

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Prusias Ad Hypium Ancient Aqueducts Of The Roman Period and Loss Occurrences Due To Historical Earthquake

Ali Ateş^{*a}

Submitted: 01.05.2023 Revised: 05.06.2023 Accepted: 05.06.2023 doi:10.30855/gmbd.0705076

ABSTRACT

Keywords: Düzce, Aqueducts, Earthquakes

^aBolu Abant İzzet Baysal University,
Engineering Faculty,
Dept. of Civil Engineering
14030 Center/Bolu
Orcid: 0000-0001-6297-8571
e mail: atesali2000@gmail.com

^{*}Corresponding author:
atesali2000@gmail.com.tr

Turkey is located on the Alpine-Himalayan seismic belt, which is an important earthquake belt of the world. A lot of earthquakes have occurred in Anatolia in historical periods. In addition to this, civilization was established in them in Anatolia and dozens of them were destroyed. Turkey acts as a bridge connecting Europe and Asia, where civilizations intersect in this region. Düzce province is located in a region with high seismicity. The North Anatolian Fault system is dominant in this region. Düzce province is under the influence of the Düzce fault, which is a branch of the NAFZ system. It has been exposed to many earthquakes in historical periods. Recently, two major destructive earthquakes have been shaken on 17 August 1999 and 12 November 1999. There are multiple structures and traces from the Roman period in Konuralp district. The most important of these is the historical ancient Aqueducts. The wreckage of aqueducts still stands witness to history. It is estimated that these arches were damaged in historical earthquakes. Aqueducts still servise outside the district for touristic purposes.

Prusias Ad Hypium Roma Dönemi Antik Su Kemerleri ve Tarihi Depremlerde Yok Oluşları

ÖZ

Türkiye Dünyanın önemli bir deprem kuşağı olan Alp Himalaya deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Anadolu'da tarihsel dönemlerde sayısız depremler meydana gelmiştir. Ayrıca Anadolu'da onlarda medeniyet kurulmuş ve onlarcası ise yıkılmıştır. Türkiye bu bölgede medeniyetlerin keşiştiği Avrupa ile Asya'yı birleştiren bir köprü görevi yerine getirmektedir. Düzce ili konum olarak depremselliği yüksek olan bir bölgede bulunmaktadır. Bu bölgede Kuzey Anadolu Fay sistemi (KAFZ) etkisi hakimdir. Düzce ili KAFZ sisteminin bir kolu olan Düzce fayı etkisinde bulunmaktadır. Tarihsel dönemlerde birçok depremlere maruz kalmıştır. Son dönemlerde de 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 tarihlerinde iki büyük yıkıcı depremlerle sarsılmıştır. Konuralp ilçesinde Roma döneminden kalan birden çok yapı ve izler bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi ise tarihi antik Su kemerleridir. Su kemerlerinin enkazı hala tarihe tanıklık etmektedir. Bu kemerlerin tarihi depremlerde zarar gördüğü tahmin edilmektedir. Hala ilçenin dışında su kemerleri turistik amaçla görevini sürdürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Düzce,
Su kemeleri, Depremler

1. Giriş (Introduction)

Türkiye bölgesel olarak Alp Himalaya deprem kuşağı üzerindedir. Bundan dolayı da aktif tektonik rejimi üzerinde yer almakta olup, kuşak hareketliliği doğrudan doğruya ülkemizi etkilemektedir. Ayrıca ülkemizde etkin olan Kuzey Anadolu Fay sistemi (KAFZ) özellikle ülkemizin kuzeyinden bir baştan diğer başa yaklaşık 1200 km uzunluğa sahip olduğu için Düzce ilini etkilemektedir. Bunun yanında ülkemiz tektonik olarak Arap plakasının kuzeye doğru yönelmesi ile bir sıkışma rejimi altındadır. Bütün bu tektonik yapısal olaylar Düzce ilini etkilemektedir.

Bu bağlamda Anadolu'da birçok medeniyetler tarihsel depremlere maruz kalmışlardır. KAFZ sistemi ana kol ve tali kollara ayrılmıştır [1]. Ülkemizin kuzeyinde doğudan batıya devam eden bir çöküntü alanı mevcuttur. Saros körfezinden başlayarak doğuya doğru Marmara Denizinin kuzeyinde Düzce- Bolu çöküntü hattı bölgesinin de dahil olduğu bir kuşak bulunmaktadır. Bu kuşak Kelkit vadisi, Erzincan Erzurum Pasinler'i içine alarak Aras çukurluğu ile Türkiye'den çıkmaktadır [1, 2]. Bu bölgede aletsel ve tarihsel kayıtlara bakıldığında ciddi sayıda ve büyüklüklerde depremler meydana gelmiştir. Düzce ili bölgesel olarak aktif bir deprem kuşağı üzerindedir. Bölgede tarihsel dönemlerde de çok ciddi depremler yaşanmıştır. Bu aktif rejim Düzce'yi oldukça etkilemiştir. Bu depremlerde can ve mal kayıpları olduğu gibi tarihi yapılarda yıkılmıştır. Düzce ve havzasının zemin formasyonu henüz stabil ve durağan bir yapı değildir. Halen bir sıkışma ve oturma eğilimi göstermektedir. Düzce yakın geçmiş dönemde iki büyük depremle sarsılmış ve çok sayıda can ve mal kayıpları yaşanmıştır. 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremleri meydana gelmiş ve Düzce' de ciddi hasarlar oluşmuştur. Düzce ilinin aktivitesinin yüksekliği bilinmektedir [1,2,3,4].

Bu bölgede birçok medeniyetler depremlerde yıkılmış ve enkaza uğramıştır. Anadolu'da bu tarihi yapıları ve enkazları görmek mümkündür. PRUSİAS AD HYPIUM yerleşim merkezi de bunlardan birisidir. Bu yerleşim merkezinde Roma dönemi tarihi Su yapıları da mevcuttur [5]. Ayrıca Su kemerleri enkazları tarihi depremlerin izini taşımaktadır. Bu su kemeri enkazlarının ise tarihi depremlerde zarar gördüğü ve yıkıldığı tahmin edilmektedir.

2. Materyal ve Metot (Material and Method)

2.1. Çalışma alanı (Study Area)

Araştırma alanı Düzce ili Konuralp sınırları içindedir. Düzce batı Karadeniz bölgesinde yer almakta olup, İstanbul-Ankara oto yolu üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1). Tarihi bir yerleşim yeridir. Ve değişik adlarla anılmıştır. İlçe merkezinin topografik yapısı düz ve düze yakındır. Konuralp yerleşkesi su kemerlerinin olduğu ilçe ve kentin kuzeyinde yer almaktadır. Düzce ilinin deniz seviyesinden yüksekliği 150 m civarındadır.



Şekil 1. Düzce ili yer bulduru haritası (Duzce Province local map) [6]

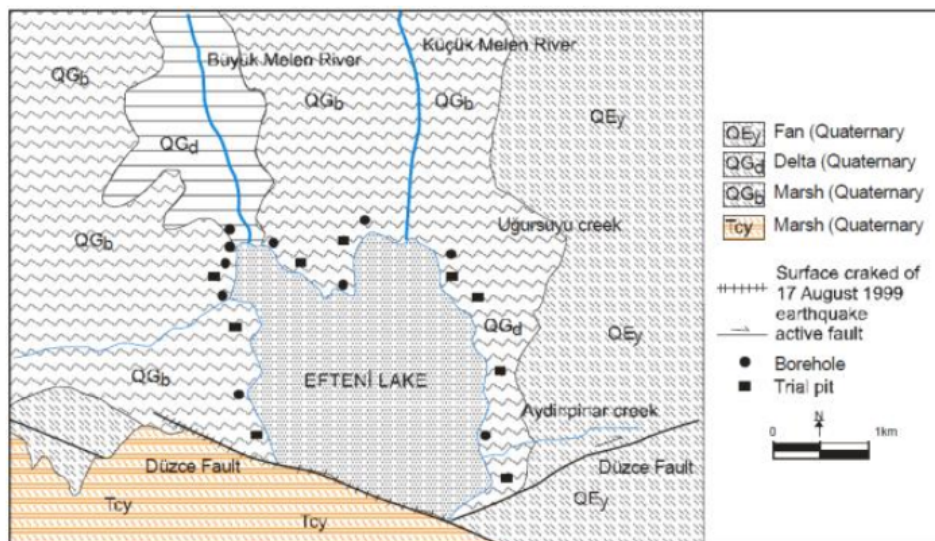
2.2. Çalışma alanının jeolojisi ve depremselliği (Geology and seismicity of area)

Türkiye ülke olarak, Alpin yani Alp Himalayalar sisteminin kuzey ve güney etkisinin altında olduğu sıkışma rejimi altındadır. Herseniye orojenize ait izler genel olarak bozulmuş durumdadır. Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay sistemi etkisi altındadır. Kuzeye ayrılan kol, tektonik olarak yan kollara ayrılmaktadır. Anadolu'nun kuzeyinde doğudan batıya doğru ilerleyen bir çöküntü alanı bulunmaktadır. Saros Körfezinin başlangıcından Marmara'nın kuzeyini de içine alan Düzce- Bolu hattında jeolojik olarak bir çöküntü alanı bulunmaktadır. Bu çizgisel uzantı Kelkit Vadisi, Erzincan, Erzurum Pasinler'i içine alarak Aras çukurluğu ile

Türkiye'den ayrılmaktadır [4]. Düzce, sistematik olarak hareketli bir deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır [4]. Plaka tektoniği açısından çok hareketli ve aktif bir rejim Düzce'yi etkisi altına almıştır. Düzce kent yerleşim yeri zeminleri yerleşmiş ve stabil yapıda değildir. Bundan dolayı da konveksiyon ve çökme davranışları ciddi bir öneme sahiptir. Düzce ili ana kayalardan uzak güney batı yönünde 0.5-3 derecelik bir eğimle düzlükte kurulmuştur.

Düzce yerleşkesi akarsu, kanal ve taşkın bölgesi çöküntü sahası üzerinde yer almakta ve jeolojik olarak açılmaktadır. Yerleşke bölgesinde genç tortu kalınlığı yaklaşık 175-225 m arasında değişmektedir. Asar suyu ve Melen çayı şehrin merkezinden akar gider ve ıslah edilmemiş noktalardan taşar. Kent yerleşkesinin litolojik yapısı daha çok silt ve kil, kısmen de kum ve çakıl kompozisyonundan oluşmaktadır [7]. Güneyden geçen Düzce fayına yaklaşık 10 km. uzaklıkta bulunmaktadır. Taşkın havzasının, taşkından korunmuş alanda kalın bir zemin yapısı oluşmuştur. Kent merkezinde zemin başlangıcından su seviyesi derinliği 2,5-3,5 m arasında değişmektedir ve güney yönünde artan bir şekilde sığlaşmaktadır. Bu azalan su düzeyi seviyesi önemli ölçüde kanal ıslah çalışmaları ve Melen çayının 2,5-4,0 m arasında yatağında gömülmüş oluşu ile daha sonradan meydana gelmiştir. Kent yerleşkesinin güneyi otobana yakın ve ana kayalardan tahminen 1 km., kuzey tarafındaki Çaycuma formasyonundan aşağı yukarı 1,5 km. mesafedeki akarsu etkisinde alüvyal yelpazesi ve gösel çöküntü alanında geniş bir sahada bulunur. Üzerinde bulunduğu alan yapısal litoloji çakıl, kum, silt, kilden oluşmaktadır. Bölge halan tektonik olarak sıkışma etkisinde olduğu için zemin yapısı halan duraylı ve oturmuş değildir. Bu bağlamda, Efteni gölü tüm Düzce baseninin hem su toplama merkezi hem de artarak derinleşen ve genişleyerek açılan depolama sahasıdır. Bu yüzden göl çevresinde 260 m olan çökel kalınlığı artarak sığlaşır. Bu devinimin sürekliliği ile Gölyaka ilçe yerleşkesi jeolojik olarak gelecek dönemde göl içinde kaybolacaktır. Gölyaka ilçesinden akan akarsu yatağı ıslah edilmiş ve derinleştirilmiştir [1,4]. Bundan dolayı yer altı su seviyesi 1,5-2,5 m arasında değişmektedir.

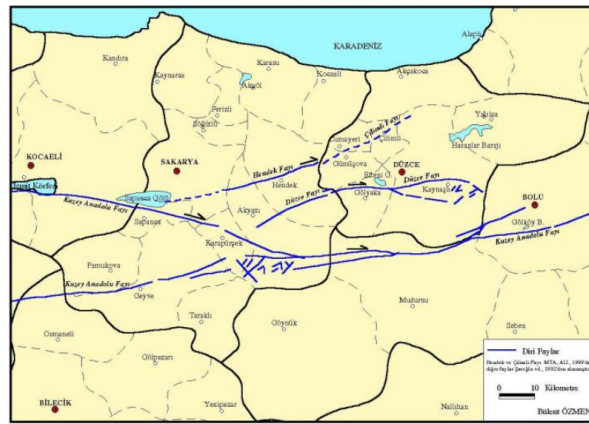
Çilimli ilçe yerleşkesi Çaycuma formasyonu içine saplanmış göreceli eski bir alüvyon yelpazesinin üzerinde, kısmen temel kayalar üzerine yer almaktadır [1, 4, 6]. Hemen önünde Çilimli fayı doğuya doğru yol alır. Mevcut akarsu çayı yelpazeyi derince yarmış ve düşük bir rölyef oluşturmuştur. İlçe yerleşkesinin bulunduğu bölge ve kuzeyi oldukça engebeldir. Ancak buradaki fayların (Çilimli fayı dahil) yakın dönemde bir aktivitesinin olduğu yönünde bir kayıt yoktur. Gümüşova yerleşkesi ise Yığılca üyesi volkanit üzerinde yer almaktadır. Burada litolojik yapı volkanik breş ve tüflerden oluşmaktadır. Yapısal formasyonun üzerinde, topoğrafyaya bağlı olarak 0,5-1,5 kalınlığında zemin yapısı oluşmuştur. Cumayeri yerleşkesi, batıdan gelen geçici mevsimlik bir akarsuyun Melen Çayına ulaştığı yerde bulunmaktadır. Ana kayalar kuzeyden 1 km., güney batıda 2 km. uzaklıkta yer alır. Alüvyon bazlı tortul kalınlığı 100-130 m arasında olduğu ön görülmektedir. Ana litoloji ince kum-silt ve kilden ibarettir. Melen Çayının Menderesli akış rejimi hem drenajı hem de yöredeki tortul çeşidini belirlemektedir. Düzce kent yerleşkesi ve çalışma sahası, kuarterner alüvyal çökellerin fazlaca geniş olarak yayılmış olduğu bir yerleşkedir. Alüvyal malzemeler akarsu yolları boyunca oluşmuştur. Yüksek noktalarda yer yer, andezit ve diabloz türünde volkanik kayalar izlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma sahasının jeoloji haritası (MTA jeoloji haritasından düzenlenmiştir) (Geology map of study site modified by MTA) [7]

2.3. Aktif faylar ve deprem potansiyeli (Active fault and seismicity potential)

Düzce baseni ülkemizin en önemli aktif faylarından olan Kuzey Anadolu Fayı (KAFZ) üzerinde bulunmaktadır. Bu KAFZ sistemi, doğuda Karlıova noktasından başlayarak ülkenin kuzey kesimini doğu batı yönünde baştan başa bir hat boyunca geçer gider. Bolu bölgesine kadar genelde tek parçalardan oluşur ve bölgede izlenen bu fay, Bolu'nun batı kesiminde (Dokurcum Vadisi) çatallanarak kollara ayrılır. Burada iki temel kola ayrılarak Marmara Denizine doğru ilerler. Sakarya-Düzce yöresindeki Hendek ve diğer faylarda KAFZ sistemine katılır ve KAFZ sisteminin yaklaşık genişliği 40 km'ye ulaşır. Düzce baseninde yer alan yerleşkeler son dönemde bu zonda bulunan aktif fay kollarının meydana getirdiği büyük depremlerin yıkıcı etkisinde kalmıştır. 1944, 1957 ve 1967 yıllarındaki depremler bu KAFZ sisteminin Bolu Abant ve Abant Gölü-Adapazarı Ovası arasında yüzey faylanması sonucu meydana gelmiştir. Düzce basenine en yakın olan ve deprem potansiyeli taşıyan aktif KAFZ sisteminin kolları bu basenini oluşturmuştur. Düzce, Hendek fayları aktif fay yapısına sahiptir. Çilimli fayı ise olası aktif bir faydır. Son zamanlarda etkinliği görülmemiştir (Şekil 3) [1,4].



Şekil 3. Bolu ve Düzce Civarının diri fayları (Active fault existed around the Bolu Düzce provision) [6]

2.3.1. Düzce fayı (Düzce fault)

Düzce Baseninin güney sınırlarında yer alan ve ili çevreleyen KAFZ sisteminin bu kolu Düzce fayı olarak adlandırılmıştır ve uzunluğu ise 70 km civarındadır. Düzce fayı bilinen üç parçadan oluşmaktadır. Ve sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Akyazı yerleşkesinin sınırları içerisinde kuvaterner öncesi jeolojik zamanda ana kayalar içinde izleri takip edilmektedir. Düzce kesiminde ise Düzce fayı yine kuvaterner yaşlı alüvyonel zeminler ve ana kayalar içinde dokunak olarak takip edilmektedir. Son dönemlerde bu fayın etkinliği morfolojide fay ani iniş ve çıkışları arazi değişimleri, yer değiştirmiş dereler ve sırt şeklinde oluşan yapısal yükseltiler Düzce fayının etkinliğini gösteren anomalilerdir. Bu fay 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihinde iki kez kırılmıştır [1,4,6]. 17 Ağustos'ta kırılan ve 130 km uzunluğa sahip olan bu parçanın 30 km'lik doğu bölümü Düzce Fayına aittir. 17 Ağustos depremi KAFZ sisteminin Düzce kolu bölümünde de oluşmuştur. 12 Kasım'da meydana gelen kırılma ise Düzce kolunun doğu kesiminde Efteni Gölü ile Bolu ilinin kuzey batısında yer alan Pirahmetler kesiminde kırılmıştır ve uzunluğu yaklaşık olarak 45 km'dir [1,4,6,7,8].

2.3.2. Hendek fayı (Hendek fault)

Düzce baseninin batı tarafında Sapanca Gölü ile Hendek Yerleşkesi ve Cumayeri hattında yer alan Kuzey doğu, Güney batı yönlü olan bu fay Hendek adıyla bilinmektedir. Bu fay tahmini olarak 50 km ve Sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Hendek fayı Sakarya baseninde aslı yüzzer halde görüntülenmiş ve haritaya aktarılmıştır. Bu fayın Hendek ve Cumayeri ortak hattında 25 km'lik parçası yüzeyel olarak çok nettir. Yüzeyde sağ tarafa yönelen, etkin ve büyük basınçlar sonucu gelişen sırtlıklar içinde kuvaterner yaşlı Karapürçek yapısını bu fay kesmektedir. Son depremlerin izleri Hendek Kuzey batısında yarık şeklinde gözlenmiştir. Bu fay üzerinde gözlenen kırıklar sağ yönelimli ve doğrultu atımlı yapısal forma sahiptir. Kırılan parçalar üzerinde yer yer 2-5 cm civarında sağ tarafa doğru yer değiştirmeler meydana gelmiştir [1,4, 6,7,8]. Bu yüzeyde oluşan hareketlilik 17 Ağustos depremine bağlı olarak Hendek kolu üzerinde stres birikiminin varlığını gösteren işaretler olarak düşünülebilir.

2.3.3. Çilimli fayı (Çilimli fault)

Düzce baseninde yerleşkenin Kuzeyinde Cumayeri ile Konuralp arasında ilerler. Çilimli fayı yaklaşık olarak 15 km uzunluğa sahip ve Güney Batı yönünde uzanan Hendek fayının devamında yer almaktadır. Kuzey batı ile Güney doğu uzantılı olan bu fay yerleşkenin Kuzeyinde yer alan Odunluk Dağı ile Düzce baseninde yüzeysel olarak jeolojik uyumsuzluk göstermektedir. Fay hattı üzerinde kaynak dizilimleri izlenmiştir ve Çilimli fayı hareketliliği olan bir fay olarak kabul edilebilir [1,4,6,7,8].

2.3.4. Son yüz yılda meydana gelen depremler (Earthquakes occurred in last century)

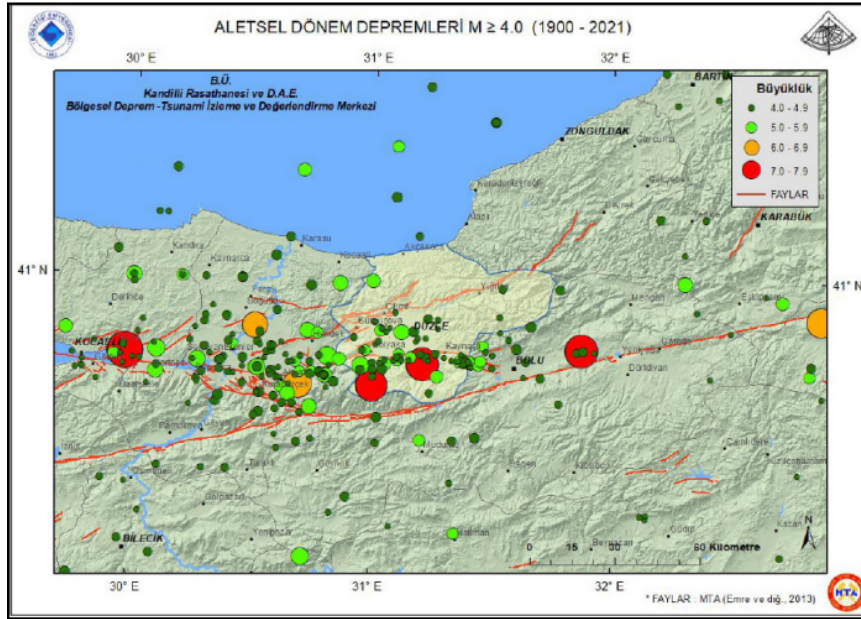
Çalışma sahası Kuzey Anadolu Fay sistemi içinde yer aldığı için aktif bir bölgedir. Hem tarihsel hem de aletsel dönem kayıtlarına bakıldığında bu bölgede değişik zamanlarda değişik büyüklükte depremlerin yaşandığı ve farklı medeniyetlerin yıkılıp yok olduğu anlaşılmaktadır [9]. Yakın zamanda bu sahayı etkileyen aletsel veriler (1900- 2016) yıllarını kapsayan etkileyici depremler Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından kayıt altına alınmış ve farklı amaçlar için kullanılmak üzere hizmete sunulmuştur. Bunun için 1900 ila 2016 dönemini kapsayan yıllara ait depremleri derlemek için 100 km çaplı bir alanın içine düşen, magnitüdü 4,5-7,5 arasında olan 131 adet deprem kaydı tespit edilmiştir (Çizelge 1) [10].

Tablo 1. Çalışma alanında 100 km'lik çap içinde meydana gelen tarihsel depremler (The earthquakes occurred in study site in radius of 100 km in historical period) [10]

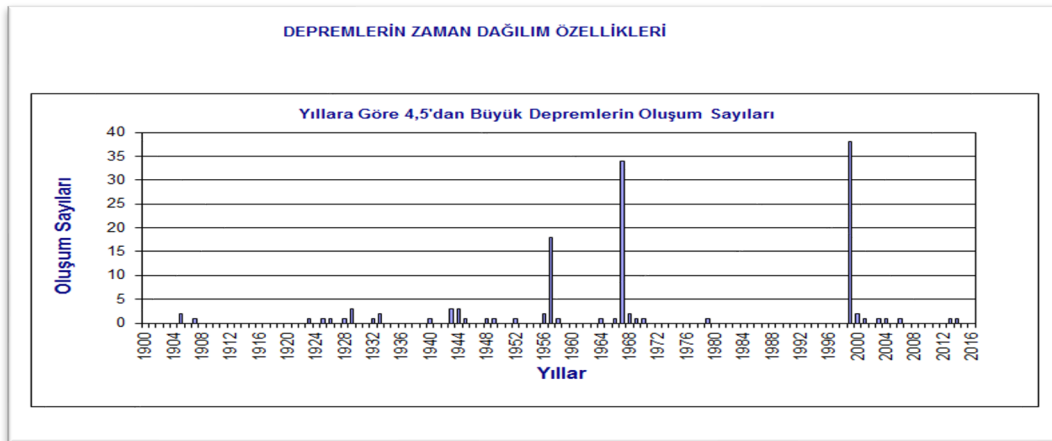
No	Deprem Kodu	Enlem	Boylam	Derinlik (Km)	Mw	Yer
1	20141022171105	40.406	30.1147	007.5	4.5	Taşoluk-Geyve (Sakarya)
2	20131124204937	40.784	31.8763	007.6	4.6	Ulumescit- (Bolu)
3	20060208040741	40.710	30.3648	008.7	4.5	Arifiye (Sakarya)
4	20040413214722	40.750	31.6400	0010	4.6	Yeniköy- (Bolu)
5	20030521082150	40.780	30.9600	0014	4.5	Yeşilova-Gölyaka (Düzce)
6	20010826004112	40.980	31.5400	0006	4.6	Çiflik-Yığılca (Düzce)
7	20000823134127	40.710	30.7500	0009	5.0	Çamlıca-Hendek (Sakarya)
8	20000214065634	40.980	31.7800	0009	4.8	Yeşilöz-Devrek (Zonguldak)
9	19991213191337	40.700	30.7400	0007	4.7	Çamlıca-Hendek (Sakarya)
10	19991119195907	40.780	30.9700	0009	5.0	Yazlık-Gölyaka (Düzce)
11	19991117081526	40.800	31.4600	0009	5.0	Kızılağıl- (Bolu)
12	19991116175117	40.790	31.6000	0001	4.9	Kozlu- (Bolu)
13	19991113025200	40.780	30.3000	0010	4.7	Çubuklu-Serdivan (Sakarya)
14	19991113005400	40.720	31.0000	0010	4.7	Bakacak-Gölyaka (Düzce)
15	19991112222100	40.750	31.3900	0010	4.8	Darıyeribakacak-Kaynaşlı (Düzce)
16	19991112205400	40.760	31.3800	0010	4.5	Darıyeribakacak-Kaynaşlı (Düzce)
17	19991112200500	40.740	31.0000	0010	4.5	Yunusefendi-Gölyaka (Düzce)
18	19991112191600	40.740	31.3800	0010	4.7	Yeşiltepe-Kaynaşlı (Düzce)
19	19991112190700	40.770	31.2000	0010	4.5	Güven- (Düzce)
20	19991112182400	40.760	31.1100	0010	4.7	Aydınşınar-(Düzce)
21	19991112181400	40.750	31.3600	0010	5.0	Yeşiltepe-Kaynaşlı (Düzce)
22	19991112180500	40.700	31.7000	0010	4.7	Demirciler- (Bolu)
23	19991112175700	40.740	31.4000	0010	4.8	Darıyeribakacak-Kaynaşlı (Düzce)
24	19991112175400	40.770	31.2600	0010	4.7	Fındıklı-Kaynaşlı (Düzce)
25	19991112175200	40.760	31.2200	0010	4.8	Özyanık- (Düzce)
26	19991112174700	40.720	30.9500	0010	4.8	Saçmalışınar-Gölyaka (Düzce)
27	19991112173000	40.750	31.4500	0010	5.2	Elmahık- (Bolu)
28	19991112172700	40.750	31.4000	0010	5.2	Darıyeribakacak-Kaynaşlı (Düzce)
29	19991112172300	40.760	31.1600	0010	5.1	Kaledibi- (Düzce)
30	19991112171800	40.740	31.0500	0010	5.4	Hamamüstü-Gölyaka (Düzce)
31	19991112171700	40.750	31.1000	0010	5.2	Aydınşınar- (Düzce)
32	19991112165720	40.740	31.2100	0025	7.2	Uğur- (Düzce)
33	19991111144125	40.740	30.2700	0022	5.7	Asağdıreköy-Serdivan (Sakarya)
34	19991107165442	40.710	30.7000	0010	5.0	Altındere-Akyazı (Sakarya)
35	19990917194906	40.720	30.1000	0015	4.5	Sirinsulhiye-Kartepi (Kocaeli)
36	19990913115528	40.770	30.1000	0019	5.8	Bayraktar-Izmit (Kocaeli)
37	19990831083323	40.780	29.9600	0010	4.6	Izmit (Kocaeli)
38	19990831081051	40.750	29.9200	0017	5.2	Kocaeli
39	19990829101455	40.880	31.2300	0007	4.8	Esentepe- (Düzce)
40	19990822143059	40.740	30.6800	0005	5.0	Ortaköy-Hendek (Sakarya)
41	19990819130412	40.790	30.5800	0006	4.8	Çatalköprü-Akyazı (Sakarya)
42	19990817211407	40.490	31.0200	0006	4.5	Güveytepe-Mudurnu (Bolu)
43	19990817115809	40.570	30.5100	0016	4.5	Belpınar-Geyve (Sakarya)
44	19990817090212	40.770	31.1100	0016	5.0	Cınarlı- (Düzce)
45	19990817031401	40.640	30.6500	0015	5.5	Kuzuluk-Akyazı (Sakarya)
46	19990817000137	40.760	29.9700	0018	7.4	Basiskele (Kocaeli)
47	19790628212209	40.780	31.8500	0000	4.7	Yayladınlar- (Bolu)
48	19700419133341	40.000	30.9000	010.0	5.3	Taycılar-Tepebaşı (Eskişehir)
49	19690212084305	40.700	30.2900	030.0	4.6	Uzunkum-Sapanca (Sakarya)
50	19680328171220	40.500	31.3400	006.0	4.8	Dedeler-Mudurnu (Bolu)
51	19680318054000	40.300	30.5300	039.0	4.7	Yeşilyurt-Adapazarı (Sakarya)

52	19670918233934	40.8600	30.3000	033.0	4.5	Nasuhlar-Adapazarı (Sakarya)
53	19670814200925	40.400	30.3700	025.0	4.8	SERDIVAN(SAKARYA)
No	Deprem Kodu	Enlem	Boylam	Derinlik (Km)	Mw	Yer
54	19670814113419	40.600	30.2700	033.0	4.5	Nailiye-Sapanca (Sakarya)
55	19670814014556	40.700	30.3800	023.0	4.5	Serdivan (Sakarya)
56	19670802153323	40.600	30.4600	030.0	4.5	Kayalar Resitbey-Erenler(Sakarya)
57	19670801010510	40.400	30.4000	046.0	4.5	Aydınlar-Geyve (Sakarya)
58	19670801001334	40.700	30.5200	026.0	4.9	Teketaban-Karapürçek (Sakarya)
59	19670730190548	40.700	30.8000	010.0	4.5	Bakacak-Hendek (Sakarya)
60	19670730185846	40.700	30.4600	027.0	4.8	Küçükeşence-Erenler (Sakarya)
61	19670730102510	40.700	30.5600	022.0	4.5	Catalköprü-Akyazı (Sakarya)
62	19670730015718	40.000	30.5800	007.0	4.5	Mesepınarı-Karapürçek (Sakarya)
63	19670730013101	40.200	30.5200	018.0	5.7	Teketaban-Karapürçek (Sakarya)
64	19670730011931	40.700	30.5800	023.0	4.9	Bediltahirbey-Akyazı (Sakarya)
65	19670726091606	40.600	30.6700	021.0	4.6	Şerefiye-Akyazı (Sakarya)
66	19670723231914	40.600	30.6300	015.0	4.6	Taşburun-Akyazı (Sakarya)
67	19670723155709	40.300	30.5900	023.0	4.7	Bıçkıdere-Akyazı (Sakarya)
68	19670723074223	40.700	30.3600	011.0	4.4	Serdivan (Sakarya)
69	19670723044855	40.600	30.3600	033.0	4.9	Boğazköy-Geyve (Sakarya)
70	19670723040339	40.600	30.3500	021.0	4.8	Fındıksuyu-Geyve (Sakarya)
71	19670722234159	40.600	30.5300	030.0	4.9	Karapürçek (Sakarya)
72	19670722220835	40.800	30.5200	040.0	4.6	Hacılar-Adapazarı (Sakarya)
73	19670722212741	41.000	30.4500	049.0	4.8	Konuklu-Ferizli(Sakarya)
74	19670722212141	41.000	30.4500	0.490	4.9	Konuklu-Ferizli(Sakarya)
75	19670722203540	40.790	30.4200	004.0	5.0	Koprubası-Adapazarı (Sakarya)
76	19670722194730	41.070	30.5900	059.0	4.9	Konacık-Karasu (Sakarya)
77	19670722181400	40.700	30.8000	010.0	4.5	Bakacak-Hendek (Sakarya)
78	19670722180955	40.720	30.5100	035.0	5.4	Ekinli-Erenler (Sakarya)
79	19670722180854	40.700	30.8000	010.0	4.8	Bakacak-Hendek (Sakarya)
80	19670722174806	40.660	30.6200	026.0	5.2	Alağaç-Akyazı (Sakarya)
81	19670722173007	40.730	30.5300	010.0	5.1	Bediltahirbey-Akyazı (Sakarya)
82	19670722171854	40.700	30.8000	010.0	4.5	Bakacak-Hendek (Sakarya)
83	19670722171410	40.700	30.8000	006.0	5.5	Bakacak-Hendek (Sakarya)
84	19670722165658	40.670	30.6900	033.0	6.2	Güzlek-Akyazı (Sakarya)
85	19670407174007	40.000	31.0000	010.0	4.5	Belkese-Alpu (Eskişehir)
86	19661230015709	40.740	30.7400	031.0	4.5	Süleymaniye-Hendek (Sakarya)
87	19641213140902	40.700	31.0000	010.0	4.5	Camlıbel-Gölyaka (Düzce)
88	19581123130738	40.490	30.6900	010.0	4.6	Kasıklışeyhler-Göynük (Bolu)
89	19570602011200	40.710	30.7800	010.0	4.9	Kızanlık-Hendek (Sakarya)
90	19570601210820	40.680	30.8400	040.0	4.9	Kurtuluş-Hendek (Sakarya)
91	19570601052659	40.750	30.8600	050.0	5.3	Değirmen-tepe-Gölyaka (Düzce)
92	19570530142951	40.650	31.2400	010.0	4.5	Samandere (Düzce)
93	19570530130756	40.620	31.7800	010.0	4.5	Caygökpınar (Bolu)
94	19570529101748	40.830	30.7700	020.0	5.2	Nuriye-Hendek (Sakarya)
95	19570529084752	40.720	31.0400	020.0	4.9	Güzeldere-Gölyaka (Düzce)
96	19570528053348	40.570	31.0200	040.0	4.9	Taşkesti-Mudurnu (Bolu) [
97	19570528000953	40.580	30.5300	050.0	4.9	Ahmediye-Karapürçek (Sakarya)
98	19570527110134	40.730	30.9500	050.0	5.8	Saçmalıpınar-Gölyaka (Düzce)
99	19570527082424	41.130	30.6500	070.0	4.8	Ihsaniye-Karasu (Sakarya)
100	19570527070514	40.840	31.1700	080.0	4.9	Düzce (Düzce)
101	19570527062037	41.140	31.1900	080.0	4.5	Beyhanlı-Akçakoca (Düzce)
102	19570526093638	40.760	30.8100	010.0	5.9	Harmantepe-Hendek (Sakarya)
103	19570526091640	41.420	31.0900	010.0	5.2	Akçakoca Açıkları-Düzce
104	19570526091359	41.340	30.7000	100.0	5.3	Kocaali Açıkları-Sakarya
105	19570526085451	40.600	30.7400	040.0	5.5	Durmuslar-Akyazı (Sakarya)
106	19570526063335	40.670	31.0000	010.0	6.7	Güzeldere-Gölyaka (Düzce)
107	19560714190107	40.320	30.9000	040.0	4.8	Dedeler-Göynük(Bolu)
108	19560106145259	41.000	30.2000	010.0	5.2	Mancarlar-Kandıra (Kocaeli)
109	19520122231500	40.800	30.4000	015.0	4.6	Adapazarı (Sakarya)
110	19491128184718	40.980	30.7400	010.0	4.9	Kurudere-Karasu (Sakarya)
111	19481213020000	41.000	30.0000	015.0	4.5	Hacışeyh-Kandıra (Kocaeli)
112	19450209022800	40.500	31.2000	030.0	5.2	Esenkaya-Mudurnu (Bolu) [
113	19440405044043	40.840	31.1200	010.0	5.6	Mamure- (Düzce)
114	19440202033317	40.740	31.4400	040.0	5.3	Elmalık- (Bolu)
115	19440201060852	40.700	31.2700	010.0	5.3	Samandere- (Düzce)
116	19430906163247	40.210	31.3500	010.0	5.2	Akdere-Nallıhan (Ankara)
117	19430620164757	40.840	30.7300	010.0	5.6	Kahraman-Hendek (Sakarya)
118	19430620153254	40.850	30.5100	010.0	6.4	Türkbeylik Kısıla-Sogütli (Sakarya)
119	19400613110200	41.340	30.1700	030.0	4.8	Ağva Açıkları-Istanbul (Karadeniz)
120	19330515032305	41.260	31.0900	060.0	4.9	Akçakoca Açıkları-Düzce Karadeniz)
121	19330205053000	41.500	31.5000	010.0	4.6	Kozlu Açıkları-Zonguldak
122	19321015221954	40.900	30.6000	015.0	4.7	Aktefek-Hendek (Sakarya)
123	19290427221806	40.510	31.4300	070.0	4.9	Sarpıncık-Mudurnu (Bolu)
124	19290405231815	41.500	31.5000	033.0	4.9	Kozlu Açıkları-Zonguldak Karadeniz)
125	19290405082655	41.610	31.2300	010.0	4.8	Ereğli Açıkları-Zonguldak
126	19280124073611	40.990	30.8600	010.0	5.5	Köyük Pelit-Kocaeli (Sakarya)
127	19261216175405	40.130	30.7200	010.0	5.8	Bey yayla-Sarıcakaya (Eskişehir)
128	19250624000034	40.880	30.3900	010.0	4.8	Kayrançık-Adapazarı (Sakarya)
129	19230529113402	41.000	30.0000	025.0	5.6	Hacı Şeyh-Kandıra (Kocaeli)
130	19070821000000	40.700	30.1000	015.0	5.6	Sirin Sulhiye-Kartepe (Kocaeli)
131	19051022034200	41.000	31.0000	027.0	5.4	Esmâ Hanım-Akçakoca (Düzce)

Tablo 1’de verilen deprem kayıtlarına göre oluşturulmuş harita dağılımı Şekil 4 ’de grafik dağılımı ise Şekil 5’de verilmiştir.



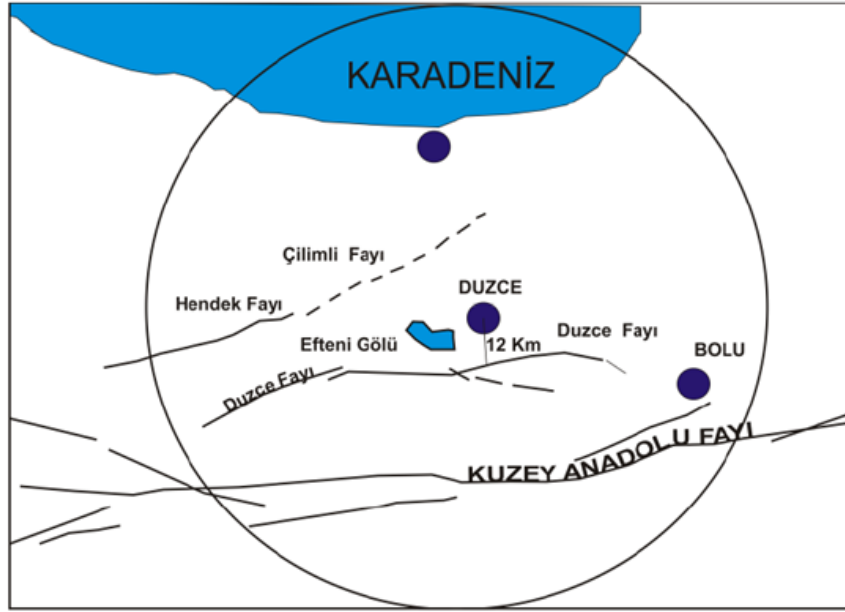
Şekil 4. Düzce ve çevresi 100 km çapında tarihsel depremlerin harita dağılımı (Distribution of historical earthquake around the Düzce provision in Radius of 100 km) [10]



Şekil 5. 1900-2016 yılları arasında 4,5 ve daha büyük depremlerin zamana göre dağılım grafiği (Distribution of earthquakes versus time bigger than 4.5 between 1900 and 2016) [10]

2.3.5. Potansiyel deprem büyüklüğünün tahmini (Prediction of magnitude of earthquake potential)

Düzce bölgesel olarak aktif bir deprem kuşağı üzerindedir. Bu bölgeyi Kuzey Anadolu Fay zonunun bir ana kolu olan Düzce Fayı etkilemektedir. Ayrıca bu bölgenin tarihsel ve aletsel dönemlerde de aktif olduğu tarihi kayıtlardan anlaşılmaktadır. Geçmişte farklı medeniyetlerin bu bölgede yaşadığını yıkılmış tarihi kalıntılardan anlayabiliyoruz. Son zamanda yaşanan iki büyük yıkıcı depremler; 17 Ağustos (Mw=7.2) ve 12 Kasım depremleri (Mw=7.1) KAFZ'nun Düzce segmenti üzerinde meydana gelmiştir. Buradan Düzce fayının aktif olduğunu ve deprem üretme potansiyelinin varlığını anlamalıyız. Dolayısı ile bu fay hala etkindir ve deprem üretme potansiyeli vardır. Geçmişte de yaşanan yıkıcı depremlerin yine bu fay üzerinde meydana geldiğini söyleyebiliriz. Bu bağlamda Düzce fayının hangi büyüklükte bir deprem ve depreme bağlı ivme üreteceğini tahmin etmek imkanlarımız içindedir. Bu konuda kaynaklara bakıldığında ve olmuş olan depremler incelendiğinde, eğer fayların segmentleri biliniyorsa deprem anında bu segmentlerin 1/3 oranında kırılabileceği Mark [11] tarafından ortaya konulmuştur. Burada deprem büyüklüğünü tahmin edebilmek için yerleşim merkezini içine alacak şekilde 100 km çapında bir daire çizilir ve etkin olan faya dik olacak şekilde bir hat çizilir ve deprem parametreleri hesaplanabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Düzce ve çalışma sahasını etkileyen faylar (Faults affecting Duzce province and study site) [11]

Deprem parametreleri Wells and Coppersmith [12]'in önerdiği aşağıdaki eşitlik ile (Eş.1) hesaplanabilmektedir.

$$M_w = 4,86 + 1,32 \log L \quad (1)$$

M_w : Fayın ürettiği enerjiye bağlı deprem büyüklüğü, L ise fay uzunluğunu (km) göstermektedir. Bu hesaba göre Düzce fayı 12 Kasım depreminde olduğu gibi $M_w = 7.2$ büyüklüğünde deprem üretebilir. Yine Düzce fayının hangi büyüklükte ivme üretebileceği Ulusay ve ark.[13]'ün geliştirdikleri eşitlik ile (Eş.2) hesaplamak mümkündür.

$$PGA = 2.18^{0,0218(33,3 M_w - R_e + 7,8427 S_A + 18,9282 S_B)} \quad (2)$$

Eşitlikte yumuşak zeminler için $S_A = 0$, $S_B = 1$ alınır. R_e : yerleşim yerine olan kuş uçuşu en yakın dikey mesafedir. M_w : Deprem büyüklüğüdür. İşlemin sonunda bu fayın 0,51 g büyüklüğünde bir deprem ivmesi potansiyeli olduğu görülmektedir. Son 12 Kasım 1999 depreminde de, Doğu- Batı yönünde 513 cm/sn^2 'lik bir ivme değeri ölçmüştür.

3. Depremlerde Hasar Görmüş Tarihi Prusias Ad Hypium(Konuralp) Su Kemerlerinin İncelenmesi (Examination of Aqueducts in Historical Prusias Ad Hypium(Konuralp) Damaged in Old Earthquakes)

3.1. Prusias ad ,Hypium ve su kemerleri (Aqueducts in Prusias Ad Hypium)

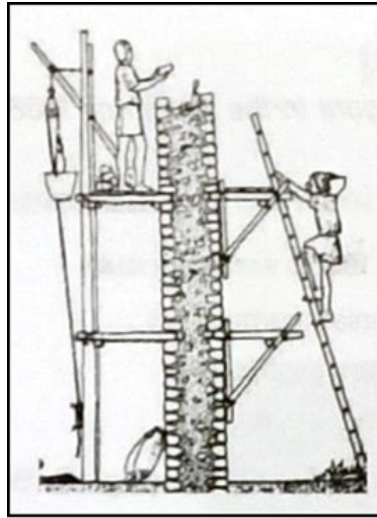
Bithynia kenti olan Prusias ad Hypium, (Konuralp) Yerleşkesinin tarihi M.Ö. 3. Yüzyıla kadar gitmektedir. Yerleşim merkezi küçük Melen çayı (Hypios) kenarında güvenli yer olarak bir tepenin üzerine kurulmuştur. M.S. 3. Yüzyılda elde edilen bazı yazıtlara göre kentin kuruluşunda katkısı olan Megar ve Thabaililer, bir Megara ve Boiotia ortak yerleşimi olan Herakleia'dan getirdikleri Kieros adını buraya vermişlerdir [5,9,14,15]. Bithynia Kralı I. Prusias (M.Ö.228-182) Kieros'u kendi sınırları içine katarak kente kendi adının vermiştir. Aynı şekilde Bursa ve Gemlik'teki diğer Prusias kentlerinden ayrılması için yerleşkeye, Prusias Pros Hypios (Melen Kenarındaki Prusias) denmiştir. Kentte su sorunu olduğu için M.S. 2. yüzyılın başlarında ise P. Domitiuslulianus kente su getirilmesi için maddi destek sağlamıştır [5,9,14,15]. Daha sonra, M.S.3. yüzyılda kentin ileri gelenlerinden aristokratlarından Gavinius Sacerdos kente su kemerleri yapılması konusunda yardımda bulunmuş ve su kemeri yapılmasını istemiştir.

3.2. Prusias ad Hypium (konuralp) kenti roma dönemi su kemerleri (Aqueducts of Roman period in Prusias ad Hypium (konuralp) city)

Eski medeniyetlerde bu günkü tünel açma teknolojisi olmadığı için yer çekimi kuvvetinden faydalanma yoluna gitmişlerdir. Topografya fazla dik eğimli değilse ayak yapmadan da yüzeyde kapalı su kanalları ile suyu istene noktaya iletmışlerdir (Şekil 7). Su kanalları genelde 1/150 ila 1/500 değişen bir eğim ile cazibe etkisinde iletilmektedir (Şekil 7). Yüksekliğin 2 m 'den daha fazla olduğu noktalarda arazinin eğimini korumak amacı ile su kanalı yerine su kemerleri ile suyu iletmek daha çok tercih edilen bir yöntem olmuştur. Bu bağlamda yüksek noktalardan alçak noktaları su taşıırken önlerine çıkan eğimli yerlerde ayaklı kemer yaparak suyu bir noktadan diğer noktaya iletmışlerdir (Şekil 8).

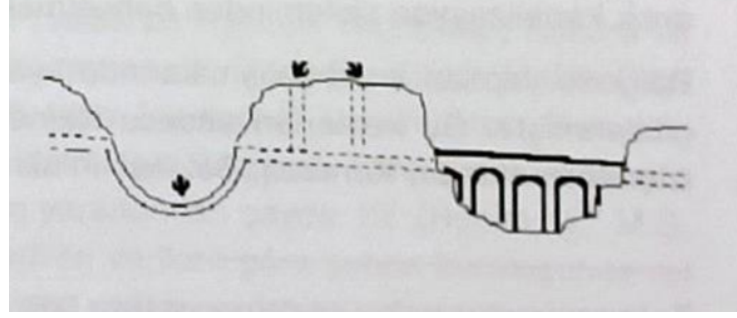


Şekil 7. Düzgün meyilli arazide cazibeli su kanalı (Straight smooth water channel with gravity in site)



Şekil 8. Ayaklı inşaa tekniği (Method of construction with food) [11]

Deniz seviyesinden yaklaşık 214 m yükseklikte bulunan vadinin en düşük seviyesindeki Kemerkasım köyündeki su kemerleri yaklaşık 5 km yerleşkenin Batısında Konuralp yerleşkesine, kentin Kuzeyinde 222 m yükseklikteki noktada bulunan noktaya su kemerleri, tünel ve kanallar ile iletildiği düşünülmektedir (Şekil 7). Bu durumu yine Konuralp beldesinde bulunan moloz taş ile yapılmış su kemerlerinin bulunması Roma dönemine ait olduğunu ve Kasımkemer köyünde de benzer su kemerleri bulunduğun için bu düşüncüyü doğruladığı kabul edilmektedir. Açık kanal yöntemindeki koruma ve sabotaja maruz kalma ve heyelan olması durumunda zarar görme riskini karşı önlem olarak Romalılar tünel ve ayaklı su kemerlerini tercih etmişlerdir (Şekil 9, Şekil 10).



Şekil 9. Tünel, kanal, su kemer (Tunnel, channel, aqueducts) [11]



Şekil 10. Konuralp su kemerleri kalıntısı (Debris of aqueducts in Konuralp) [13]

Düzce ve çevresi deprem bölgesi olduğu için Romalıların yüksek ayaklı su kemerleri yapmaktan kaçındıkları ve bir yükseklik sınırını aşmadıklarını görmekteyiz. Genellikle su kemerlerinin 21 m'nin altında olduğu görülmektedir. Bu yüksekliğe yakın noktalarda su kemerleri daha dar mesafeli ayaklar ise daha kalın inşa edilmiştir. Ancak zorunluluk olması halinde çift katlı alt ve üst ayaklar üst üste gelecek şekilde inşa edilmiştir. Su kemerleri yapmak genelde çok kolaydır. Kemer yaklarının dış yüzeye bakan kısmı kesme taş veya pişirilmiş tuğladan iç kısımları ile moloz taş veya çimentodan yapılıyordu. Kemer duvarlarında hafif malzeme ve yapımda iskele kullanılıyordu. İskeleler yuvalı şekilde ve deliklere sabit bir şekilde monte ediliyor, sökülmesi halinde ise kirişlerin yerleri boşluklu bir hal alıyordu (Şekil 11).



Şekil 11. Kemerde iskele boşlukları (Gap of scaffold in aqueducts) [11]

İmparator Augustus halkın su ihtiyacının karşılanması ve iletimi için M.Ö bir kurul kurmuştur. M.S.97-104 yılları arasında Frontinus başkanlık etmiş ve bu kurulun görevlerini ve kimlerin görevli olduğunu yazdığı kitapta anlatmıştır. Bu kurulda plancı usta ve işçi gibi elamlar bulunduğunu ve su sağlanması ve iletimi konularında çalıştıkları anlaşılmaktadır. Konuralp yerleşkesinde, suyun kaynağı ile kent merkezi arasında tünel, kanal ve su kemerleri ile sağlanan su güzergahı uzunluğunun yaklaşık 9 km olduğu düşünülmektedir.

3.3. Prusias ad Hypium (Konuralp) kenti Roma dönemi su kemerleri kalıntıları (Ruins of aqueducts of Roman period Prusias ad Hypium Konuralp city)

Prusias ad Hypium (Konuralp) kenti çağlar boyunca çeşitli medeniyetlerin beşiği olmuştur. Bu durum kentin bulunduğu yerleşkedeki tarihi izler ve kalıntıların ortaya çıkarılması ile anlaşılmaktadır. Burada gün yüzüne çıkarılan bu kalıntılar çok farklı medeniyetlerin burada yaşadığını göstermektedir. Ateş [9] daha önceki çalışmasında burada farklı kültürel değerlerin geçmiş depremlerde yıkıldığını ve enkazlarının halen Konuralp müzesinde ziyaretçilere açıldığını belirtmektedir. Yine aynı şekilde Su kemerleri de geçmiş depremlerin izini taşımaktadır. Her ne kadar bazı Su kemeri yapılarının moloz ve kesem taşından yapıldığı için tarihe yenik düştüğü düşünülse de aslında bu bölgede yaşanmış büyük depremlerin olduğu tarihsel kayıtlardan da anlaşılmaktadır. Dolayısı ile yapıldığı tarih itibari ile dönemin mimari ve yapı teknolojisine bağlı olarak sağlam yapıldığı bir gerçektir. Zira günümüze kadar tarihin izlerini korumuştur. Roma dönemi Su kemeri yapılarının geçmiş depremlerde yıkıldığı tarihi kaynaklardan anlaşılmaktadır (Şekil 12 - 17).



Şekil 12. Tarihi depremlerin izleri ve yıkılmış Roma dönemi Su kemerleri (Traces of historical earthquakes and debris of aqueducts built in Roman period)



Şekil 13. Depremlerde yıkılmış Roma dönemi su kemerleri (Aqueducts collapsed due to historical earthquakes in Roman period)



Şekil 14. Farklı açılardan çekilmiş yıkılmış tarihi Roma dönemi Su kemeri yapıları (Aqueducts collapsed and various views in Roman period)



Şekil 15. 1900'lü yıllarda ayakta kalabilmiş Roma dönemi Su kemerleri (Aqueducts stands 1900's time in Roman period)



Şekil 16. 1900'lü yıllarda ayakta kalabilmiş farklı açılardan resmi alınmış Roma dönemi Su kemerleri (Aqueducts standing and various views 1900's time in Roman period)



Şekil 17. 1900'lü yıllarda ayakta kalabilmiş ve duyarlı bir vatandaşımızın anılarından kalan ve yıkılmış Roma dönemi Su kemerleri (Aqueducts standing 1900's time and gained from a curious individual in Konuralp in Roman period)

4. Sonuçlar (Discussion)

Bu çalışmada Prusias ad Hypium (Konuralp) kenti Roma Dönemi Su Kemerleri Kalıntılarının varlığı ve tarihi izleri, yıkılma nedenleri araştırılmıştır. Düzce ve çevresi KAFZ sistemi etkisi altındadır. Anadolu Plakası Arap yarım adasının Anadolu plakasını Kuzey batı yönünde diğer ifade ile saatin tersi yönünde döndürmeye çalışması sonucu bu bölge bir depresyona maruz kalarak aktivitesini Kuaternerden beri sürdürmektedir. Bundan dolayı bölge tarihsel dönemde ve aletsel dönemde birçok yıkıcı depreme maruz kalmıştır. Yine Düzce ve çevresinde geçmiş depremlerin izlerine özellikle de Roma dönemi polis sitelerinde han hamam gibi yapılara rastlanmaktadır. Konuralp Müzesi bu konuda oldukça fazla kültürel değerlerle ilgili geçmiş medeniyetlere sahip ve tarihi kalıntılar ziyaretçilere açıktır. Bu bağlamda yine Roma dönemine ait su kemerleri dikkat çekmektedir. O dönemin mimari tarzını yansıtarak o günkü teknolojik imkanlarla 9 km uzaklıkta yerleşik Kemerkasım köyünden bu günkü Konuralp Kent merkezine muhteşem sayılacak su yapıları ile su iletilmiştir. Düzce Fayının aktivitesinin deprem üretme potansiyeli şimdi olduğu gibi Roma döneminde de etkin olduğu

düşünülmektedir. Düzce fayı son dönemde 17 Ağustos (Mw=7,2) ve 12 Kasım 1999 (MW=7,1) depremi ile aktivitesini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak dışardan bakıldığında Roma dönemine ilişkin muhteşem sayılacak su kemerlerinin yıkılma nedenleri olarak moloz taşlarının tarihi süreç içinde bozuşmasına bağlı olabileceği ihtimal dahilinde olsa da Düzce Fayının deprem üretme potansiyeli sonucu oluşan depremlerle yıkıldığı sonucuna varılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar (References)

- [1] MTA Genel müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (A.U), "17 Ağustos 1999 Depremi sonrası Düzce (Bolu) İlçesi Alternatif Yerleşim alanlarının Jeolojik İncelenmesi," *TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu*, s. 59, Ankara, 1999.
- [2] A. M. C. Şengör ve T. Yılmaz, "Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach," *Tectonophysics*, vol. 75, pp. 181-241, 1981.
- [3] F. Şaroğlu, Ö. Emre, A. Bora, "Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri," MTA. Rap., Ankara, 394, 1987.
- [4] MTA Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (A.U), "17 Ağustos 1999 depremi sonrası düzce (bolu) ilçesi alternatif yerleşim alanlarının jeolojik incelenmesi," *TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu*, Ankara, 1999.
- [5] A. Bilir, "Purusias ad Hypium (Konuralp) Su Kemerleri," *Uluslararası 3. Su Kongresi ve Sergisi, 22-23-24 Mart*, Bursa, 2013.
- [6] B. Özmen, "Düzce-Bolu Bölgesi'nin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri," *12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu*, Ankara, 2000.
- [7] A. Ateş, "Gölyaka (Düzce) İmara Esas Yerleşim Alanındaki Zeminlerin SPT ve Sismik Hız Verileriyle Sıvılaşma Riskinin Araştırılması," *Politeknik Dergisi*, cilt 20, sayı 4, ss. 753-763, 2017. doi:10.2339/politeknik.368977
- [8] A. Ateş, "Antik Konuralp Kentinde Tarihsel Dönem Depremlerinin Antik Yapılara Etkisinin ve İzlerinin Araştırılması," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, sayı 25, ss. 582-593, 2021. doi: 10.31590/ejosat.938673
- [10] Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, "23 Kasım 2022 Gölyaka (Düzce) Depremi (Mw 6,0) Saha Gözlemleri ve Değerlendirme Raporu," Ankara, 2022.
- [11] R. K. Mark, "Application of linear statistical model of earthquake magnitude versus fault length in estimating maximum expectable earthquakes," *Geology*, vol. 5, pp. 464- 466, 1977.
- [12] L. D. Wells and K.J. Coppersmith, "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement," *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 84, no. 4, pp. 974-1002, 1984.
- [13] R. Ulusay, E.Tuncay, H. Sonmez and C. Gokceoglu, "An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey," *Engineering Geology*, vol. 74, no. 3, pp. 265-291, 2004. doi:10.1016/j.enggeo.2004.04.002
- [14] N. F. Jones, "Public Organizationin Ancient Greece," *American Philosophical Society*, vol. 176, 1987.
- [15] F. K. Dörner, "Prusias," *RE*, vol. 5, pp.1128-1147,1957.

This is an open access article under the CC-BY license

