

## **ANNEX G**

### **Hydrology and Hydrogeology Supporting Information**

Annex G-1: Hydrogeological and Geological Characteristics of Southwest Amasra Report, ENVIS (Turkish and English version)

## **Annex G-1**

# **Hydrogeological and Geological Characteristics of Southwest Amasra Report, ENVIS (Turkish and English version)**



**Doç. Dr. Tolga YALÇIN**

**HEMA ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.  
BATI KARADENİZ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.**

**AMASRA’NIN GÜNEYBATISININ  
JEOLJİK VE HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ**

**HEMA TERMİK SANTRAL SAHASI VE ÇEVRESİ  
İNCELEME RAPORU**

**ŞUBAT 2012**



**HEMA ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.  
BATI KARADENİZ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.**

**AMASRA'NIN GÜNEYBATISININ  
JEOLOJİK VE HIDROJEOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

**HEMA TERMİK SANTRAL SAHASI VE ÇEVRESİ  
İNCELEME RAPORU**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'T. Yalçın', is positioned above the name 'Doç. Dr. Tolga YALÇIN'.

**Doç. Dr. Tolga YALÇIN**

**ŞUBAT 2012**

## İÇİNDEKİLER

YÖNETİCİ ÖZETİ.....	iii
EXTENDED ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI .....	2
3. JEOLJİ VE HİDROJEOLJİ.....	3
3.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3.2. BÖLGESEL JEOLJİ .....	3
3.3. ÇALIŞMA SAHASI VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ.....	5
3.4. <i>Yapısal Jeoloji ve Depremsellik</i> .....	13
3.5. HİDROJEOLJİ .....	19
3.5.1. METEOROLOJİK VERİLER VE SU BİLANÇOSU .....	19
3.5.2. SU NOKTALARI.....	20
3.5.3. YERALTI SU DÜZEYİ .....	24
3.5.4. JEOLJİK BİRİMLERİN HİDROJEOLJİK ÖZELLİKLERİ .....	25
3.5.5. SULARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ.....	29
3.5.6. HEMA2 HAVALANDIRMA KUYUSU İLE YAKININDAKİ YERALTI SUYU İŞLETME KUYUSUNUN KAVŞAK SUYU, SELEN SUYU VE KAMAN KÖYÜ İÇME SUYU KUYUSU İLE ETKİLEŞİMİNİN İRDELENMESİ .....	32
KAYNAKLAR .....	35

## YÖNETİCİ ÖZETİ

Bu rapor, 2-4 Aralık 2011 ve 9-11 Aralık 2011 tarihlerinde Amasra ve güneybatısını kapsayan alanda yapılan arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ve literatürün değerlendirilmesi sonucunda hazırlanmıştır. Bu çalışma sırasında, arazinin jeolojik ve hidrojeolojik yapısının anlaşılması amacıyla Amasra ilçesi güney batısında kalan alanda gözlemler ve ölçümler yapılmıştır.

Özetle proje, Tarlaağzı, Kazpınarı, Bostanlar, Kaman Köyü çevresi, Tarlaağzı Köyünden batıya doğru kalan Tekke Burnu-Poyraz Burnu civarının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin araştırılmasını, Kavuşak (Kavşak), Selen Suyu kaynakları ve Kaman kuyusu ile HEMA-2 havalandırma kuyusu ve HEMA su kuyusu arasında yer altı suyu etkileşiminin olup olmadığının tespitini amaçlamaktadır.

Yapılan değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir:

- Amasra ilçesinin güneybatısını kapsayan yaklaşık 50 km<sup>2</sup>lik bir alanda önceki çalışmalar ve arazi gözlemleri sonucu litostratigrafik olarak Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı dolomitik kireçtaşı; Karbonifer (Namuriyen) yaşlı kömür arakatkılı kumtaşı-silttaşı; Karbonifer (Westfaliyen) yaşlı kömür arakatkılı konglomera, kumtaşı, silttaşı; Permiyen yaşlı kırmızı renkli konglomera, kumtaşı; Alt Kretase yaşlı konglomera, kumtaşı; Alt Kretase (Baremiyen) yaşlı fosilli dolomitik kireçtaşı; Alt Kretase (Apsiyen) yaşlı kumtaşı-silttaşı-marn aralanması; Üst Kretase (Senomaniyen) yaşlı karbonatlı kumtaşı, konglomera; Üst Kretase (Turoniyen) yaşlı plakette kireçtaşı; Üst Kretase (Santoniyen) yaşlı andezit-aglomera; Üst Kretase (Kampaniyen) yaşlı tuf, kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı ve andezit; Üst Kretase (Maastrichtiyen) yaşlı marn-kireçtaşı; Kuvaterner yaşlı alüvyon ayrıtlanmıştır.
- İnceleme alanı 1/25.000lik topoğrafik paftalardan E28c1 içerisinde kalmaktadır.
- Paleozoyik dolomitik kireçtaşları içerisinde iki farklı kıvrım ekseni vardır. Paleozoyik yaşlı istif kendi içinde küçük ölçekli çok sayıda fay içerir ve bu Kretase yaşlı fay paterni ile uyumludur.

- Erken Kretase'de hızlı bir faylanma ve gerilme rejimi oluşmuştur. Bu tektonik olay sonucu Kuşkayası kuzeyinde yataya yakın kayma düzlemine sahip paleo-heyelanlar oluşmuştur.
- Senomaniyen yaşlı kumtaşları ve Turoniyen yaşlı kireçtaşları içinde gözlenen faylar KB-GD gidişli normal faylardır. Atımları birkaç metreyi geçmeyen bu faylar HEMA2 kuyusu yolu üzerinde ve yeni Amasra-Bartın karayolu şevlerinde gözlenir.
- Tarlaağzı Köyü Karbonifer serisi üzerinde gelişmiş genç bir heyelanın üzerindedir.
- Paleozoyik dolomitik kireçtaşı çatlaklı-karstik yapıda olup, çok geçirimli olmasına rağmen yeraltı suyunu depolayamadığı için akifer özelliğinde değildir. Bu birim içerisinde sayısı otuzdan fazla, çapı 15-55 m arasında değişen ve 20 m derinliğe kadar ulaşan dolin (obruk) haritalanmıştır.
- Paleozoyik yaşlı serinin kırıntılı kesimleri genellikle geçirimsiz olup, çok zayıf-zayıf akifer niteliğinde olan kesimleri vardır.
- Kretase istifinin en önemli akiferi çatlaklı andezit (Santoniyen yaşlı) birimidir. Bu akifer basınçlıdır. Bu akiferde açılmış kuyularda debi-düşüm ilişkileri değerlendirildiğinde 0.2 m/gün hidrolik iletkenlik değeri ile zayıf bir akifer olarak sınıflandırılabilir.
- Suyu basınçlı çatlaklı andezit akiferinden alan HSK1, HEMA2 ve 13 no.lu Kaman içme suyu kuyusu su örneklerinin kimyasal özelliklerinin kayaçla olan uzun süreli etkileşimi sonucu geliştiğini, analizi yapılan diğer tüm suların (Kavşak Suyu, tüm dere suları, Ulupınar kaynak suyu, Paşa Pınarı, sığ ve geniş çaplı keson kuyuları) ise yağmur suyu etkisinde kimyasal özelliklerinin geliştiği ve bu suların kayaçlar içerisindeki dolaşımlarının kayaçla reaksiyona girecek kadar uzun olmadığı görülmektedir.
- HSK1 (HEMA su kuyusu) ve HEMA2 (havalandırma kuyusu) örneklerinde arsenik (As) konsantrasyonlarının içme sularında izin verilen değer olan 10 ppb ( $\mu\text{g/L}$ ) biraz üzerinde olduğu görülmektedir. HSK1 için As konsantrasyonu 10.3 ppb, HEMA2 için As konsantrasyonu ise 12.5 ppb'dir. 13 no.lu su örneğinin As konsantrasyonu ise 7.8 ppb'dir. Yeraltı su çekimi yapılan HSK1 ve 13 no.lu (Kaman Köyü içme suyu kuyusu) kuyularında kritik olan As konsantrasyonunun periyodik olarak incelenmesinde ve 10 ppb üzerine çıktığı durumlarda ise içme suyu olarak kullanılmasının yasaklanması önerilmektedir.

- Sular sıcaklıkları açısından incelendiğinde, nispeten derin dolaşımli olan HSK1, HEMA2 ve 13 no.lu su örneklerinin su sıcaklıklarının 16.1-16.5 °C arası, diğer suların ise 4.7-12.9 °C arası olduğu görülmektedir.
- Sonuç olarak HSK1, HEMA2 ve 13 no.lu su örnekleri gerek kimyasal-fiziksel gerekse hidrojeolojik-hidrolojik açıdan bölgedeki diğer tüm sulardan ayrı karakterdedir.
- HSK1, HEMA2 ve 13 no.lu su örneklerinin yüksek EC değerlerinin yanı sıra pH açısından bazik karakterde sulardır. Hidrojeolojik olarak aynı akiferden geldiği anlaşılan bu suların kimyasal açıdan da aynı akiferin suları olduğu görülmektedir. Kavşak Suyu'nun akiferinin ise tamamen ayrı olduğu, bu suyun çok kısa bir dolaşım ile neredeyse yağış suyu karakterinde olduğu açıktır. Yağışlı dönemlerde Kavşak Suyu kaptajında suyun bulanık olması, bu kaynağın yağış sularından anında etkilendiğinin diğer bir göstergesidir.
- Hidrojeolojik ve kimyasal veriler sonucunda HEMA'ya ait havalandırma kuyusu (HEMA2), bunun yakınındaki yine HEMA'ya ait olan su kuyusu (HSK1) ve Kaman İçme Suyu kuyusu (bu çalışmada 13 no.lu su noktası, DSİ 665 no.lu kuyu) aynı basınçlı akiferden (Üst Kretase – Santoniyen yaşlı Andezit-Aglomera) su almaktadırlar. Üzerinde yer alan geçirimsiz nitelikteki marn nedeniyle akifer basınçlı karakterdedir. Hidrolik açıdan birbiri ile bağlantılı olan bu kuyular, kimyasal açıdan da aynı karakterdedirler. Dolayısıyla bu kuyulardan herhangi birinden yapılacak su çekimi diğer kuyuları etkileyebilir. Ancak, her kuyunun etrafında su çekim miktarı [Q], akiferin hidrolik özellikleri (transmissibilite[T], depolama katsayısı[S]) ve zamanın [t] fonksiyonu olarak bir düşüm konisi oluşur. Bu değerlerin bilinmesi durumunda çekim yapan herhangi bir kuyunun düşüm konisinin yarıçapının diğer bir kuyunun düşüm konisine ulaşip onu etkileyip etkilemeyeceği, etkileyecekse ne zaman ne kadar etkileyeceği hesaplanabilir.
- Kavşak Suyu'nun akiferi Üst Kretase- Kampaniyen yaşlı Tüf, Kumtaşı, Silttaşı ve Kireçtaşı'ndan oluşan birimdir. Alttaki andezit akiferi ile üstündeki tüf akiferi aradaki geçirimsiz marn ile birbirinden ayrılmaktadır. Bu birim içerisinde yağış suyu bu birimin çatlakları arasında hareket etmektedir. Çok sığ dolaşımı olan yeraltı suyu, akifer içerisinde hidrojeolojik açıdan çok kısa bir süre (bir kaç ay) akifer içerisinde hareket etmektedir. Yağışlardan hızlı bir şekilde etkilenmekte ve yağışlı zamanlarda bulanmaktadır.



- Hidrolik açıdan birbiri ile bağlantısı olmayan bu iki akifer, kimyasal-fiziksel açıdan da oldukça farklıdır. Alttaki andezit akiferinde ve onun altındaki daha yaşlı birimlerde yapılacak herhangi bir faaliyet (su çekimi, sondaj, madencilik) bu su kaynağını etkilemeyecektir. DSİ kuyu verilerine göre son 25 yılda basınçlı akiferde (andezit) oluşan piezometrik seviyenin +205 kotundan +110 kotuna azalması Kavşak Suyunu etkilememiştir. Ancak, bu su kaynağının üzerindeki kottardaki tuf içerisinde Kavşak Suyu beslenme alanı olarak belirtilen bölge içerisinde yapılacak faaliyetler, Kavşak Suyu'nu debi ve kalite açısından etkileyebilir. Selen Suyu için de belirtilen alanlarda benzer durum geçerlidir.

## EXTENDED ABSTRACT

This report has been prepared based on in-situ observations in Amasra and its southeast area during the periods 2-4 December 2011 and 9-11 December 2011 and the evaluation of current literature. During this study, observations and measurements were conducted to outline the geological and hydrogeological structures of the southwest area of Amasra.

This project aimed to investigate the geological and hydrogeological characteristics of the area covering Tarlaağzı, Kazpınarı, Bostanlar, Kaman Köyü and its environment, together with the area laying on the west of Tarlaağzı Köyü which includes Tekke Burnu-Poyraz Burnu area; and to outline the ground water interferences, if any, between Kavuşak (Kavşak), Selen Suyu Spring and Kaman Well with HEMA-2 ventilation shaft and the water well of HEMA.

The evaluations of the study are summarized below:

- As a result of geological survey and previous studies, the following lithostratigraphic units were differentiated in a 50 sq.km area covering the SW of Amasra town: Devonian-Lower Carboniferous dolomitic limestone; Carboniferous (Namurian) coal intercalated sandstone-siltstone; Carboniferous (Westfalian) coal intercalated conglomerate, sandstone, siltstone; Permian red colored conglomerate, sandstone; Early Cretaceous conglomerate, sandstone; Early Cretaceous (Barremian) fossiliferous dolomitic limestone; Early Cretaceous (Aptian) sandstone-siltstone-marl intercalation; Late Cretaceous (Cenomanian) carbonated sandstone, conglomerate; Late Cretaceous (Turonian) platy limestone; Late Cretaceous (Santonian) andesite-agglomerate; Late Cretaceous (Campanian) tuff, sandstone, siltstone, limestone and andesite; Late Cretaceous (Maastrichtian) marl-limestone and Quaternary alluvium.
- The area studied is within the borders of 1:25,000 scaled E28c1 topographic sheet.
- There are two different fold axes in the Paleozoic dolomite. The Paleozoic sequence comprises several small-scaled faults, which are congruent with the Cretaceous fault pattern.

- An extensional and sudden faulting regime prevailed in Early Cretaceous. As a result of this tectonic event, paleo-landslides occurred on a near horizontal slip surfaces at the west of Kuşkayası.
- The NW-SE trending faults observed in Cenomanian sandstones and Turonian limestones are normal faults. The throw of the faults is not more than a couple of meters which can be seen on the road to HEMA2 shaft and road cuts of the new Amasra-Bartın road.
- The Tarlaağzı village is located on a young landslide that developed within the Carboniferous series. The seismicity of the region carries a great risk of strong earthquakes and tsunami.
- Although the Paleozoic dolomite is jointed-karstic and very permeable, it is not an aquifer due to its incapability of storing groundwater. More than 30 dolines (sinkholes) were mapped within this unit having diameter between 15-55m and depth reaching up to 20 m.
- The Paleozoic clastic rocks are generally impermeable but some parts of it can be classified as poor-very poor aquifer.
- The most important aquifer (water bearing formation) of Cretaceous sequence is the Santonian andesite, which is a confined aquifer. The evaluation of discharge-drawdown data in the wells drilled in this aquifer revealed a hydraulic conductivity value of 0.2 m/day, which can be classified as a poor aquifer.
- HSK1 (the water well of HEMA), HEMA2 (the ventilation shaft) and Nr.13 (Kaman village drinking water well) discharge groundwater from the jointed and confined andesite aquifer. These 3 water samples have a chemical character developed as a result of water-rock interaction (rock dominance). On the other hand, all other water samples (Kavşak Spring, Ulupınar Spring, Paşa Spring, all surface water and dug well samples) have precipitation dominance. This indicates that the circulation of groundwater is not long enough to react with rock.
- The arsenic (As) concentrations of HSK1 and HEMA2 water samples are slightly above the allowed limit of 10 µg/L (ppm). The As concentrations of HSK1 and HEMA2 are 10.3 ppb and 12.5 ppb, respectively. The As concentration of Nr.13 (Kaman village drinking water well) is 7.8 ppb. This critical concentration should be monitored by periodical sampling, when the As concentration exceeds the allowed limit, it is recommended the well should be banned for drinking.

- When the temperatures of water samples are considered, relatively deep circulating groundwaters (HSK1, HEMA2 and Nr.13) have temperatures between 16.1-16.5 °C, others between 4.7-12.9 °C.
- Consequently, the samples of HSK1, HEMA2 and Nr.13 have distinct character from other samples of the studied area from chemical-physical and hydrogeological-hydrological points of view.
- Besides the higher EC (electrical conductivity) values of HSK1, HEMA2 and Nr.13 samples, they are alkaline considering the pH values. The groundwaters of the same aquifer have similar chemical characteristics. The aquifer of Kavşak Spring is completely different from the above mentioned groundwater, which has a shallower and faster circulation and almost similar to precipitation. The turbidity of Kavşak Spring observed in the spring catchment in rainy days is another indication of sudden effect of rain water on this spring.
- As a result of hydrogeological and chemical data, it is concluded that the water well of HEMA (HSK1), the ventilation shaft of HEMA (HEMA2) and the drinking water well of Kaman village (Nr.13 in this study and Nr.665 of DSI – State Hydraulic Works) use the groundwater of the same confined aquifer (Late Cretaceous – Santonian andesite-agglomerate). Hydraulically connected wells have the same chemical water properties. Likewise, the draft of groundwater from any of the wells might affect the others. The degree of this effect is (interference of cone of depressions) a function of pumping rate [Q], hydraulic properties of aquifer (transmissivity [T] and storage coefficient [S]) and time [t]. When these variables are known, it is possible to calculate the degree and moment of this likely interference.
- The aquifer of the Kavşak Spring is Late Cretaceous Campanian tuff, sandstone, siltstone and limestone. The andesite aquifer at the bottom is separated (disconnected) from upper aquifer by impermeable marl level. The percolated precipitation circulates through the joints of Campanian aquifer, where this circulation is very shallow and short (a couple months) from the hydrogeological point of view. Therefore, the spring is easily affected from the precipitation and becomes turbid in rainy days.
- Hydraulically unconnected these two groundwaters have different chemical and physical properties. Any activity at the lower aquifer such as water pumping, drilling, mining will not be affecting the Kavşak Spring. According the DSI water well level data, the decrease of water level in the confined andesite aquifer from +205 m altitude to + 110 within the last 25

years did not affect the Kavşak Spring. However, the activities or the effects of activities (such as subsidence) at the altitudes higher than the Kavşak Spring within the recharge area could affect the water quality and quantity. The similar conclusions can be drawn for the Selen Spring.

## 1. GİRİŞ

Bu çalışma, HEMA ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş. ve BATI KARADENİZ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.'nin yapılmasını planladığı termik santrallerin Bartın ili ile Amasra ilçesi arasında ölçülebilir/farkedilebilir herhangi bir çevresel etkisinin bulunup bulunmayacağı ya da kabul edilebilir risk düzeyinin çok altında kalacağı hususunun bilimsel esaslarla belgelenmesi amacı ile çevresindeki muhtemel etki alanında,

(i) yüzeysel su kaynakları

(ii) yeraltı su kaynakları

özelinde kullanım ve özellikleri itibarı ile mevcut durum tespiti ve değerlendirme çalışmalarının yapılması amacına yönelik gerekli araştırma-geliştirme ve bilimsel-teknik hizmetin ENVIS Çevre ve Enerji Sistemleri Araştırma ve Geliştirme Ltd. Şti. tarafından verilmesi hususunda taraflar arasında 28 Kasım 2011 tarihinde imzalanan protokol uyarınca başlatılmıştır.

Bu rapor, 2-4 Aralık 2011 ve 9-11 Aralık 2011 tarihlerinde Amasra ve güneybatısını kapsayan alanda yapılan arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ve literatürün değerlendirilmesi sonucunda hazırlanmıştır. Bu çalışma sırasında, arazinin jeolojik ve hidrojeolojik yapısının anlaşılması amacıyla Amasra ilçesi güney batısında kalan alanda gözlemler ve ölçümler yapılmıştır.

Özetle proje, Tarlaağzı, Kazpınarı, Bostanlar, Kaman Köyü çevresi, Tarlaağzı Köyünden batıya doğru kalan Tekke Burnu-Poyraz Burnu civarının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin araştırılmasını Kavuşak (Kavşak), Selen Suyu kaynakları ve Kaman kuyusu ile HEMA-2 havalandırma kuyusu ve HEMA su kuyusu arasında yer altı suyu etkileşiminin olup olmadığının tespitini amaçlamaktadır.



### 3. JEOLJİ VE HİDROJEOLJİ

#### 3.1. Önceki Çalışmalar

Bölgede kömür aramalarına ait jeolojik çalışmalar yanında (Amasra Taşkömür Projesi) birçok eski tarihli MTA raporları mevcuttur (Arni, 1941; Egemen ve Pekmezçiler, 1945; Tokay 1954/55; Akartuna 1953).

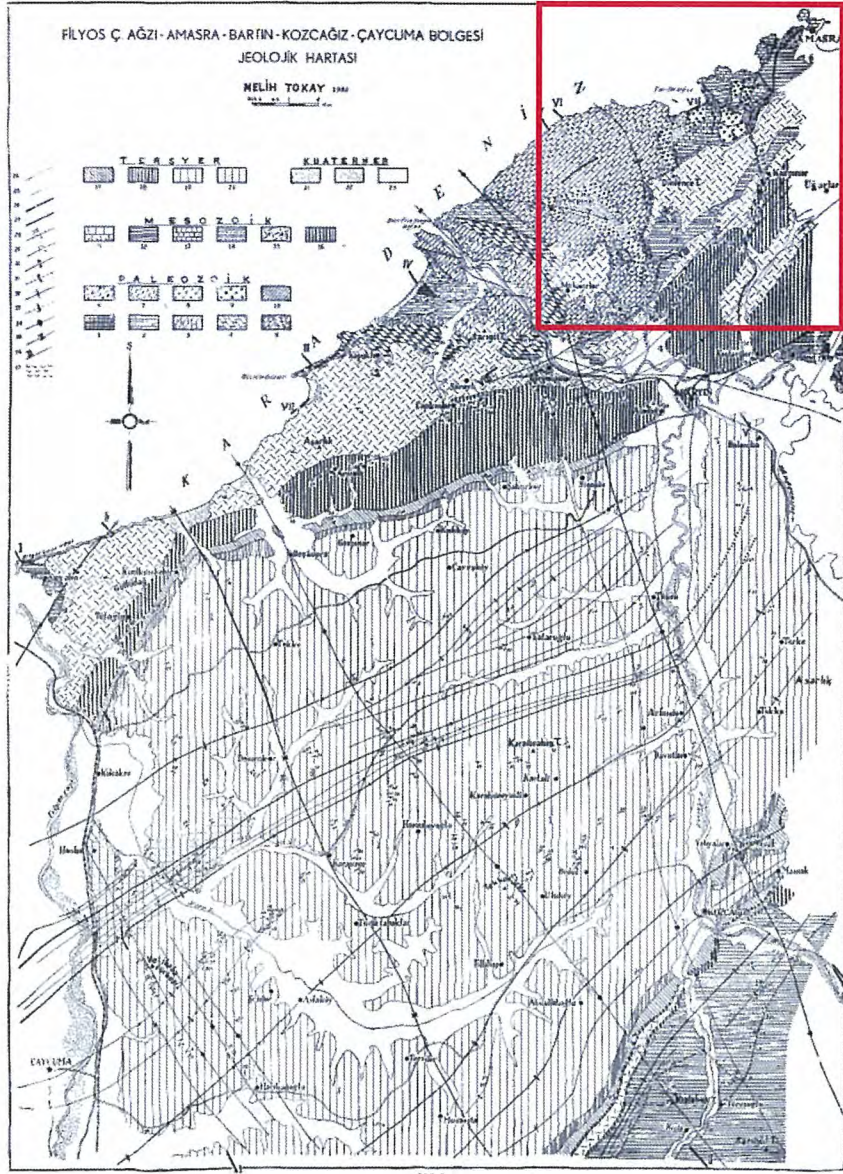
#### 3.2. Bölgesel Jeoloji

Bartın-Amasra arasındaki bölgede Paleozoyik (Alt Devoniyen-Permien), Mesozoyik (Kretase), Tersiyer (Paleosen, Lütesiyen) ve Kuvaternere ait formasyonlar bulunmaktadır. Paleozoyik kuzeyde, Kretase kuzey ve güney doğuda, Tersiyer ise güneybatıda yüzeyde gözlenir (Şekil 2).

Bölgede Paleozoyik yaşlı birimler Devoniyen yaşlı kırmızı renkli silttaşları ile başlar ve üzerinde kuvarsitler bulunur (Göktepe ve Yılanlı-Kokaksu formasyonları). Daha sonra bu birimlerin üzerine bol fosilli kireçtaşları, kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı (Vizeen, Alt Karbonifer), kömür araseviyeleri içeren kil aratabakalı kumtaşı-silttaşı-şeyl (Namuriyen A-B-C; Alacaağzı Katı; Westfaliyen A; Kozlu Katı; Kozlu Formasyonu), konglomera-şist-kumtaşı-kil içeren (Westfaliyen B-C-D; Karadon Katı; Karadon Formasyonu) gelir. Kalınlığı 550 m civarında olan Karadon Katının üzerine kırmızı-yeşil kumtaşı gelir (Permien; Çakraz Formasyonu). Kömür damarları içeren birimler doğuda Permien ve Kretase yaşlı birimler ile, batıda ise Kretase yaşlı birimler ile örtülüdür (Tokay, 1954/55).

Bölgede Mesozoyik Alt ve Üst Kretase yaşlı (Barremiyen, Apsiyen, Albien, Senomaniyen, Turoniyen, Koniansiyen, Santaniyen ve Kampaniyen) birimler olarak gözlenir (Tokay, 1954/55).





Şekil 2. Bölgenin Jeoloji haritası (Tokay, 1954-55)  
(çalışma alanı kırmızı renkle belirlenmiştir)

Mesozoyik yaşlı birimler batıda doğrudan Paleozoyik üzerine transgresif olarak gelir. Taban konglomerası ile başlar (5-15 m) üstüne karbonatlı kumtaşları ve kireçtaşı gelir (100m) (Barremiyen-Apsiyen; Gömü Formasyonu). Bunların üzerine Ammonit fosilli kumtaşı-kumlu marn-kumlu kireçtaşı ve üst seviyeleri (Asker suyu civarı) kumlu kristalize kireçtaşı gelir (Albiyen-Senomaniyen; Kilimli ve Cemaller –Askersuyu- formasyonları). Kalınlığı 0-160 m civarındadır. Amasra güneybatısında bu birimlerin üzerine

beyaz, pembe renkli ince tabakalı marn-kireçtaşı serisi gelir (Turoniyen; Başköy formasyonu). Tarlaağzı civarında doğrudan Paleozoyik üzerine gelir ve bu birim genelde andezit kütesinin altında bulunur (Tokay, 1954/55).

Üst Kretase yaşlı volkanik kayalar andezit, bazalt, aglomera ve tuf içerir (Şekil 2 ve 3). Bu birim içerisinde volkanik malzeme içeren marn, kireçtaşı, tüfit yer alır. Amasra-Bartın yolu üzerinde Asker suyu civarında tortul kayalar üzerine andezit, aglomera ve tüfler gelir. Buradaki tortul tabakalar volkanik malzeme içeren kumtaşı, kumlu marn ve marn olarak gözlenir. Meşelik Tepe kesiminin doğu ve kuzeybatısında özellikle aglomera ve tüfler hakimdir, buna karşılık Kavşak suyu civarında andezitler hakimdir (Koniasiyen, Santoniyen, Kampaniyen; Dinlence, İkse ve Kazpınar formasyonları). Bu andezitler güneybatıya doğru tuf ve volkanik elemanlı ince tabakalı marnlara geçer (Tokay, 1954/55).

Kazpınar Köyü civarında marn-kireçtaşı-kumtaşı tabakaları alttaki andezitlerle ve üstteki Tersiyer oluşukları arasında yer alır (Maestrihtiyen; Alaplı formasyonu). Tersiyer, marn-kireçtaşı serisinin devamında çakıllı kireçtaşı ve marn olarak gözlenir. Paleosen yaşlı birimler kısa bir tedrici geçişle kumlu-killi fliş ve marnlara geçer (Yahyalar ve Çaycuma formasyonları). Kuvaterner yaşlı olarak alüvyonlar, plaj çökelleri ve kumullar gözlenir (Tokay, 1954/55).

### 3.3. Çalışma Sahası ve Yakın Çevresinin Jeolojisi

**Paleozoyik:** Hema Termik Santral alanı inşa alanı olarak planlanan saha Vizeen (Alt Karbonifer) yaşlı gri-siyah renkli spatik özellikli dolomitik kireçtaşlarından yapıldır. Kireçtaşlarını, stratigrafik olarak üzerinde yer alan Namuriyen yaşlı silt ve şeyller ve onu üzerleyen Vestfaliyen yaşlı kömürlü kırıntılılar arazideki diğer Karbonifer birimleridir. Bu birimlerin üzerinde alacalı renkli Permien kumtaşları ve çamurtaşları bulunur. Bu birimlerin üzerinde açılmal uyumsuzlukla Alt Kretase yaşlı killi kireçtaşı spatik kireçtaşı istifi bulunur. Bu serinin tabanında temelden türemiş çakıllı çamurtaşları ve konglomeralar devamsız olarak izlenirler. Kireçtaşlarının üzerinde Apsiyen yaşlı marn şeyl kumtaşı aradalanması bulunur. Bu

birimlerin ve Paleozoyik serisi üzerine açısız uyumsuz olarak Turoniyen en yaşlı kireçtaşı ve onu izleyen volkanik seriler gelir. (Ek-1 Jeoloji Haritası).

Vizeen yaşlı kireçtaşlarının tabaka kalınlıkları 30-40 cm den 7-12 metre arasındadır. Kireçtaşları bol fosilli olup yer yer tabaka içinde çört yumruları ve mercekleri içerir. Çalışma sahasının doğusunda Kirazlıtarla Koyu'nda Vizeen yaşlı kireçtaşları Namuriyen yaşlı silt ve kilttaşları ile arası bir normal fay ile sınırlandırılmıştır (Şekil-3A ve 3B, Ek-1 Jeoloji Haritası).



Şekil 3. A: Karatarla Burnu'nu şekillendiren normal fay (Bakış güneye), B: Poyraz Burnu ile Delikli Burun arasındaki kuzeye eğimli kireçtaşı tabakaları)

Dolomitik kireçtaşları, Kirazlıtarla Koyu'nun batısında deniz kıyısında dike yakın güneye eğimli tabakalardan yapılıdır. Delikliburun'dan başlayarak, tabakalar yaklaşık GB-KB uzanan bir senklinalin bulunmasından dolayı kuzeydoğuya doğru dönerler (Ek-1 Jeoloji Haritası). Delikliburun'dan batıya doğru ise tabakaların tamamı kuzeye doğru yaklaşık 40-60 derece eğimlidir (Şekil-3B). Kıyıda görülen eğimler çalışma sahasının üzerinde ise ondülasyonlu bir yapı sunar. Çalışma alanında jeoloji haritası sayısal arazi modeli üzerinde işlenmiştir (Ek-1 Jeoloji Haritası). Üst bölgede morfolojik olarak aktif bir fay izi görülmemektedir. Sadece Karatarla Burnu'nundan başlayarak güneye uzanan normal fayın düzlemi sayısal arazi modeli üzerinde açık olarak izlenebilmektedir (Ek-1 Jeoloji Haritası).

Tarlaağzı köyü ve Gömü köylerinin bulunduğu alanda Karbonifer yaşlı karasal kırıntılı formasyonlar bulunmaktadır. Batıdan doğuya doğru istifin gençleştiği görülmektedir (Ek-1 Jeoloji Haritası). Tarlaağzı balıkçı barınağına inen yol ve Kirazlıtarla Koyu batısı Karbonifer istifinin en iyi gözlemlendiği alanlardır. Dolomitik kireçtaşları ile kırıntılı istif arasında normal bir fay bulunmaktadır (Ek-1 Jeoloji Haritası, Şekil 4). Olasılıkla iki birim arasındaki dokanakta gelişen fayın batısındaki istif kumtaşı-şeyl ardalanmasıdır. Namuriyen yaşlı olarak bilinen istifin bölgede tabakaları doğuya doğru 40-45 derece eğimlidir. Sahil boyunca istifin içinde taban yapıları çapraz tabakalanma ve kanal yapıları görülür.



Şekil 4. Tarlağazı köyü doğusunda karbonifer istifinin konumu

Namuriyen birimlerini üzerinde çakıltaşı, çamurtaşı, kumtaşı, silttaşından oluşan Westfaliyen serisi olarak bilinen kırıntılılar (Tokay, 1954/55) gelir. Çalışma sahasında kalan istifin alt kesimlerinde (Westfaliyen-A) şiferton adı verilen alüminyumca zengin killer Tarlaağzı limanı batısında işletilmişlerdir (Ek-1 Jeoloji Haritası). İstifin bu kesiminde dereceli geçişli kumtaşları ve çamurtaşları arasında seyrek çakıllı seviyeler bulunur (Şekil 5). Şeyllerin tipik özelliği konkresif ayrışma göstermesidir.

Westfaliyen B-C-D serisinin özelliği kömürlü olmasıdır. Yaklaşık 400 civarında kalınlıklara sahip istif orta kaba taneli kumtaşları, ince orta tabakalı koyu gri renkli, akarsu ortamında çökelmiş silttaşı, kumtaşları, siyah renkli şeyller istifin hakim birimleridir. Konglomera mercekleri içeren istifin Tarlaağzı köyü yolunda görülen kesimlerinde hakim birim çakıllı kumtaşı seviyeleridir. Üst kesimlerde küçük ölçekli kayma yapıları, kömür seviyelerinin bulunduğu kesimlerde şiferton seviyeleri, konglomeratik

kumtaşı çakıltaşı arakatıkları limanın doğusunda bulunan sahil boyunca mostra vermektedir (Şekil 6).



Şekil 5. Kirazlıtarla limanı batısından Westfaliyen-A serisinin görünümü



Şekil 6. Kirazlıtarla limanı doğusunda Westfaliyen serisine ait konglomera ara katkılı kumtaşları

Üst kesimlere doğru ince tabakalı killi kireçtaşları şeyllerle aralanmalıdır. Bu kesimler Gömü köyüne giden yolun üzerinde azda olsa izlenebilmektedir.

Paleozoyik istifinin en üst kesimi çalışma sahasında Permiyen yaşlı alacalı kumtaşı şeyl istifi izler (Şekil 7). Kirazlıtarla Koyu'nun doğusundan Gömü köyüne uzanan dere yatağında istif gözlenebilir. Tabakaları benzer kalınlıklı kumtaşları içinde sedimanter yapılar çok azdır. Kumtaşları kırmızı renkli ince taneli kalın tabakalı şeyller ise yeşil ve sarı renktedir orta tabakalıdır .



Şekil 7. Kirazlıtarla limanı batısında bulunan dere yatağında Permiyen serisine ait alacalı kumtaşları

**Mezozoyik:** Paleozoyik istifinin üstünde çalışma sahasında açısız uyumsuz olarak Kretase yaşlı iki ayrı paket yer alır. İki paketin arasında açısız uyumsuzluk bulunmaktadır. Alt Kretase yaşlı istif iki ayrı paket olarak değerlendirilmektedir. Bunlar marn-kireçtaşından oluşan alt seri ile şeyl-kumtaşı ve marndan oluşan üst seridir. Karbonatlı kesimle orta kalın tabakalı kireçtaşlarının hâkimiyetinde olan istifin en alt kesimi temelden türemiş konglomera ile başlar. Yer yer kalınlığı birkaç metreyi bulan bu kesimlerin üzerine karbonatlı kumtaşları ve üste doğru sparitik kireçtaşları

gelir. Bu serinin en iyi görüldüğü alan Kirazlıtarla Koyu'nun doğu sahili ve Gömü köyünün kuzeyinde yer alan sahil şerididir (Şekil 8).

Kireçtaşlarının bu bölgede taban dokanağında Permiyen yaşlı kumtaşları yer almakla birlikte, kireçtaşlarının dokanağa doğru eğimli olması, bu dokanağın açısal uyumsuzluk olmadığını göstermektedir. Olasılıkla uyumsuzluk düzlemi üzerinde kireçtaşları bölgedeki tektonik olaylar esnasında (Alt Kretase) mobilize olmuş olmalıdır. Yataya yakın dokanak bunun bir paleo-heyelan olduğunu göstermektedir. Üst kesimlerde yer alan şeyler ise en iyi Gömü Köyü civarında gözlenir. Tabaka kalınlıkları 20-40 cm arası şeyler arasında kalınlığı değişken seyrek kireçtaşı seviyeleri ve kumtaşları görülür. Oldukça değişken yönlerde tabaka doğrultu eğimlere sahip olan bu kesimler alttaki kireçtaşları ile dereceli geçişli olmasına rağmen çok sayıda küçük ölçekli fay benzeri dokanaklarla kireçtaşlarından ayrılırlar. Alt Kretase istifinin üst kesimleri en iyi Amasra ile Kuşkayası arasında kalan yol yarmalarında ve Amasra'nın güneyindeki yamaçlarda gözlenir. Alt Kretase istifinin üzerine açısal uyumsuzlukla Senomaniyen yaşlı karbonatlı kumtaşları gelir. Bu istifin kalınlığı 20-60 metre civarındadır. Gri-beyaz renkli formasyonun Amasra-Asker suyu arasındaki yolun üzerinde hem Alt Kretase, hem de Paleozoyik istifini açısal uyumsuz olarak örter. Bartın Amasra yeni yolunda birim yol boyunca gözlenebilmektedir (Şekil 9).



Şekil 8. Tarlaağzı limanı batısında bulunan Burunda Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarının genel görünümü  
(Sarı çizgi Paleozoyik istifinin kireçtaşları ile olan paleo-heyelan dokanağını göstermektedir)



Şekil 9. Amasra Bartın Yeni yolu üzerinde Üst Kretase yaşlı karbonatlı kumtaşları

Eski Bartın-Amasra yolunda karbonatlı kumtaşlarının üzerine Turoniyen yaşlı pembe renkli pelajik, plaketli, mikritik kireçtaşları gelmektedir. Tabaka kalınlıkları 10-15 cm civarındadır (Şekil 10). Üstünde yer alan Koniasiyen-Santoniyen yaşlı volkanik seri ile geçişlidir. Bu geçiş yeni Amasra-Bartın yolu üzerindeki yarmalarda izlenebilmektedir.



Şekil 10. Yeni Amasra Bartın yolu üzerinde Üst Kretase yaşlı pembe mikritik kireçtaşları



Çalışma alanının büyük bir kısmında hakim olan birimler volkanik ve volkanojenik çökel birimlerdir. Bunlar Geç Kretase'de bölgede gelişen volkanizmaya bağlı farklı fasiyeslerdeki ürünlerdir. Koniasiyen'den Kampaniyen'e uzanan bir dönemde sahada çıkmış ve/veya çökelmişlerdir. Tortoniyen yaşlı kireçtaşlarının üzerinde bu seri iki lav seviyesi ile arasındaki kumtaşı-şeyl ardışımından oluşan ince taneli seviye ile temsil olur. Alt kesimlerde andezitik lavlarla başlar. Yastık yapısı gösteren ve denizaltı volkanizması ürünü lavlar yer yer karbonatlı ince merccekler içerirler. Çalışma sahasında Asker suyundan Bartın'a doğru uzanan yol ve yeni Amasra-Bartın yolunda bu volkanik seri tüm özellikleri ile görülür. Andezitlerin arasında aglomeralar ve tüfler görülebilmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Yeni Amasra Bartın yolu üzerinde Üst Kretase yaşlı volkanik seride kalın tabakalı andezitler ve tüfler

Bu volkanik serinin üstüne kalınlığı 5-10 metre olan marn- kireçtaşı-şeyl içeriği olan bir ince bir seviye gelir. Bu seviyenin üzerinde yer alan tükumtaşı-şeyl istifini Kazpınarı köyü ile Hava Kuvvetleri Radarına giden sırtın güneyinden itibaren tüm vadilerde gözlenir. Kazpınarı'ndan Hema havalandırma bacasının bulunduğu yere kadar istifin üst kesimleri yol boyunca açık mostralara sahiptir (Şekil 12).



Şekil 12. Kazpınarı-Hema Kuyusu arasında yol yarmalarında kumtaşı-şeyl ardışımı

Hema Kuyusu'nun bulunduğu sırtın üzerinde ikinci bir andezit seviyesi mostra verir. Kampaniyen yaşlı andezitler suyun yapısı gösterirler kalınlıkları 4-15 metre arasında tuf arakatlıdır. Dikine çatlaklı andezitler koyu yeşil ve kahve rengi alterasyon rengine sahiptir. İstifin kalınlığı 100 metre civarındadır. Üzerinde bu istife uyumlu olarak dereceli geçişle tuf ve kireçtaşı ardışımından oluşan fosilli seri gelir. Maastrichtiyen yaşlı bu seri çalışma alanında Bostanlar köyü güneyinde Yeni Amasra-Bartın yolunun güney inde kalan tepelerde mostra verir. Kaman ve Kazpınarı güneyinde yer alan üstü düzlük tepelerin tamamı bu birimden yapıldır.

#### 3.4. Yapısal Jeoloji ve Depremsellik

Çalışma alanındaki dolomitik kireçtaşlarının içinde görülen kıvrımlar kapalı kıvrımlar olup iki farklı kıvrım ekseni birbiriyle çakışmaktadır, bundan dolayı birinci deformasyona bağlı gelişmiş fayların ve kıvrımların konumları ve biçimleri ikinci deformasyon evresinde bozulmuştur. Kireçtaşlarının içinde gelişmiş fayların bazıları tabakalar arasında gelişmiştir. Bu faylar, kalın ve sağlam tabakaların arasında ezik ve breşik zonlar ile ayırt edilmektedir. Bu zayıflık zonları en önemli erime noktalarıdır. Paleozoyik kırıntılı istifi kendi içinde küçük ölçekli çok sayıda fay içerir. Bu fayların neredeyse tamamı Kretase yaşlı fay paternine uyumludur. Erken Kretase yaşlı olaylar bölgede

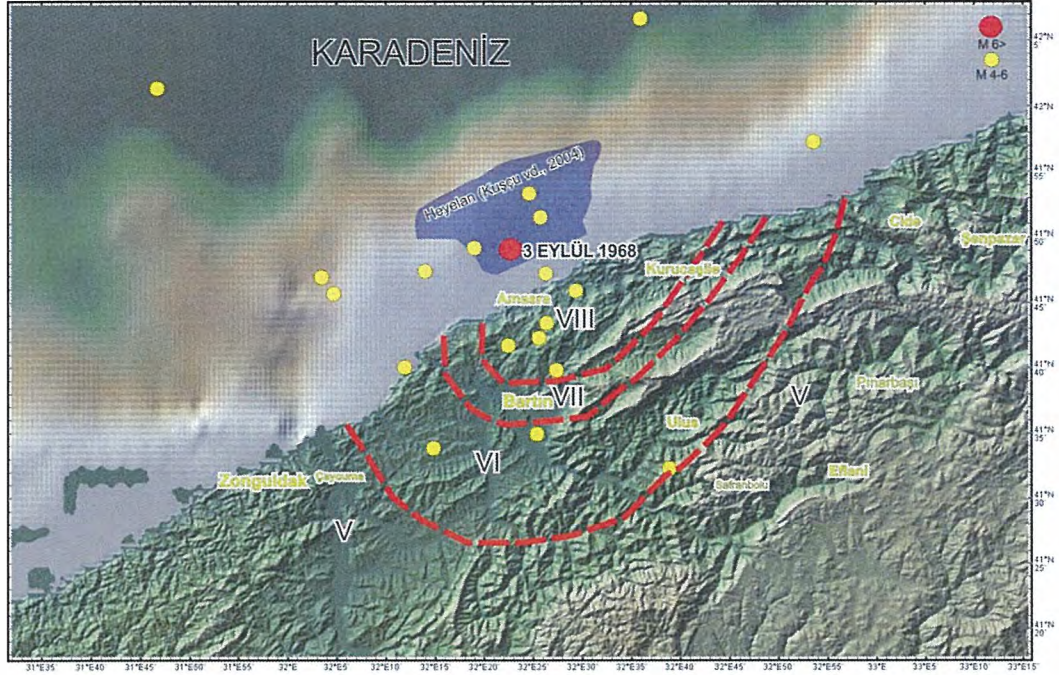
hızlı bir faylanma ve gerilme rejimini göstermektedir. Kirazlıtarla Koyu doğusunda kireçtaşları içinde çökelmeye eş yaşlı domino türü normal faylar bu rejimi işaret eder. Diğer önemli bir yapısal unsur ise bölgede gerçekleşen erken Kretase gerilme tektoniğinin yarattığı büyük ölçekli yataya yakın kayma düzlemine sahip paleo-heyelanlardır (Şekil 8). Özellikle Kuşkayası kuzeyinde kalan denize kadar uzanan alanda tektonik olarak birbirine uyumsuz görülen faylar (Ek-1 Jeoloji Haritası) olasılıkla bu bölgedeki büyük ölçekli bir heyelanın yarattığı karmaşayı göstermektedirler. Kadırga Burnu olarak alanı kaplayan kireçtaşları ile Permiyen yaşlı alacalı birimler arasında dokanakta taban çakıltaşlarının arasında bulunan ezik killi seviyelerin paleo-heyelanın dekolmanına (sıyrılma) işaret etmesi mümkündür. Senomaniyen yaşlı kumtaşları ve Turoliyen yaşlı kireçtaşlarının içinde gözlenen faylar ise bu istifin altında izlenen Karbonifer ve Alt Kretase istifine nazaran daha azdır ve yaklaşık doğrultuları KB-GD olan normal karakterlidirler. Atımları birkaç metreyi geçmeyen bu fayları Hema Kuyusu yolu üzerindeki ve Yeni Amasra-Bartın karayolundaki yarmalarda gözlemek mümkündür (Şekil 11, 13). Tarlaağzı Köyü ise tamamen Karbonifer serisi üzerinde gelişmiş genç bir heyelanın üzerinde oturmaktadır. Bu bölgedeki formasyonun karmaşık tabakaları ve farklı eğimler bu heyelanın ürünüdür. Köyün kuzeyinde yer alan tepedeki Alt Kretase yaşlı kireçtaşları heyelan akması içinde yer alan bir blok niteliğindedir. Köyün güney yamaçlarda yer alan kesimlerinde inşaat temellerinde heyelan ile gelmiş karışık birimler blok bir aradadır.



Şekil 13. Hema Kuyusu arkasındaki yarmalarda normal faylar

Amasra civarının deprenselliği hakkındaki yüzyılımıza ait yegane bilgi 3 Eylül 1968 yılında sabah 10.20 de gerçekteşen 6.6 büyüklüğündeki depremdir. Orta büyüklükteki bu deprem Bartın, Amasra civarında bulunan köylerde ciddi hasara yol açmıştır. Resmi rakamlara göre depremden dolayı 29 kişi yaşamını yitirmiş ve 231 kişi yaralanmıştır. Ankara, Samsun ve İstanbul arasında kalan şehirlerde deprem hissedilmiştir. Depremin merkez üssü Amasra'nın 10 km kadar açığındadır (Şekil 14). Ana şokun ardından M 4-4.6 büyüklüğünde on artçı sarsıntı depremin ardından gerçekteşmiştir. Depremin hemen ardından bölgede keşfe giden Ketin ve Abdüsselamoğlu (1969), yaptıkları incelemelerde karadaki hasar dağılımına göre merkez üssünün Akpınar-Kirlik çevresinde olduğunu düşünmüştür. Amasra civarında Bartın depreminden sonra da 7 tane  $M \geq 4$  deprem meydana gelmiştir (Tablo 1).

Ketin ve Abdüsselamoğlu (1969), deprem sonrasında arazide yapılan gözlemlerde yüzey kırığına rastlanamamıştır. Amasra ile Çakraz arasında kıyı çizgisinin 40- 50 cm kadar yükseldiğini gözlemleyen araştırcılar, kıyı yamacının yaklaşık bir fay düzlemini temsil ettiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca araştırcılar yaptıkları görüşmelerde Çakraz plajında denizin önce çekilip daha sonra geri geldiğini ve kıyıda bir otelde hasar geldiğini rapor etmektedirler. Bu deniz hareketinin tipik bir Tsunami olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca Amasra koyunda dalga 1 metre yükselmiş ve sandalları karaya atmış, kıyıda içeriye doğru ilk dalga 100 ikincisi ise 160 m kadar sokulmuştur (Wedding, 1969). Kuşçu vd., (2004) yaptıkları derin sismik çalışmasında Amasra açıklarında sismik kesitlerde 20 km eninde bir heyelan haritalamıştır (Şekil x). Bu heyelan araştırcılar tarafından Pliyosen yaşlı olduğu belirtilmiştir. Bu heyelanın bulunduğu alanın Bartın depremi merkez üssü ve eşşiddet haritasına göre en çok depremden etkilenen kara alanın karşısında yer alması bölgenin deprem ve denizaltı heyelanları arasında bir ilişi olduğunu göstermesi açısından dikkat çekicidir.



Şekil 14. Bartın- Amasra ve çevresinin sismik etkinlik haritası (Veri KOERİ) Eşşiddet haritası (Alptekin vd 1986) Denizaltı heyelanı (Kuşçu vd, 2004)

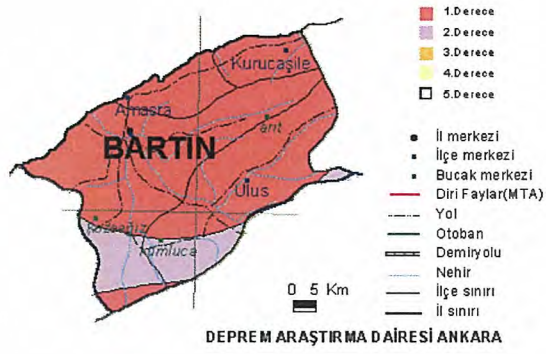
Bartın depremi için bölgeden çalışanlar çeşitli eşşiddet haritaları hazırlamıştır. (Albers ve Kalafatçioğlu, 1969; Ketin ve Abdüsselamoğlu, 1969). Yapılan haritalara da belirtilen Mercalli ölçeğinde göre depremin merkezinde şiddeti VIII dir (Şekil 14). Bartın depremi için yapılan tüm çözümler ters faylanma bileşenli doğrultu atımlı faylanmaya işaret etmiştir (McKenzie, 1972; Jackson ve McKenzie. 1984). Şengör vd., (1983) ise ISC bültenlerinden kısa periyotlu P dalgası ilk hareketlerini de kullanarak doğrultu atımlı bir faylanma olduğunu öne sürmüştür. Alptekin vd., (1986) kısa ve uzun periyotlu sismogramları inceleyerek, Bartın depreminin ters faylanma sonucu oluştuğunu öne sürmektedir. Araştırmacılar tarafından önerilen ters ve doğrultu atım bileşenli ters fay çözümleri, deprem sonrasında Amasra'da gözlemlenen kıyı yükselmesi (Ketin ve Abdüsselamoğlu, 1969) ile uyumludur.

Karadeniz yüksek kıyıları boyunca deniz alanlarında Kretase'den bugüne kadar farklı yaşlarda bindirme fayları bilinmektedir. Bu fayların hangilerinin günümüzde de aktif oldukları hakkında eldeki veriler kısıtlıdır. Sinop'ta bulunan Kuvaterner yaşlı teraslar Karadeniz yüksek kıyılarının oluşma şekli hakkında halen süren bir aktiviteyi işaret eder.

Tablo 1. Amasra civarında son 100 yılda gerçekleşen depremler  
(Kaynak KOERI)

Tarih	Saat (GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyükük
20.04.2006	14:10	41.72	32.45	3	4.1
26.05.1990	12:41	42.10	32.60	10	4.0
14.02.1983	07:28	41.95	32.89	33	4.1
18.02.1976	23:07	41.88	32.42	3	4.4
04.07.1972	06:17	41.70	32.44	0	4.0
20.09.1971	10:57	41.58	32.44	0	4.2
20.09.1971	08:02	41.54	32.66	0	4.0
25.02.1969	13:43	41.56	32.27	31	4.3
10.01.1969	16:33	41.66	32.47	18	4.5
28.09.1968	03:25	41.75	32.10	38	4.1
10.09.1968	01:48	41.69	32.39	33	4.1
09.09.1968	11:49	41.66	32.22	33	4.2
03.09.1968	21:08	41.77	32.08	55	4.2
03.09.1968	14:09	41.81	32.33	14	4.3
03.09.1968	12:22	41.78	32.45	33	4.2
03.09.1968	10:56	41.76	32.50	11	4.3
03.09.1968	09:13	41.78	32.25	33	4.4
<b>03.09.1968</b>	<b>08:19</b>	<b>41.81</b>	<b>32.39</b>	<b>5</b>	<b>6.5</b>

Bartın depremi aletsel dönemde kıyı yükselmesini gösteren şimdilik tek depremdir. Bindirme faylarında gerçekleşen depremlerin periyotlarının 400 ila 20000 yıl arasında değiştiği ve birbirine paralel bindirmelerin arazide haritalandığı dikkate alındığında bindirme faylarının bulunduğu alanlardaki deprem riski ile ilgili bilinmezler daha fazladır. Bu çerçevede Bartın ili 3 Eylül 1968 depreminden dolayı Deprem Araştırma Dairesi tarafından yapılan çekince haritasına göre 1 derece deprem riski taşımaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Bartın ili deprem risk haritası  
(<http://www.deprem.gov.tr/sarbis/depbolge/bartın.gif>)

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yapılan analizlere göre

#### **5.5 Magnitudunde bir deprem oluşma riski (Bartın için)**

25 yıllık periyot için % 85.0

49 yıllık periyot için % 97.7

73 yıllık periyot için % 99.8

97 yıllık periyot için %99.9

#### **6.5 Magnitudunde bir deprem oluşma riski (Bartın için)**

25 yıllık periyot için % 45.6

49 yıllık periyot için % 70.1

73 yıllık periyot için % 83.4

97 yıllık periyot için %90.8

#### **7.5 Magnitudunde bir deprem oluşma riski (Bartın için)**

25 yıllık periyot için % 18.2

49 yıllık periyot için % 33.3

73 yıllık periyot için % 45.0

97 yıllık periyot için % 53.8

olarak hesaplanmıştır (Bartın Valiliği, 2006).

### 3.5. HİDROJEOLOJİ

#### 3.5.1. Meteorolojik Veriler ve Su Bilançosu

Amasra ilçesinin 1975-2005 yılları ortalaması meteorolojik özellikleri (sıcaklık, yağış, güneşlenme süresi, bağıl nem ve rüzgar hızı) Tablo 2'de verilmiştir (Kaynak: Amasra Liman Yolcu İskelesi ÇED Raporu). Amasra ilçesi yıllık sıcaklık ortalaması 13.5 °C'dir. En soğuk aylar Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları, en sıcak aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır. İlçede yıllık yağış 996.7 mm olup, yağışın %29'u kış aylarında, %16'sı ilkbaharda, %21'i yazın ve %34'ü sonbaharda yağmaktadır. Yağışlarda mevsimlik farklılıklar bulunmakla birlikte her mevsim yağışlı bir iklim görülmektedir.

Meteorolojik veriler kullanılarak su bilançosunun hazırlanması için Penman yöntemi kullanılmıştır. Yıllık potansiyel buharlaşma 937.6 mm olarak hesaplanmıştır. Tablo 3'de yapılan hesaplama sonucu yıllık 996.7 mm olan yağışın 813.3 mm.sinin buharlaştığını, geri kalan 183.4 mm.nin akışa geçtiği bulunmuştur. Bu fazla su, akışa geçen su olup, bunun bir kısmı sızarak yeraltısularını oluşturmaktadır. Akışa geçen ve yeraltına sızma kapasitesi olan su miktarı yağışın %18.4'ü kadardır. Rüzgar hızının düşük olduğu Bartın-Amasra arası bölgede buharlaşma çok daha düşük değerde olup, potansiyel ve gerçek buharlaşma 473.1 mm/yıl olup, fazla su 523.6 mm/yıl olarak hesaplanabilir. Bu durumda akışa geçen ve yeraltına sızma kapasitesi olan su miktarı yağışın %52.5'i kadardır.

Tablo 2. Amasra ilçesine ait meteorolojik veriler (1975-2005)

	Aylar												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık(°C)	6.3	5.8	7.3	10.8	14.8	19.4	21.8	22.0	19.1	15.4	11.5	8.2	13.5
Yağış (mm)	104.8	67.8	66.0	51.1	43.1	66.1	63.6	81.3	99.3	119.2	114.8	119.6	996.7
Güneşlenme süresi (saat/gün)	2.55	3.42	4.50	5.30	7.17	9.05	9.95	9.35	7.68	5.57	3.65	2.57	5.9
Bağıl Nem (%)	69	69	71	72	76	74	75	75	71	72	68	68	72
Rüzgar hızı (m/s)	5.4	5.5	5.1	4.5	4.1	3.9	4.3	4.4	4.5	4.9	5.1	5.8	4.8



Tablo 3. Amasra ilçesi için Penman yöntemi ile hazırlanmış meteorolojik su bilançosu

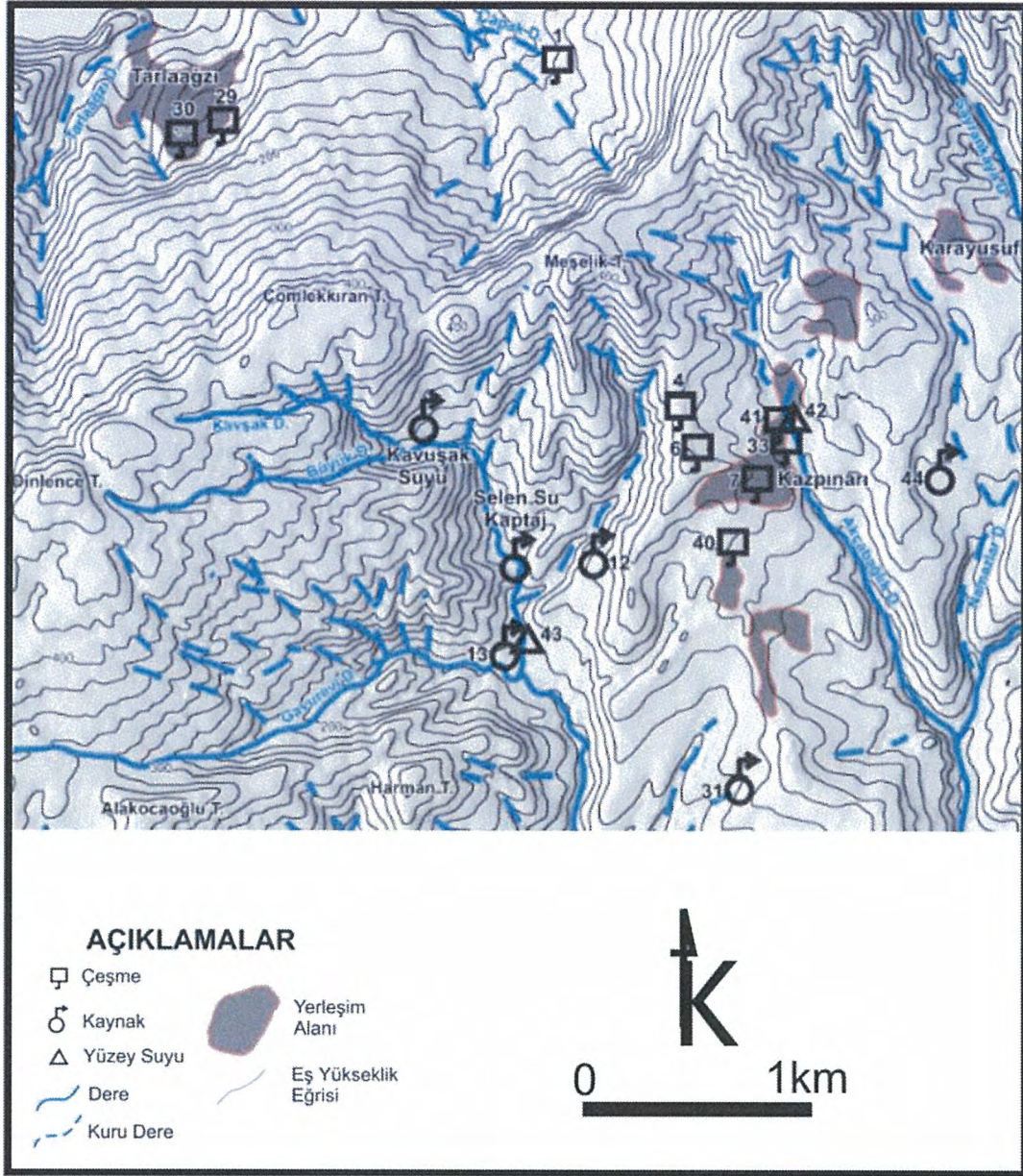
SU BİLANÇOSU													
Yöntem:Penman							Toprağın rezerv su kapasitesi (mm):100						
Yağış istasyonu: Amasra 1975-2005													
	Aylar												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık(°C)	6.3	5.8	7.3	10.8	14.8	19.4	21.8	22.0	19.1	15.4	11.5	8.2	13.5
Potansiyel Evapotranspirasyon (mm),EP	42.4	50.3	58.2	71.9	87.6	115.4	133.1	121.5	92.0	64.0	49.6	51.6	937.6
Yağış (mm), Y	104.8	67.8	66.0	51.1	43.1	66.1	63.6	81.3	99.3	119.2	114.8	119.6	996.7
Y-EP	62.4	17.5	7.8	-20.8	-44.5	-49.3	-69.5	-40.2	7.3	55.2	65.2	68.0	59.1
Rezerv su (mm)	100.0	100.0	100.0	79.2	34.7	0.0	0.0	0.0	7.3	62.5	65.2	100.0	-
Gerçek Evapotranspirasyon (mm)	42.4	50.3	58.2	71.9	87.6	100.8	63.6	81.3	92.0	64.0	49.6	51.6	813.3
Eksik su (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	69.5	40.2	0.0	0.0	0.0	0.0	124.3
Fazla su (mm)	62.4	17.5	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.5	33.2	183.4
Akış (mm)	47.3	32.4	20.1	10.1	5.0	2.5	1.3	0.6	0.3	0.2	31.3	32.2	183.2
Akışın yağışa göre açığı (mm)	57.5	35.4	45.9	41.0	38.1	63.6	62.3	80.7	99.0	119.0	83.6	87.4	813.5

### 3.5.2. Su Noktaları

Hidrojeolojik çalışma alanı olarak seçilen alanda 20 adet su noktası incelenmiştir (Şekil 16). Bu su noktalarında 4 adedi çeşitli derinliklerde su kuyusu, 12 adedi kaynak ve kaynağa bağlı çeşme, 3 adedi yüzey suyu (dere) olup, HEMA'ya ait havalandırma kuyusundan sızan sudan ve ilçede kullanılan şehir şebeke suyundan (ilçeye yaklaşık 30 km uzaklıktaki Ulupınar kaynağı) da örnekler alınmıştır (Tablo 4,5,6 ve 7).

Tablo 4. Amasra – Kazpınar arası incelenen su noktaları, koordinatları ve kotları

No	Koordinatları		Kot (m)	Cinsi
	X (m)	Y(m)		
HSK1	446654	4616625	190	Su kuyusu
KVS	445909	4617228	243	Kavşak suyu kaynağı
KVSD	446133	4617404	313	Kavşak suyu yakını dere suyu
HEMA 2	446630	4616521	181	HEMA havalandırma kuyusundan m <sup>3</sup> /saat debide sızan su
1	446468	4618850	140	Kaynağa bağlı çeşme suyu
2	446691	4620025	100	Çeşme suyu
4	447015	4617331	271	Kaynağa bağlı çeşme suyu
6	447074	4617150	253	Şükrü Acar hayratı
7	447359	4616980	226	Kaynağa bağlı çeşme suyu
13	446310	4616218	98	Kaman köyü kuyusu
29	444967	4618620	90	Çeşme – Nigar Verdi hayratı
30	444820	4618531	101	Tarlaağı su kaynağı
31	447266	4615613	158	Şahıs kuyusu (keson)
33	447489	4617201	208	Şahıs kuyusu (keson)
37	446884	4620077	119	Kaynağa bağlı çeşme suyu
40	447234	4616730	225	Kaynağa bağlı çeşme suyu
41	447511	4617274	210	Kaynak suyu
42	447511	4617274	210	Çamaşır deresi suyu
43	446337	4616268	101	Kaman deresi suyu
44	448219	4616997	177	Paşa pınarı
45	Şehir şebekesinden alındı			Ulupınar (şehir şebeke suyu)



Şekil 16. Çalışma alanı su noktaları lokasyon haritası

Tablo 5. Kaynaklar ve çeşmelerde yapılan arazi ölçümleri

No	Elektrik iletkenlik (EC), µS/cm	pH	Sıcaklık (t), °C	Debi
KVS	74	7.0	10.5	2.5 l/s
1	260	8.0	9.0	-
2	330	7.4	7.2	-
4	58	6.5	8.2	-
6	61	6.7	4.7	-
7	58	6.3	7.2	2.6 l/dk
29	85	7.7	8.3	-
30	338	7.5	11.2	0.4 l/s
37	330	7.5	8.6	0.18 l/s
40	100	7.1	7.2	0.3 l/dk
41	592	7.0	12.9	0.25 l/s
44	56	6.6	6.6	2 l/s
45	540	8.0	-	500 l/s

Tablo 6. Kuyularda yapılan arazi ölçümleri

No	Elektrik iletkenlik (EC), µS/cm	pH	Sıcaklık (t), °C	Statik Seviye (m)
HSK1	303	9.1	16.1	77
HEMA 2	348	9.2	16.5	-
13	322	8.6	16.2	0
31	430	7.4	12	1.80
33	603	7.1	12.8	1.90

Tablo 7. Yüzeysel sularında yapılan arazi ölçümleri

No	Elektrik iletkenlik (EC), µS/cm	pH	Sıcaklık (t), °C
KVSD	65	7.3	7.3
42	280	7.9	9.2
43	180	7.9	8.1



Şekil 17. Çalışma alanında incelenen bazı su noktalarının görüntüleri

### 3.5.3. Yeraltı Su Düzeyi

Çalışma alanı içerisinde yeraltı su düzeyi ölçümü 2 adet sığ ve geniş çaplı olan su kuyusunda (31 ve 33), HEMA tarafından işletme kuyusu olarak çalışan kuyuda (HSK1) ve Kaman Köyü su kuyusunda (13) yapılmış ve sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. Sığ kuyularda (Şekil 17) yeraltı su seviyesi 2 m civarında olup yüzeye çok yakındır. HSK1, 13 ve HEMA2 basınçlı akifer niteliğinde olan çatlaklı andezite ait piezometrik su seviyesidir. Çatlaklı andezit akiferine HEMA-2 civarında giriş yaklaşık +20 kotunda olmakta ve su seviyesi yaklaşık +110 kotuna yükselmektedir. Bu durumda Kaman su kuyusu (13) artezyen yaparak, yeraltı suyu kendiliğinden kuyudan dışarı akmaktadır. Benzer bir artezyen durumuna Kazpınarın güneydoğusunda bulunan Uğurlar Köyü'nde HEMA-40 no.lu kuyunun açımı sırasında karşılaşılmıştır.

DSİ tarafından Amasra Taşkömür İşletmelerinin su ihtiyacının karşılanması amacıyla 1985 yılında Kazpınar ile Askeri Radar Üssü arasında bir yere 33151 no.lu kuyu açılmıştır (Ekte sunulan Jeoloji Haritası ve kesitinde H-24 ile Kavşak Suyu arası) . Bu kuyuda 0-45 m tuf-marn, 45-103 m aglomera-tuf-marn, 103-212 m Andezitik tuf ve 212-250 m arası marn-tuf kesilmiştir. Bu kuyuda benzer şekilde çatlaklı andezit içerisinde basınçlı akiferden su almıştır, statik seviye 14 m olarak ölçülmüştür. Bu kuyunun kotu 219 m olarak kuyu kütüğüne işlenmiştir, su seviyesi 14 m olduğuna göre kuyunun açıldığı tarihlerde piezometrik seviyenin +205 m kotunda olduğu söylenebilir. Bu bilgilerden yararlanılarak, Kavşak suyundan daha düşük kotta açılan kuyuda yeraltı su seviyesinin son 25 yılda 95 m (+205 kotundan +110 kotuna) düşmesinin Kavşak Suyu kaynağını etkilemediği sonucu da çıkarılabilir.

DSİ tarafından 1972-1979 yılları arasında açılmış diğer kuyuların (17036, 19969, 20088, 20089 ve 25614 no.lu) hepsi Bartın Çayı kenarındadır. Burada alüvyon içerisinde 50-60 m derinliğindeki kuyularda statik seviyeler yüzeye çok yakındır ve artezyen yapan kuyular mevcuttur.

#### 3.5.4. Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Jeoloji kısmında ayrıntıları verilen Paleozoyik yaşlı kalın tabakalı, çok kıvrımlı, yer yer dolomitik kireçtaşları, çatlaklı-karstik yapıda olup (Şekil 18A), hidrojeolojik açıdan çok geçirimli (permeabilitesi yüksek) özelliindedir. Çalışılan arazide ve Tekke burnu-Poyraz burnu sahil kesiminde göl, akarsu, kaynak, kuyu vb herhangi bir su noktasına rastlanmamıştır. Delikli Burun mevkiinin 300 m kadar batısında deniz seviyesinden çıkan bir su kaynağının varlığı yöre halkı tarafından bilinmektedir (Şekil 18 B). Ancak, arazi incelemesi sırasında kaynak noktasından su çıkışına rastlanmamıştır. Kaynağın üzerinde yer alan su çıkışında ise hafif bir sızıntı gözlenmiştir. Bundan anlaşıldığı üzere, kireçtaşı yağışlardan aldığı suyu hızla en düşük kot olan denize boşaltıp, yeraltısuyunu biriktirememektedir. Önerilen santral sahası içerisinde çok yakın zaman önce (Aralık 2011-Ocak 2012) 20 m derinliğinde açılan zemin araştırma sondajlarında da yeraltı suyu olmadığı görülmüştür. Çok geçirimli birim olmasına rağmen, yeraltısuyunu depolayamadığından akifer özelliğinde değildir.



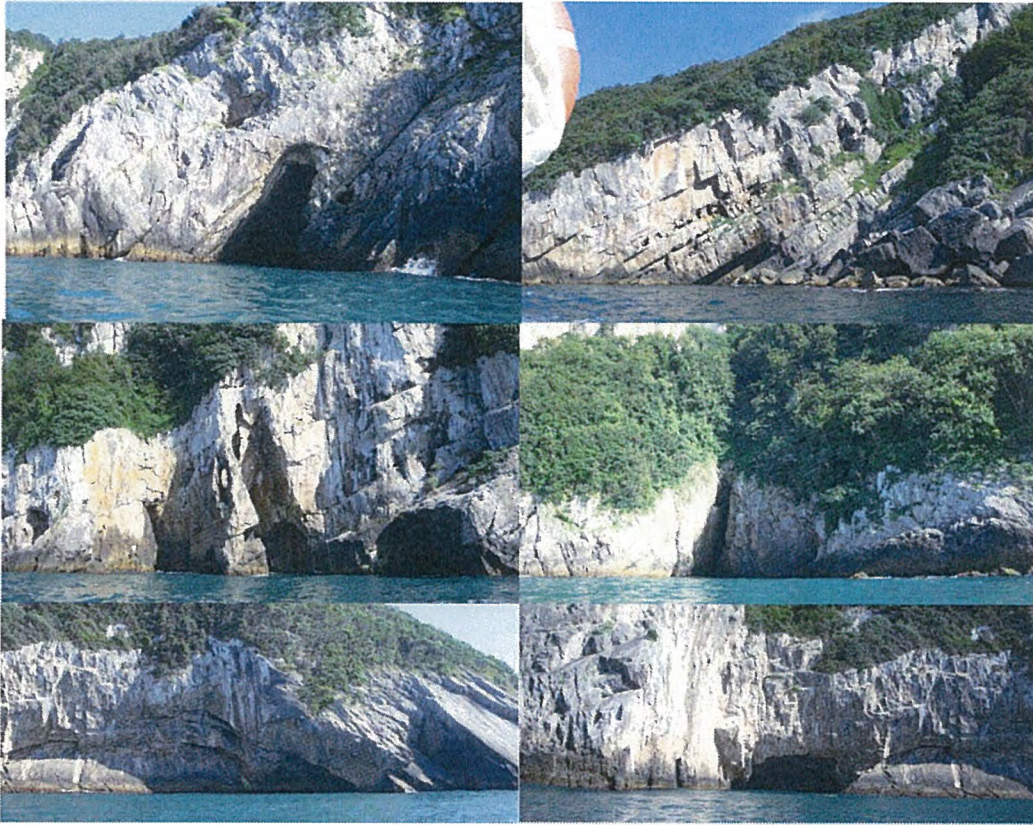
Şekil 18. A: Santral alanındaki yüzeydeki karstik yapı, B: Delikli Burun batısındaki karstik boşluktan çıkan su kaynağı noktası

Kireçtaşlarında karstlaşma (erime) asit karakterde olan yağmur sularının, kimyasal bileşimi kalsiyum karbonat olan kireçtaşı ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Yağmur suları asit karakterini, atmosferden bünyesine karbondioksit gazını alarak, zayıf bir asit olan (pH~5,5) karbonik asit oluşturarak sağlar. Yağmur suyu asit karakterden nötr karaktere ulaşana kadar kalsiyum karbonat ile reaksiyona girerek eritir. Çalışılan arazide karstlaşma daha ziyade tabaka yüzeyleri boyunca gelişmiştir. Bunun yanında yüzeyden derinlerde bir çok orta büyüklükte, derinlemesine fazla uzantısı olmayan mağara oluşumları sahil kesiminde gözlenebilmektedir.

Ancak arazide Sarnıç Çukuru ve Sarnıçdere mevkiilerinde, Karakovuz Tepe ve Taşboğazı Tepe civarında dolin, obruk, suyutan vb gibi isimler verilen çok büyük ve belirgin çöküntü yapıları mevcuttur. Arazi çalışmasında gözlenen dolinler yüzeyde çok büyük olmayıp, içerileri toprak ile doludur (Şekil 19). Çalışma sahasının karstik yapısını en önemli denetleyicisi dolomitik kireçtaşlarının tabakalarının konumlarıdır. Özellikle, Karatarla Burnu ile Delikli Burun arasında deniz kıyısında dik ve dike yakın tabakaların arasında karstik boşlukların geliştiği gözlenmektedir. Kıyıda mevcut mağaraların bir kısmı tabaka arasında erimenin güçlü olduğu kesimlerde dalga enerjisiyle oluşan çökmelerdir (Şekil 20).



Şekil 19. Çalışılan arazide üzeri toprakla örtülü dolinlerin olası yapısı ve arazideki bir dolinin tabanı



Şekil 20. Kıyı boyunca görülen tabakalanmaya bağlı, dalga etkisiyle gelişmiş boşluklar

Çalışma sahasının üzerinde yapılan arazi gözlemlerinde çok sayıda dolin gözlemlenmiştir. Bölgenin 1/25000 lik haritasındaki topoğrafya verisinden hazırlanan sayısal arazi modelinde 39 adet dolin saptanmış, önerilen santral alanında 11 adet yaklaşık çapı 15-55 metre arasında olan dolin haritalanmıştır (Ek-1 Jeoloji Haritası). Bunlar dışında santral alanında yaklaşık KB-GD doğrultulu birbirine bağlı üç bacayla şekillenmiş, uzunluğu 300 m, genişliği 30 metre olan bir dolinde günümüzde tarım yapılmaktadır. Santral sahası etüdü esnasında, saha sınırlarına güneyden girerken gözlenen bir obruk ise 20-25 metre çapında olup, derinliği 20 metreden



fazla olup patikanın üzerine yerleştigi mevsimsel bir dereciğin suyunu yutmaktadır. Santral sahası ve çevresinde görülen topoğrafik yapı tamamen engebeli tipik bir karst topoğrafyasıdır. Çalışma sahası dışında, batı da bulunan bir taş ocağında yapılan gözlemlerde yüzeyi etkin biçimde bozan karstik özelliklerin yüzeyin 10-15 metre altında oldukça zayıflamaktadır. Tabakanın az eğimli olduğu kesimlerde dolinlerin genellikle yayvan kenarlı, eğimin fazla olduğu kesimlerde bir doğrultu üzerine dizildikleri ve daha derin oldukları görülmektedir.

Paleozoyik yaşlı serinin kırıntılı kesimleri geçirimsiz niteliktedir ve sadece sızıntı halinde yüzey sularından çatlaklı çok zayıf ve zayıf akifer niteliğindedir.

Mezozoyik istifinde Alt Kretase yaşlı kireçtaşları kumlu kireçtaşları geçirimsiz olup üste doğru yer alan sparitik kalın tabakalı kireçtaşlarında erime boşlukları sınırlı alanlarda görülür. Karst çok zayıftır. Bu seviyeleri izleyen marn kumtaşı şeyl istifi ise geçirimsizdir, ve yeraltı suyu içermez. Üst Kretase istifinin yeraltı suyu içeren kesimleri Senomaniyen yaşlı kumtaşlarının üstünde yer alan mikritik kireçtaşları, çatlaklı andezitler ve tüflerdir. Sınırlı olan bu akiferler yerel özelliktedirler. Örneğin çok ünlü olan Kavşak suyu sadece hemen kuzeyinde yer alan tuf ve gevşek kumtaşları içeren seri ve tabanındaki ince plakette marn kireçtaşı seviyesinin hemen üzerinden kaynaklanır. Selen suyu kaynağı da benzer bir konumdadır. Kumtaşı-tuf serisinden gelen bu sular düşük EC ile Kaman suyu ve Hema Kuyu suyundan ayrılırlar. Kaman ve Hema suları ise tamamen Kavşak suyu güneyinde kalan dere yatağındaki çatlaklı kırıklı andezitlerden beslenirler ve bu nedenle basınçlı akifer olarak 100 metre kotuna kadar yükselirken Selen suyu sadece normal bir kaynak olarak çıkar. Selen suyu da yine gevşek kum ve tuf istifinden ve etrafındaki tepelerden beslenir (Ek-1 Jeolojik Kesit) Kazpınarı civarındaki tüm kaynakları ya üst andezitlerden veya gevşek kumtaşı tuf istifinden kaynaklanmaktadır.

DSİ tarafından Kavşak Suyu civarında açılan 33151 no.lu 250 m derinliğindeki kuyuda yapılan pompalama deneyi sonucunda 4 l/s debi ile su çekildiğinde düşüm 34 m olmuştur. Buradan kuyunun özgül veriminin 0,12 l/s/m olduğu ve transmissibilitenin (T) yaklaşık 20 m<sup>2</sup>/gün olduğu hesaplanabilir. Çatlaklı andezit akiferin yaklaşık 80-100 m arası kalınlıkta

olduğu bilindiğinden geirirnililiğin (hidrolik iletkenlik, permeabilite) 0.2 m/gün ( $2.3 \times 10^{-6}$  m/s) olduğu bulunabilir. Bu geirirnililik değerine sahip bir akifer zayıf akifer olarak sınıflandırılır.

DSİ tarafından açılan 665 no.lu kuyuda (bu çalışmada 13 no.lu su noktası) pompa deneyi sonucu 6 l/s debi ile su çekimi sonucu su sıfırdan 79 m derinliğe dūřmūřtūr. Bu durumda kuyunun özgöl verimi 0.08 l/s/m olup, yukarıda irdelenen 33151 no.lu kuyuya benzer sonuçlar elde edilmiş ve bu kuyu da çatlaklı andezit akiferinin zayıf bir akifer olduğunu göstermektedir. DSİ tarafından benzer akiferde Uđurlar'da (x:0449659,y:4615986) açılan bir kuyu ve Kazpınarı'nda açılan (x:0447300,y:4617800 ve x:0446601,y:4616701) iki kuyuda da özgöl debiler sırasıyla 0.19, 0.1875 ve 0.06 l/s/m olarak bulunmuştur.

Çalışma alanı dışında ancak santral projesi etki alanı içerisinde veya yakınında olan Bartın ayı civarındaki alüvyonlarda TKİ adına bedelli açılmış olan DSİ kuyuları incelendiğinde 1979 yılında açılmış 25614 no.lu kuyuda 33-56 m.ler arası kum ve akıldan oluşan akiferin hidrolik iletkenliği (K) 15 m/gün, 1973 yılında açılmış 20089 no.lu kuyuda 22-30 m.ler arası siltli çakıllı kumdan oluşan akiferin hidrolik iletkenliği (K) 3.5 m/gün, 1974 yılında açılmış 20088 ve 19969 no.lu kuyuda 31-40 m.ler arası kum ve akıldan oluşan akiferin hidrolik iletkenliği (K) 270 ile 900 m/gün olup iyi akifer niteliğindedir. Bu akiferlerin altı ve üstü geçirimsiz birim ile sınırlandığından, akiferler basınçlı karakterdedir.

### 3.5.5. Suların Kimyasal Özellikleri

ACME Kanada tarafından yapılan (EK 2) suların kimyasal analiz sonuçlarından değerlendirilen özelliklerin bir kısmı Tablo 8'de verilmiştir. Analize gönderilen sular HEM1...HEM10 arası numaralandırılmış ve Tablo 8'de parantez içerisinde belirtilmiştir. HSK1 HEMA Su Kuyusu su örneği, HEMA2 havalandırma bacasından sızan su örneği ve 13 no.lu Kaman içme suyu kuyusu su örneği yüksek Na içeriği, 45 no.lu Ulupınar kaynağı şehir şebeke suyu örneği ve 31 no.lu şahıs keson kuyusu su örneği ise yüksek Ca içeriği ile diğer sulardan ayrı karakterdedirler.

Suların kimyasal özelliklerinin belirginleşmesinde su-kayaç etkileşiminin gerçekleştiği örnekleri ayırtlayabilmek için Gibbs (1970) tarafından önerilen bir diyagram kullanılmıştır (Şekil 21). Bu diyagramda, suyu basınçlı çatlaklı andezit akiferinden alan HSK1, HEMA2 ve 13 no.lu Kaman içme suyu kuyusu su örneklerinin kimyasal özelliklerinin kayaçla olan uzun süreli etkileşimi sonucu geliştiğini, analizi yapılan diğer tüm suların (Kavşak Suyu, tüm dere suları, Ulupınar kaynak suyu, Paşa Pınarı, sığ ve geniş çaplı keson kuyuları) ise yağmur suyu etkisinde kimyasal özelliklerinin geliştiği ve bu suların kayaçlar içerisindeki dolaşımlarının kayaçla reaksiyona girecek kadar uzun olmadığı görülmektedir.

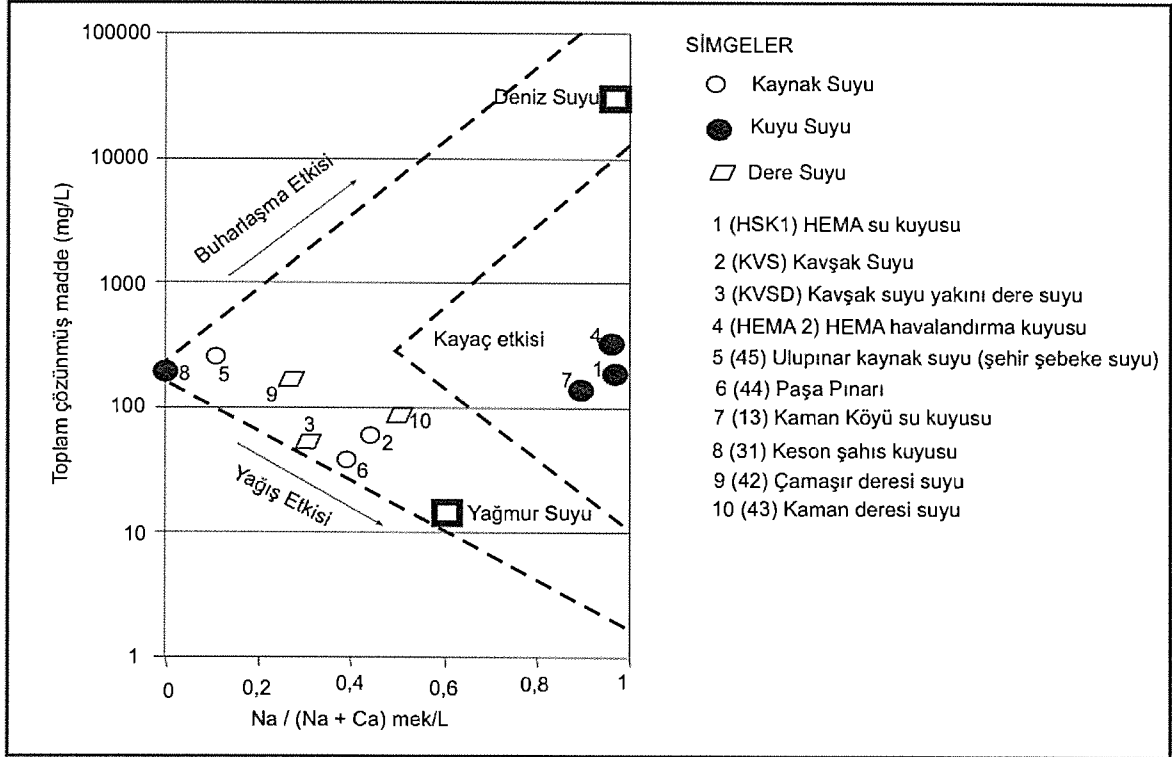
Tablo 8. Kimyasal analiz sonuçları (ACME- Kanada'ya analize gönderilirken verilen örnek numarası parantez içerisinde belirtilmiştir – Bkz. EK 2)

Örnek No	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Si (mg/L)	Alkalinite (mmol/L)	Sertlik (°Fr) Hesap	Sertlik (°Fr) Ölçüm
HSK1 (HEM1)	68.35	0.40	3.55	0.50	15.1	122	1.1	1.6
KVS (HEM2)	7.00	2.06	7.43	1.87	10.9	22	2.6	2.4
KVSD (HEM3)	4.56	2.03	8.21	2.66	8.4	21	3.2	2.8
HEMA2 (HEM4)	70.18	14.11	3.52	0.46	15.4	134	1.1	1.6
45 (HEM5)	14.10	0.90	88.05	12.75	6.9	220	27.3	26.2
44 (HEM6)	5.67	1.84	8.27	1.65	14.6	19	2.8	4.4
13 (HEM7)	71.10	0.45	6.07	1.31	16.3	138	2.1	2.6
31 (HEM8)	4.80	1.34	93.55	1.67	6.8	190	24.1	21.0
42 (HEM9)	16.51	1.20	42.83	4.06	11.5	112	12.4	13.4
43 (HEM10)	19.61	1.75	18.19	3.33	13.2	60	5.9	6.4

HSK1- HEMA su kuyusu; KVS- Kavşak suyu; KVSD- Dere suyu; HEMA2- Havalandırma kuyusundan sızan su; 45- Şehir şebeke suyu (Ulupınar); 44- Paşa Pınarı; 13- Kaman köy kuyusu; 31- Keson şahıs kuyusu; 42- Çamaşır deresi; 43- Kaman deresi

HSK1, HEMA2 ve 13 no.lu su örneklerinin yüksek EC değerlerinin yanı sıra (Tablo 6) pH açısından bazik karakterde sulardır. Hidrojeolojik olarak aynı akiferden geldiği anlaşılan bu suların kimyasal açıdan da aynı akiferin suları olduğu görülmektedir. Kavşak Suyu'nun akiferinin ise tamamen ayrı olduğu, bu suyun çok kısa bir dolaşım ile neredeyse yağış suyu karakterinde olduğu açıktır. Yağışlı dönemlerde Kavşak Suyu kaptajında suyun bulanık olması, bu kaynağın yağış sularından anında etkilendiğinin diğer bir göstergesidir.

Sertliği yüksek olan Ulupınar suyunun (no 45) karbonatlı ve karstik bir akiferden geldiği bilinmektedir. Sertliği yüksek olan diğer örnek, 31 no.lu (keson kuyu) suyudur. EK-1'de sunulan jeoloji haritasında bu kuyunun Üst Kretase yaşlı Marn-Kireçtaşı birimde bulunduğu, karbonatlı kayaç dolayısıyla sertliğinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 21. Toplam çözülmüş maddenin fonksiyonu olarak Na/(Na+Ca) ağırlık oranının değişimi (Gibbs, 1970)