

BATIK YAPILARIN DERİNLİĞİ NEDEN VE NASIL RAPORLANIR? WHY AND HOW TO REPORT THE DEPTH OF SUBMERGED INSTALLATIONS



*Miklós Kázmér

Anahtar sözcükler: deniz seviyesi, kıyı tektoniği, deprem, batık yapılar
Keywords: sea level, coastal tectonics, earthquake, submerged buildings

ÖZET

Arkeoloji, kıyı yapılarının deniz seviyesine göre yüksekliği konusunda veri sağlayabilir. Yapımın ardından yükseklikteki değişim (stabilite, yükselme veya çökme) jeologlar tarafından deniz seviyesindeki değişiklikleri açıklamakta, kıyasal mimarilerin anlaşılmasında ve bölgedeki deprem tehlikelerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Yükselme verileri ölçüm tarihi ve zamanı verilerek, deniz seviyesini ölçmede kullanılan yöntemi açıklayarak ve gözlem sırasındaki hava koşullarını belirterek bildirilmelidir.

GİRİŞ

Denizcilik arkeolojisi diğer bilimlere de fayda sağlayabilecek çeşitli veriler üretir. Arkeologlar için deniz seviyesinin altındaki batık bir yapı veya yerleşim, söz konusu yerin kullanımının doğal süreçler sonucunda sonlandığı anlamını taşır: bu çökmenin gerçekleştiği tarih, söz konusu yapıyı/yerleşimi kullanan toplumun geçmişinin açıklanması açısından önemlidir. Jeologlar açısından ise bazen yer değişiminin gerçekleştiği tarihten daha da önemlisi çökmenin (veya yükselmenin) boyutudur

ABSTRACT

Archaeology can provide data on the elevation of coastal installations relative to sea level. Change of elevation (stability, uplift, or subsidence) following construction is used by geologists to describe sea-level change, to recognize coastal tectonics, and to assess earthquake hazards in the region. Elevation data should be reported by giving the date and time of the measurement, by describing the method used to measure the sea level, and by reporting weather conditions during the observation period.

INTRODUCTION

Maritime archaeology yields various data which can be useful to other sciences. For archaeologists, a building or settlement submerged below sea level means an end to its use caused by natural processes: the date of this subsidence is important for describing the history of the society which used it. For geologists, the dimension of subsidence (or uplift) is also important, sometimes even more than the date of displacement.



Yükseklikteki değişim kıyı mimarisinin doğasını açıklayabilir: hızlı bir yerinden oynama depreme işaret ederken, daha yavaş bir süreç, devam etmekte olan tektonik bir etki veya altta yatan çökeltilerin sıkışmasını ortaya koyar¹.

Girit'te MS 365 yılında yaşanan deprem sırasında 9 metreyi bulan hızlı bir yükselme gerçekleşmiştir. Ada en büyük depremlerin oluşabileceği Helenik dalma-batma kuşağının bir parçasıdır. Büyüklüğü 8.5 olan MS 365 Girit depremi şu ana kadar yeryüzünde kaydedilen en büyük depremlerden biridir. Kıyı yükselmesi deprem büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılan temel bir parametredir². Söz konusu deprem Girit adasında bütün insan yaşam alanlarına ağır hasar vermiş, depremle bağlantılı oluşan tsunami Doğu Akdeniz'deki kıyı yapıları ve yerleşimlerini tam anlamıyla imha etmiştir.

Port Royal'ın 1692 yılında Karayip Denizi'nin birkaç metre altına çökmesi sadece birkaç dakika içinde gerçekleşmiştir³. Adanın güney kısmı yanal atımlı bir fay zonu boyunca uzanmaktadır, aynı zon 2010 yılında Haiti'nin başkenti Port-au-Prince'i tahrip etmiştir. Her ne kadar yanal atımlı faylar genellikle bindirme fayları veya normal faylardan daha az düşey oynamaya neden olsa da, bölgenin koşulları bir depremin sonuçlarını daha da kötüleştirecek şekilde etkileyebilirler.

Libya'da iki metre derinliğe batmış bir Helenistik liman bildirilmiştir⁴. Afrika levhasının bir parçası olan kıyının neredeyse hareketsiz ve depremlerden muaf olduğu düşünülmektedir. Ancak sualtı arkeolojisi bulguları tam tersini ortaya koymaktadır. Çökmenin nedenini anlamak ve bölgede herhangi bir sismik tehlike olup olmadığı anlamak için ayrıntılı çalışma yapılması gereklidir.

Hindistan'ın batısında Diu sahilinin artık kullanılmayan bir balık havuzu ile kaydedilen 0.5 m yükselme, büyük bir olasılıkla 6.8 büyüklüğünde⁵ bir deprem nedeniyle oluşmuştur, öte yandan depremin aletsel büyüklüğü 5.7 olarak kaydedilmiştir⁶. Büyüklük ölçeği logaritmik olduğundan, yakın dereceler arasındaki fark 33x (7.0 büyüklüğündeki bir deprem 6.0 büyüklüğündeki bir depremden 33 kat daha fazla enerji salmıştır) şeklindedir, oynama ölçümündeki ufak bir farkın bile hesaplanan büyüklük ve değerlendirilen sismik tehlike üzerinde önemli etkisi olabilir. Bu kısa açıklamaların amacı arkeologları deniz seviyesinin üzerindeki veya altındaki arkeolojik yapıların konumuyla ilgili kesin veriler sağlamanın önemine ikna etmektir. Bu verilerle jeologların deniz seviyesi değişimi, kıyasal süreçler ve sismik tehlikeyi anlaması için önemini gösterecek örnekler verilmiştir.

1 STEWART-VITA-FINZI 1998.

2 STIROS 2010.

3 MULCAHY 2008

4 YORKE-DAVIDSON 2017.

5 WELLS-COPPERSMITH 1994.

6 KÁZMÉR vd 2016.

The change in altitude can describe the nature of co-astal tectonics: rapid displacement indicates an earthquake, while a slow process suggests ongoing tectonic action or compaction of the underlying sediment¹.

Rapid uplift of up to 9 metres occurred during the 365 CE earthquake in Crete. The island is part of the Hellenic subduction zone, where extremely large earthquakes can occur. This 365 CE earthquake had a magnitude of 8.5, one of the largest earthquakes ever recorded on earth. Coastal uplift is an essential parameter in calculating earthquake magnitude². The earthquake heavily damaged all human habitation on Crete, and the associated tsunami certainly annihilated all coastal installations and settlements in the Eastern Mediterranean.

In 1692, subsidence of Port Royal in Jamaica several metres below the Caribbean Sea happened within only a few minutes³. The southern part of the island lies along a strike-slip fault zone, the same one which destroyed Port-au-Prince, the capital of Haiti in 2010. Although strike-slip faults usually cause less vertical displacement than thrust or normal faults, local conditions can influence the outcome of an earthquake for the worst.

A submerged Hellenistic port at two metres depth was reported from Libya⁴. The coast, part of the African plate, is often considered practically immobile and immune from earthquakes. However, results of underwater archaeological research suggests otherwise. Further studies are needed to understand the cause of subsidence and whether there is any seismic hazard to the region.

The 0.5 m uplift of the Diu coast in western India, recorded by a now useless fish tank, was probably produced by an M 6.8 earthquake⁵, well above the instrumentally recorded earthquake of 5.7⁶. Since the magnitude scale is logarithmical, and the difference between adjacent grades is 33x (a M 7.0 earthquake releases 33 times more energy than an M 6.0 earthquake), even a minor difference in a displacement measurement can have a major influence on the magnitude calculated and the seismic hazard assessed.

The purpose of this brief communication is to convince archaeologists of the importance of providing precise data on the position of archaeological installations either above or below sea level. Examples are provided to illustrate the benefit of this information for geologists, in order to understand sea-level change, co-astal processes, and seismic hazard.

1 STEWART-VITA-FINZI 1998.

2 STIROS 2010.

3 MULCAHY 2008

4 YORKE-DAVIDSON 2017.

5 WELLS-COPPERSMITH 1994.

6 KÁZMÉR et al. 2016.

*Prof Dr Miklos Kazmer, ORCID ID: 0000-0003-1092-1316, Paleoontoloji Anabilim Dalı ve MTA-ELTE Jeoloji Jeofizik ve Uzay Bilimi Araştırmaları Grubu, Budapeşte, Macaristan.

*Prof. Dr. Miklós Kázmér, ORCID ID: 0000-0003-1092-1316, Department of Palaeontology, Eötvös University & MTA-ELTE Geological, Geophysical and Space Science Research Group, Budapest, Hungary.

DENİZ SEVİYESİ NASIL TESPİT EDİLİR?

Küresel deniz seviyesi 1 metre civarında gel git genişliğine sahiptir. Gel git alanının düşük olduğu (mikrotidal) Akdeniz’de, 20 cm’den yukarı doğru, anlamlı oranda daha azdır⁷. Bazı yerlerde, özellikle koylarda, örneğin Trieste Körfezi’nde, gel git genişliği en fazla 1 m’dir. Gel git alanının düşük olduğu denizler arkeolojik yapıların yüksekliği veya derinliğinin günün herhangi bir saatinde doğrudan deniz seviyesine göre ölçülmesine olanak sağlar. Bunun için denizde dalga hareketinin mümkün olabildiğince az olduğu uygun bir şekilde korunmuş bir nokta seçilmeli, alçak ve yüksek dalgalar arasındaki orta yükseklik alınarak işaretlenmeli ve ölçülmelidir. Gel git alanının daha yüksek olduğu sistemlerde fiili deniz sevi-

yesi gün içinde birkaç kez ölçülerek bu verilerden lokal med hareketi hesaplanabilir. En iyisi, parçalara ayrılmış kıyı şeridi boyunca her tür lokal etkiyi hesaba katacak geçici bir gelgit ölçeği yerleştirmek olacaktır.

HANGİ ARKEOLOJİK OBJELER DENİZ SEVİYESİYLE EN İYİ ŞEKİLDE İLİŞKİLENDİRİLEBİLİR?

Arkeolojik yapıların işlevsel yüksekliği, kıyısal yükselme veya çökmenin deniz seviyesine göre miktarını saptamada göreceli faydalarını belirler⁸. Aslında su altı kullanımına yönelik olarak yapılan, ama artık su üzerine çıkmış yapılar kıyılardaki yükselmenin izlerini ele verir. Bunların işlevsel yüksekliğini, örneğin bir rıhtım üzerindeki yürüme yolunun ilk yapıldığındaki minimum yüksekliğini en iyi bir arkeolog saptar.

7 EVELPIDOU vd 2012.

8 MORHANGE-MARRINER 2015.



HOW TO LOCATE SEA LEVEL?

Global sea level has about a 1 m tidal range. In the microtidal Mediterranean, it is significantly less, from 20 cm upwards⁷. In places, especially in embayments, tidal range is up to 1 m (e.g. in the Gulf of Trieste). Microtidal seas allow direct measurement of elevation or depth of archaeological installations relative to sea level at any time of the day. An appropriately protected spot in the sea must be selected, with as little wave action as possible, and the midpoint elevation between low and high waves ascertained, marked, and measured. Under a higher tidal range system, one might want to measure

the actual sea level a couple of times a day and calculate the local high tide from these data. The best would be the installation of a temporary tidal gauge to account for any local effect along a dissected shoreline.

WHICH ARCHAEOLOGICAL OBJECTS CAN BE BEST RELATED TO SEA LEVEL?

The functional height of archaeological installations determines their relative usefulness in determining the amount of coastal uplift or subsidence relative to sea level⁸. Structures now in emerged position, originally built for underwater use, mark coastal uplift. Their functional height (e.g. the original minimum elevation of the walkway on a quay) is best determined by an archaeologist.

7 EVELPIDOU et al. 2012.

8 MORHANGE-MARRINER 2015.



Fig. 1: Arnavutluk'un Butrint kentindeki Roma tiyatrosunun batık durumdaki girişi. Adriyatik kıyıların bu kısmı son ikibin yılda büyük depremler geçirmiştir. Taban seviyesi, neredeyse deniz seviyesiyle aynı bulunan yeraltı suyu seviyesinin yaklaşık 30 cm altındadır.

Fig. 1: Submerged entrance to the Roman theatre in Butrint, Albania. This part of the Adriatic coast repeatedly suffered major earthquakes during the past two millennia. Floor level is about 30 cm below groundwater level, which is the same as nearby sea level.



Fig. 2: Japonya'nın Ryukyu bölgesinde yer alan Kume Adası'ndaki batık kıyı taş ocağı. Bloklar kesildiğinden antik mercan kayalığındaki sular çekilmiştir. Taş ocağının tabanı mevcut deniz seviyesinin birkaç desimetre altındadır. Büyük bir olasılıkla yakınlardaki fay hareketliliğinin neden olduğu eğik taban seviyelerine dikkat ediniz.

Fig. 2: Submerged coastal quarry in Kume Island, Ryukyu, Japan. The ancient coral reef subsided since the blocks were cut. Bottom of the quarry is a few decimetres below current sea level. Note tilted hfloor levels, probably caused by fult activity nearby.

Suyun altında kalan yerleşim birimleri ve bütün halindeki yerleşimler metre cinsinden önemli kıyı çökmelerini gösterebilir (Bk. Lübnan'daki Tyre şehri⁹). Arkeoloji deniz seviyesinin üzerindeki veya altındaki minimum yapı yüksekliği değerlerini verebilir. Örneğin, kamu binaları veya özel binalar yüksek gelgit düzeyinin üzerinde inşa edilmiştir. Taş ocakları yüksek gelgitin en az 0.3 m üzerine yerleştirilmiştir. Arnavutluk'un Butrint kentindeki Roma tiyatrosunun orkestra bölümü ve giriş kapıları iki bin yüzyıl önce şüphesiz kuru bir alan üzerine inşa edilmiştir (Fig. 1). Bunların çökmesi (mesafesi başka çalışmalarla saptanacaktır) Adriyatik levhasının kıyasal dağ silsilesinin altına girmesinin yarattığı bir etkidir. Oynama mesafesi ve hızıyla ilgili devam etmekte olan çalışmalar bunlardan sorumlu olan depremin ya da depremlerin büyüklüğünün tespit edilmesini olanaklı kılacaktır.

Taş ocağı işletmek kuru, dalgasız bir ortam gerektirir¹⁰. Japonya'nın Kume Adası'nda su altında kalmış bir taş ocağı Ryukyu yayının arkasında kıyıda onlarca kilometrelik bir çökmenin izlerini gösterir (Fig 2). Bu durum ada yaylarında kıyıların bilinen bir davranışıdır. Buna karşın, Malay Yarımadası boyunca yer alan

Malakka Boğazı'nda gelgit bölgesinde yer alan taş ocağında çok değil, 1511 yılındaki Portekizlilerin fethinden bu yana çökme belirtileri bulunmaktadır (Fig. 3). Buradan Malakka kalesinin inşasında kullanılan laterit taşları çıkarılmıştır. Çökme mesafesi ve çökmenin hızlı mı yoksa yavaş mı olduğu daha ayrıntılı çalışmalarla saptanmalıdır.

Kıyılardaki tektonik çökmenin en iyi göstergeleri, deniz seviyesiyle doğrudan ilişkili olan yapılarıdır. Balık havuzları¹¹ belki de bu amaç için en iyisidir. Yeni yakalanan canlı balıkları deniz seviyesinde tutmak için kullanılan Roma dönemi balık havuzlarının üst kısmı gelgitin yüksek seviyesinin üzerinde, tabanı ise gelgitin düşük seviyesinin altında olacak şekilde inşa edilmişti. Hindistan'ın Gujarat bölgesinde Diu kentinin güney kıyılarında yükselme nedeniyle artık kullanılmaz hale gelen bir havuz bulunmaktadır (Fig. 4)¹². Bu havuz yaklaşık 500 yıl önce yapıldığından bu yana 0.5 metre mesafesinde bir kıyı yükselmesine işaret etmektedir. Bu da bölgede kıyının yükselmesine 6.8 büyüklüğünde bir depremin neden olabileceğini düşündürmektedir. Bu kıyının daha önce sismik olarak aktif olmadığını düşünülmüştür.

9 MARRINER vd 2008.

10 AURIEMMA-SOLINAS 2009, SCICCHITANO vd 2018).

11 FLEMMING 1969; LAMBECK vd 2010; EVELPIDOU vd 2012.

12 KÁZMÉR vd 2016.



Fig. 3: Malezya'nın Malakka bölgesinde Pulau Upeh'de lateritten oyulmuş bitmemiş kesme taş. Taş ocağı 1511 yılından itibaren Malakka kalesine yapı malzemesi temin ediyordu. Günümüzde kısmen düşük ve yüksek gelgit arasında olan bölge son beş yüz yılda kıyı çökmesine işaret etmektedir. Fotoğraf Malakka kalesi turist bilgi panosundan alınmıştır.

Fig. 3: Unfinished ashlar carved in laterite, Pulau Upeh, Melaka, Malaysia. The quarry supplied construction material to the fort of Melaka, from 1511 AD onwards. Today it is between low and high tide in parts, indicating coastal subsidence during the past five centuries. Photo on tourist information board of the fort of Melaka.

Drowned residential units and whole settlements can mark significant coastal subsidence in the range of metres (see the city of Tyr in Lebanon)⁹. Archaeology can give values for the minimum elevation of installations above or below sea level, for instance when public and private buildings were built for use above high tide level. Quarries were generally in locations at least 0.3 m above high tide. Certainly, the orchestra and entrance gates of the Roman theatre in Butrint, Albania were built two millennia ago on dry land (fig. 1). Their subsidence (range to be determined by further studies) is an effect of the subduction of the Adriatic plate below the coastal mountain range. Ongoing studies here on the range and rate of displacement will make it possible to determine the magnitude of the earthquake(s) responsible.

Operating a quarry requires a dry, tide-free environment¹⁰. The submerged quarry on Kume Island in Japan marks a recent subsidence of the coast a few tens of kilometres behind the Ryukyu arc (fig. 2). This is well-known behaviour for coasts in an island arc. However,

the quarry within the intertidal zone in the Melaka Straits, which are along the Malay Peninsula, indicates subsidence not long after the Portuguese conquest in 1511 (fig. 3). Laterite masonry was quarried here to build the fort of Melaka. The range of subsidence and whether it was rapid or slow is to be determined by further studies.

The best markers of coastal displacement are those interface structures for which the performance is closely related to the actual sea level. Fish tanks¹¹ are probably the best for this purpose. Roman fish tanks, used to preserve freshly-caught live fish at the seashore, were built in such a way that the top of the weir was above high tide, while the bottom of the tank was below low tide. A coastal tank, now rendered useless due to uplift, can be found on the southern seashore of Diu, Gujarat, India (fig. 4)¹². It indicates coastal uplift in the range of 0.5 m since its construction about 500 years ago. This suggests that there may have been an M 6.8 earthquake, which caused coastal emergence of the region. This coast had been considered aseismic before.

9 MARRINER et al. 2008.

10 AURIEMMA-SOLINAS 2009, SCICCHITANO et al. 2018).

11 FLEMMING 1969; LAMBECK et al. 2010; EVELPIDOU et al., 2012.

12 KÁZMÉR et al. 2016.

DENİZ SEVİYESİNE GÖRE YÜKSEKLİK NASIL RAPORLANIR?

Burada deniz seviyesine göre yükseklik belirlemenin oldukça basit bir yolu önerilmektedir. Gelgit tabloları ve gelgit yazılımları ulaşılabilir olduğundan, bilmemiz gereken tek şey belirli bir noktanın yüksekliğinin günün hangi saatinde deniz seviyesinin üzerinde veya altında ölçüldüğüdür. Yükselme değerinin üst verisi için bölgenin (tercihen coğrafik koordinatlarıyla), ölçüm tarihinin, saatinin ve dakikasının bildirilmesi gereklidir. Havayla ilgili bilgiler (özellikle yönü, denizin sakin olup olmadığı ve atmosferik basınç) düzeltmelerin herhangi bir zamanda yapılmasına olanak sağlar. Daha sonra herhangi biri bu verilerden yararlanarak ortalama deniz seviyesini, düşük bahar gelgitini veya herhangi bir gelgit parametresini hesaplayabilecektir. İngiliz Deniz Kuvvetleri'nin gelgit tablolarının kullanılması en iyi çözüm olabilir. Kıyı ülkelerinin oşinografi servislerinin yaptığı gelgit tahminleri de faydalıdır. Örneğin TideComp gibi gelgit hesaplama yazılımları dünya çapında 4000 kıyı merkezi için saatlik gelgit verilerini sağlayabilmektedir. Belli bir ölçümün tarihini ve saatinin biliyorsak, yazılım 1980 ile 2050 yılları arasındaki herhangi bir süre için gelgit seviyesini ve günlük gelgit tarihçesini hesaplayacaktır.

Deniz seviyesine göre orijinal yüksekliğinden yer değiştirdiği örnek gösterilen bu dört merkezden Fig 1-3'de gösterilenlerde çalışmalar devam etmektedir. Butrint tiyatrosundaki su baskının derinliği en yakın santimetresine kadar ölçme çubuğu ile ölçülmüştür. Kume Adası'nda deniz seviyesinin üzerindeki taş ocaklarının minimum seviyesi yerel halkı eski taş işleme teknikleri konusunda sorgulayarak saptanacaktır. Malezya'da burada kullanılan taş ocağı tekniği artık yok olduğundan, bu sorgulamanın Malakka'da yapılması olası değildir. Yakınlardaki taş ocağı sahalarında yapılacak ayrıntılı bir yüzey araştırması kıyı çökmesinin mesafesi konusunda bilgi verecektir. Fig 4'de yer alan Diu merkezi yüksek gelgitte bir lazer mesafe ölçücü (Leica Disto 8)¹³ ile araştırılmıştır. Ölçüm sırasındaki gelgit seviyesi gelgit ölçekleri 50 km uzakta olduğundan TideComp yazılımı ile sağlanmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada arkeologları jeologların kullanımı için kıyı ve sualtı çalışmalarında deniz seviyesine göre kesin yükseklik ve derinlik verilerini vermeye ikna edecek argümanlar sunulmuştur. Bu bilgiler deniz seviyesindeki değişim ve kıyı tektoniğinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Deprem büyüklüğü hesaplamalarında temel girdi verisi sağlayarak çalışma yapılan bölgenin sismik tehlike ölçümünü de geliştirecektir.

TEŞEKKÜRLER

Burada iki isimsiz hakemin yararlı yorumlarına teşekkür edilmektedir. Bununla birlikte geri kalan her tür hata benim sorumluluğumdur. Bu çalışma kısmen Macar Bilim Vakfı tarafından sağlanan fonla (67,683 K) desteklenmiştir.

HOW TO REPORT ELEVATION RELATIVE TO SEA LEVEL?

A very simple way of reporting an altitude relative to sea level is suggested here. Since tidal tables and tidal software are almost universally available, we only need to know the time at which the elevation of a given point was measured above or below sea level. Reporting the location (preferably by geographical coordinates), the date, the hour, and the minute of the measurement are necessary metadata for the elevation value. Information about weather (especially wind direction, whether the sea is calm or not, and atmospheric pressure) allows corrections to be taken at any time. Any later user of these data will be able to calculate the mean sea level, low spring tide, or any other tidal parameter from these data. Use of tidal tables of the British Admiralty are possibly the best solution. Tidal forecasts of oceanographic services of coastal countries are useful, too. Tidal computation software, for example TideComp, can provide hourly tidal data for 4,000 coastal sites worldwide. If we know the date and time of a given measurement, the software will calculate the tidal level and the daily tide history for any time between 1980 and 2050.

Of these four sites displaced from their original elevation relative to sea level, those shown on Figs 1-3 are subject to ongoing studies. Flooding depth at the Butrint theatre was measured by a surveying rod, precise to the nearest centimetre. The minimum level of quarries above sea level on Kume Island will be determined by querying local people about old stone-working techniques. This query is not possible in Melaka, as this kind of quarrying technique is extinct in Malaysia. A detailed survey of adjacent quarry sites will provide information about the range of coastal subsidence. The Diu site in Fig 4 was surveyed by a laser range finder (Leica Disto 8)¹³ at high tide. The tide level at the time of measurement was provided by the TideComp software, as the tide gauges were more than 50 km away.

CONCLUSION

Arguments are provided here to convince archaeologists to give the precise elevation and depth data relative to sea level in coastal and maritime studies for the use of geologists. This will help in understanding sea-level change and coastal tectonics. It can provide essential input data for earthquake magnitude calculations and improve the seismic hazard assessment of the region studied.

ACKNOWLEDGEMENTS

Helpful comments of two anonymous referees are acknowledged herein. However, any remaining errors are my responsibility. This study was supported in part by Hungarian Science Foundation grant K67.683.



Fig. 4: Hindistan'ın Gujara bölgesi Diu kentinde yükselmiş bir balık tankı. Fotoğraf yüksek bahar gelgitinde çekilmiştir. Deniz suyu artık havuzu dolduramamaktadır; geçmişteki yükselme tankı artık kullanılamaz hale getirmiştir. Son beş yüzyılda 0.5 m yükselme olduğu öne sürülmektedir¹⁴.

Fig. 4: Uplifted fish tank at Diu, Gujarat, India. Photo taken at high spring tide. Seawater cannot fill the basin anymore; historical uplift rendered it useless. 0.5 m uplift is suggested for the past five centuries¹⁴.

KAYNAKÇA-BIBLIOGRAPHY

- AURIEMMA-SOLINAS 2009 Auriemma, R., Solinas, E. „Archaeological remains as sea level markers: A review.” *Quaternary International* 206 (2009), 134-146.
- FLEMMING 1969 Flemming, N.C. “Archeological evidence for eustatic change of sea level and earth movements in the Western Mediterranean in the last 2000 years.” *Geological Society of America, Special Paper* 109, 1969, 1-123
- EVELPIDOU et al. 2012a Evelpidou, N., Kampolis, I., Pirazzoli, P.A., Vassilopoulos, A. „Global sea-level rise and the disappearance of tidal notches.” *Global and Planetary Change* 92-93, 248-256.
- EVELPIDOU et al. 2012b Evelpidou, N., Pirazzoli, P., Vassilopoulos, A., Spada, G., Ruggieri, G., Tomasin, A. „Late Holocene sea level reconstructions based on observations of Roman fish tanks, Tyrrhenian coast of Italy.” *Geoarchaeology* 27/3, 2012, 259-277.
- KÁZMÉR et al. 2016 Kázmér, M., Bhatt, N., Ukey, V., Prizomwala, S., Taboroši, D., Székely, B. „Archaeological evidence for modern coastal uplift at Diu, Saurashtra Peninsula, India.” *Geoarchaeology* 31/5, 2016, 376-387.
- KÁZMÉR-TABOROŠI 2012 Kázmér, M. & Taboroši, D. „Rapid profiling of rocky shores using a handheld laser distance meter.” *Journal of Coastal Research* 28/4, 2012, 964–969.
- LAMBECK et al. 2010 Lambeck, K., Antonioli, F., Anzidei, M. „Sea level change along the Tyrrhenian coast from Early Holocene to the present.” *Accademia Nazionale dei Lincei, Atti degli Convegni Lincei* 254, 2010, 11-26.
- MARRINER et al. 2008 Marriner, N., Morhange, C., Carayon, N. „Ancient Tyre and its harbours: 5000 years of human-environment interactions.” *Journal of Archaeological Science* 35, 208, 1281-1310.
- MORHANGE-MARRINER 2015 Morhange, Ch., Marriner, N. „Archaeological and biological relative sea-level indicators.” In: Shennan, I., Long, A.J., Horton, B.P. (eds): *Handbook of Sea Level Research*. 2015, Wiley, Chichester, pp. 146-156.
- STIROS 2010 Stiros, S. „The 8.5 magnitude, AD 365 earthquake in Crete: Coastal uplift, topography changes, archaeological and historical signature.” *Quaternary International* 216, 210, 54-63.
- MULCAHY 2008 Mulcahy, M. „The Port Royal earthquake and the world of wonders in seventeenth-century Jamaica.” *Early American Studies*, Fall 2008, 391-421.
- STEWART-VITA-FINZI 1998 Stewart, I.S., Vita-Finzi, C. „Coastal Tectonics.” *Geological Society Special Publication* 146.
- YORKE-DAVIDSON 2017 Yorke, R.A., Davidson, D.P. „The harbour at Ptolemais: Hellenistic city of Lybian Pentapolis.” *The International Journal of Nautical Archaeology* 46, 2017, 48-71.
- WELLS-COPPERSMITH 1994 Wells, D.L., & Coppersmith, K.J. „New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement.” *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(4), 1994, 974–1002.