Quaternary Science*, 13, 573-575.
- Kozarski, S., (1991). Warta- a case study of a lowland river. In: Starkel, L., Gregory, K.J., Thor-nes, J.B. (Eds.), *Temperate Palaeohydrology*, (189-215), New York, Wiley.
- Leopold, L.B., Wolman, L.G. & Miller, J., (1964), *Fluvial Processes in Geomorphology*, San Francisco: W.H. Freeman.
- Lewin, J., Gibbard, P.L., (2010), Quaternary river terraces in England: forms, sediments and processes, *Geomorphology*, 120, 293-311.
- Lu, H., Zhang, H., Wang, S.J., Cosgrove, R., Sun, X., Zhao, J., Sun, D., Zhao, C., Shen, C. & Wei, M., (2011), Multi phase timing of hominid occupations and the paleo environment in Luonan Basin, Central China, *Quaternary Research*, 76, 142-147.
- Maddy, D., (1997), Uplift driven valley incision and river terrace formation in southern Eng-land, *Journal of Quaternary Science*, 12, 439-545.
- Maddy, D., Bridgland, D. & Westaway, R., (2001), Uplift-driven valley incision and climate-controlled river terrace development in the Thames Valley, UK, *Quaternary International*, 79, 23-36.
- Marren, P.M., Toomath, S.C., (2013), Fluvial adjustments in response to glacier retreat: Skafta-fellsjökull, Iceland. *Borea*, 42, 57-70.
- Martins, A.A., Cunha, P.P., Rosina, P., Osterbeek, L., Cura, S., Grimaldi, S., Gomes, J., Buyla-ert, J.-P., Murray, A.S. & Matos, J., (2010), Geoarchaeology of Pleistocene openair sites in the Villa Nova da Barquinha-Santa Cita area (Lower Tejo River basin, central Portu-gal), *Proceedings of the Geologists' Association*, 121, 128-140.
- Miall, A.D., (1978), Lithofacies types and vertical profile models in braided rivers: a summary. In: Miall, A.D. (Ed.), *Fluvial Sedimentology*, (597-604), Canada: Society Petroleum Geology Memoir.
- Miall, A., (1996), *The Geology of Fluvial Deposits*. Berlin: Springer.
- Mol, J., 1997. Fluvial response to Weichselian climate changes in the Niederlausitz (Germany). *Journal of Quaternary Scienc*, 12, 43-60.
- Mol, J., Vandenberghe, J. & Kasse, C., (2000), River response to variations of periglacial clima-te, *Geomorphology*, 33, 131-148.
- Mozzi, P., Azevedo, T., Nunes, E. & Raposo, L., (2000), Middle terrace deposits of the Tagus river in Alpiarça, Portugal in relation to early human occupation, *Quaternary Research*, 54, 359-371.
- Olszak, J. M., (2011), Evolution of fluvial terraces in response to climate change and tectonic uplift during the Pleistocene: Evidence from Kamienica and Ochotnica River valleys (Polish Outer Carpathians), *Geomorphology*, 129, 71-78.

- Olszak, J., Adamiec, G., (2016), OSL-based chronostratigraphy of river terraces in mountainous areas, Dunajec basin, West Carpathians: a revision of the climatostratigraphical approach, *Boreas*, 45, 483–493.
- Pan, B., Hu, Z., Wang, J., Vandenberghe, J. & Hu, X., (2010), A magnetostratigraphic record of landscape development in the eastern Ordos Plateau, China, *Geomorphology*, 125, 225–238.
- Panin, A.V., Nefedov, V.S., (2010), Analysis of variations in the regime of river and lakes in the Upper Volga and Upper Zapadnaya Dvina based on archaeological geomorphological data, *Water Resources*, 37, 16–32.
- Peters, G., Van Balen, R.T., (2007), Pleistocene tectonics inferred from the fluvial terraces of the northern Upper Rhine Graben, Germany, *Tectonophysics*, 430, 41–65.
- Pickarski, N., Kwiecien, O., Langgut, D. & Litt, T., (2015), Abrupt climate and vegetation variability of eastern Anatolia during the last glacial, *Climate of the Past*, 11, 1491–1505
- Roebroeks, W., De Loecker, D., Hennekens, P. & Van Ieperen, M., (1993), On the Archaeology of the Maastricht-Belvedere, *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 47, 69–79.
- Rust, B.R., (1972), Structure and process in a braided river, *Sedimentology*, 18, 221–245.
- Schielein, P., Schellmann, G., Lomax, J., Preusser, F. & Fiebig, M., (2015), Chronostratigraphy of the Hochterassen in the lower Lech valley (North Alpine Foreland), *Quaternary Science Journal*, 64, 15–29.
- Schirmer, W., (1995), Valley bottoms in the late Quaternary, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 100, 27–71.
- Schumm, S.A., (1977), *The Fluvial System*, New York.:Wiley.
- Schumm, S.A., (1979), Geomorphic Thresholds: the Concept and its Applications, *Transactions Institute British Geographers*, 4, 485–515.
- Stange, K., van Balen, R.T., Carcaillet, J. & Vandenberghe, J., (2013), Terrace staircase development in the Southern Pyrenees Foreland: inferences from ¹⁰Be terrace exposure ages at the Segre River, *Global and Planetary Change*, 101, 97–112.
- Starkel, L., (1981), The Evolution of the Wisłoka Valley Near Dębica During the Late Glacial and Holocene, *Folia Quaternaria*, 53, 1–91.
- Starkel, L., (1994), Reflection of Glaciale Interglacial cycle in the evolution of the Vistula river basin, Poland, *Terra Nova*, 6, 486–494.
- Starkel, L., (2003), Climatically controlled terraces in uplifting mountain areas, *Quaternary Science Reviews*, 22, 2189–2198.
- Starkel, L., Michczynska, D., Gebica, P., Kiss, T. & Panin, A., (2015), Climatic fluctuations reflected in the evolution of fluvial systems of Central–Eastern Europe (60–8 ka cal BP), *Quaternary International*, 388, 97–118.
- Sun, X., Lu, H., Wang, S., Yi, S., Shen, C. & Zhang, W., (2013), TL- OSL dating of Longyadong Middle Paleolithic site and paleo environmental implications for hominin occupation in Luonan Basin (central China), *Quaternary Research*, 79, 168–174.

- Szumanski, A., (1983), Palaeochannels of large meanders in the river valleys of the Polish Lowland, *Quaternary Studies in Poland*, 4, 207-216.
- Şenkul, Ç., Doğan, U., (2013), Vegetation and climate of Anatolia and adjacent regions during the Last Glacial period, *Quaternary International*, 302, 110–122.
- Tebbens, L., Veldkamp, A., (2001), Exploring the possibilities and limitations of modelling Quaternary fluvial dynamics. In: Maddy, D., Macklin, M., Woodward, J. (Eds.), *River Basin Sediment Systems: Archives of Environmental Change.*, (469-484), Rotterdam,: Balkema.
- Turner, F., Tolksdorf, J.F., Viehberg, F., Schwalb, A., Kaiser, K., Bittmann, F., von Bramann, U., Pott, R., Staesche, U., Breest, K. & Veil, S., (2013), Lateglacial/early Holocene fluvial reactions of the Jeetzel river (Elbe valley, northern Germany) to abrupt climatic and environmental changes, *Quaternary Science Reviews*, 60, 91-109.
- Van Huissteden, J., Van der Valk, L. & Vandenberghe, J., (1987), Geomorphological evolution of a lowland valley system during the Weichselian, *Earth Surface Processes Landforms*, 11, 207-216.
- Vandenberghe, J., (1993a), Changing fluvial processes under changing periglacial conditions, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 88, 17-28.
- Vandenberghe, J., (1993b), River Terrace Development and its Relation to Climate: the Saalian Caberg Terrace of the Maas River Near Maastricht (The Netherlands), *Mededelingen Rijks Geologische Dienst N.S.*, 47, 19-24.
- Vandenberghe, J., (1995a), Timescales, climate and river development, *Quaternary Science Reviews*, 14, 631-638.
- Vandenberghe, J., (1995b), The Saalian Complex and the First Traces of Human Activity in The Netherlands in a Stratigraphic and Ecologic Context, *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 52, 187-194.
- Vandenberghe, J., (1995c), The role of rivers in palaeoclimatic reconstruction. In: Frenzel, B., Vandenberghe, J., Kasse, C., Bohncke, S., Gläser, B. (Eds.), *European River Activity and Climatic Change During the Lateglacial and Early Holocene*, *Paleoklimaforschung*, 14, 11-19.
- Vandenberghe, J., (2001), A typology of Pleistocene cold-based rivers, *Quaternary International*, 79, 111-121.
- Vandenberghe, J., (2002), The relation between climate and river processes, landforms and deposits during the Quaternary, *Quaternary International*, 91, 17-23.
- Vandenberghe, J., (2003), Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas, *Quaternary Science Review*, 22, 2053-2060.
- Vandenberghe, J., (2008), The fluvial cycle at coldwarmecold transitions in lowland regions: a refinement of theory; *Geomorphology*, 98, 275-284.
- Vandenberghe, J., Maddy, D., (2001), Response of river systems to climate change, *Quaternary International*, 79, 1–3.

- Vandenberghe, J., Woo, M.K., (2002), Modern and ancient periglacial river types, *Progress in Physical Geography*, 26, 479-506.
- Vandenberghe, J., Beyens, L., Paris, P., Kasse, C. & Gouman, M., (1984), Palaeomorphological and -botanical evolution of small lowland valleys (Mark valley), *Catena*, 11, 229-238.
- Vandenberghe, J., Gracheva, R. & Sorokin, A., (2010), Postglacial floodplain development and Mesolithic Neolithic occupation in the Russian forest zone, *Proceedings of the Geologists' Association*, 121, 229-237.
- Vandenberghe, J., Kasse, C., Bohncke, S. & Kozarski, S., (1994), Climate-related river activity at the Weichselian Holocene transition: a comparative study of the Warta and Maas rivers, *Terra Nova*, 6, 476-485.
- Vandenberghe, J., Mommersteeg, H. & Edelman, D., (1993), Lithogenesis and Geomorphological Processes of the Pleistocene Deposits at Belvedere, *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 47, 7-18.
- Vandenberghe, J., Wang, X. & Lu, H., (2011), Differential impact of small-scaled tectonic movements on fluvial morphology and sedimentology (the Huang shui catchment, NE Tibetan Plateau), *Geomorphology*, 134, 171-185.
- Vandenberghe, J., (2015), River terraces as a response to climatic forcing: formation processes, sedimentary characteristics and sites for human occupation, *Earth and Climate*, 370, 3-11.
- Velichko, A.A., Pisareva, V.V., Sedov, S.N., Sinitsyn, A.A. & Timireva, S.N., (2009) Paleogeography of Kostenki-14 (Markina Gora), *Archaeology Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 37, 35-50.
- Viveen, W., Schoorl, W.M., Veldkamp, A., Van Balen, R.T., Desprat, S. & Vidal-oman, J.R., (2013), Reconstructing the interacting effects of base level, climate, and tectonic uplift in the lower Rhine River terrace record: a gradient modeling evaluation, *Geomorphology*, 186, 96-118.
- Wang, X., Vandenberghe, J., Yi, S., Vandenberghe, J., Lu, H., van Balen, R.T. & Van den Haute, P., (2013), Late Quaternary palaeoclimatic and geomorphological evolution at the interface between the Meuse basin and the Qilian Mountains (northeastern Tibetan Plateau), *Quaternary Research*, 80, 534-544.
- Wang, X., Vandenberghe, J., Shuangwen, Y., Van Balen, R.T. & Lu, H., (2015), Climate-dependent fluvial architecture and processes on a suborbital timescale in areas of rapid tectonic uplift: an example from the NE Tibetan Plateau, *Global and Planetary Change*, 133, 318-329.