

Makale Gönderim Tarihi: 10.08.2015
Yayına Kabul Tarihi: 18.09.2015

Antik Metalurji Uygulamaları

Ancient Metallurgy Procedure

Daniş Baykan

Trakya Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Güllapoğlu Yerleşkesi, 22030, Edirne
e-mail: danisbaykan@gmail.com

Özet

“Antik Madencilik Uygulamaları” başlığı altındaki bu çalışma Antik Çağ madenciliğinin tarihi süreçlerini değil tarihten bağımsız olarak cevherin toplanma, hazırlanma ve işlenme aşamalarını içermektedir. Antik Çağ madenciliğini üretilecek metalin cinsine göre ayırım yapılmadan genelde hepsi için geçerli olan süreçler sıralanacak, sadece bazı özel uygulama süreçlerinde metal cinsi belirtilecektir. Maden, doğal etkenlerle yer kabuğunun bazı bölgelerinde oluşan, farklı kullanımları olan minerallerdir. Kimya literatüründen farklı olarak Maden kelimesi arkeolojide metal kelimesiyle eş anlamda kullanılmaktadır. Madenlerin araştırılması, çıkarılması ve işlenmesiyle ilgili uygulamaların tümüne de madencilik denmektedir. Günümüzde kullandığımız metal kelimesi antik Yunanca metallon ve Latince metallum kelimelerinden gelmektedir. Metaller kendine özgü renk ve parlaklıkları, şekillendirmeye yatkınlıkları nedeniyle Antik Çağ ve hatta daha öncesinde de dikkat çekerek hayatın farklı alanlarında tercih edilen malzemeler olmuştur. Organik malzemeye göre daha dayanıklı olan metal, arkeolojide hem tipolojik hem de kronolojik değerlendirilmeler açısından da önemlidir. 19. yüzyılın kronoloji belirleme çalışmaları sırasında ortaya atılan “üç devir” teorisinde, Taş Çağı sonrasında Tunç Çağı ve Demir Çağı gelmektedir.

Anahtar kelimeler: Antik Metalurji, Arkeoloji, Arkeometalurji, Etnoarkeoloji

Abstract

This study with the title of “Ancient mining procedures“ does not deal with ancient time mining stages but deal with an time-independent progressions in mining and mineral processing stages. Without doing a separation the ores according their types, general operations in the ancient mining is given by stating the some metal names for specific applications. The word of “metal” coming from the “metallum” in Latin language and “metallon” in ancient greek language is synonymous with “mine” in archeology. The metals having variety in their colour, brightness, malleability have been interested and used for different reasons in ancient era and even before. The metals being stronger in comparison with the organic materials are important in terms of both typological and kronological assessments in archeology. In 19th century, the three well-known periods grouped according to the use of metals were identified as post-stone age, bronze age, iron age periods.

Key words: Ancient Metallurgy, Archaeology, Archaeometallurgy, Ethnoarchaeology

İnsanların tarihte ilk tanıştığı maden bakırdır. M.Ö. 9. ve 8. bine tarihlenen Aşıklı ve Çayönü'nün çanak çömleksiz neolitik buluntuları bunun kanıtlarındandır. Bakır, Eskiçağ'da kullanılan tunç gibi alaşımların ana maddesidir. Doğada ham bakır, kalkopirit, malahit, azurit, kalkozit, küpşit, bornit ve enargit mineralleri içerisinde bulunmaktadır. Tunç ise, bilinen en eski alaşımlardandır. Eldeki tarihi bilgilere göre M.Ö. 4. bin ortalarında öncelikle Ortadoğu'da kullanılmıştır. Daha kolay erimesine ve kalıba daha kolay dökülmesine karşın bakırdan daha sert olan tunç, silah ve alet yapımında, bunun yanında sanat eserlerinde ve süslemelerde kullanılmıştır. Yerkabuğunda en çok bulunan metal olan demir, nadiren saf element halinde; genelde hematit, götit, limonit, magnetit, pirit ve siderit gibi demir filizi/ cevheri halinde bulunmaktadır. Anadolu'nun çeşitli yerleşimlerinde M.Ö. 3. ve 2. binyıllara tarihlenen demir örnekleri bulunmasına karşın demirin tam anlamıyla kullanılması M.Ö. 1. binyılın başındadır. Demir'in bakıra oranla üç binyıl sonra yaygınlaşması en çok 1250oC sıcaklığa erişebilen ergitme fırınlarının teknolojisiyle ilişkilidir. Erken demir buluntuların, bir kısmı meteor kökenli olmasına karşın, bilimsel incelenmesi yapılmış az sayıda demir eserin meteor kökenli olmadığı belirlenmiştir. Meteor kökenli olmayan erken demir buluntuların, bilinen demir ergitme teknolojisiyle dövülerek yapıldığının düşünülmesi, konuyu tarihsel, kronolojik ve teknolojik olarak açıklanamaz bir çıkmaza sokmaktadır. Bu nedenle Karadeniz ve bazı diğer yerlerde de olduğunu bildiğimiz ve günümüzde örnekleri halen gözüken demir ve demir oksit tozunun erken dönemlerde kalıplarda ısıtılarak dövüldüğünü düşünmek ve bu savın analizlerle desteklenmesi konunun anlaşılmasında anahtar görevi görecektir (Baykan, 2013). Demir dövme işleminin 700oC'de yapıldığını ve aynı dönemde bakır ve bronz üretim teknolojileri için en azından 800-1083oC arası bir ısıya çıktığını bilmemiz, en erken demir malzemelerin kama, kılıç gibi bronz döküm kalıplarındaki üretim formlarını andırması bu savın temel dayanaklarıdır (Baykan, 2013). Tunçtan demire geçiş sürecindeki bir keşif de kelime anlamı demire karbon ilavesi olan karbürizasyondur. En erken demir buluntular incelenirken, demirin günümüz ekonomik değerlerinden farklı olarak o dönemde altından daha değerli olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle ilk demir kullanım örnekleri çoğunlukla kılıç kama gibi törenseldir. M.Ö. 2. binin ikinci yarısında demir kullanımının Orta Doğu'da arttığı ama gene de tuncun yerini alamadığı görülür. M.Ö. 2. binin sonu ile M.Ö. 1. binin başlarında (yaklaşık: M.Ö.1150 ile M.Ö. 950) tüm Akdeniz havzasında, kayıt yetersizliği ve otorite boşluğu olarak genelleyebileceğimiz, somut anlamda kültürel verilerin azaldığı görülmektedir. M.Ö. 1. bin başından itibaren demirin Doğu Anadolu'da tuncun yerini aldığını ve Perslerin ilerleyişiyle batıya doğru yayıldığını söylemek doğru olacaktır.

Hammaddeye dayalı üretim yapılan işliklerin irdelenmesinde, günümüzde arkeometri ve ilgili diğer alanlardan yardım alınarak disiplinler arası çalışmaların yaygınlaşmasına karşın, yayınlarda arkeometri verileri, kimyasal analiz ve arkeolojik bulgunun tam anlamıyla harmanlanarak yorumlanmasında, üretimin her aşamasının detaylı irdelenmemesinden kaynaklanan bazı eksiklikler vardır. Antik madencilik uygulamalarının anlaşılabilmesi için arkeolojik kazılarda aslında sık rastlanan ama önem verilmediği için genelde incelenmeyen form vermeyen metal objeler ve madencilikte kullanılan diğer malzemelerin mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir. Verilerin kontekst ve mimariye bağlı yorumlanması, maddi kültür kalıntılarının oluşum aşamalarının bilinmesi, deneysel arkeoloji ve etnoarkeoloji yardımıyla bütüncül ve geniş ölçekte bir yaklaşım gereklidir. Geniş ölçekten kastedilen, coğrafi alan seçimindeki neden, mekânların kullanım amacı, mekânların kullanıcılarının kim olduğu, yapılan üretimin aşamaları ve bunların kanıtlarıdır. Geniş anlamda mekân analizi denebilecek bu tür yaklaşımlarda çevresel koşulların ve mekânın neden orada olduğunun çözümlenmesi; ardından insanın o mekânda neyi nasıl yaptığını anlamak ana hedeftir. Çevresel ve mekânsal analiz, başlangıçta sadece coğrafi anlamda (Chadule, 1987; Sanders, 1989; Béguin, 1994; Pinchemel, 1995; Pumain, 1997; Bavoux,

1998), sonradan canlandırma (Bailey 1995); etnoarkeolojik yaklaşımlı modelleme (Kroll, 1991), özel örnek çıkışlı genellemelerde (Enloe 1994) de kullanılmıştır. Klasik arkeolojide mekân analizi merkezli çalışma geleneği ortaya çıktığında, erken tarihli 18. yüzyıl kazılarında Pompeii ve benzerlerinin sonradan mekân analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Allison, 2004). Pompeii örneğinden devam edecek olursak 1984 yılında yapılan bir mekân analizi çalışmasıyla konut ve mekânların tıp ve ecza ile ilişkileri saptanmış ve önceki bilgileri değiştirmiştir (Bliquez, 1994). Benzer çalışmalar küçük yerleşimler (Fellner ve Federici-Schenardi, 2007) veya Delos (Zarmakoupi, 2012), Olynthos (Cahill, 2002) gibi büyük klasik kentler için de yapılmaya devam etmektedir. Günümüzde mekân analizinin arkeolojik alanda kullanım rehberleri Rodier (2011) sayesinde arkeolojideki yerini sağlamlaştırmaktadır.

Antik Çağ metalürjisini tüm aşamalarıyla arkeolojik verilerden takip edebilmemiz, geleneksel ve güncel üretimlerin detaylı incelemeleriyle ve bunlardan yapılacak çıkarımlarla mümkün olabilir. Bu konuda etnoarkeoloji bize en verimli bilgileri sunmaktadır. Geleneksel özelliklerini halen devam ettiren Afrika'nın farklı ülkelerindeki yerel metalürji üretimleri için Antik Çağ metalürjisinin etnoarkeolojisi önemlidir (Barndon, 2004; Holl, 2000; Bisson, 2000; de Barros, 2000; Childs, 2000; Schmidt, 1997; Robion-Brunner-Martinelli, 2012). Sanayi devrimine kadar binlerce yıl antik teknolojide köklü değişiklikler olmadığı hatta muhtemelen deneme yanılma yöntemleriyle edinilen deneyimlerin zamanla kurullaştığı ve tutucu denebilecek kadar değişimlere kapalı olduğu söylenebilir. Bir metalin kaynağından cevher halinde çıkışından bir nesne haline gelişine kadar geçirdiği süreç (genelleyerek); hammadde ve yakacak temini; cevher saflaştırma; ergitme; fırın sonrası uygulamalar; döküm ve dövme teknikleri; şekillendirme; külçe veya nesne yapımı şeklinde özetlenebilir.

Metalürji sürecinin başında hammaddenin yani cevherin temini gelmektedir. Antik Çağ'da cevher yüzeyden toplama yoluyla elde edilebiliyordu. Ancak aynı bölgedeki yoğun üretimler sonrasında yüzeyde cevher kalmadığında galeriler kazılarak madencilik gerçekleştiriliyordu. Metal işlikleri genellikle cevhere yakın yerlerde bulunmaktaydı. Böylelikle cevherin taşınması kolaylaştırılmış, iş gücü ve zamandan tasarruf edilmiş oluyordu. Metalin doğadaki renk ve doku farklılıklarıyla dikkat çekmesi sonucu kullanılmaya başlaması, cevher temininin yüzeyden toplamayla başladığını kanıtlar. Tunç üretimi ve yoğun kullanımı başladığında, muhtemelen hem bakır hem de kalay için yüzeyden toplama yerine galeri madenciliğine geçilmiş olmalıdır. Cevher haricinde yakın olunması gereken unsurlardan bir tanesi de yakacaktır. Cevherlerin Antik Çağ'da günümüzden daha çok ve özellikle de yüzeyden toplama şeklinde elde edilebildiğini de düşünürsek asıl yakın olunması gereken alan ormandır. Antik Çağ'ın ısıl işlem uygulanan metalürji faaliyetlerinde eğer kalorisi yeterli geliyorsa odun; eğer daha yüksek ısı gerekiyorsa odun kömürü kullanılmıştır. Metalürji fırınlarının (en azından demir fırınlarının) yeterli ısıya çıkması için mutlaka odun kömürü gereklidir. Örneğin, tipik olarak 200 kilo işlenmiş demir için 1 ton demir cevheri ve 8 ton kömüre ihtiyaç vardır. Antik Çağ koşullarından bahsettiğimiz için odun kömürü haricinde bir kömür kullanımı mümkün değildir. 8 ton odun kömürüyse ancak 300 yetişkin çam ağacından elde edilebilmektedir. Antik Çağ'da odun kömürü üretimi günümüzdekinden çok farklı olmayan bir şekildedir; kesilen odunlar kümbet haline getirilir, kuru otlarla örtülür ve 2 hafta kadar ateşle beslenerek için için yanması sağlanır. Bu tekniği 1540 tarihli İtalya baskılı gravürlü bir teknoloji kitabında görebiliyoruz (Horne, 1982). Günümüzde Anadolu'da torak denilen bu işleme, odunun beşte biri oranında kömür elde edilebilmektedir. Ayrıca yine aynı kaynaktan, hazırlanmış bir çukura yerleştirilen daha iri odun parçalarının, yine kuru otlarla örtülerek yakılması da betimlenmiştir (Horne, 1982). Günümüzde terk edilmiş bu yöntem özellikle açık alanda ve rüzgâr alan yerlerde Antik Çağ'da da tercih edilmiş olmalıdır. Torak

yapımında Anadolu geleneğinde bazen yığının üstünün çamurla sıvandığı da bilinmektedir.

Günümüzde de metal cevherlerinin hazırlanması sırasında ufak parçalara ayrılması, yıkanması ve kavrulması gibi uygulamaların Antik Çağ'da da olduğunu kabul etmeliyiz. Hammadde içerisindeki iri gözenekli yabancı maddelerin ufalanarak uzaklaştırılması ve cevherin biraz saflaştırılması için cevher zenginleştirme taşlarında, genellikle küresel sert dere taşlarıyla, dövülmesine arkeolojik metalürji alanlarında rastlanmaktadır. Bu uygulamalardaki amaç ayrıştırma, ufalama ve saflaştırma sonucunda daha az ısıyla daha kaliteli ürün elde edilmesidir. Günümüzle karşılaştırılmayacak Antik Çağ metalürji fırınlarının ısısı için muhtemelen deneme yanılma yöntemiyle bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bakır ergimesi için gereken 1083oC, %20 kalay katkısıyla 800oC'ye; saf demir ayrışması için gerekli 1200oC, karbon verilmesiyle 1000oC'nin altına çekilmiştir. Demirin dövülmesi için ise 700oC yeterlidir. Yıkama aşaması, hammadde parçalarının özellikleriyle ve arıtma yapılan alanın suya yakınlığıyla doğrudan ilişkilidir. Yıkama işlemi, hammadde özelliğine göre, bazen kavurma öncesi, bazen kavurma sonrası ve bazen de her iki aşamada uygulanmış olabilir. Urartu kültür bölgesinde saptanan demir üretim merkezlerinden %86'sının dere yatağına yakınlığı, demir üretiminde suyun önemine dikkat çeker (Belli, 1986). Yıkamanın önemi hammaddenin tozdan arındırılması, farklı renkli mineral ve oluşumların daha rahat görünmesini sağlayarak arıtma aşamasının kolaylaştırılmasıdır. Örneğin ilk yıkamada hammadde içerisinde kireç parçalarının tespit edilmesi, bunların kavurma işlemine alınarak daha rahat ufalanmasını sağlar. Cevher hazırlama işlemlerinden biri de cevher parçalarının kavrulmasıdır. Kavurma işlemi belli miktardaki hammadde (cevher) üzerine yığılan odun ve çalının ateşe verilmesi şeklindedir. Bu işlem cevher topaklarındaki kireç kütlelerinin ısı nedeniyle patlayarak ufalanmasını, ayrıca ısıyla uzaklaştırılabilecek bazı minerallerden de ayrışmasını sağlar.

Bahsedilen cevher hazırlama aşamalarından sonra asıl ergitme aşaması yani fırının yakılması gelmektedir. Antik Çağ metalürji fırınlarının ne şekilde olduğuna dair tanımlama içeren antik yazılı kaynağımız yoktur. Bu konuda vazo resimleri üzerindeki betimler (Oddy ve Swaddling, 1985) ile ergitme fırınları ve işleme ocaklarını kapsayan Cleere'nin sınıflandırması (Cleere, 1972) fikir vericidir. Antik Çağ ergitme fırınları, bazen çukur bazen düz zemin üzerindeki kerpiç yapıdan oluşmuştur. Kazıda kerpiç fırın kalıntısının fark edilmesi ve yerinde rastlanması güç olduğundan bazılarının varlığı rapor ve kesit fotoğraflarından veya Knossos'un M.Ö. 1 - M.S. 3. yüzyıl tabakasındaki gibi yerinde olmayan parçalardan bilinmektedir (Lancel 1981; Photos vd. 1988). Anadolu'da tespit edilen nadir ergitme fırınlarından Subaşı (Merzifon-Bakırçay Vadisi) ve Hisarcikkaya (Çankırı-Eldivan) Geç Roma Dönemi izabe fırınlarının kalıntısı günümüze ulaşmamıştır (Jesus, 1976). Metalürji fırınlarının çoğu bakır üretimiyle ilişkili olup demir ergitme fırınlarına nadiren rastlanmaktadır. Populonia'da Baratti koyunda keşfedilen demir ergitme fırını, her ne kadar "erken demir çağ", "arkaik" veya "M.Ö. 1. bin" olarak tarihlendirilse ve iki binli yılların başına kadar "dünyanın en eski demir fırını" olarak adlandırılrsa da (Voss, 1988), yapılan analiz ve araştırmalarda tarih aralığı M.Ö. 3. yüzyıl sonu ile M.Ö. 1. yüzyıl başı öncesine gitmemektedir. Yayınlanmış M.Ö. 1. bin demir üretim ve fırın verileri son derece sınırlıdır (Tylecote, 1992). Kenan Tepe'de tespit edilen demir üretim verileri de içeren arkeometalürjik kontekstin M.Ö. 1. bin başına tarihlenmesi, eksik olan Anadolu demir üretim tarihinin tamamlanabilmesi açısından önem taşır. Ağzı zemin seviyesinde, tabanı çukursuz demir fırınlarının kalıntıları Macaristan'da M.S. 1. bine ait benzerleri gibi genellikle Roma Dönemi öncesine gitmemektedir (Gömöri, 1988; Gömöri, 2006; Gömöri, 2012). Adana Mansurlu köyü ve Urartu bölgesinde bazı tarihlenmemiş fırın izlerine dair aktarımlar haricinde korunmuş ve tarihlenmiş Anadolu demir fırını örneğimiz Arsemia'daki (Adıyaman) 40 cm çapında, 3-4 cm cidarlı ve 100 cm yükseklikte ve İslami tabakada ele geçendir (Tylecote, 1992; Belli, 1986). Hindistan, Nepal,

Japonya, İran ve bazı Afrika ülkelerinde 20. yüzyıla kadar kullanılan bu tip fırınların etnoarkeoloji açılı yaklaşımlarla deneysel fırın denemeleri de gerçekleştirilmiştir (Cleere, 1991; Cleere, 1971; Cleere, 1970; Cleere, 1963; Shrivastva, 1999).

İzabe sırasında metallerin ayrışması için gerekli ısı körüklemeye sağlanmıştır. M.Ö. 2. binin yaygın pişmiş toprak körük tipi değişmeden 4000 yıl kullanılmıştır. Her dönem kullanılan deriden torba körükler, körüğün fırına giren ucundaki üfleçler Afrika'da halen yaygındır. Kültepe buluntuları ile Demirköy Osmanlı dökümhanesi üfleçleri benzerdir.

İzabe fırınından çıkartılan metal kütesinin hangi metal olduğu bundan sonraki aşamada önem kazanmaktadır. Bakır elde edilen bir fırından sonra süreç bakır külçesi dökümü veya kalayla karıştırarak tunç (bronz) külçe veya obje dökümü olarak devam edecektir. Fırında ayrıştırılan metal demir ise cüruf ve kömür karışımı süngerimsi demir kütesi, fırın ağzından ya da üstünden çıkartılarak sıcakken dövülür, bu sırada yabancı parçalarından arınır, yapısı bütünleşir ve gözeneksiz demir elde edilirdi. Bu işlemlerden sonra yapılmak istenen malzeme dövülerek şekillendirilir veya sonra işlenmek üzere uygun külçelere dönüştürülürdü. M.Ö. 7. yüzyıl Sargon II dönemine ait külçelerle Roma İmparatorluk Dönemi demir külçeleri arasındaki benzerlik yine uzun süreli bir geleneğin göstergesidir (Stölner, 2008).

Üretilen metal hangisi olursa olsun gerek aşamaları gerekse kullanılan gereçler veya ortaya çıkan külçe tiplerinde binlerce yıllık bir benzerlik ve alışkanlık söz konusudur. Bu durum antik teknolojinin söz konusu olduğu benzer araştırmalarda sadece kendi döneminin verilerine bakılmayıp aksine etnoarkeoloji yardımıyla daha çok veri elde edilebileceğinin de göstergesidir.

Kaynakça

Allison, P.M., 2004. Pompeian Households an Analysis of the Material Culture, Monograph 42. Cotsen Institute of Archaeology California Üniversitesi, Los Angeles.

Bailey, T.C., Gatrell, A.C., 1995. Interactive Spatial Data Analysis. Essex.

Barndon, R., 2004. An Ethnoarchaeological Study of Iron-Smelting Practices among the Pangwa and Fipa in Tanzania. BAR International Series 1308, Oxford.

de Barros, P., 2000. Iron Metallurgy: Sociocultural Context. Ancient African Metallurgy the Sociocultural Context, (Ed. Joseph O. Vogel). Altamira Yayınları, Oxford, 147-198.

Bavoux, J.J., 1998. Introduction à l'analyse spatiale. Paris.

Baykan, D., 2013. Batı Anadolu'dan Yeni Arkeo-metalürjik Veriler. 28. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Ankara. 191-204.

Béguin, M., Pumain, D., 1994. La Représentation des Données Géographiques. Paris.

Belli, O., 1986. Doğu Anadolu Bölgesinde Antik Demir Metalürjisinin Araştırılması. Araştırma Sonuçları Toplantısı III, Ankara, 365-378.

Bisson, M., 2000. Precolonial Copper Metallurgy: Sociopolitical Context. Ancient African Metallurgy the Sociocultural Context (Ed. Joseph O. Vogel). Altamira Yayınları, Oxford, 83-145.

Bliquez, L.J., 1994. Roman Surgical Instruments and other Minor Objects in The National Archaeological Museum of Naples. Philipp von Zabern Yayınları, Mainz.

Cevizoğlu H., Yalçın, Ü., 2012. A Blacksmith Workshop in Klazomenai. *Ancient Near Eastern Studies* 39, *Anatolian Iron Ages* 7, 73-97.

Chadule, G., 1987. *Initiation aux Pratiques Statistiques en géographie*. Paris.

Childs, S.T., 2000. Traditional Iron Working: A Narrated Ethnoarchaeological Example. *Ancient African Metallurgy The Sociocultural Context* (Ed. Joseph O. Vogel). Altamira Yayınları, Oxford, 199-253.

Cahil, N., 2002. *Household and City Organization at Olynthus*. Yale Üniversitesi Yayını, New Haven.

Cleere, H., 1963. Primitive Indian iron making furnaces. *The British Steelmaker*, 154-158.

Cleere, H., 1970. Iron smelting experiments in a reconstructed Roman furnace. *Iron and Steel Institute*, Londra.

Cleere, H., 1971. Ironmaking in a Roman furnace. *Britannia*, 2, 203-217.

Cleere, H., 1972. The Classification of Early Iron-Smelting Furnaces. *The Antiquaries Journal*, 52(1), 8-23.

Cleere, H., 1991. Iron smelting experiments: towards a systematic policy for international cooperation, *Archéologie expérimentale*. Tome 1 - le feu: le métal, la céramique, actes du Colloque International Expérimentation en archéologie: Bilan et perspectives. Paris, 45-49.

Enloe, J.G., 1994. Patterns of Faunal Processing at Section 27 of Pincevent: The Use of Spatial Analysis and Ethnoarchaeological Data in the Interpretation of Archaeological Site Structure. *Journal of Anthropological Archaeology*, 13, 105-124.

Fellner, R., Federici-Schenardi, M., 2007. Develier-Courtételle, un habitat rural mérovingien 5, Analyse spatiale approche historique et synthèse Vestiges gallo-romains, *Cahier d'archéologie jurassienne* 17. Office de la culture et Société jurassienne d'Emulation. Porrentruy.

Gömöri, J., 1988. The Szakony Bloomery Workshops. The First Iron in the Mediterranean / Il primo ferro nel Mediterraneo. *Journal of the European Study Group on Physical, Chemical, Biological and Methemathical Techniques Applied to Archaeology PACT* 21, Ed. G. Sperl. 101-110.

Gömöri, J., 2006. The Bloomery Museum at Somogyfajsz (Hungary) and some Archaeometallurgical Sites in Pannonia from the Avar- and Early Hungarian Period. *Metalurgija - Journal of Metallurgy*, 12(2-3), 185-198.

Gömöri, J., 2012. Vasolvaszto kemencék zsira-Kenderszer dülöben. *Régészet És Anyagi Kultúra*, 66(1), 31-39.

Holl, A., 2000. Metals and Precolonial African Society. *Ancient African Metallurgy The Sociocultural Context* (Ed. Joseph O. Vogel). Altamira Yayınları, Oxford, 1-81.

Horne, L., 1982. Fuel for The Metal Worker, The Role of Charcoal and Charcoal Production in Ancient Metallurgy. *Fall*, 6-13.

Jesus, P.S., 1976. Eski Çağlarda Anadolu'da yapılmış olan metalurjik faaliyetler. *Maden Teknik Arama Dergisi*, 87, 55-69.

Kroll, E.M., Price, T.D., 1991. *The Interpretation of Archaeological Spatial Patterning*. Londra.

Lancel, S., 1981. Fouilles Françaises à Carthage, La Colline De Byrsa et L'occupation Punique (VIIe Siècle - 146 Av. J.-C.) Bilan de Sept Années de Fouilles. *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 125(2), 156-193.

Oddy, W.A., Swaddling, J., 1985. Illustrations of Metalworking furnaces on Grek vases. *Furnaces and Smelting Technology in Antiquity, Occasional Paper 48. British Museum Yayınları*. Londra, 43-57.

Photos, E., Filippakis, S.J., Salter, C.J., 1988. Preliminary Investigations of some Metallurgical Remains at Knossos, Hellenistic to Third Century AD. *The First Iron in the Mediterranean / Il primo ferro nel Mediterraneo. Journal of the European Study Group on Physical, Chemical, Biological and Methematical Techniques Applied to Archaeology PACT*, 21, 189-197.

Pinchemel, G., Pinchemel, P., 1995. *La Face de la Terre. Éléments de Géographie*. Paris.

Pumain, D., Saint-Julien, T., 1997. *L'Analyse spatiale 1: Localisations dans l'espace*. Paris.

Robion-Brunner, C., Martinelli, B., 2012. *Métallurgie du fer et Sociétés africaines, Bilans et nouveaux paradigmes dans la recherche anthropologique et archéologique. BAR International Series*, 2395, Oxford.

Rodier, X., 2011. *Information spatiale et archéologie. Errance Editions*. Paris.

Sanders, L., 1989. *L'Analyse Spatiale des Données Appliquée à la Géographie*. Montpellier.

Schmidt, P.R., 1997. *Iron Technology in East Africa Symbolisme, Science and Archaeology. Indiana Üniversitesi Yayınları, Indianapolis*.

Shrivastva, R., 1999. Smelting Furnaces in Ancient India. *Indian Journal of History of Science*, 34(1), 33-46.

Stölner, T., 2008. *Montan-Archaeology and Resaerch on Old Minning: Just a Contribution to Economic History?. Anatolian Metal IV (Ed. Ü. Yalçın)*, Bochum, 149-178.

Tylecote, R.F., 1992. *A History of Metallurgy (2. Baskı)*. Londra.

Zarmakoupi, M., 2012. *The Quartier du Stade on late Hellenistic Delos: a case study of rapid urbanization (fieldwork seasons 2009-2010). Institute for the Study of the Ancient World Papers*, 6 (çevrimiçi: <http://dlib.nyu.edu/awdl/isaw/isaw-papers/6/preprint/>).