



ALTIN MADENCİLİĞİ

Jeolojik, Ekonomik ve Toplumsal Boyutlarıyla
Bütüncül Bir Değerlendirme



Mart 2026



ALTIN MADENCİLİĞİ

Jeolojik, Ekonomik ve Toplumsal Boyutlarıyla Bütüncül Bir Değerlendirme

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
ALTIN TEKNOLOJİLERİ ÇALIŞMA GRUBU
Başkan

Dr. MEHMET KARADENİZ

Üyeler

Dr. BÜLENT TOKA

Dr. ABDULLAH EKREM YÜCE

HASAN NEJAT UTKUCU

CEM GÖKDAĞ

MEHMET ZAMAN

TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
49. DÖNEM YÖNETİM KURULU

Başkan AYHAN YÜKSEL

II. Başkan BÜLENT TOKA

Yazman VEYİS SIR

Sayman MEHMET ZAMAN

Üye ALPER ENTOK

Üye PELİN KERTMEN

Üye FATİH TÜTÜNCÜ

MART 2026

ÖZET

Bu rapor; altının tarihsel, jeolojik ve teknolojik boyutlarını, dünyadaki üretim-talep-fiyat dinamiklerini ve Türkiye’de altın madenciliğinin gelişimini birlikte ele alarak, tartışmanın neden “yalnızca teknik” olmadığına odaklanmaktadır. Özellikle 1990’lardan itibaren Türkiye’de yükselen toplumsal itirazların arka planında; çevresel risk algısı, güven krizi, mevzuat/kurumsal kapasite tartışmaları ve “kamu yararı” tanımına ilişkin değer çatışmalarının bulunduğu vurgulanmaktadır.

Raporun ilk bölümlerinde altının para, tasarruf ve sembolik değer üzerinden kurduğu tarihsel hegemonyanın yanı sıra; altın yataklarının jeolojik özellikleri, plaser-yeraltı-açık ocak üretim yöntemleri ve cevherden altın kazanımında siyanür özütlemesi başta olmak üzere temel proses adımları özetlenmektedir. Refrakter cevherlerde ön işlem gereksinimi, dore üretimi ve siyanüre alternatif kimyasallar gibi başlıklar üzerinden, teknolojik gelişmelerin düşük tenörlü yatakları ekonomik hâle getirdiği; buna karşılık atık yönetimi, su kullanımı ve kaza/sızıntı olasılıklarının risk tartışmasını büyüttüğü belirtilmektedir.

“Dünyada ve Türkiye’de Altın” bölümü; Bretton Woods sonrası dönemde altının finansal belirsizliklerle birlikte yeniden öne çıkışını, üretim-talep eğilimlerini, merkez bankalarının tutumundaki değişimleri ve Türkiye’nin 2001’den itibaren yeniden üretici konuma gelişini değerlendirmektedir. Türkiye’de üretimin artmasına karşın, ithalatın yapısal niteliği ve toplumsal gerilimin (Bergama’dan başlayarak) ülke geneline yayılması, raporun ana çerçevesini oluşturan “toplumsal kabul” tartışmasına bağlanmaktadır.

Öne çıkan değerlendirme ve öneriler:

- Risk yönetimi kadar risk iletişimi de kritik olup, güven tesis edilmeden sürdürülebilir üretim mümkün değildir.
- Toplumsal kabul (SLO) için yerel rıza mekanizmaları, erken katılım ve şeffaf ÇED süreçleri güçlendirilmelidir.
- Su yönetimi, atık/atık barajı güvenliği, arazi kullanımı ve kümülatif etkiler havza ölçeğinde ele alınmalıdır.
- Kapatma (closure) ve rehabilitasyon planları en baştan tasarlanmalı; yeterli mali teminatlar güncel ve doğrulanabilir olmalıdır.
- Bağımsız teknik izleme, açık veri standartları ve performansa dayalı izin koşullarıyla hesap verebilirlik artırılmalıdır.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	3
GİRİŞ	6
Altın Sikkelerin Hegemonyası	9
Coğrafi Keşifler ve Yeni Dönem	10
Altın Standardına Doğru	11
ALTIN- JEOLJİSİ- MADENCİLİĞİ	12
Element Altın	12
Kullanım Alanları.....	13
Altın Yatakları ve Mineralleri.....	15
Altın Madenciliği	19
Plaser madenciliği.....	19
Yeraltı Madenciliği.....	20
Açık Ocak Madenciliği.....	21
Cevherden Altın Kazanımı	22
Siyanürle Altın Kazanımı	22
Refrakter Cevher Ön- işlem Süreçleri	23
Altın Cevherinin Siyanürle Özütleme.....	25
Çözeltilerdeki Altından Doreye Aşamalar.....	26
Siyanüre Alternatif Kimyasallar	27
DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ALTIN.....	28
Dünyada Altın	28
Üretim ve Rezervler	28
Talep.....	30
Altın Madenciliğine Karşı Toplumsal Mücadele	31
Altın Fiyatları	31
Merkez Bankalarının Tutumu	33
Türkiye’de Altın.....	33
GENEL DEĞERLENDİRME	36

Dünya	36
Türkiye	39
TÜRKİYE’DE ALTIN MADENCİLİĞİNDE SORUNLAR- GERİLİM ALANLARI.....	41
1. Çevresel riskler: su, atık yönetimi, arazi kullanımı ve ekosistem etkileri.....	42
2. Halk sağlığı ve psiko-sosyal etkiler: riskin “yaşanmışlık” boyutu.....	42
3. Bilgi asimetrisi ve risk iletişimi: teknik doğruların toplumsal kabule dönüşmemesi	42
4. Toplumsal kabul: yasal izinlerin ötesinde meşruiyet ve güven	42
5. Çevresel adalet: dağıtım, usul ve tanınma.....	43
6. Mevzuat istikrarsızlığı, ÇED ve yönetim kapasitesi	43
7. Ruhsatlandırma, kamu yararı ve ölçek: değer çatışması	43
8. Kapanış (closure), uzun dönem yükümlülükler ve finansal teminat	43
9. Politik-ekonomik iddialar: gerçek maliyetler, katma değer ve yerel bölünmeler	44
SONUÇ.....	44
REFERANSLAR.....	47

GİRİŞ

Sovyet İktisatçı Andrey Vladimiroviç Anikin (1927- 2001), Türkçe'ye, “*Altın... Sarı Şeytan*” adıyla çevrilen eserinde, “... *Altının, insanlar üzerindeki gücü muazzamdır. Altına lanet okunmuştur ve altın yere göğe sığdırılamamıştır. Ama kimse, sarı maden karşısında kayıtsız kalmamıştır...*” değerlendirmesi yapar.

Kimyasal ve fiziksel özellikleri, onu, her devirde ayrıcalıklı kılmış, büyüleyici ışıltısıyla kutsallaştırılmıştır. Geçmişte, sanayi alanında, hiçbir zaman öne çıkmamasına rağmen, bireyler ve toplumlar üzerindeki etkisi, asla ortadan kalkmamış, her devrin tartışılan metali olmuştur. Bu tartışmalar, 20. yüzyıla değin parasal, siyasal, kültürel, toplumsal ve hatta psikolojik boyutta olmuş, ancak 20. yüzyılın son çeyreği ile birlikte, diğerleri de içinde olmak üzere, doğa- insan ilişkisi üzerinde yoğunlaşmıştır.

Ülkemizde ise, 1990'ların başından itibaren, altın madenciliği yatırımlarına karşı başlayan, giderek yükselen direnç, istisnalar haricinde, uzun süre altınla sınırlı kalmıştır. Sonrasında, başta kömür ve taş ocakları olmak üzere, diğer madencilik faaliyetlerini de içine almış ve geçen yıllarla birlikte giderek yaygınlaşmıştır.

Sıra dışı çıkışlar bir yana bırakılırsa, “doğa koruma” hareketleri, genel olarak 19. yüzyılda ABD ve Batı Avrupa'da, daha ziyade bilim çevrelerinde, azalan orman alanları ile birlikte sanayinin yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan hava ve su kirliliğine odaklanılarak başlamıştır. Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren de çevre, olumsuz gelişmelerden doğrudan etkilenen toplumların meselesi hâline gelmiştir.

Ancak, ülkemize bakıldığında, yine aynı dönemde, dar bir kesimce gösterilen, cılız denebilecek kimi çabalar göz ardı edilirse, ekonomik faaliyetlere karşı kayda değer muhalif tutumun, 1990'lar sonrası geliştiği görülür. Aslında bu doğaldır, zira Osmanlı İmparatorluğu zamanındaki yetersiz girişimler dışında, Türkiye'deki gerçek sanayileşme çabası Cumhuriyet'in kuruluşunun akabinde başlatılmıştır. Dolayısıyla da gözle görülür bir kirlenme, tahribat yaşanmamış, sanayi ve tüketim toplumu henüz ortaya çıkmamıştır.

Ekonomik anlayışın, 24 Ocak 1980 tarihini takiben kökten değişime uğraması, bunun topluma yansımaları; sanayileşme hamlelerinin, doğada yarattığı etkilerin gözle görülür hâle gelmesi; doğa koruma bilincinin, dünyada geldiği seviyenin, yavaş da olsa Türkiye'yi de sarmaya başlaması gibi sebepler, bu hareketin güçlenmesinde etkili olmuştur.

Son 30 yılda, Türkiye'de, çevre hassasiyetinin giderek arttığı bir gerçek olmasına karşın, sürece yakından bakıldığında tepkinin, özellikle, madencilik faaliyetleri kapsamında kaldığı dikkat çekmektedir. Her ne kadar, enerji yatırımları da (kömür ve nükleer santralleri, HES'ler, JES'ler ve hatta RES'ler ve GES'ler...) dirençle karşılaşırsa bile, konunun, esas itibariye madencilik üzerinde döndüğü, diğer sanayi dallarının, adeta muaf tutulduğu görülmektedir.

Türkiye'de doğa koruma hareketinin altınla başlaması dikkat çekicidir ve nedenleri tartışmaya açıktır, ama ondan önemlisi, geline nokta, her madencilik yatırımının tepki doğurması, mahkemelere taşınmasıdır. Yine de bütün madencilik faaliyetleri içinde altın, çevreci hareketin, en fazla öne çıkan hedefidir.

Öncelikle, çok düşük tenörlerde yataklanması ve dolayısıyla, büyük miktarda pasa açığa çıkması, genellikle hidrometalurjik yöntemle ve siyanür vasıtasıyla kazanılması, esasen doğru bir tespit olmamasına karşın, altının, öteki madenlerden farklı olduğu düşüncesini hâkim kılmaktadır.

Yaşanan kazalar, siyanüre bağı tedirginliğin artmasına yol açmaktadır. Öte yandan, altının bizzat kendisi tartışma konusudur. Pek doğru olmayan bir düşünceyle, altının, en az 4.500 yıldır, ekonominin omurgası- asıl para olduğu gerçeği unutulmuş, takı dışında işe yaramadığı, sanayide kullanılmadığı inancı yerleşmiştir. Üretim gereksiz olduğu; getirisinin, kamuya yansımadağı; yalnızca yabancı yatırımcının kazandığı, bu yüzden de sömürü aracına dönüştüğü düşünölmektedir.

TARİHÇE

Bulgaristan- Varna'daki bir nekropolde, 1972'de tesadüfen keşfedilen altın hazine, M.Ö. 4.550- M.Ö. 4.450 aralığına tarihlenmiştir. Bunlar, insan eliyle işlenmiş, bilinen en eski altın nesnelere (Leuschs ve diğ., 2015). Yine, Zonguldak'ta yer alan İnönü Mağarası'nda yapılan kazılarda, bir seramik kap içinde bulunan ve M.Ö. 4.300- M.Ö. 4.000'e tarihlenen altın boncuklar, kronolojik ve tipolojik bakımdan Varna'daki örneklerle ilişkilendirilmiştir (Yalçın ve diğ., 2021).

Çayönü Tepesi'nde rastlanan işlenmemiş malakitlerin, M.Ö. 8.200 öncesine ait olduğu saptanmıştır (Yalçın, 2013). Bu da bakırın daha önceden bilindiği anlamına gelebilir, ancak altının, doğada nabit, yani saf olarak bulunması, parlak sarı rengi, yüksek yoğunluğu (19,3 g/cm³), yumuşaklığı, kolayca işlenebileceği, yaşam alanı olarak seçilen akarsu mendereslerinde görülmesi, arkeolojik kazılarda şimdiye değin bakırdan eski nesnelere ele geçmese de altının, insanın tanıdığı ilk metal olabileceğini düşündürmektedir.

Öncesi tam olarak bilinmemekle beraber, altın üretimi kabaca, M.Ö. 4.000'ler- M.Ö. 2.000'ler aralığında, akarsu mendereslerinde yataklanan plaserlerden ve sığ kuvars damarlarından yapılmıştır. Üretilen miktarlar tahmine dayalı olup, bir yandan, Mısırlılar'ın Nubia'da, yıllık 40 ton altın çıkardığı iddia edilirken (Habashi, 2009), diğer yandan da dünya üretiminin, ancak M.Ö. 1.500'lerde 12 ton civarına ulaştığı belirtilmektedir (Mullen Jr ve Parrish, 1998).

Büyüleyici parlaklığı, asla rengini kaybetmemesi (oksitlenmemesi) gibi üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri altının, her dönemde ayrıcalıklı bir metal olarak görülmesini sağlamıştır. Sınıflı, köleci toplum yapısının belirginleştiği Sümer, Mısır gibi uygarlıklarda ölümsüzlükle özdeşleştirilmiş, gücün, zenginliğin, asaletin ve kutsallığın sembolü olmuş; soyluları, kralları, kraliçeleri, sarayları ve mabetleri (ziguratlar) süslemiştir.

M.Ö. 2.000'lere gelindiğinde, ilkel görünse bile, madencilik bilim ve tekniği bakımından ilerlemeler kaydedilmiştir. Bonanza tipi denen yüksek Au tenörlü kuvars- altın damarlarının jeolojisine, mineralojisine ilişkin bilgiler artmış ve altın aramalarında kullanılmıştır. Altın kumları yıkarken, tahta kanal üzerine koyun derisi germek suretiyle, ince tane boyutundaki altının, deri tarafından tutulup ayrılması başarılmıştır. Önemli keşiflerden biri de M.Ö. 1.000'lere doğru, cıvanın, altın ve gümüşü çözdüğünün, bu değerli metallere bileşik yaptığının (amalgam) bulunmasıdır (Bayraktar, 1997).

Bu gelişmelere karşın, M.Ö. 1.500'lerden itibaren, mevcut yatakların tükenmeye yüz tutması veya derinlere inme gereğinin doğması gibi sebeplerle altın üretimi düşüşe geçmiştir. Ki bu düşüş, M.S. 700'lere gelinceye dek devam edip dibeye vuracak, sonra yükselişe geçecektir.

Asırlar geçtikçe kazandığı değer altını, bir savaş sebebi yapmıştır. Tarihsel kayıtlar, başlangıçta ticaretle el değiştirmeye işaret eder. Fakat sonraları bu yetmez, zor kullanma aşamasına geçilir. Önce Mısır, Nubia altını askeri güçle ele geçirir. M.Ö. 3. binin son çeyreğine doğru Akad Kralı Büyük Sargon, altın ve bakır için çevre coğrafyayı istilaya girişmiştir. Asur Kralı III. Salmaneser, M.Ö. 9. yüzyılda Doğu Akdeniz'e ve Urartu topraklarına; M.Ö. 7. yüzyılda da Asur Kralı Esarhaddon, Mısır'a, değerli metallere için seferler yapmış, yağmalamıştır. Bu maksatla yapılan savaşların, tarih boyunca ardının- arkasının kesilmediği görülür. Babiller Asur Krallığı'nı, Persler Babil Krallığı'nı, Makedonlar Ahameniş İmparatorluğu'nu talan etmiş; sonraki devirlerde de değerli metal uğruna, birçok ülke saldırıya maruz kalmış, hatta ortadan kaldırılmıştır.

Altın Sikkelerin Hegemonyası

Altın- insan ilişkilerinin tarihine bakıldığında; takı ve zenginlik aracı olma, gücü sembolize etme, kutsiyet atfedilme niteliklerini hiçbir dönemde kaybetmediği görülmektedir. Bunlarla birlikte, M.Ö. 7. yüzyıl, altın- insan ilişkisinde dönüm noktasıdır. M.Ö. 7. yüzyıl öncesinde, ticarete para kullanılmıştır, ama altının sikkeye dönüşümü ilk kez Lidya'da gerçekleşmiştir. Lidya Hanedanı Mermnadlar Dönemi'nde altın sikkelerin basımı sonrasında, bir para düzeni gelişirken, sikke basımında devlet tekeli oluşmuştur. Altın, artık paradır. Takip eden 2.600 yıl süresince de ekonomi politiğin temel taşı vasfını hep korumuştur.

Lidya sikkelerinin kabul görmesiyle, dolaşımı Anadolu ve Akdeniz çevresinde yaygınlaşmıştır. Altıncı yüzyılın ortalarına gelindiğinde, giderek güçlenen Ahameniş İmparatorluğu (Persler), Lidya'yı ortadan kaldırmış, Anadolu'yu egemenliği altına almıştır. Büyük Darius'un hükümlerinde sırasında, darik adı verilen altın sikkeler bastırılmış; darik, devletlerarası para birimine dönüşmüştür. Dördüncü yüzyılın ikinci yarısında, Persler'in egemenliğine son verip, Mısır da içinde olmak üzere, Hindistan'a kadar uzanan bir coğrafyayı istila eden Büyük İskender zamanında, hâkim olunan ülkelerin değerli madenlerine ve hazinelerine el konulmuş; stater denen altın sikkeler bastırılmış, bu sikkeler Hindistan'da bile tanınmıştır.

Ülkelerin, aslında imparatorların hegemonyası elden ele geçerken, Batı'da, Roma Cumhuriyeti giderek büyümektedir. Roma'da M.Ö. 500'lerden M.S. 27'ye kadar, sikke basımı Senato'nun yetkisinde olup, söz konusu yetki, Senato'nun görevlendirdiği üçlü kurul (Triumviri Monetalis ya da Moneyers) vasıtasıyla yürütülmüştür. Roma İmparatorluğu kurulunca, sikke basım yetkisi, imparatorca üstlenilmiştir. Madeni paraların ağırlık ve değerlerinin sabitlendiği parasal düzen (Denominational System) de ilk imparator Augustus tarafından kurulmuştur.

Roma, hegemonik güç kazandığında, gereken para için vergiler ve tarım gelirleri kaynaklık etmişken, sikke basımı için de altın madenlerine ihtiyaç duyulmuştur. Tarihin en büyük imparatorluklarından biri olan ve neredeyse Akdeniz ve çevresindeki coğrafyayı tamamen hâkimiyeti altına alan Roma, İspanya'dan Britanya'ya, Transilvanya'dan Anadolu'ya, ta Kafkasya'ya dek bütün değerli metal madenlerine el koymuştur.

M.S. 200'ler öncesinde başlayan Kavimler Göçü ve M.S. 165'ten itibaren etkili olan "Antonius vebası" salgınıyla, koca imparatorluk çöküşe geçmiş, ticari- ekonomik faaliyetler durgunlaşmış, ekonomi dibe vurmuştur. Altın üretimindeki kararlı düşüşte, diğer amillerle birlikte, Roma'nın düşüşünün de etkisinin olduğunu söylemek mümkündür.

İmparatorluğun önce ikiye bölünmesi, ardından Batı Roma'nın ortadan kalkması sonucu, meydan Doğu Roma İmparatorluğu'na (Bizans) kalmış, Bizans'ın para imparatorluğu, Roma İmparatorluğu'nun bile önüne geçmiştir. İmparator Büyük Konstantin döneminde, 4. yüzyıl başlarında, solidus ya da nomizma (daha çok bezant olarak bilinir) adı verilen sikkeler bastırılmıştır. Konstantin, sikkeler için; vergileri altın- gümüş olarak toplatmış; Doğu'ya seferlerinde, bolca değerli metal yağmalatmış; pagan tapınaklarındaki altın- gümüş nesnelere el koydurmuş; böylelikle, kaynak sorunu yaşamamıştır. Beklenebileceği üzere, bezant, geniş bir coğrafyada kabul görmüştür. Bunda, Batı Roma'nın ortadan kalkması; Bizans'ın, dengeli bir bütçeye sahip olması; Batı Avrupa'da, 13. yüzyıl ortalarına kadar sürecek altın kıtlığı yaşanması; kıtlığa bağlı olarak, 100- 1250 yılları arasındaki birkaç istisna dışında, altın sikke basılamaması etkili olmuştur. Bezant, aşağı- yukarı 6 asır kadar istikrarını koruyabilmiş, ilk 3 yüzyıl süresince tağşiş¹ maruz kalmamıştır.

¹ Tağşiş, değerli madenden paraların içine değeri düşük metal karıştırılmasıdır. Paranın üzerinde yazılı değer aynı kalsa bile, metalik paranın gerçek değeri düşmektedir.

Sasanilerle, bitmek bilmeyen mücadeleler, 7. yüzyılda İslâmiyet'in doğması ve yayılması gibi siyasal- ekonomik nedenlere ilâveten, Jüstinyen zamanında (6. yüzyıl) başlayan ve tekrarlanan salgın hastalıklar, zaten Bizans'ı zayıflatmıştır. Yine, 7. yüzyıldan itibaren sıklaşan tağşişler, bezant'ın itibarını sarsmıştır. On üçüncü yüzyılın hemen başında, IV. Haçlı Seferi ile İstanbul'un haçlılarca ele geçirilmesi, bunlara eklenince, bezant açısından yolun sonuna gelinmiştir.

İslâm devletleri, dinar adı verilen sikkeler bastırmıştır. İslâm hareketinin, Emevi ve ardından Abbasi dönemlerinde Kuzey Afrika'dan İspanya'ya, Hindistan'dan Asya'nın derinliklerine kadar yayılması, bu yeni para birimini, uzun sürmese de ortak paraya dönüştürmüştür.

Avrupa'da, 10.- 11. yüzyıllarda başlayan kentleşme, "Ticari Devrim"² ve "13. yüzyıl Para Rönesansı"³ ki, Orta Çağ sonundaki kökten dönüşümü tetikleyen gelişmelerdir, dinar'a bağlı para düzenini sonlandıran, Batı kaynaklı olgulardır.

Haçlılara, gemi kiralararak ya da ödünç verilen paralardan kâr sağlayarak zenginleşen İtalyan kıyı kent devletleri Cenova ve Venedik (Le Goff, 2019), deniz ticaret filoları vasıtasıyla, ticari devrimin olanaklarından fazlasıyla yararlanıp güçlenmişlerdir. Ceneviz ve Floransa, 1252'de, Venedik, 1284'te sikke bastırmışlar, ancak üstünlüğü kabul edilen Venedik altın düka'sı, 14. yüzyılda, Akdeniz ve çevresinin egemen para birimi olmuştur.

Görünen o ki, Lidya Krallığı'nın sikke basması ve başat güç olma noktasına erişmesinden itibaren, kabaca 2.000 yıl süreyle, askeri, siyasi, iktisadi ve ticari güç unsurlarını elinde tutan, diğer bir ifadeyle, dönemlerinde hükümran olan krallıklar, imparatorluklar, Eski Dünya'nın para düzenini de belirleyebilmişlerdir. Ve bunda altın, başlıca etmen olmuştur.

Coğrafi Keşifler ve Yeni Dönem

Coğrafi Keşifler Çağı başladığında, altın üretimi Asya ve Afrika'nın dışında, Güney ve Orta Amerika'da, görece ilkel yöntemlerle sürmektedir. Önce İspanyollar'ın sonra da Portekizliler'in Amerika topraklarına ayak basmasının hemen ardından, deyim yerindeyse, büyük bir değerli metal talanı başlamıştır. O kadar ki, 1522- 1547 arasında, diğer bir deyişle, çeyrek asırda, sadece Meksika'dan İspanya'ya götürülen altın miktarı 30 tondur (Mullen Jr ve Parrish, 1998).

Yaklaşık 16. yüzyıldan 19. yüzyıl ortalarına uzanan süre içinde, Amerika'daki mevcut değerli metal madenlerine, Kolombiya ve Brezilya gibi ülkelerdeki yeni madenler eklenmiş; Batı Avrupa ile birlikte, ticaretin yoğunlaşması sonucu Çin ve Hindistan coğrafyası, bu zenginlikten payını almış; Batı Avrupa'nın Sanayi Devrimi, büyük ölçüde, Amerika'nın değerli metal varlığıyla finanse edilmiştir. Dolayısıyla, 16. yüzyılda Amerika'nın keşfedilmesi, Ümit Burnu'nun geçilerek, denizden Hindistan yolunun açılması ve Amerikan'ın değerli metallerinin, İspanya üzerinden Avrupa'ya taşınması, oradan da ticaret için Uzak Doğu'ya aktarılması ile geniş bir coğrafyada altın- gümüş bolluğu yaşanması, ekonomi politığın 20 asırlık gidişatını bütünüyle değiştirmiştir.

² Avusturya kökenli Macar Ekonomi antropoloğu Karl Paul Polonyi (1886- 1964), bu kapsamda, "Ticari Devrim" ibaresini, "*The Great Transformation- The Political and Economic Origins of Our Time (Büyük Dönüşüm- Çağımızın Siyasal ve Ekonomik Kökenleri)*" adlı, 1944'te yayımlanan eserinde kullanmıştır. Sözü edilen devrimin başlangıcı konusunda farklı görüşler dile getirilmiştir. Örneğin, Polonyi, 11. yüzyılı işaret ederken, İtalyan kökenli Birleşik Amerikalı Ekonomi tarihçisi Roberto Sabatino Lopez (1910- 1986), "*The Commercial Revolution of the Middle Ages, 950- 1350 (Orta Çağ Ticaret Devrimi, 950- 1350)*" adlı kitabında, sürecin, 10. yüzyılda başladığını savunmuştur.

³ Fransız Tarihçi Jacques Le Goff (1924- 2014), "*La Civilisation de L'occident Médiéval (Orta Çağ Batı Uygarlığı)*" isimli kitabında (Fransızca Baskı- 1982 ve Türkçe 3. Baskı- 2019), 13. yüzyıl boyunca farklı yıllarda, başta Venedik, Floransa ve Ceneviz olmak üzere, Avrupa'nın değişik noktalarında, özellikle altın para darbının yeniden başlamasını, "13. Yüzyıl Para Rönesansı" olarak nitelemiştir.

Sikke basımı artmıştır. Para, çoğunlukla, yine altın ve gümüşdür, ama artık, tek bir devletin sikkelerine bağımlılık devri bitmiştir. Çünkü zamanın koşulları altında, birçok güç odağı ortaya çıkmış, buna karşın paranın, tek bir elden kontrol edilebilmesi imkânı ortadan kalkmıştır.

Göçler, tarih öncesinden başlayarak çeşitli gerekçelerle, her daim yaşanmıştır. Coğrafi Keşifler Çağı'ndan itibaren, Avrupa'dan Amerika, Afrika, Avustralya, Uzak Doğu coğrafyalarına, genellikle tek yönlü, giderek hızlanan bir göç dalgasından daha söz edilebilir. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında, California'da, hoş bir tesadüf eseri bulunan plaser altın, tarihin en büyük göçlerinden birine sebep olmuş ve altına hücum (gold rush) adıyla anılmıştır. Ocak 1848'de başlayan süreç yıllar içinde Nevada, çok daha kuzeyde Kanada- Klondike, Avustralya- Bathurst, Yeni Zelanda- Otago, Güney Afrika topraklarını da içine alarak genişleyecek ve yüzyılın sonuna kadar sürüp gidecektir. Zengin olmaya hayaliyle, bu merkezlere, yüz binlerce insan akın edecek, şansını deneyecektir. Özellikle ABD'de, kişi bulduğu altın yatağını kendisi için işletebilir ve ürettiğini satabilir olduğundan, fırsat, daha da büyük ilgiye neden olmuştur. Sonuçta, 19. yüzyılın ikinci yarısından 20. Yüzyılın başına kadar, yılda yaklaşık 200 ton altın üretilmiştir.

Altın Standardına Doğru

Şarlman'ın 8. yüzyılda gerçekleştirdiği para reformuyla getirdiği imparatorluk tekeli, darphane denetimi ve “pound, shilling- peny” düzeni, Batı Avrupa'daki parasal karmaşayı ve dağınıklığı ortadan kaldırmıştır (Spufford, 1988). Bu para hiyerarşisini benimseyen İngiltere olmuş, ülke sınırları içinde işleyecek ve altına dayalı olacak bir parasal düzenin (Great Recoinage) temelleri, İngiliz Bilim insanı Isaac Newton'ın (1642- 1727), Kraliyet Darphane'sinde görev yaptığı (1696-1727) dönemde atılmıştır (Oramus, 2023).

Sanayi kapitalizminin, ticaret kapitalizminin yerini almaya başladığı süreçte, öne çıkmayı başaran ülke İngiltere'dir. Konumunu kaybetmeyen ve asli para birimi sıfatını taşıyansa altındır. Bu düzen- “altın standardı (gold standard)”- 19. yüzyıl başlarında, kabaca bir asırlık çabanın ardından son şeklini almış ve yürürlüğe sokulmuştur. Aynı yüzyılın ikinci yarısında, ilki 1867'de Paris'te yapılan, bir dizi “para konferansları” sonucunda, altın standardı, uluslararası kimliğe büründürülmüştür. Büyük Britanya İmparatorluğu, bir anlamda sterlin- altın ilişkisi üzerinden, yeni düzenin patronu olmuştur. Sterlin “rezerv”, diğerleri “itibari” paradır, ama para düzeninin omurgası altındır.

Gümüşün, bir bakıma, devre dışı kaldığı bu yapı, I. Dünya Savaşı'na değin sürmüştü; savaş sırasında, ortaya çıkan yeni şartlar nedeniyle, zorunlu olarak terk edilmiştir. İngiltere, savaşın ardından, altın standardını yeniden ayağa kaldırmaya çaba harcarsa da siyasi, askeri ve ekonomik gücün İngiltere'den ABD'ye geçmesi nedeniyle sonuç elde edememiştir. Ancak, II. Dünya Savaşı biterken, 1944'te, bu defa ABD'de, Bretton Woods'ta bir araya gelinmiş ve 30 yıla yakın devam ettirilebilen ve 1 ons altının 35 ABD doları'na eşitlendiği ikinci altın standardı dönemine geçilmiştir (Cooper vd., 1982; Eichengreen, 2008). Önce, altın- İngiliz sterlini, sonra altın- ABD doları ilişkisi standardı belirlemiştir. Yani, ekonomik düzenin, 20 yüzyıldaki egemeninin kim olduğu, Bretton Woods düzeniyle açıkça ortaya konmuştur.

ABD dolarının altın karşılığı sabitlendiği bu sistem de 1971'de çökmüş ve altın fiyatları, 1973'te resmen serbest piyasaya bırakılmıştır. Altın standardı, birincisi 45- 50 yıl, ikincisi 25- 30 yıl kadar süren iki zaman dilimine yayılmıştır. Her iki dönemde de egemen para birimi olmamasına karşın, diğer para birimleri ister kâğıt, ister kredi şeklinde olsun, kesinlikle altına bağımlıdır ve dünya ekonomi- politikası, altının sırtında yürümüştür.

Altın, Bretton Woods Düzeni çökünceye değin kapitalizmin, üzerine inşa edildiği önemli kolonlardan biridir. Ancak, çöküş sonrasında altının ekonomideki konumu tartışılır olmuştur. Uluslararası para düzenindeki merkezi rolünün sona erdiğini; kuyumculuk ve kültürel talepler dışında, uluslararası yeni ekonomik düzende, anlam taşımayan bir metaya dönüştüğünü savunanlar (Bordo & Eichengreen, 1998; Kuruç, 2009) olduğu gibi altının, parasal önemini kaybetmediğini, itibari para sisteminin sürdürülemez olduğunu ve altına geri dönüleceğini öne sürenler de olmuştur (Paul, 2009; Stockman, 2013).

Altın- ekonomi- politika tartışmalarına, 20. yüzyılın ikinci yarısında, ekolojik ve etik maliyet tartışmaları eklenmiştir. Endüstriyel altın madenciliğinin, siyanür özütlemesi yöntemi ve büyük ölçekli toprak hafriyatı (açık işletmecilik) nedenleriyle, geri dönüşü zor su ve toprak kirliliğine, ormansızlaşmaya ve biyoçeşitlilik kaybına yol açtığı iddiaları (Müezzinoğlu, 2003; Orlović-Leko vd., 2022), birçok toplumda kuvvetli destek bulmuştur. Bu ekolojik sorun, özellikle düzenlemelerin zayıf olduğu gelişmekte olan ülkelerde yoğunlaşmakta ve madencilik faaliyetleri, yerel toplulukların geçim kaynakları ve kültürel mirası ile sıklıkla çatışmaktadır.

Bu gelişmenin, altını, para olmaktan çıkardığı ve yalnızca bir meta durumuna düşürdüğü düşüncesi vardır, ama uluslararası sıkıntılar baş gösterdiğinde, artan fiyatlar, insanların, altını hâlâ, “emin liman” gördüğünü de doğrulamaktadır. Herhâlde bunun, sadece kurgusal (spekülatif) bir durum olduğu söylenemez. Dahası, merkez bankalarının altın rezervleri on binlerce tonu bulmakta, insanlar, yastık altlarında (!) ya da banka kasalarında, altın istiflemeyi sürdürmektedir. Gerçek odur ki, serbest piyasada, insanlar devletlere güven duymamakta, ama devlet damgası taşıyan altına sınırsız güvenmektedir.

Dolayısıyla, altının “güvenli liman” olarak finansal değeri ile onun elde edilmesinin ekolojik maliyeti arasında derin bir paradoks ortaya çıkmıştır. Günümüzde altın ekonomi-politiğini analiz etmek, artık kaçınılmaz olarak bu çevresel adalet ve sürdürülebilirlik tartışmalarını da dikkate almayı gerektirmektedir. Zira tarihsel ve psikolojik güven unsuru olması, merkez bankalarının rezerv politikaları, finansal enstrüman olma niteliği ve fiziksel- kimyasal özellikleri altını, hâlâ daha stratejik bakımdan önemli kılmaktadır.

ALTIN- JEOLJİSİ- MADENCİLİĞİ

Element Altın

Altın, kimyasal elementlerden biri olup, atom numarası 79’dur. Latince adı aurum, kimyasal sembolü de Au’dur. Geçiş metallereinden biri ve bir soy metaldir. Dolayısıyla, inerttir ve tepkimeye, kolay girmez. Kral suyu (aqua regia) adıyla bilinen nitrik asit hidroklorik asit (HNO_3+3HCl) karışımında ve selenik asitte (H_2SeO_4) çözünürken, mineral asitlere karşı dayanıklıdır. Ayrıca, okside olmaz, aşınmaz, renk değişimine uğramaz.

Isı ve elektrik iletkenliği çok iyidir. Sertliği, Mohs skalasına göre, 2,5- 3,0 aralığındadır. Normal koşullar altında, altının ergime sıcaklığı 1064°C iken, kaynama noktası 2080°C ’dir.

Altın, saf hâlde iken parlak sarı renktedir. Sarı ve kırmızı renkleri kuvvetli yansıtır. Yumuşak, dövülebilir ve sünek bir metaldir. Öyle ki, bir ons saf altın (31,103 g), dövülerek $0,000018\text{ cm}$ kalınlığında 9 m^2 yüzey alanı olan bir yaprak elde edilebilir. Bu kalınlıkta, artık yarı saydamdır. İletilen ışık, yeşilimsi mavi görünür. Aynı miktar altından, 80 km uzunluğunda bir tel çekilebilir.

Fiziksel özellikleri sayesinde, kolaylıkla işlenebilir ve sonuçta, mücevherat sektörünün gözdesidir.

Kullanım Alanları

Bu sarı metal, en azından 6- 7 bin yıldır insanların, asla vazgeçemediği bir varlıktır. Kullanım amaçları da uzay ve elektronik sanayilerinin ortaya çıkışına değin pek değişiklik göstermemiştir. Genelde altın, insanlar için takıdır, paradır ya da yatırım aracıdır. Bundan ötürü, üretimi, kimi çevrelerce gereksiz görülmekte; üretimine karşı, doğa tahribatı ve kirliliği gerekçeleriyle de güçlü direnç sergilenmektedir. Dahası, geçmişte üretilen altının, insanlığın ihtiyacını karşılayacağı düşüncesi vardır. Oysa altının takı ve para olmaktan öte işlevleri vardır, fakat ne yazık ki, yer kabuğundaki miktarı, sanayideki gereksinimi karşılamaktan uzaktır.

Kullanım alanlarına geçmeden önce “karat” ya da “ayar” kavramlarından kısaca söz etmek yararlı olacaktır. Yurdumuzda karat (carat) sözcüğü, genellikle elmas için kullanılır ve 1 karat 0,2 g elmas büyüklüğünü ifade eder. Altın bağlamında karat ise, özellikle uluslararası literatürde, altının saflık derecesini gösterirken, Türkiye’de ayar, bu sözcüğün karşılığı olarak kullanılmaktadır. Bilindiği gibi, 24 ayar altın, saf altındır ve safsızlık (diğer bazı metaller) içermez, ancak gerçekte %100 safsızlığa erişilmesi pek mümkün olmaz (Çizelge 1). Saflık derecesi %999,9 olarak belirtilir. Saflık, ülkeden ülkeye, pazardan pazara değişim gösterebilir. Örneğin, Türkiye’de 24 ayar altın saflığı 995/1000 iken, bazı ülkelerde tolerans 990/1000 seviyesine inebilmektedir.

Çizelge 1. Altında ayar ve saflık

Ayar	Altın içeriği
24	Saf altın
22	916/1000
18	750/1000
14	583/1000
10	417/1000

Altın için en düşük ayar, ülkeden ülkeye değişmektedir. Yaygın olan 14 olmakla beraber, yasal alt sınır ABD’de 10; Fransa’da, İngiltere’de, Avusturya’da, Portekiz’de, İrlanda’da 9 iken, Danimarka ile Yunanistan’da, sadece 333/1000 altın içerdiğini belirten 8 ayardır (World Gold Council, 2025a).

Altının en büyük kullanım alanı, hiç kuşkusuz mücevherat yapımıdır. Bu, ezelden beri böyledir, çünkü büyüleyici parıltısı, başka hiçbir metalde yoktur. Üstelik, oksitlenmediğinden, görünümünü asla kaybetmez. Yumuşaklığı sayesinde kolaylıkla işlenebilir. Çekilerek tel hâline getirilebilmesi, dövülerek gayet ince levha elde edilebilmesi ve dökülerek, istenen şekle sokulabilmesi, onu, takı üretiminde rakipsiz kılar. İlâveten, süs eşyası ve madalya yapımında başlıca seçeneklerden biridir.

Altın, M.Ö. 7. yüzyılda, Lidyalılar tarafından sikke bastırılarak para olarak kullanılmaya başlanmadan önce Çin, Mısır gibi medeniyetlerde, değiş- tokuş işlevi gördüğü bilinmektedir. Ardından, gümüş ile beraber binlerce yıl temel para birimi olagelmiştir. Bretton Woods Altın Düzeni, Birleşik Devletler Başkanı Richard Milhous Nixon’ın (1913- 1994) sonlandırma kararı almasıyla, 1970’lerde çöktüğü için aksi savunulsa bile altın, aslında hâlen daha para niteliğini

kaybetmemiştir. Nitekim, başta merkez bankaları olmak üzere, finans kurumları, yatırımcılar, hatta bireyler, altın satın almaya ve istiflemeye devam etmektedir.

Hiç kaybetmediği parlaklığı sayesinde ölümsüzlükle özdeşleştirilen altın, ilk medeniyetlerden itibaren dini simge olmuştur. Bugün, görünüşte dinle bağdaştırılmayabilir, ama ister çok tanrılı, ister tek tanrılı dinlerin mabetlerine bakılırsa, esasen bu etkisinin sürdüğü anlaşılır. Sadece mabetler değil, aynı zamanda, arkeolojik kazılar sırasında, özellikle asillerin mezarlarında, altın nesnelere sıklıkla rastlanmıştır. Tapınaklarda altın varlığının, renginin hâkim olduğu görülür. Hristiyan mabetlerinde ayinlerde kullanılan, haç ya da kadeh gibi nesnelere kullanımı sanıldığından daha yaygındır. Yine, kutsal mekânlarda yer verilen sanat eserlerinde de altın, yoğun olarak tercih edilmektedir. Mekâna, mekânda kullanılan eşyalara ya da mekânın süslenmesinde kullanılan altının veya altın renginin, inanç sahiplerinin gözünde, o mekâna kutsiyet kazandırdığı düşünülmektedir.

Seküler sanatlarda da altın sıklıkla kullanılan bir malzemedir. Belki en eski örnekleri, özellikle Mısır'da bulunan masklardır. Altın varaklar, sanat eserlerin yaldızlanması amacıyla, geleneksel olarak kullanılmaya gelmiştir.

Altının tıpta ve dişçilikte kullanımı, en azından M.Ö. 2500'lere kadar geriye gitmektedir. Çin ve Hindistan'da kızamık, çiçek, deri hastalıkları gibi rahatsızlıkların tedavisinde, altın içeren ilâçlardan yararlanılmıştır. Dişçilikte de Antik Mısır'da dişlerin, altın tellerle sabitlendiği belirtilmektedir. M.Ö. 7. yüzyılda, Etrüskler ve Fenikeliler'de yenilenen dişlerin altın tel yardımıyla sağlamlaştırıldığından söz edilmektedir (Abraham, 2014). Hatırlanacaktır, yakın zamanlara kadar hemen her gün, Anadolu insanının ağızında parıldayan altın kaplama dişlere rastlamak mümkündür. Estetikliğin ötesinde, kimyasal tepkimeye girmemesi, korozyona direnci, kolay işlenirliği, alerjen olmaması gibi üstünlükleri nedeniyle, dolgularda, kronlarda, köprülerde ve ortodontik uygulamalarda altın alaşımları kullanılmaktadır.

Altın, romatoid artrit ve kas hasarlarının yanı sıra, bazı kanserlerin tedavisinde kullanılır. Ayrıca, nanoteknolojide, nano boyutlu (1 nanometre, 1 milimetrenin milyonda birine eşit) altın tanecikleri küre, çubuk, kemer, kafes, prizma ve yıldız şekillerinde üretilebilmektedir. Bu taneciklerin kimyasal, optik ve elektromanyetik özellikleri taneciğin boyut ve şeklinden kuvvetle etkilenmektedir. Kesin konuşmak için belki henüz erken olmakla birlikte, tıpta, nano altının hem teşhis ve hem de tedavide kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir. Hâlihazırda, çözeltideki koyu kırmızı renkli, nano boyutlu altın taneciklerinden, gebelik testi gibi bazı tıbbi teşhislerde yararlanılmaktadır. Koronavirüs tanısı için yapılan testlerde de hızlı ve etkili sonuç almak adına, çok işlevli, altın nanopartiküllerin kullanıldığı bilinmektedir.

Sanılanın aksine altın, sanayi için de önemlidir. En iyi iletkenlerden biri olmasına ilâveten, çok küçük akımları taşıyabilmesi ve bilindik fiziksel, kimyasal özellikleri onu, elektronik sanayi için aranan madde yapar. Konnektörlerde, anahtar ve röle kontaklarında, lehimli bağlantılarda, bağlantı tellerinde ve bağlantı şeritlerinde kullanılır. Cep telefonları, bilgisayarlar ve benzeri elektronik cihazların üretimlerinin artışı, elektronik sanayide altına talebi de arttırmaktadır.

Yine, elektronik sanayiinden bağımsız düşünülmemeyecek uzay araştırmalarında ve uydularda da altına giderek artan gereksinim vardır. Metallerin kaplanması, termal yalıtım ve radyasyona karşı koruma sağlar. Ağırlıklarını da azaltır. Ayrıca, uzay araçlarında ve uydulardaki elektronik cihazlar için de altın gereklidir.

Bir başka sektör de otomotiv sanayiidir. Zaten, yakıt pompalarını kontrol eden sensörler ile emisyon kontrol sensörlerinde altın kullanılmaktadır. Ancak meseleye, gelecek açısından bakıldığında, durum daha da ilgi çekicidir. Zira, hibrit araçlar, 21. yüzyıla beraber hızla artmıştır. Gidişat ise, tamamen elektrikli araçların üretilmesi doğrultusundadır. Burada, kamuoyu baskısı da

giderek artmaktadır. Bu durum, altına olan talebi de etkileyecektir. Otomobillerde kullanılan çipler gün geçtikçe çeşitlenmekte, mekanik parçalar, yerlerini elektronik parçalara terk etmektedir. Motor ve fren sistemlerinin yönetimi, çarpışma önleme sistemleri, araç içi bağlantı ve eğlence sistemleri gibi elektronik yapıların çoğalması, gelecekte altın ihtiyacını, aynı şekilde arttıracaktır.

Altının kullanımının dağılımına ilişkin istatistiksel veriler, kaynaktan kaynağa ve yıldan yıla değişiklik gösterir. Bu değişkenlik, dar bir aralıkta seyrederek. Belli dönemlerdeki keskin inişler-çıkışlar, daha çok merkez bankalarının alım ya da satım eğilimine girmesiyle ilgilidir. Altın talebinde mücevherat sektörü %46- %49 ile başı çeker. Külçe altın (bankacılık- yatırım) %36- %39 arasında değişen paya sahiptir. Elektronik payı (sanayi) %5- %7 arasındadır. Sikke ve madalyon için altın talebi %8- %10 kadardır.

Altın Yatakları ve Mineralleri

Altın hidrotermal, magmatik ve mekanik yollarla yataklanabildiğinden, dünya genelinde, herhangi bir başka metale kıyasla, daha fazla maden yatağı türünde ya ana ürün veya majör yan ürün olarak bulunabilir. Bu jeokimyasal çok yönlülük, onun iyi bilinen siderofil, kalkofil ve sülfofil karakterini ve hidrotermal koşullar altında hem sıvı hem de buhar hallerinde ve sulu kükürt ve klorür karmaşıkları olarak taşınabilmesini yansıtır (Williams- Jones ve diğer., 2009). Kısacası, altın yatakların jeolojisinin anlaşılmasını ve sınıflandırılmasını zorlaştırmıştır.

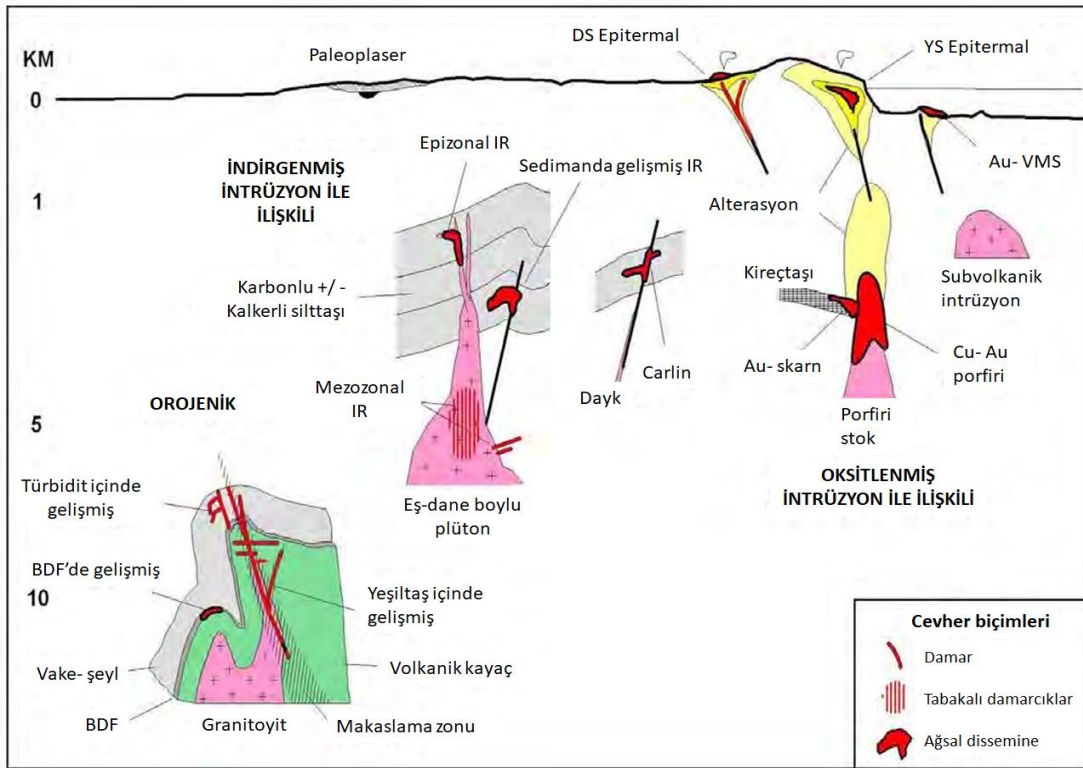
Sanayi Devrimleri süresince, jeoloji bilimindeki ve maden işletmeciliğindeki gelişmeler, altın yatakları açısından bilimsel tanımlamayı ve ekonomik değerlendirmeyi gündeme taşımıştır. Yirminci yüzyılın ortalarından sonra, bilhassa 1960'larla birlikte, Levha Tektoniği kuramının ve jeolojik modellerin ortaya konması epitermal yataklar, mezotermal yataklar ve porfiri bakır- altın yatakları gibi oluşum ortamları ve jeolojik süreçlere göre sınıflama yapılabilmesinin önünü açmıştır. Günümüzde ise genetik köken, mineralojik bileşim ve jeokimyasal özellikler temelinde sınıflandırma yapılmaktadır.

Öte yandan, cevherlerin yataklanma şekli, derinliği gibi özellikleri, uygulanacak üretim yöntemini tayin eder; cevherin mineral bileşimi, mineraller arasındaki ilişkiler, minerallerin her birinin ayrı ayrı yapısı ise zenginleştirme uygulamaları ve kazanma verimleri üzerinde doğrudan etkilidir. Hâl böyle iken altın, çeşitli yatak türleri ve jeolojik ortamlarda doğrudan altın yatağı iken, birçok yatakta da yan üründür. Diğer bir ifadeyle, doğada bulunuşu, geniş bir yelpazede değişkenlik gösteren bir metaldir. O nedenle, ana altın yatak türlerinin sınıflandırılması, tanımlanması ve anlaşılması önem taşır.

Genelde, maden yataklarının sınıflandırılmasında amaç, sadece teknik meselelerle sınırlı değildir. Her şeyden önce, bilimsel merak konusudur. Ancak bunların yanı sıra, yatak oluşumunun anlaşılması, arama stratejisinin tasarlanması, olasılıkların saptanması, seçili alanların kaynak değerlendirmesi ve borsa analizlerinin yapılması da amaçlar arasındadır (Robert ve diğer., 2007; Phillips & Powell, 2015). Jeolog Agricola (Georg Pauer ya da Georg Bauer, 1494-1555) ile başlayan sınıflandırma çalışmaları günümüze değin sürmüştür. Altın yatakları da özellikle 20. yüzyılda, bu manada, defalarca araştırma konusu olmuş, yeni yataklar keşfedilmiş, bu artışla birlikte farklı sınıflandırmalar literatüre girmiştir.

Temelde sınıflama, yatakların jeolojik ortamlarının, ana kayaçların, mineralleşmenin ve jeokimyasının ayırt edici özelliklerine dayanılarak yapılır. Sınıflama yaparken genetik, tektonik, jeokimyasal veya ekonomik yaklaşım sergilenmesi, sınıflandırmada çelişkiler doğurabilmektedir. Dolayısıyla, kimi nedenlerle altın yataklarının sınıflandırılmasında güçlükler vardır, ancak genelde jeoloji biliminde, daha özelinde maden yataklarında, jeofizik, jeokimya ve veri bütünleştirme

(entegrasyonu) alanlarında sağlanan ilerlemeler hem yatakların anlaşılmasına, hem de sınıflandırmaya katkı yapmaktadır. Böylelikle, sınıflamalar sıklıkla değişmektedir. Sınıflamadan beklenen, sağlam bilimsel ilkelere dayanması, kolay uygulanabilmesi, yani doğru ve mümkün mertebe yalın olmasıdır (Phillips & Powell, 2015). Şekil 1’de, 2007’de Robert ve diğerleri tarafından yayımlanmış bir sınıflamanın şematik kesiti görülmektedir. Bu sınıflamaya göre, ana altın yatak tipleri “Orojenik”, “İndirgenmiş intrüzyonla ilişkili”, “Oksitlenmiş (Yükseltgenmiş) intrüzyonla ilişkili” ve “Diğer” olmak üzere, dört ayrı zümre altında toplanmıştır. Orojenik olanlar yeşiltaşta gelişmiş, bantlı demir formasyonunda gelişmiş ve türbiditte gelişmiş yatak tipleridir. İndirgenmiş intrüzyonla ilişkili olanlar mezozonal, epizonal ve sedimanda gelişmiş yataklardır. Oksitlenmiş (Yükseltgenmiş) intrüzyonla ilişkili olanlar ise altınca zengin porfiri, yüksek sülfürlü, düşük sülfürlü yatak tipleridir. Diğer yatak tipleri altında da düşük sülfürlü epitermal subalkalik, carlin, altınca zengin volkanik masif sülfid ve paleoplaser tipi yataklara yer verilmiştir. Kısacası, bu sınıflamada, 13 tip altın yatağı tanımlanmıştır.



Şekil 1. Ana altın sistemlerinin temel jeolojik unsurlarını ve bunların kabuk yerleşim derinliklerini gösteren şematik kesit (Robert ve diğer., 2007).

Ülkelerin jeolojik yapıları, tabiatıyla farklılıklar arz ettiğinden, sınıflandırmalar da ülkeden ülkeye az- çok ayrışmaktadır. Türkiye altın yatakları yatağın kökenine, bulunuş biçimine göre yapılan ve morfolojik olarak tanımlanabilecek bir sınıflandırma sonucunda, altı grupta toplanmıştır. Bunlar; 1. Altın içeren masif sülfid yatakları, 2. Epitermal yataklar, 3. Ultramafik kayalarla ilişkili yataklar, 4. Altın içeren skarnlar, 5. Güncel plaser altın yatakları ve 6. Altın içeren porfiri bakır yataklarıdır (Erler ve Oygür, 1999).


Tüm bunların ötesinde, altın yatakları, mineralojik özelliklerine göre ve gerekli zenginleştirme ya da kazanım tekniklerini uygulamaya yönelik de sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır. Temel kıstas, cevherin işlenmesindeki kolaylık veya zorluktur.

Plaserler, paleoplaserler, volkanik faaliyet ya da granitik intrüzyonla ilintili cevherler ve düşük tenörlü okside cevherler kolay işlenenlerdir. Buna karşın, altın tanecikleri çok küçük boyutlu (<10 µm) ve pirit, pirotin, markasit, arsenopirit gibi sülfür minerallerinin içinde kapanım hâlinde bulunduğu; cevherde, doğrudan siyanürlemeyi engelleyen oksitli bakır mineralleri yer aldığı; cevherde karbon varlığı dolayısıyla, çözünen altının karbon yüzeyine adsorplanması söz konusu olduğunda (preg- robbing), altın kazanımı zorlaşır. Bunlara da zor işlenen (refrakter) cevherler adı verilir (Bayraktar, 1997).

Son yıllarda, yine mineralojik yapı ve bileşim ile beraber, başvurulacak kazanım yöntemlerine, ön- işlem gerekip gerekmemesini dikkate alarak, daha ayrıntılı bir sınıflama yapılmaktadır.

Bakır, kurşun, çinko gibi baz metal cevherleri, çoğu zaman köpük flotasyonu kullanılarak zenginleştirilir. Altın cevherleri ise gravite ayırma, flotasyon ve siyanürleme gibi birim işlemler de dahil olmak üzere birkaç işlemin bir arada kullanıldığı süreçlerden geçirilir. Altının esas olarak sülfürlü minerallerde submikroskopik olarak bulunduğu ve bazı yataklarda karbonlu maddeyle ilişkili olduğu refrakter altın cevherleri için, yıkamadan önce ön işlem gerekir, bu da altın cevheri işlemeyi daha zorlu ve cevher karakterizasyonunu daha önemli hale getirir.

Mineralojik özellikleri ve gerekli mineral zenginleştirme ya da kazanım teknikleri temelinde, altın cevherleri Şekil 2'de gösterilen 12 türe ayrılabilir. Genel olarak, ilk altı altın cevheri türü daha kolay işlenir ve diğer altı cevher türü daha refrakterdir ve yukarıdan aşağıya doğru refrakterlik artar. Karbonlu sülfürlü cevherler, karbonlu madde ve submikroskopik altının varlığı nedeniyle işlenmesi en zor cevherler olarak kabul edilir. Kabul edilebilir altın kazanımları elde etmek için bu tip cevherin altın çıkarımından önce ön işleme tabi tutulması gerekir.

1. Plaserler
 2. Kuvars damar
 3. Oksitli cevherler
 4. Gümüşçe zengin cevherler
 5. Bakır sülfürlü cevherler
 6. Demir oksit bakır- altın cevherler
 7. Demir sülfürlü cevherler
 8. Arsenik sülfürlü cevherler
 9. Atimuan sülfürlü cevherler
 10. Bizmut sülfürlü cevherler
 11. Tellürlü cevherler
 12. Karbonatlı sülfürlü cevherler
- 
- 1'den 12'ye doğru daha refrakter

Şekil 2. Altın cevher tiplerinin sınıflandırılması ve refrakterlik (zor işlenebilirlik) (Zhou and Gu, 2016)

Altının, yataklanmasındaki zengin çeşitlilik, mineralojisinin de karmaşık olmasına yol açar. Bu sarı metal, kimyasal elementler içinde tepkimeye girmeye en uzak olandır; bundan ötürü, doğada genellikle nabit olarak, nadiren de Ag, Te, Cu, Bi ve Hg bileşikleri ya da sülfür ve selenli mineraller hâlinde bulunur (Yüce, 2021). Nabıt altın, hemen daima değişik oranlarda gümüş içerir ve gümüş oranı arttıkça rengi soluklaşır. Plaser yataklarda bulunan altın, damardan elde edilene kıyasla daha ince boyutludur, buna karşın, gümüş içeriği düşüktür. Eğer, altının gümüş içeriği

%20'yi aşarsa ki, bu oran %35, hatta 45'e kadar çıkabilir, elektrüm (AuAg) adını alır. Yine, nabit altına, bazen bakırla, kimi zaman da Fe, Bi, Pd veya Rh ile alaşım hâlinde rastlanır (Michaud, 2016). Bunun da ötesinde, dünyanın farklı yerlerinde yapılan örneklemelede, toplanan metal altınların analiz sonuçlarına göre, karşılaşılabilecek element sayısının 38 olduğu belirtilmiştir (Aydal, 2000).

İlâveten, katı- çözeltili altından söz etmek gerekir. Altın, bazen de demir, arsenik, bakır ve antimon sülfürleri ya da sülfü- tuzları gibi minerallerin kristal yapısında, atomik olarak dağılmış şekilde bulunmaktadır (Chryssoulis & McMullen, 2005).

Altın mineralojisi üzerine, Spiridonov ve Yanakieva (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, yataklardaki altının büyük kısmının doğal hâlde Au- Ag, Au- Hg, Au- Cu, Au- Pd ve Au- Pt sistem mineralleri olarak bulunduğu ifade edilmiştir. Periyodik tablonun 16. grubunda yer alan ve kalkojenürler ya da cevher oluşturan elementler, diye adlandırılan sülfür, selen ve tellür ile altın kalkojenitler (sülfürler, selenitler, tellüritler) oluşur, ancak yaygın değildir. Ayrıca, altın bulunduran plumbotellüritler, antimonitler ve bizmutitler de benzer şekilde az bulunur. Aynı makalede, günümüzde bilinen, her birinin kendine özgü bir kimyasal bileşimi, kristal yapısı, X-ışını deseni, birim hücre parametreleri, fiziksel özellikleri (renk, sertlik, yansıma ışığı spektrumları, vb.) olan 44 altın mineral türü ele alınmış ve altın mineralleri için görüldükleri yatak tiplerini de kapsayan, bir anlamda, bir sınıflama sunulmuştur.

1. **Au- Ag sistem mineralleri:** Yüksek standart altın, plütonojenik hidrotermal altın-kuvars yatakları için tipiktir. Bu oluşumlar, plaser altın yatakları için ana kaynaklardır. Literatürde, ekseriyetle verilen oranların aksine, Spiridonov ve Yanakieva'nın (2009) makalesinde; mineralin Ag içeriği %0- 30 ise **altın**, %30- 70 ise **elektrüm** ve %70- 90 ise de **küstelit** isimleri kullanılmaktadır.

2. **Au (Ag)- Hg sistem mineralleri:** Doğal altında, Ag'den sonra en sık karşılaşılan safsızlık Hg'dir. Yapıya Hg girdiğinde, mineral **merküryen (civalı) elektrüm, merküryen küstelit** gibi isimler alır. Görülen bir diğer mineral de **veyistanit**'tir ($(AuAg)_3Hg_2$).

3. **Au- Cu sistem mineralleri:** Bakırlı altın mineralleri, hidrotermal Au yataklarında lisvenitleşmiş peridotitler arasında bulunur. En tanınan minerali **auroküpşit**'tir ($AuCu_3$).

4. **Au- Fe sistem mineralleri:** Urallar ve Kolyma Nehri bölgesindeki plaser cevher yataklarında, %4- 5 Fe içeren, manyetik doğal altın örneklerine rastlandığı belirtilmektedir (Yakubovskaya ve diğer., 1989).

5. **Au- Pd, Pt, Os, Ir sistem mineralleri:** Magma kaynağından çok uzakta, düşük sülfür ve yüksek oksijen koşulları altında oluşmuş (teletermal) altın yataklarının, tipik nadir mineralleridir. Kimyasal formülü (Au,Pd) olan, kübik **palladyumlu altın (porpezit)** ve **platinli altın (Au,Pt)** bilinen mineralleridir.

6. **Au- Bi, Sb, Pb, Sn sistem mineralleri:** **Maldonit** (Au_2Bi) ve **Aurostibit** ($AuSb_2$), hidrotermal cevherlerin hayli nadir görülen mineralleridir. **Anyuit** ($AuPb_2$), **hunchunit** (Au_2Pb) ve **yuanjiangit** ($AuSn$) ise, sadece plaserlerde görülen minerallerdir.

7. **Au- Ag (Cu)- Te sistem mineralleri:** Au ve Ag tellüritler, hidrotermal altın yataklarının tipik mineralleridir; safsızlıkları da genelde, Hg ve Cu'dur. Bilindik mineralleri **montbrayit** (Au_2Te_3), **kalaverit** ($AuTe_2$), kimyasal formülü değişken **krennerit** ($AuAgTe_2$) veya (Au_3AgTe_8) veya ($Au_3(Au,Ag,Cu)Te_8$), **silvanit** (Au_5AgTe_4) sistem mineralleridir. **Kostovit** ($Au(Cu,Ag,Au)Te_4$), volkanojenik altın cevherlerinin tipik tepkisel mineralidir. **Mutmannit** ($AuAgTe_2$), altın- tellürit yataklarının çimentolanma bölgesinde gelişir. Kübik **petzit** (Ag_3AuTe_2), en yaygın Au- Ag tellürüdür.

8. **Au- Ag- Se, S sistem mineralleri:** Fişesserit ($AuAg_3Se_e$), **uytenbogardit** ($AuAg_3S_2$), **petrovkayit** ($AuAgS- AuAg(S,Se)$), **penzinit** ($Au,Ag_4(S,Se)_4$) volkanojenik hidrotermal altın yataklarının tipik mineralleridir.

9. **Karmaşık Kalkojenitler:** **Nagyagit** ($AuPb_5Te_{4-x}(Sb,As)_xS_6$), **müzeumit** ($AuPb_5SbTe_2S_{12}$), **bukhornit** ($(AuPb_2BiTe_2S_3)$), **kridleyit** ($(Au_3Ag_2TlSb_{10}S_{10})$), **jonassonit** ($AuBi_5S_4$), volkanojenik hidrotermal Au ve Au- Ag yatak oluşumlarının tipik mineralleridir.

10. **Au-Cu-Fe sistem Plumbotellüritleri ve Stibio- Plumbo- Tellüritleri:** Bilinen mineralleri **bilibinskit** ($Au_5Cu_3(Te,Pb)_5$), **antimonlu bilibinskit** ($Au_6Cu_2(Te,PbSb)_5$), **bakırlı bogdanovit** ($Au_5Cu_3(Te,Pb)_2$), **demirli bogdanovit** ($Au_5CuFe_2(Te,Pb)_2$), **bezmertnovit**'tir ($Au_4Cu(Te,Pb)$). Altın- tellür yataklarının çimentolanma zonlarında gelişirler.

Altın Madenciliği

Genelde, madencilik sektörü dışında olan, hatta, sınırlı da olsa yerbilimleri alanında, ama altın madenciliği ile uğraşmayan kişilerce altın madenciliğinin, diğerlerinden farklı olduğu düşünülür. Gerçekte, yerkabuğunda, altın yataklarının çok küçük tenörlerde bulunması ve altın cevherlerinin yüzde (%) değil, ppm (g/t) ölçeğinde değerlendirilmesi ve dolayısıyla, artık/atık (tailing/waste) hacminin yüksek olması, bu farklılığa sebep olan birinci etmendir. İkincisi de altının, kimyasal tepkimeye güçlükle girmesi, ancak çok nadir kimyasallarla- sadece siyanür ve birkaç başka kimyasal- çözüldürülebilmesidir. Yoksa temelde altın madenciliği, ötekilerden farklı bir faaliyet değildir.

Plaser madenciliği

Ana (birincil) cevher yatağından kopan, parçalanan altın tanelerinin, genellikle suyla taşınması ve altının yüksek yoğunluğu dolayısıyla, akarsuların nehir yataklarında, kumlu çökellerde veya alüvyonlu ovalarda çökeliş birikmesiyle- doğal gravitasyonel zenginleşme sonucu- oluşan plaser yataklardan altın çıkarılması, plaser altın madenciliğidir.

Kolayca tahmin edileceği üzere, başlangıçta altın üretimi, bu sahalardan yapılmış olmalıdır. İşlem, yüksek yoğunluğu ve parlak sarı rengiyle, başkalarından hemen ayırt edilebilen altın tanelerinin toplanmasından ibarettir.

Plaser madenciliği, zaman içinde geliştirilmiştir. Antik Çağ'da Roma Dönemi'nde İspanya- Las Médulas sahasında kilometrelerce mesafeden, kanallarla getirilen suyun şiddetle akıtılmasıyla (hushing), alüvyon yığınlarının gevşetilmesi ve içinden altının kazanılması şeklindeki uygulama bunlardan biridir (Karadeniz, 2016). Orta Çağ'da basit tava (panning), oluk (sluice) ve salıncak kutusu ya da beşik (rocker box) gibi yöntemlerin geliştirildiği anlaşılmaktadır.

Bilindiği üzere, altın madenciliği tarihindeki kilometre taşlarından biri, 1849'da California'da başlayan ve kısa süre içinde Klondike (Yukon), Colorado, Fraser Canyon, Avustralya ve Güney Afrika gibi coğrafyalara yayılan "Altına Hücum (Gold Rush)" sürecidir. Bu sürecin başlangıcı da plaser altın yataklarına dayanmaktadır. O dönemde tavayla arama, salıncak kutusu ve oluklar kullanılmış, ama sonraları üretimde ölçeğin büyütülmesi gereği doğmuş hidrolik madenciliğe ve nihayet taraklamaya (dredging) geçilmiştir.

Plaser altın madenciliği, 19. yüzyılın sonlarından itibaren ve 20. yüzyıl başlarında, Alaska, Yukon ve Sibiryaya gibi coğrafyalara kaymıştır. Görece büyük ölçekte yapılan bu madencilikte, çoğunlukla tarama yöntemi tercih edilmiştir.

Yarım asrı aşan bu dönemde, yıllık altın üretiminin 200 t'a ulaşması (Mullen ve Parrish, 1998) ile plaser yataklar, birçok ülkede tükenmiş ve 20. yüzyılın ortalarıyla birlikte derin damar (lode), Carlin ve büyük porfiri tipi birincil yataklara yönelinmiştir.

Günümüzde hâlen Sibiryâ, Kanada'nın bazı bölgeleri, Alaska, Peru ve Brezilya (Amazon Havzası) gibi coğrafyalarda plaser altın madenciliği, el emeğine dayalı ya da küçük ölçekli olarak (Artisanal- Small Scale) sürdürülmektedir. Manisa- Salihli Sart'taki altın madeni de bunlardan biridir.

Yeraltı Madenciliği

Kolayca tahmin edileceği üzere, başlangıçta altın üretimi, nehir yataklarında, kumlu çökellerde veya alüvyonlu ovalarda birikme sonucu oluşan ve serbest altın Kuvars damarlarından üretim ise önce sığ yataklardan başlamış, sonraları jeoloji bilgisinin artmasıyla giderek daha derin seviyelere derinlere inmiştir.

Plaserlerin yanı sıra, M.Ö 3.500'lerde, bugünkü Etiyopya topraklarında Mısırlılarca, kuvars damarlarında yoğun yeraltı madenciliği yapıldığı, 5- 6 km'yi bulan uzunlukta ve yüzeyden 100 m derinlikte galeriler sürüldüğü iddia edilmiştir (Mullen ve Parrish, 1998). Üretim, dar damarlar boyunca ilerletilen galeriler ve kısa panolarla; kazı kazma, çekiç, ahşap kamalar kullanılarak yapılmıştır. Çıkarılan cevherin taşınmasında sepetler ve küfeler kullanılmıştır. Kısacası, tüm ameliye insan gücüne dayalıdır. Bu insanlar, köleler ve mahkûmlardır.

Orta Çağ'da da değerli metal madenciliğinde de teknik anlamda kayda değer ilerlemelerden söz edilemez. Birincisi, bilinen eski madenlerin rezervleri giderek tükenmiş ya da daha derinlere inme gereği doğmuştur. Artan derinlikler, madenciliği, fizibil olmaktan çıkarmıştır. O nedenle, altın üretimi ihmal edilebilir seviyelere düşmüştür. Hatta, Avrupa'da 14. yüzyıl başlarına – Slovakyâ'nın Kremnica (Kremnitz) Kenti'nde bir altın madeni bulununcaya- değin altın üretimi ve altın sikke basımı tamamen durmuştur.

Barutun devreye girmesiyle, yeraltında galeri sürmek nispeten kolaylaşmış, yeraltı açıklıkları zaman içinde büyümüştür. Yanı sıra ahşap tahkimat, baca, basit havalandırma ve drenaj galerileri geliştirilmeye başlamıştır. Ancak üretim, dar damar boşlukları ve küçük panolarla sınırlı kalmıştır.

Sanayi Devrimi, diğer hemen her alanda olduğu üzere, yeraltı madenciliğinde de önemli gelişmelerin önünü açmıştır. Buhar gücünün keşfiyle; pompalar, çelik matkaplar, raylar kullanılır olmuş, dolayısıyla, gereksinim duyulan insan gücü azalırken mekanizasyon, görece artmıştır. Böylelikle, daha sert formasyonlarda çalışma imkânı doğmuş (hard- rock mining), üretim derinlikleri arttırılabilmıştır.

Altına Hücum Dönemi, plaser madenciliğini dünyanın pek çok noktasına yaygınlaştırmıştır, ama yeraltı altın madenciliği bakımından da önemli bir dönemeçtir. Zira, 1886 yılında Güney Afrika'da Transvaal Havzası'nda keşfedilen Withwatersrand altın yatağı, o tarihten itibaren, yeraltı altın madenciliğinin büyük merkezi olmuştur.

Artan derinlikle birlikte; delme- patlatma için pnömatik kaya matkapları, daha güçlü patlayıcılar, kafes ve vinç donanımları geliştirilmiş, yaygınlaşmıştır. Kes- doldur (cut and fill), oda topuk (room and pillar) gibi yeraltı üretim yöntemleri, bu dönemde literatüre girmiş; damar kalınlığı, damar eğimi ve kaya davranışı gibi parametrelerin yöntem seçimine etki etmesi sistematikleşmiştir.

Yeraltı madenciliğinde mekanizasyonda, 20. yüzyılın ortalarından sonra 3. Sanayi Devrimi sayesinde gelişme kaydedilmiş; dizel LHD (yükleme- taşıma- boşaltma) yükleyiciler, yeraltı kamyonları, delme makinaları devreye alınmıştır.

Artık, üretim yöntemleri, cevher geometrisine göre kombine edilebilmektedir. Zemin kontrolü ve atık yönetimi için zenginleştirme artıkları, dolgu olarak yeraltına geri basılmaktadır. Bilgisayar modelleriyle tasarım yapılmaktadır. Büyük ölçüde otomasyona geçilmiştir. Uzaktan kontrol edilebilen donanımlar kullanılmaya ve sayısal planlama yapılmaktadır.

Güney Afrika'da Mponeng ve TauTona altın madenlerinde, üretim derinliği 4 km'ye ulaşmış durumdadır. Hâlihazırda, tarihsel ya da geleneksel anlamda yeraltı üretimi ile bilinen Güney Afrika dışında, dünyanın birçok ülkesinde yeraltı altın üretimi yapılmaktadır.

Güney Afrika, 21. yüzyıl öncesinde dünyanın en büyük altın üreticisi olmasına karşın, bu ülkede, özellikle 1970'lerle birlikte üretimin gerileme sürecine girmesi; aynı dönemde, yığın özütlemesi uygulamalarının yaygınlaşması; açık ocakların, bilimsel ve teknolojik gelişmelerle daha yüksek üretim kapasitelerine ulaşması gibi nedenlerle, yeraltı üretiminin dünyadaki payı, 2015'lere kadar düşüş göstermiştir. Son yıllarda durum tersine seyir izlemeye başlamıştır. Yeraltı üretiminin payı, 2015'te %33 iken, bu oran, 2020'de %37'ye çıkmıştır (Webb, 2021). Bu da açık ocak üretim payının %67'den %63'e gerilemesi demektir.

Açık Ocak Madenciliği

Altın madenciliğinde açık ocak işletmeciliğinin temeli, kuşkusuz, plaser madenciliğidir. Önceden de belirtildiği gibi, plaser madenciliği, 19. yüzyılın ikinci yarısında zirveye çıkmıştır. Açık ocaklardan altın üretiminin önü ise özellikle, 20. yüzyılın ikinci yarısında elektronik, mekanik ve bilişim teknolojilerinde büyük ilerleme kaydedilen 3. Sanayi Devrimi ile birlikte yerbilimleri alanındaki gelişmeler sayesinde açılmıştır.

Jeolojide ve jeofizikteki yenilikler, yeni sahaların keşfini sağlamıştır. Kazı yöntemlerinde, yüklemeye ve nakliyatta mekanizasyonun payı yükselmiş; 250- 300 tonluk kamyonlar, yüksek kapasiteli ekipmanlar (hidrolik kepçeler) devreye alınmıştır. Aynı zaman diliminde; 1970'lerde, siyanürle yığın özütlemesi uygulamasının yaygınlaşmaya başlaması; 1973'te, aktif karbona soğurmanın ilk kez sanayi ölçeğinde hayata geçirilmesi; 1976'da yüklü karbondaki altının, alkol ile kazanılması; 1979'da killi altın cevherlerinin aglomere edilerek yığın özütlemesine uygun hâle getirilmesi ve yine 1979'da refrakter cevherlerin, siyanürleme öncesinde basınç altında oksitlenmesi, düşük tenörlü ya da refrakter altın cevherlerinin ekonomik işletilebilirliğini sağlamıştır. Böylelikle, açık ocaklar hızla genişlemiş ve derinleşmiştir.

Sanayi 4.0; otonom madencilik ve robotik sistemlerini, gerçek zamanlı veri izlemeyi, yapay zekâyı ve büyük veri analizini, simülasyonu, arttırılmış gerçekliği ve etkin enerji yönetimini getirmiş; işletmelerde güvenlik ve verimlilik, daha önce hiç olmadığı ölçüde yükselmiştir. Bunlarla beraber, açık ocak altın madenciliğinde kazı, yükleme ve nakliyat kapasitesi de yüksek olduğundan, düşük tenörlü sahalarda, büyük ölçekli altın üretimi yaygınlaşmıştır. Açık ocakların boyutları hızla büyümüştür. Örneğin, Avustralya- Kalgoorlie Super Pit altın madeni yaklaşık 3,5 km uzunluğunda, 1,5 km genişliğinde ve 600 m derinliğindedir. Yine Avustralya Boddington altın madeni 4 km uzunluğunda, 1 km genişliğinde ve 700 m derinliğindedir. Özbekistan- Muruntau altın madeni ise 3,5 km genişliğinde, 2,5 km uzunluğunda ve 600 m derinliğindedir. Bu boyutlar, yıldan yıla da büyümektedir.

Aynı şekilde, altın üretimleri de artmaktadır. Rusya'daki Olimpiada altın madeninde yıllık üretim 62 t'dan fazladır. Endonezya'daki Grasberg madeninde ~66 t/y, Özbekistan'daki Muruntau

madeninde ~53 t/y, ABD'deki Carlin Trend madeninde ~49 t/y ve Avustralya'daki Boddington madeninde de ~26 t/y altın üretilmektedir.

Cevherden Altın Kazanımı

Altın yataklarının sınıflandırılmasının anlatıldığı kısımda da değinildiği üzere, altın yatağının geçirdiği jeolojik süreç ve buna bağlı oluşan mineralojik yapı, cevherden altın kazanma aşamasında hangi proses ya da proseslerin seçileceğini tayin eden ana etmenler arasındadır. Cevherdeki altının tane boyutu ki, birkaç μm kadar inebilir, önemli bir parametredir. Mineraller, sadece serbestleşme tane boyutu ve şekli açısından değil, aynı zamanda mineral bileşiklerinin bizzat kendi aralarındaki ilişkileri (manyetik duyarlılık ve yoğunluk farkı, mineral yüzeylerinin fiziko- kimyasal özellikleri, dağılım, kristal yapı gibi) ve minerallerin çözelti içindeki davranışları belirleyicidir.

Dünyada, öteden beri ve hâlen uygulanmakta olan birçok yöntem mevcuttur. Bunlar, ayrı olarak ya da birlikte (kombine) kullanılmaktadır. Bu yöntemler;

1. Yıkama
2. Amalgamlaştırma
3. Amalgamlaştırma- Gravite ya da Gravite- Amalgamlaştırma
4. Amalgamlaştırma- Flotasyon
5. Flotasyon
6. Flotasyon- Gravite
7. Gravite- Özütleme (leaching)
8. Flotasyon- Özütleme
9. Siyanürleme
 - Yerinde özütleme (In- situ leaching)
 - Yığın özütleme (Heap leaching)
 - Tankta özütleme (Agitation leaching)

Bu yöntemlerden bazıları, teknik nedenlerin dışında, iş güvenliği ve çevre koruma gerekçeleriyle, büyük ölçüde terk edilmiştir. Örneğin, cıva zehirli olduğu ve çalışma ortamında insan sağlığını tehdit ettiği için, amalgamlaştırma, bazı istisnalar haricinde uygulanmamaktadır.

Siyanürle çözeltiye alma, 19. yüzyıl sonlarından başlayıp giderek yaygınlaşmıştır. Bugün, söz konusu yöntemler arasında, küresel ölçekte, siyanürle çözeltiye almak suretiyle altın kazanımının oranı %85- 90 civarındadır.

Siyanürle Altın Kazanımı

Cevher içindeki altının tane boyutu $<100 \mu\text{m}$ olduğunda, kazanım için siyanürle çözeltiye alma yöntemi tercih edilir. Şayet altın, siyanürle çözeltiye alınarak kazanılacaksa, cevherin yerkabuğundan çıkarılmasından itibaren uygulanacak prosesler sırasıyla,

1. Cevher üretimi (mining),
2. Boyut küçültme (size reduction),
3. Siyanürle çözündürme (cyanide leaching),
4. Bazen siyanürle çözündürme aşamasından önce, ön- işlem (pre- treatment) gerekli,

5. Berraklaştırma (purification),
6. Oksijensizleştirme (deaeration),
7. Katı faza alma (precipitation),
8. Katı- sıvı ayrımı (filtration),
9. Sıvı faza alma (elution),
10. Elektro kazanım (electrowinning),
11. Ergitme (smelting),
12. Metal altın elde etme (refining/ casting)

Siyanürle altın kazanımında, burada sıralanan aşamaların ayrıntısına bakıldığında, kuşkusuz, süreç çok daha karmaşıktır. Altın cevherinin mineralojik özellikleri, bu sürecin basitliği ya da karmaşıklığı açısından temel etmendir.

Mineral içeriğine ve yapısına göre daha ayrıntılı sınıflama yapılmasına karşın (Şekil 1), uygulanacak kazanım yöntemleri yönüyle, altın cevherleri için en basit ayırım; altının kolay ya da zor kazanılabildiği şeklindedir. Aslında burada, siyanürleme proseslerinin uygulanabilirliği dikkate alınarak bir sınıflama yapıldığını belirtmek gerekir. Altının kolay kazanılabildiği cevherlerde siyanürleme işlemi doğrudan yapılabilir. Ancak, kimi cevherlerde doğrudan siyanürleme yapıldığında, kazanma verimi %50'nin altına düşebilir (Bayraktar, 1997). Sülfür içeren cevherlerde, altın tane boyutu $<10 \mu\text{m}$ ve bu taneler, sülfürlü mineraller içinde kapanım hâlinde bulunuyorsa, çok ince öğütme de bile ($<25 \mu\text{m}$) altın- siyanür teması istenen seviyede gerçekleşemez. Oksitli bakır mineralleri de altının çözeltilmeye geçmesini engeller. Yine, cevherde karbonatlar varsa altın, karbonat yüzeyine soğurulacağından (preg-robbing), altın çözeltilmeye geçemez (Bayraktar, 1997). Kısacası, cevherlerin mineralojik yapısı aşırı siyanür ya da oksijen tüketimine sebep oluyorsa veya altın, yüzeye soğurulup çözeltilmeye geçemiyorsa, bu tür cevherler, zorlukla kazanılabilen (refrakter), karmaşık yapıya sahip cevherlerdir (Yüce, 2021). Cevherde bulunan ve siyanür tüketimini arttıran minerallere "siyanasid" adı verilir. Refrakter cevherlerden, altını yüksek verimle kazanabilmek için cevherin, siyanürleme işlemine sokulmadan önce hidrometalurji, pirometalurji veya biyo- oksitleme işlemine tabi tutulması gerekir.

Refrakter Cevher Ön- işlem Süreçleri

Cevher, refrakter nitelikte ise, kıymetli metali çözmeden önce metalin kazanılma verimini arttırmak, reaktif tüketimini ve çözünme süresini azaltmak amacıyla, cevherin mineralojik özelliklerine göre belirlenen ön- işlemler uygulanması gerekir.

Öncelikle, siyanür ile altın taneciklerinin yüzey temasını sağlamak ve altının çözünmesini kolaylaştırmak adına cevher, 270- 400 mesh boyutuna ($53- 38 \mu\text{m}$) küçültülür. Bazen bu boyut da yeterli gelmez ve cevheri $<20 \mu\text{m}$ boyutuna indirgemek gerekebilir.

Kimi zaman cevher, mineralojik bileşimine göre, gravite veya flotasyon gibi bir ön- zenginleştirme işlemine tabi tutulup, altını içeriği görece yüksek bir ön- konsantrasyon elde edilir. Flotasyon, genellikle sülfürlü ve altının karbona bağlı olduğu cevherlerde iyi bir seçenektir.

Aslında bugün, ön- işlemler dendiğinde akla ilk gelen yöntemler cevherin, pirometalurjik, hidrometalurjik veya biyolojik proseslerle oksitlenmesidir.

Aglomerasyon- Altın cevherlerinin yığın özütlemesi ile kazanımında, cevherin kil içermesi durumunda özütleme devresinde killerin sebep olduğu ciddi sorunlarla karşılaşılır. Kilden dolayı

özütleme çözeltisi kanallanmaya uğrar. Buna bağlı olarak, çözünme güçlükleri ortaya çıkar ve metal verimi düşer.

Problemün üstesinden gelebilmek için, yığın özütlemesi uygulaması öncesinde, malzemenin aglomere edilmesi yoluna gidilir. Aglomerasyon birkaç değişik metotla yapılır; (a) yığın oluşturulmadan evvel cevherin su ile ıslatılması, (b) yığın oluşturulmadan evvel cevherin siyanürlü çözeltiyle ıslatılması, (c) ton başına 2-7,5 kg portland çimentosu ile cevherin karıştırılması, karışımın su veya siyanürlü çözeltiyle ıslatılması sonrasında aglomere edilmesi (tane büyütme) ve (d) portland çimentosu yerine kireç kullanılmasıdır.

Kavurma (Roasting)- Pirit, arsenopirit gibi metal sülfürler içeren, karbonlu altın cevherleri, genellikle, önce flotasyonla zenginleştirilip bir ön- konsantre elde edilir. Ardından bu ön-konsantre, 650⁰C- 750⁰C'a varan sıcaklıklarda kavrulur. İşleme tabi tutulan malzeme fiziksel ve kimyasal bakımdan değişime uğrar. Metal sülfürler oksitlenirken (sülfat formuna dönüştürme), malzeme poroz (gözenekli) bir yapıya kavuşur.

Böylelikle, bir yandan siyanürün verimliliği arttırılırken, preg- robbing de önlenmiş olur.

Basınç altında oksitleme (Pressure oxidation)- Karbonlu ve sülfürlü altın cevherlerinin oksitlenmesinde bir başka seçenek basınç altında oksitlemedir. Ortam, cevher mineralojisine bağlı olarak asidik ya da alkalın olabilir. Otoklavlarda toplam basınç 500 psi, sıcaklık 250⁰C seviyesine kadar çıkarılabilmektedir. Asidik ortam söz konusuysa, yeterli redoks potansiyelini sağlamak ve aşırı çökelmeyi engellemek için pH'ın <2 olması sağlanır. Sülfür içeriği <%2 ya da karbonat varlığı>%10 olduğunda oksitleme, alkalın koşullarda gerçekleştirilir (Yüce, 2021). Refrakter altın cevherlerini veya konsantrelerini işlemek için bir basınçlı oksitleme devresinin kullanılması kararını vermek, sermaye maliyetlerine, işletme maliyetlerine, altın geri kazanım verimine ve çevresel etkilere bağlıdır.

Kimyasal Oksitleme (Chemical oxidation)- Altın cevheri karbon içermekteyse, oksitlemek amacıyla asit, asit- ozon, klor gazı NaOCl gibi hipokloritlerden yararlanılabilir (Arslan ve Acarkan, 2000). Cevher, metal sülfürler içerdiğinde, oksitleme için nitrox/redox, artech/cashman, activox, caro's asit gibi prosesler kullanılabilmektedir.

Biyolojik oksitleme (Bio- oxidation)- Bazı mikroorganizmaların (bakteriler) kimyasal süreçler üzerinde etkisi olduğu uzun yıllardır bilinmekte ve diğer bazı alanlarda olduğu gibi hidrometalurjide de onların bu özelliklerinden yararlanılması hızla yaygınlaşmaktadır.

Bu tür proseslerde kullanılan bakteriler arasında, enerjisini elementel kükürt, kükürt dioksit ve tiyosülfatı oksitlemek suretiyle sağlayan thiobacillus thiooxidans en iyi bilinenlerdendir.

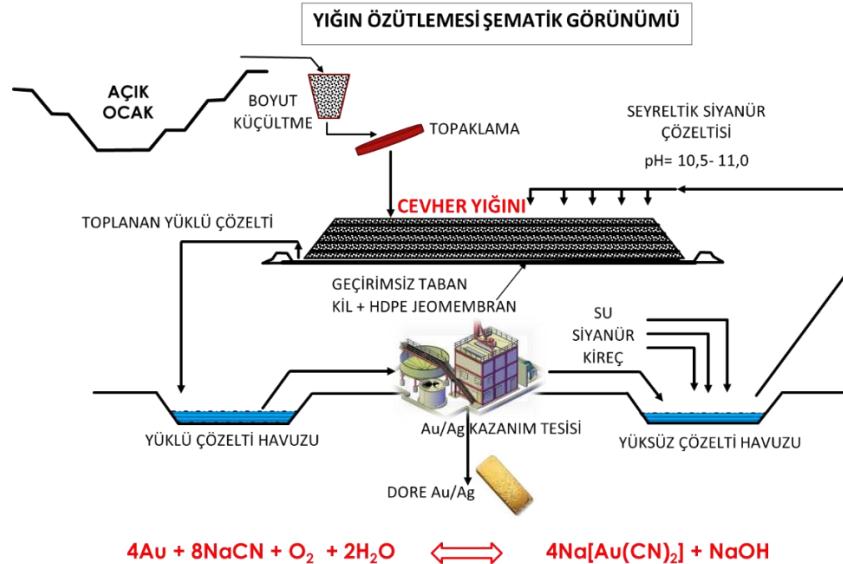
Altın ve gümüş cevherlerinin siyanürlenmesi işlemi esnasında sorun çıkaran sülfürlü minerallerin (pirit, pirotin, kalkopirit ve arsenopirit) proses öncesi oksitlenmesinde, bakteri özütlemesi etkin bir yöntemdir. Çünkü sülfürlü minerallerin genellikle tamamen çözünmesini sağlamakla kalmaz, kapanım halindeki değerli metali de açığa çıkarır. İşlem, karıştırmalı tank reaktörlerde, pH değerinin 1,3- 2,0 arasında olduğu, %10-15 pülp yoğunluğunda ve sıcaklığı 35⁰ C- 40⁰ C olan ortamlarda gerçekleştirilir (Fleming, 1998).

Altın Cevherinin Siyanürle Özütlenmesi

Altın cevherleri, “kolay işlenebilir” yapıda ise, doğrudan siyanürleme işlemlerine alınabilir. Refrakter cevherler de oksitleme süreci tamamlandığında, siyanürle çözeltiye almaya hazır demektir.

Sodyum siyanür (NaCN), potasyum siyanür (KCN) veya kalsiyum siyanür (Ca(CN)₂) arasında en yaygın sodyum siyanür olup, çözelti konsantrasyonu altın için %0,01- %0,05 (0,1- 0,5 g/l) aralığındadır. Asit ortamda sodyum siyanürün bozularak HCN’e dönüşmesi nedeniyle CN⁻ konsantrasyonu azaldığından, özütleme işlemi alkalın ortamda sağlanır. Kireç veya sodyum hidroksit ilâvesi ile ortam pH’ı 10,5- 11 olacak şekilde ayarlanır. Siyanür özütlemesinin uygulanma şekli cevher mineralojisi, kimyasal bileşimi, kıymetli metal tenörü ve metalin tane büyüklüğü gibi etmenlere göre seçilir. Yerinde özütleme (In- situ leaching), yığın özütleme (Heap leaching) gibi siyanür çözeltisinin süzülme yoluyla uygulandığı ya da cevher ile siyanür çözeltisinin, silindirik bir tankta cevherle karıştırılmak suretiyle gerçekleştirildiği karıştırmalı (agitation) özütleme gibi yöntemler vardır. Bunlardan, yığın özütlemesi ve karıştırmalı özütleme yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yığın özütlemesi- Yığın özütlemesi, Şekil 3’te görüldüğü gibi, metal içeren cevherin, geçirimsiz hâle getirilmiş bir yüzey üzerine istiflenerek, istenen metali çözmek üzere sisteme yağmurlama veya damlatma yöntemiyle uygulanan bir kimyasal (altın- gümüş için yaygın olarak siyanür) vasıtasıyla muamele edilmesini, kıymetli metalin seçimli olarak çözeltiye alınmasını ve yüklü çözeltinin (süzüntünün), yığın tabanına yerleştirilen, kil ve HDPE jeomembrandan oluşturulan geçirimsiz tabakanın üzerine kurulan drenaj düzeneği yardımıyla toplanıp tesise gönderilmesini içeren bir yöntemdir. Yığın özütlemesi uygulamalarında iki yöntem vardır; hazırlıklı yığın özütlemesi (heap leaching) ve doğrudan yığın özütlemesi (dump leaching).



Şekil 3. Düşük tenörlü altın cevherlerinde uygulanan yığın özütlemesinin şematik görünümü.

Siyanür tüketen safsızlıklar ile çözelti akışını olumsuz etkileyecek derecede kil veya çok ince taneli malzeme içermemesi gereklidir. Dissemine oksitli cevherler uygundur. Kıymetli metal

sülfürlü minerallere bağlı olmamak kaydıyla, sülfürlü cevherler yığın özütlemesine tabi tutulabilir. Yığının geçirgenliği ve gözenekliliği son derece önemlidir.

Yığın özütlemesinde, işlenecek cevherdeki altın oranı, genellikle tonda 3 g'ın altındadır (Au<3g/t). Çünkü yığın özütlemesi, yatırım maliyeti görece düşük bir yöntem olduğundan, düşük tenörlü cevherlerin ekonomik olarak işletilebilmesine elverişlidir.

Çözündürme süreci, yani altının siyanür çözeltilisine alınması uzun sürer ve çoğunlukla aylar mertebesindedir. Ocaktan çıkarılan cevher, kırılarak, genellikle 20 mm altına indirilir. Akabinde, gerekirse aglomere edilip (topaklama), konveyör bantlarla taşınarak, 6- 10 m yüksekliğinde basamaklar oluşturulur. Duraylılık analizleri yapılarak, her bir basamağın ve genel şev açısının ne olacağı belirlenir; buna göre de ilk ve takip eden basamaklar serilerek, yığın yükseltilir.

Genel olarak değerli metali (Au- Ag) kazanmak için hazırlanan çözeltideki sodyum siyanür (NaCN) 200- 600 ppm aralığındadır. Tüketim ise 0,1- 1,0 kg/t kadardır. Siyanürlü çözeltilinin pH'ı 10,5- 11 arasında tutulur. Yığına, yağmurlama veya damlatma yoluyla beslenen çözücünün besleme hızı, saatte 5- 20 lt/m³'tür. Değerli metal kazanma verimi de çoğunlukla %70'ler düzeyindedir.

İlk yatırım masraflarının düşüklüğü ve diğer metotlarla işletilemeyen çok düşük tenörlü cevherlere uygulanabilirliği sayesinde yaygınlaşmaktadır.

Karıştırmalı özütleme- Karıştırmalı özütlemeye, siyanürlü çözeltili ile altın cevherinin, silindirik bir tankta temas ettirilmesiyle altının çözündürüldüğü bir yöntemdir. Görece yüksek tenörlü ve altın tane boyutu ince (-0,5 mm) cevherler bu süreçle çözündürülür. Mekanik karıştırıcılarda veya Pachuca tanklarında yapılır. En yaygın özütleme işlemidir.

Öğütülen cevher %30-50 katı pulp yoğunluğunda karıştırıcıya beslenir, çözücü ilâve edilip karıştırılır. Karıştırma mekanik yolla veya sıkıştırılmış hava ile sağlanır. Çözündürme (temas) süresi 16- 48 saat arasında değişir.

Metal kazanma verimi yüksek (>%90), çözündürme süresi kısadır.

Çözeltideki Altından Doreye Aşamalar

Altının, altın- siyanür [Au(CN)₂] karmaşığı hâlinde çözeltiliye alınmasından sonra dore altını elde edebilmek için bir dizi işlemden geçirilmesi gerekir.

Çözeltiden geri kazanım- Çözeltideki altının geri kazanılması için 19. yüzyıl ortalarından itibaren çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Klor çözeltilisinden demir sülfat ile çöktürme ya da odun kömürü ile kazanma, siyanürlü öncesinin prosesleridir. Siyanürlü çözeltiden altın kazanımında; çinko tozu ile çöktürme (Merril Crowe), aktif karbona soğurma, iyon değiştirme/ solvent ekstarksiyon ve elektrolitik kazanım kullanılabilir. Yirminci yüzyılın son çeyreğine kadar çinko tozu ile çöktürme yaygınken, sonraları aktif karbona soğurma, giderek daha fazla tercih edilir olmuştur. Aktif karbon ile soğurmada; pülpte karbon (CIP), özütlemeye karbon (CIL) ve kolonda karbon (CIC) olmak üzere üç farklı temas şekli uygulanmaktadır.

Sıyırma- Katı faza alınan altının, değişik yöntemlerle, farklı çözeltiler kullanılarak yıkanıp, zenginleşmiş olarak tekrar sıvı faza alınmasına, sıyırma (stripping) adı verilir. Atmosferik, basınçlı ya da AARL (Anglo- American Research Laboratories) yöntemlerinin ortak yanı, NaOH ve NaCN içeren seyreltik çözeltili kullanılmasıdır. Ayrıca, %20 derişimde etil alkol veya seyreltik HCl yardımıyla da sıyırma sağlanabilmektedir. Bir de iyon değiştiriciler kullanılarak altın, katı fazdan sıvı faza alınabilmektedir.

Elektroliz- Altın, sıyırma aşamasında tekrar çözeltilmeye, yani sıvı faza alınır. Bir sonraki adım, elektroliz yoluyla altının kazanılmasıdır. Elektroliz hücrelerinde katot olarak çelik yün kullanılır. Altın, katotta toplanır.

Ergitme- Elektroliz sürecini takiben, toplanan katı hâldeki altın, fırınlarda ergitilerek külçe şeklinde dökülmektedir. Bu külçelere ki, ağırlıklı olarak altın ve gümüşten mürekkeptir, “dore” adı verilir. Dore külçeler, altını istenen saflığı ulaştırmak amacıyla rafinerilere gönderilir.

Siyanüre Alternatif Kimyasallar

Altın, çok az sayıdaki kimyasal (kral suyu, selenik asit, halojenler) dışında çözünmeye yüksek direnç göstermekte ve sanayi ölçeğinde, kazanım verimliliği ve makul maliyet gibi nedenlerle, sodyum siyanür kullanılmaktadır. İlâveten, karbonatlı veya sülfürlü karmaşık kimi cevherlerde, siyanür çözeltisi de cevheri yüksek verimle çözememekte veya tüketimi aşırı miktarlara çıkabilmektedir. Bu yüzden, altını yeterli düzeyde verimlilikle çözebilen, zehirli olmayan ya da daha az zehirli olan, uygun maliyetle tedarik edilebilecek ve dolayısıyla, siyanüre alternatif olabilecek çözücülerle ilgili araştırmalar öteden beri devam etmektedir. Amaç doğrultusunda, altının özütlenmesi için 27 olası çözücünün (Çizelge 2) incelendiği belirtilmiştir (Aylmore, 2016). Denenmekte olan çözücülerden bazıları da yine siyanür türevleri içermektedir.

Önerilen kimyasallar arasında tiyosülfat ve klorür, siyanüre en yakın seçenekler gibi görünmektedir. Günümüzde hâlen alternatif çözücüler üzerinde bilimsel çalışmalar sürdürülmektedir, çünkü çözücünün; tüketiminin fazla olmaması, çözeltilmeye geçen altının yüksek verimle geri kazanılabilmesi, kullanılan kimyasalın geri dönüştürülebilmesi gerekmektedir. Bunlardan da önemlisi, söz konusu çözücünün, çalışma ortamındaki canlılar ve çevre üzerindeki risklerin yönetilebilir olmasıdır.

Çizelge 2- Alternatif kimyasallar

1	Tiyosülfat ($\text{Cu(II)-NH}_3\text{-S}_2\text{O}_3$)	7	Bakteriler/Doğal asitler
2	Tiyöüre ($\text{Fe(III), CS(NH}_2)_2$)	8	Tiyosiyanat/ Fe(III)
3	Halojenler ($\text{Cl}_2, \text{Br}_2, \text{I}_2$)	9	Nitriller/ O_2 veya Cu(II)
4	Oksitleyici klorür süreçleri Kral suyu ($3\text{HCl} + \text{HNO}_3$) Asit ferrik klorür (FeCl_3)	10	Siyanür + diğer kombinasyon Amonyak- siyanür Alkali siyanofom (HC(CN)_3) Kalsiyum siyanamid (CH_2CaN_2) Bromo- siyanür (BrCN)
5	Sülfid sistemleri Sodyum sülfid (Na_2S) Polisülfid Biyokatalize edilmiş bisülfat Bisülfür/kükürt dioksit N-katalizli basınç işlemi	11	Diğer Cevher bulamacının elektrolizi CSUT DMSO (Dimetil Sülfoksit- $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$) DMF (Dimetilformamid- $(\text{CH}_3)_2\text{NC(O)H}$) Biyo D özütleyici
6	Amonyak/ O_2 veya Cu(II)		

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ALTIN

Dünyada Altın

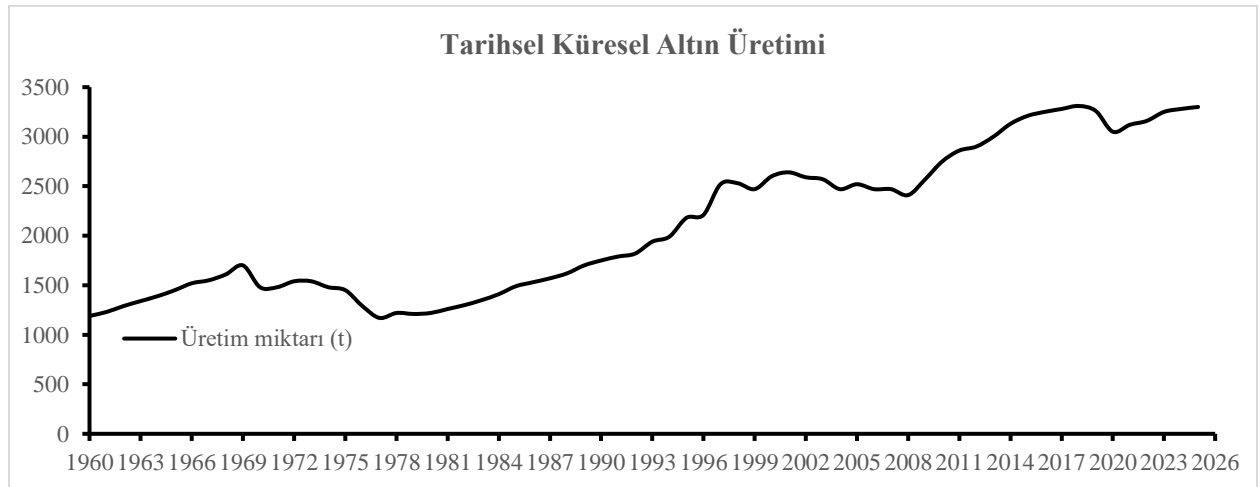
Hatırlanacağı üzere, Bretton Woods Düzeni, 1973'te terk edildiğinde altının, dünyadaki herhangi bir para birimiyle doğrudan değer ilişkisi kalmamıştır. Son olarak 1952'de Suudi Arabistan'da piyasaya sürülen altın sikkeler de 1959'da tedavülden kaldırılmıştır. Bu, M.Ö. 7. yüzyılda başlayan bir dönemin sona ermesidir. Genelde, sanayi girdisi olmadığı ve para vasfını kaybettiği düşünülen altının geleceği, özellikle ekonomi çevrelerinde tartışma konusu olmuştur. Dolayısıyla 1970'ler, altın- insan ilişkisi açısından ya sonun veya yeni bir sürecin başlangıcıdır.

Yirminci yüzyılın son çeyreğindeki bu olumsuz gidişata, 1960'larla birlikte, giderek artan doğa kaygısının, altın madenciliğine aksetmesi eklenmiştir. Çünkü yıllar geçtikçe düşen tenörler ve açık işletmecilikle büyüyen topoğrafik tahribat, yalnızca göz estetiği sorunu olmaktan çıkmıştır. Geniş alanların kazı faaliyetlerinden etkilenmesi, insan dışındaki canlılar için varlık meselesine dönüşmüştür. Bir de altının kazanımı süreci siyanür kullanımını gerektirdiğinden, çevre kirliliği yaratacağı endişesi, altın madenciliğine karşı tepkileri arttırmıştır.

Ancak, küresel ölçekte üretim- talep, fiyat eğilimleri ve merkez bankalarının rezervleri gibi parametrelere bakıldığında, her ne kadar inişli- çıkışlı grafikler çizilmekte olsa bile altının, ekonomik, siyasi, kültürel, hatta psikolojik yönlerden önemini kaybetmediği; tersine, etkin bir unsur olarak konumunu koruduğu görülmektedir.

Üretim ve Rezervler

Dünya altın üretimi, ciddi ekonomik kırımların yaşandığı 1970'ler öncesinde, özellikle, 1960-1966 aralığında kararlı biçimde artma eğilimi göstermiş, bunu birkaç yıl devam eden bir salınım dönemi izlemiş ve nihayet 1970'te, 1.400 t sınırını aşmıştır (Şekil 4). Bu üretimin %70 kadarı (1.000 t), yalnız başına Güney Afrika Cumhuriyeti tarafından gerçekleştirilmiştir. Bir başka deyişle, dünyanın, uzak ara en büyük üreticisidir. Fakat azınlıktaki beyazların hâkimiyetindeki ülkede Apartheid rejimi, ayaklanma ve iç çatışmalara yol açmış; bunun sonucunda, uluslararası yaptırımlar başlamıştır. Ülkede ortaya çıkan iş gücü sorunları ile beraber, madencilik ekipmanlarının teminindeki zorlukların yanı sıra, altın yataklarının derinde yer alması, artan maliyetler ve verimsizlik nedenleriyle üretimde düşüş olmuştur.



Kaynak: USGS Data Series 140 (1960–2022); USGS Mineral Commodity Summaries 2025- 2026 (2023- 2025). 2025 verisi, tahminidir.

Şekil 4. Dünya altın üretiminin eğilimi

Bretton Woods düzeninin terk edilmesinin ardından altın fiyatları serbest kalmış ve yükselme eğilimine girmiştir. Ayrıca, petrol fiyatları, dolar yerine altına endekslenmiş, fiyatları hızla artmıştır. Akabinde, küresel enflasyon artmış, ekonomik durgunluk yaşanmış; sadece altın fiyatları değil, doğal olarak üretim maliyetleri de artmıştır. Yükselen altın fiyatları, altın madenciliğine yatırımları teşvik etmesine rağmen, yeni yatakların keşfi, izin süreçleri ve işletmeye alınmaları uzun zaman almış, sonuçta küresel altın üretimi, ufak tefek çıkışlar gösterse de 1980'e değin gerilemiştir.

Bütün bu olumsuzluklar yaşanırken, özellikle teknolojiye atılan adımlar, üretim miktarının toparlanmasına destek vermiştir. Örneğin, 1970'lerde, siyanürle yığın özütlemesi uygulamasının yaygınlaşmaya başlaması; 1973'te, aktif karbona soğurmanın ilk kez sanayi ölçeğinde hayata geçirilmesi; 1976'da yüklü karbondaki altının, alkol ile kazanılması; 1979'da killi altın cevherlerinin aglomere edilerek yığın özütlemesine uygun hâle getirilmesi ve yine 1979'da refrakter cevherlerin, siyanürleme öncesinde basınç altında oksitlenmesi, düşük tenörlü ya da refrakter altın cevherlerinin ekonomik işletilebilirliğini sağlamıştır. Yine de 1970'teki dünya toplam altın üretim miktarı, ancak 1980'lerin ikinci yarısında yakalanabilmiştir.

Bilimsel ve teknolojik araştırmaların hızı ve çıktılarının insan yaşamına yansımaları, insanlık tarihindeki en yüksek ivmeye ulaşmıştır. Üçüncü Sanayi devrimi, madencilige; kazı, yükleme ve nakliyat mekanizasyonu; insan- makine iş birliğinde ise yarı otomasyonu getirmiştir. Otonom madencilik ve robotik sistemler, gerçek zamanlı veri izleme, yapay zekâ ve büyük veri analizi, simülasyon, artırılmış gerçeklik de 4. Sanayi Devrimi'nin ürünleridir. Hayata geçen bu ilerlemeler; altın cevherlerindeki tenör alt sınır değerlerini (cut off grade) öylesine aşağı çekmiş, açık ocak üretim seviyelerini derinliklerini ve açılan yüzey alanlarını öylesine büyütüştür ki, Avustralya- Queensland Bundaberg yakınlarındaki Mt Rawdon işletmesinin cevher rezerv tenörü 0,3 g/t olarak verilmektedir (Evolution Mining, 2025).

Altın madenciliğinde sağlanan gelişmeler metalurji ve üretim teknolojileriyle sınırlı kalmamıştır. Jeolojide ve jeofizikte gerçekleştirilen bilimsel- teknik ilerlemeler yeni sahaların keşfini mümkün kıldığından; altına dönük zenginleştirme tekniklerindeki gelişmeler de düşük tenörlü kaynakları, ekonomik rezerve dönüştürdüğünden, altın rezervi bulunan coğrafyalar genişlemiştir. Dolayısıyla, dünya altın madenciliğindeki yarım asırlık değişim, tabii ki, özellikle 1980'lerden itibaren, üretim artışı ile sınırlı değildir. Üretimde, tek bir ülkenin egemenliği ortadan kalkmıştır. Başını Çin'in çektiği 5 ülke (Çin, Rusya, Avustralya, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri büyük üreticiler olmakla beraber, üretimin ancak, 2023'te %41,6'sını ve 2024'te ise tahminen %40,61'ini üretebilmiştir. Üretimi, 100 t ya da daha fazla olan ülke sayısı 10'u geçmiştir. Ayrıca, Dünya Altın Konseyi verilerinde, altın üreten ülke sayısı 45 görünmektedir. Örneğin Avrupa'da, belirli miktar üretimin eşik alınmasından ötürü olsa gerek, yalnızca 3 ülkenin adı (Bulgaristan, Finlandiya ve İsveç) verilmektedir (World Gold Council, 2025b) Rusya ve Türkiye de Asya ülkeleri arasında geçmektedir. Oysa Sırbistan, Yunanistan, İspanya, Polonya, Slovakya ve hatta Birleşik Krallık bile, çok küçük çaplı da olsa, altın üreticileridir. Demek ki, altın üreten ülke sayısı çok daha fazladır ve artmaktadır. Altın üretilen coğrafya ise giderek genişlemektedir. Antarktika dışında, tüm kıtalarda üretim yapılmaktadır.

Yarım asrı aşan bu süre içinde biri 2000- 2008, diğeri 2020- 2022 arasında olmak üzere, iki dönem daha dünya altın üretimi kayda değer ölçüde gerilemiştir. İkincisinde, ABD'nin Afganistan'ı (2001) ve Irak'ı (2003) işgalinin; Afrika'da siyasi çatışmaların (Güney Afrika) ve iç

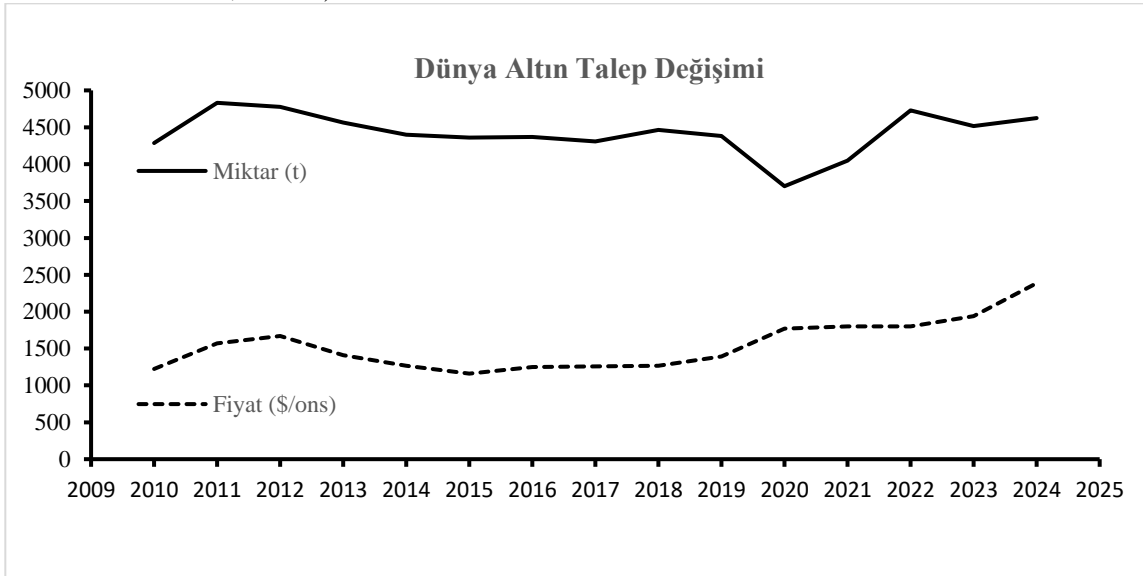
savaşların (Kongo, Sudan, Batı Afrika); Latin Amerika'da (Venezuela, Bolivya gibi) mevzuat değişikliklerinin sebep olduğu jeopolitik belirsizlikler, altın üretiminin gerilemesine yol açmıştır. Bunun yanı sıra, 2000'li yılların başında altın fiyatlarının düşük seyretmesi ve finansal kriz yüzünden krediye erişimin güçleşmesi de üretimin gerilemesinde etkili olmuştur. Üçüncüsünde, hemen hatırlanacağı gibi, 2020'de COVID- 19 virüsüyle gelen pandeminin, madencilik faaliyetlerini sekteye uğratması (geçici kapanmalar, iş gücü sıkıntıları, sağlık- güvenlik önlemleri) ve arz zincirini bozması (lojistik aksaklıklar, rafinerilerin kapanması) küresel altın üretiminde gerilemelere yol açmıştır.

Ancak, üç ayrı dönemdeki gerilemelere karşın ve her şeye rağmen, son 60- 65 yılda, dünya altın üretimi 1.000 tonlar seviyesinden 3.250 tonlara ulaşmış, genelde yükselme eğilimi sergilemiştir (Şekil 4). Günümüzdeki duruma bakılırsa, dünya altın üretiminin, pandemi sürecindeki düşüşe rağmen, son 10 yılda 3.000 tonunun üzerinde seyrettiği görülmektedir.

Öte taraftan, kaynak- rezerv tanımlarının henüz, küresel olarak yerleşmemesi, kaynak- rezerv bilgilerinin ülkelere bağlı olması (güvenilirlik) gibi nedenlerle, rezerve ilişkin veriler, kaynaktan kaynağa değişmektedir. Ancak USGS (Sheaffer, 2025) verilerine göre, başta Rusya, Güney Afrika, Avustralya olmak üzere, büyük üreticiler, aynı zamanda, altın rezervlerince daha zengin ülkelerdir. Dünya toplam altın rezervi, yuvarlatılmış olarak 64.000 ton kadar görünmektedir.

Talep

Dünya altın talebine bakıldığında, genelde, kararlı bir eğilim gösterdiği söylenebilir. Dünya ekonomik krizi 2008 sonlarında gözle görülür hâle geldiğine göre, altın talebinin, ilk şokun atlatılmasının ardından, bilhassa merkez bankalarının alıma yönelmesiyle, %10'dan fazla bir talep artışı gerçekleşmiştir. Merkez bankaları, 2010'da yalnızca, 79,2 ton altın satın almışken, ertesi yıl bu miktar, 480,8 tona yükselmiştir. O yıldan itibaren, COVID- 19 pandemisine kadar 4.000- 5.000 ton aralığında salınan altın talebi, 2020'de 3701 tona düşmüştür (Şekil 5). Ancak, bu ekonomik- siyasi belirsizlik dönemini ile birlikte, merkez bankaları, yine güçlü bir alım sürecine geçmiş ve merkez bankalarının altın alımı 2022, 2023 ve 2024'te 1.000 tonun üzerinde gerçekleşmiştir (World Gold Council, 2025c).



Şekil 5. Dünya altın talebi

Dünya altın talebi, pandemi dönemi hariç, son 15 yılda sürekli olarak 4.000 tonun üzerinde seyretmiştir. Yıllık altın üretimi talebe yetmemekte ve açık, merkez bankalarının rezervleri, altın tabanlı finansal ürünler ya da kayıt dışı (kaçak madencilik ve eski stoklar) kaynaklardan karşılanmaktadır.

Altın Madenciliğine Karşı Toplumsal Mücadele

Dünyada, çevre hareketleri bakımından 1960'lar bilinçlenme, 1970'ler yasal zemin oluşması ve 1980'ler eylemler dönemi sayılabilir. Konunun altın madenciliğine yönelmesi de 1990'larda olmuş, giderek yaygınlaşmıştır.

Bu hareketlerin altın üretimine yansması ise dolaylıdır, zira yerel direnişler yatırım projelerinin iptallerine ya da ertelenmelerine yol açmıştır. Buna ek olarak, hukuki mücadele verilmesi, yasal kısıtlamaları arttırmıştır. Uluslararası baskılarla da şirketler, daha sorumlu tedarik zincirleri oluşturmak durumunda kalmıştır. Sonuçta, çevreci eylemler, proje maliyetlerinin artmasına, böylelikle kimi sahaların ekonomik bakımdan elverişsizleşmesine sebep olduğu gibi, onay ve inşaat süreçlerinin uzamasını veya iptalini doğurmuş, yine şirketleri, üretim öncesi ve sırasında, hatta sonrasında daha yüksek standartlara (izleme sistemleri, güvenli atık barajları, toplumsal ilişkiler) uymaya zorlamıştır.

Bu durum, üretim yapılan coğrafyaların değişmesini- kaymasını, maliyet artışlarını, standartların yükselmesini, teknolojilerin iyileştirilmesini getirmiştir. Direnişler, üretim artışını bütünüyle engelleyemediyse de yavaşlatmayı, doğayı korumayı görece başarmıştır.

Altın Fiyatları

Fiyat oluşum süreci açısından iki farklı emtia türü vardır. Bunlardan birincisi tüketim malıdır, diğeri ise varlıktır. Altın, bir varlıktır (asset), bir tüketim malı değildir (Blumen, 2013). Bu da demektir ki, diğeri ticari emtialardan ayrılan bir metaldir, çünkü parasal ve finansal değeri vardır, endüstriyel kullanıma sahiptir, yatırım aracıdır, istiflenir, mücevhere dönüştürülebilir, siyasi gerginliklerde ya da şiddetli piyasa karmaşasında güvenli limandır. Öyle olunca, fiyatının birçok etmenle yakından ilişkisinin bulunacağını tahmin etmek kolaydır. Qian ve diğerlerine göre (2019), altı farklı etmen, altın fiyatını belirlemektedir ki, bunlar dolar endeksi, federal fon oranı (bankaların, rezerv bakiyelerini birbirlerine gecelik verdiği ödünç faiz oranı), TÜFE, döviz kuru, petrol fiyatları ve borsa endeksi S&P 500'dür.

Altın, doğal olarak aynı zamanda, bir ticari emtiadır, ancak tüketilmeyip istiflenmektedir. Elektronik, bilişim ve otomotiv gibi sektörlerdeki kullanımı da bozunmaya uğramamasından ötürü, bütünüyle geri kazanıma uygundur. Bu bakımdan, üretim maliyetinin ve talebin, fiyat oluşumunda, genel kanının aksine, etkin olmadığı savunulmaktadır (Blumen, 2013; Qian ve d., 2019). Ancak, düşünmek gerekir; altın fiyatları, üretim maliyetlerinin altında seyretse ve sonuçta, altın madenciliği bütünüyle dursa, uzun vadede altın fiyatları, yine de bundan bağımsız belirlenmeye devam mı, ederdi?

Öte yandan, altın piyasasının madencilik şirketleri, yatırımcılar, merkez bankaları ve büyük finans kuruluşlarınca yönlendirildiği bilinmektedir. Faiz oranları düştüğünde, enflasyon yüksek seyrettiğinde yatırımcı, altına yönelir ve fiyat artışı olur. Yine, küresel düzeyde bir ekonomik durgunluk yaşanır da altın fiyatları tırmanır. Siyasal gerginlikler artarsa, savaş çıkarsa veya ekonomik bakımdan belirsizlik ortaya çıkarsa da altın fiyatları yükselme eğilimi gösterir. Merkez

bankalarının (özellikle ABD, Çin, Rusya, AB gibi) altın alma ya da satma kararları alıp uygulamaya geçmesi, altın fiyatları üzerinde etkili olmaktadır.

Döviz kurları açısından, dünyanın en değerli parası olmamasına karşın ABD doları, belki bir asıra yakın zamandır, küresel ekonominin bağımlı olduğu para birimidir. Son yıllarda, başta Rusya ve Çin, ama esasen BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin, Güney Afrika Cumhuriyeti- sonra bunlara eklenenler Mısır, Etiyopya, Endonezya, İran ve Birleşik Arap Emirlikleri) ülkeleri, dolara bağımlılığı azaltmak, hatta ortadan kaldırmak amacıyla, altını kullanmaktadır. Adı geçen ülkeler, hedefleri doğrultusunda, altın rezervlerini büyütmektedir. Bu politika da altın fiyatlarının yukarı yönlü hareketinde etkili olmaktadır.

Bu arada, Londra Külçe Piyasası (London Bullion Market Association- LBMA), günlük altın fiyatlarını belirleyen en önemli piyasadır. Altın, gümüş, bakır, alüminyum gibi metallerin vadeli işlemlerinin en büyük borsası ise New York'taki COMEX'tir (The Commodity Exchange).

Uluslararası Altın Standardı'nın (Bretton Woods düzeni) 1973'te terk edilmesi üzerine, altın fiyatları, 1980'e kadar çok sert bir yükseliş göstermiş; ardından 2005'e kadar, dar bir aralıkta (yaklaşık 250- 450 ABD \$/ons) salınmış; izleyen 20 yıl boyunca, genel eğilim artış olmakla beraber, inişli- çıkışlı bir grafik çizmiştir (Şekil 6). Son zamanlarda yükselişi keskinleşen altının ons fiyatı, önce 3.000 ABD dolarını, ardından 4.000 ABD dolarını aşmış, ama özellikle Çin- ABD arasındaki bir türlü sonlandırılmayan ekonomik- siyasi gerilimlerin de etkisiyle 4.000 ABD dolarının üzerinde, yüksek seyrini sürdürmektedir.



Kaynak- Bloomberg U.S. Global Investors

Şekil 6. Küresel altın fiyatlarının tarihsel gidişatı.

Merkez Bankalarının Tutumu

Yine Bretton Woods sonrası gelişmelere bakıldığında, bir anlamda, geleceğe dönük kararsızlığın Merkez bankalarının karar vericilerince de yaşandığı anlaşılmaktadır. Altın standardı ortadan kalkınca, altının para düzeniyle bağının koptuğu ve rezerv varlığı olmaktan çıktığı düşünülmüştür. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi, altın fiyatları, 1980'de zirve yapmış, ama yüksek fiyat kısa süre içinde yerini düşüş eğilimine terk etmiştir. Fiyatlar, neredeyse 25 yıl boyunca yaklaşık 250- 450 ABD \$/ons aralığında salınca, reel değer bakımından gerilemiştir. Yüzyılın son 10 yılına girildiğinde, Doğu Bloku çökmüş, Soğuk Savaş fiilen bitmiş ve jeopolitik gerilim azalmıştır. Stratejik risk algısı gerilemiş, özellikle Avrupa, ekonomik ve siyasi yönlerden istikrarlı bir döneme girmiştir. Bazı dövizlerin (\$, Euro, yen gibi) faizi getirisi yüksek varlıklar, altına göre, üstün duruma geçmiştir. Bir başka ifadeyle altın, değer kaybı endişesi yaratmıştır. İsviçre gibi bazı ülkelerin de kendi özel koşulları, altın satışını avantajlı görmüştür.

Merkez bankaları, 1989'dan sonra net altın satıcısı olmuştur ve 1989- 2009 aralığında ortalama yıllık satış miktarı 420 ton mertebesinde (UNCTAD, 2016). Bu ise toplamda 8.000 tondan fazla altın satışı demektir. Yüksek miktardaki satışlar, piyasalarda endişeye neden olmuş ve birincisi 1999'da, ikincisi 2004'te olmak üzere, beşer yıllık iki Washington Antlaşması'nı (Washington Agreement on Gold) doğurmuştur. Bu anlaşmayla, merkez bankalarının altın satışlarına sınırlama getirilmiştir.

Yaklaşık 20 yıl devam eden süreç, altının, uluslararası yeni ekonomik düzende anlamı olmayan bir metaya dönüştüğü düşüncesini destekler mahiyettedir.

Ancak, 2008'de ABD'de doğup dünyaya yayılan finansal krizi takiben, 2010'dan itibaren merkez bankaları, yeniden net alıcıya dönüşmüşlerdir. Zira altın, yeniden ve güçlü bir yükselme eğilimine girmiştir. Yatırımcısı için riskleri azalttığı gibi tek sepete (\$ ve euro) bağımlılığın önüne geçmiştir. Kriz, belirsizlik yaratmış altın, tekrar "güvenli liman" vasfına kavuşmuştur. Ayrıca, ABD'nin başını çektiği uluslararası ekonomik ve siyasal yaptırımlar, kimi ülkeleri altın birikimi yapmaya zorlamıştır. Belirsizlik, COVID- 19 pandemisiyle, özellikle 2020, 2021 yıllarında derinleşmiş; döviz rezervleri, çoğunlukla yabancı finansal altyapıda tutulduğundan ve erişim kısıtına uğrama riski (2022'de Rusya'nın rezervlerine erişim kısıtı örneği) barındırdığından, altına talep artmıştır (Arslanalp ve diğ., 2023).

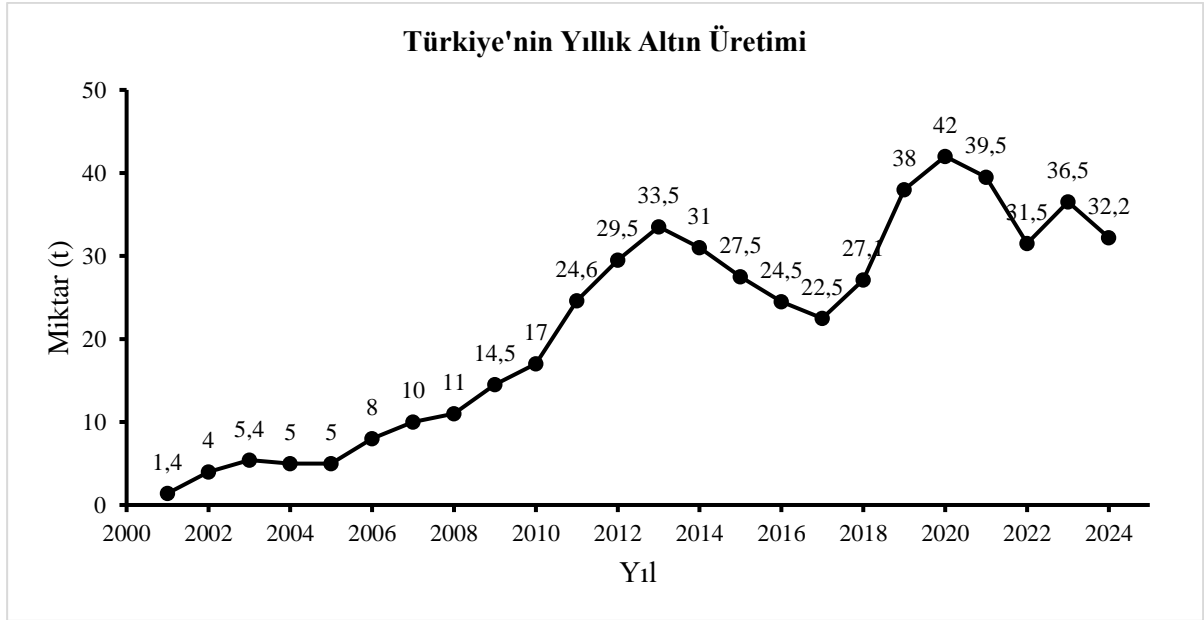
Merkez bankaları, hâlen net alıcı durumunda olup 2010- 2021 yılları arasında ortalama 473 t/yıl alım gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, 2022'de 1.136 ton, 2023'te 1.037 ton, 2024'te 1.045 ton olmak üzere, alım sürdürülmüştür ki, bu üç yılın toplamı 3.200 tondan fazladır ve bir yıllık dünya toplam altın üretimi seviyesindedir (World Gold Council, 2023; World Gold Council, 2025d).

Türkiye'de Altın

Son bulgulara göre, Türkiye topraklarındaki altın kullanımının, 6.000- 6.500 yıllık bir geçmişi vardır (Yalçın ve diğ., 2021). Birinci Dünya Savaşı öncesinde de Çanakkale- Kirazlı'da (Astyra/ Kartaldağ/ Madendağ), Niğde- Bolkardağ'da, İzmir- Karşıyaka'da (Arapdağ), Kars- Kağızman'da (Darphane) ve Hatay- Kisecikköy'de altın üretimi yapılmıştır. Ancak, 2001'de Bergama- Ovacık'ta başlayan üretime değin, Türkiye'de, Cumhuriyet döneminde sanayi ölçeğinde altın üretimi yapılmamıştır.

Üretim- Ovacık altın yatağı bulunmadan önce Türkiye’de, pek çok altın zuhuru bilinmesine karşın, ekonomik bir altın cevherleşmesi belirlenememiştir (İnan ve Yücel, 1985). Ancak, prospeksiyonu, araması ve işlenmesi zor, riskli ve masraflı olmasına rağmen, özellikle epitermal model çerçevesinde aranması, bulunması, işletilmesi, işlenmesi, izabe ve rafine edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Bayraktar ve Özslu, 1989). Aramalar için lisvenit zonlarının, genç asidik volkaniklerin, Menderes Masifi’ndeki altınlı arsenopirit damarlarının araştırılması önemli görülmüş (İnan ve Yücel, 1985), Batı Anadolu, değerli metal aramaları için mükemmel bir yer olarak değerlendirilmiştir (Larson, 1989). Türkiye’nin altın potansiyelini kestirebilmek adına da 5 ayrı jeolojik kaynak modeli kullanılıp, ümitli saha- rezerv dağılım modeline göre, 6.500 t’a çıkabilecek bir potansiyel varlığının mümkün olduğu öne sürülmüştür (Erlor ve Oygür, 1999).

İşte, bu dönemde başlayan arama yatırımları sonucunda, Batı Anadolu’nun kuzeyinde ve Konya- İnlce’den kuzeydoğu doğrultusunda, Gümüşhane- Mastra’ya uzanan bir hat boyunca, ekonomik altın cevherleşmeleri keşfedilmiştir. Bergama- Ovacık’ta üretimin başlamasından sonra 2002’den 2023’e kadar Kuzeybatı Anadolu’da İzmir- Çukuralan, İzmir- Efemçukuru, Manisa- Sart, Uşak- Kışladağ, Eskişehir- Kaymaz, Balıkesir- İvrindi, Balıkesir- Kızıltepe, Balıkesir- Gediktepe, Çanakkale- Lâpseki ve Bilecik- Söğüt’te, altın madenleri işletmeye alınmıştır. Yine, Konya- İnlce, Niğde- Bolkardağ, Kayseri- Himmetdede, Kayseri- Öksüt, Sivas- Bakırtepe, Erzincan- İliç, Gümüşhane- Midi, Gümüşhane- Mastra ve Ordu- Altıntepe’de de altın üretimi başlamıştır.



Şekil 7. Türkiye’nin yıllık altın üretimi 2001- 2024 (Altın Madencileri Derneği, 2025a).

Üretime geçilen 2001 yılında, üretilen altın miktarı 1,4 tondur. İzleyen yıllarda, Bergama- Ovacık’ta üretim artışı sağlanmasının yanı sıra, 2002’de Manisa- Sart, 2006’da Uşak- Kışladağ, 2009’da Gümüşhane- Mastra ve İzmir- Çukuralan gibi yeni altın işletmelerinin devreye alınmasıyla, Türkiye’nin yıllık altın üretimi, Şekil 7’den de görüldüğü üzere, 2013’e kadar kararlı bir artış sergileyip, 33,5 tona yükselmiştir. Ancak sonrasında, 2017’ye değin gerileme göstermiş ve 22,5 tona inmiştir.

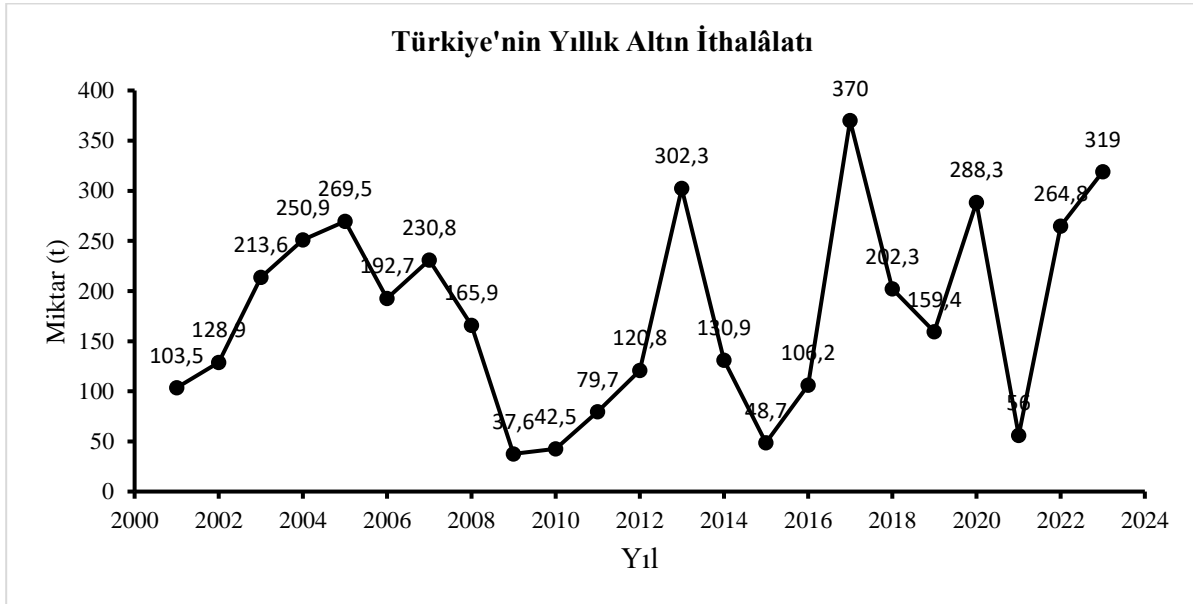
Bu süreçteki üretim düşüşünde, küresel altın fiyatlarındaki sert düşüşün ve altın talebindeki azalmanın dışında, Türkiye’deki bazı gelişmelerin de etkisi olmuştur. Ruhsat ücretlerinin ve devlet

paylarının artırılması, maliyetlerin yükselmesi; madencilik faaliyetlerine ilişkin mevzuat değişiklikleriyle, izinlerin alınmasının zorlaşması ve sürelerin uzaması; çevresel ve toplumsal tepkilerin, bazı madenlerin faaliyetlerini yavaşlatması; siyasi ve ekonomik istikrarsızlık; işletilmekte olan altın madenlerinde daha derin seviyelere inme gereği doğması, üretim verimliliğindeki düşüşler, yatırımlardaki yetersizlik ve maliyetlerin yükselmesi; enerji maliyetlerinde, 2010'ların başından itibaren artışlar yaşanması, üretim miktarlarına yansımış ve söz konusu gerileme gerçekleşmiştir.

Türkiye'nin altın üretimi, 2020' yılına kadar yeniden artmış ve 42 tona ulaşmış, ama pandemi nedeniyle bir kez daha düşmüştür. Pandeminin sona ermesiyle de yükselme eğilimine girmiş, bu kez de Erzincan- İliç'te ciddi bir maden kazası yaşanmıştır. Özetle, Türkiye altın üretimi, en azından şimdilik, inişli- çıkışlı bir gidişat sergilemektedir. Dünya üretiminin, 3.000 tonun üzerinde seyrettiği düşünülürse, 30- 40 ton aralığında olan Türkiye üretiminin payı, %1'ler mertebesinde.

İthalât- Anadolu- altın ilişkisi, kabaca, medeniyetin başlangıcına kadar uzanmaktadır. Dünyada, ilk altın sikkeler, bu topraklarda darp edilmiştir. Anadolu'da, kadın- takı ilişkisinin de birincil unsuru, yine altındır. Bugün bile düğün, nişan ya da sünnet gibi kültürel etkinliklerde bir araya gelindiğinde, takı, esas olarak altındır. Özetle, Anadolu insanının kültüründe, altının özel bir yeri vardır. T.C. Merkez Bankası, alım yapmasa bile, kuyumculuk ve mücevherat sektörü, altın talep edecektir, çünkü halk ya takı veya yastık altına istiflemek için altın satın almaktadır.

Cumhuriyet Dönemi içinde, 1950'lere değin, ülkenin tarım ve sanayi altyapısına odaklanıldığından, 1933'te "Altın ve Petrol Arama İdaresi" ve hemen ardından 1935'te "MTA Enstitüsü" kurulmasına, dolayısıyla, devletin de altına ilgisi olmasına rağmen, altın ticaretinin, ekonomideki payı, görece düşüktür. Sonrasında, liberal ekonomi politikalarının benimsendiği 1980'lere kadar, döviz kısıtlamaları ve ekonomi politikaları bağlamında, altın ithalâtının dalgalı seyir izlediği bilinmektedir. Altın ticareti, 1980'lerle birlikte artış göstermiştir. Kısacası, ülkede üretim yapılmadığından talep, ya içteki hurda kaynaklardan veya ithalât yoluyla karşılanmıştır.



Şekil 8. Türkiye'nin, 2001'den itibaren yıllık altın ithalâtı (Altın Madencileri Derneği, 2025b).

Türkiye'nin 2001'den, bir başka ifadeyle, altın üretimine geçtiği yıldan itibaren, altın ithalât verilerine bakıldığında (Şekil 8), zaten az olan üretimin, ithalâtı pek etkilemediği anlaşılmaktadır. Öte yandan, aynı süreçte gerçekleştirilen ithalât miktarlarına bakıldığında ise, bir istikrardan söz edilemeyeceği açıkça görülmektedir. Bunda, küresel altın fiyatlarındaki dalgalanmalar, Türkiye açısından döviz kurlarındaki oynaklıklar, ekonomik krizler ve siyasal belirsizliklerin etkili olabileceği düşünülmektedir.

Altın ithalâtında bağımlılık azalsın istenmektedir, ama gerçekleştirilen üretim miktarı henüz, bu duruma cevap verebilmekten uzaktır. Mesela, 2022 yılında Türkiye'nin toplam ithalâtı, kabaca 360- 370 milyar ABD doları civarında iken, enerji hammaddelerine (petrol, doğal gaz, kömür...) ödenen, 90- 100 milyar ABD doları aralığındadır. Altının payı ise, yalnız başına 20- 25 milyar ABD dolarını bulmaktadır. Bir yıllık ithalât verisi anlamlı olmayabilir; fakat, 2001 sonrasındaki uzun dönemli verilere bakıldığında, yıllık küresel üretim 4.000 tonun üzerindedir, yıllık ortalama ithalâtın, kaba bir hesapla 200 tona yaklaştığı ortaya çıkar. Oysa aynı süre zarfında üretilen toplam altın miktarı, yalnızca 520 ton kadardır.

Toplumsal direniş- Türkiye'de, 1950- 1980 yılları arasında sanayi faaliyetlerine karşı kimi çevreci eylemler yapılmıştır (Karadeniz, 2017), ama ilk kuvvetli direniş, Bergama- Ovacık altın sahasının 1989 yılında keşfi ile başlamıştır (Karadeniz, 2016). Madenin bulunduğu köylerde, siyanür özütleme/ su, toprak ve tarım alanlarının kirlenmesi endişesiyle başlatılan direniş, 1990'ların ortalarıyla birlikte giderek yoğunlaşmış, kitlesel hareketlere hukuki mücadele eklenmiştir. Yargı kararlarının uygulanıp uygulanması, "yargı- yürütme gerilimi", hukuk devleti meselesi tartışmaları içinde işletme 2001'de üretime geçebilmiştir. Konunun, Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi'ne (AİHM) yansıtılması; mahkemelerce, işletme hakkında birbiri peşi sıra açma- kapama kararlarının verilmesi; tepkilerin, uluslararası boyut kazanması; işletmenin, el değiştirmesi, üretimin düzenli yapılmasını engellediği gibi hem diğer faaliyete geçmesi beklenen işletmelerde gecikmelere yol açmış, hem de özellikle altın işletmeciliğini sürekli gündemde tutarak, meseleyi daha geniş kitlelerin ilgi alanına sokmuştur.

İlerleyen yıllarda hemen her altın, hatta madencilik faaliyeti, henüz daha arama aşamasındayken dirençle karşılaşmıştır. Toplum sağlığı, doğa tahribatı ve kirlenme endişesi, geçim kaynaklarının olumsuz etkilenmesi, şeffaflık, karar süreçlerine katılım, hukuk devleti vurgusu, kamu yararı gözetilmesi, yabancı sermaye vasıtasıyla yurt dışına varlık transferi eylemcilerin odaklandığı noktalar olarak dikkat çekmektedir.

Öte yandan, eylemlere ve hukuk mücadelesine karşın, altın aramaları sürmüş ve yeni işletmeler de üretime geçmiştir. Doğal olarak bu süreçte, altın işletmeciliği yapılan coğrafya genişlemiştir. Ancak, yeni üretim noktaları, aynı zamanda, yeni direniş noktaları olmuştur. Böylelikle, tek bir noktada devam etse, zamanla sönümlenmesi söz konusu olabilecek eylemler de yaygınlaşmıştır.

GENEL DEĞERLENDİRME

Dünya

Altın, tarih boyunca tartışılan bir metal olmuş, ama insan- altın ilişkileri temelde aynı kalmıştır. Bretton Woods Düzeni çöktükten sonra da değişen fazla bir şey olmamıştır. Altın üzerindeki tartışmalar, geçmişteki gibi sürmektedir. Önceden, insan üzerinde yarattığı etkiler, yani meselenin psikolojik yönü öncelik taşıırken, 20. yüzyılın son çeyreği ile beraber, altının ekonomik gücü, parasal anlamı ve gelecekteki rolü tartışmaya açılmıştır. Yalnız altın, sadece ekonomik yönüyle ele alınabilecek bir metal değildir. Altın politikalarının yürütülmesi finansal piyasalar, merkez bankalarının politikaları ve jeopolitik dinamiklerle iç içe geçmiştir. Dahası, tüm bunlara, altının bizatihi kendisinden ve üretim süreçlerinden kaynaklanan çevresel kaygılar ilâve olmuş, insan- altın- doğa üçgeni, asıl konu hâline gelmiştir.

Genelde, kullanımdaki payının yüksekliği dolayısıyla altının, bir takı nesnesi olmasının ötesinde ihtiyaç duyulan bir varlık olmadığı düşüncesi hâkim görünmektedir. Oysa, son 50 yıldaki siyasi, ekonomik, ideolojik, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin bütününe bakılarak; altın madenciliğinde geline nokta, teknoloji- üretim ve bunun sonuçlarının yanı sıra, altının, ekonomideki ve uluslararası siyasetteki işlevi gibi yönlerinin göz ardı edilmemesi gerektiği değerlendirilmektedir.

Bretton Woods Düzeni'nin çöküşü, enerji krizi ve ekonomik krizi takiben, 1980'lerle beraber Batı'da Keynezyen anlayışın tek edilip büyüme temelli neo- liberal ekonomiye geçiş ve peşi sıra, Soğuk Savaşı yumuşatma çabaları, doğrudan olmasa da altının geleceğini hem siyasi, hem de ekonomik yönlerden etkilemiştir. Bütün bu olgular, doğanın korunmasının insanlığın geleceği açısından hayati olduğu düşüncesinin güçlendiği, yaygınlaştığı bir evrede gerçekleşmiştir.

Altın madenciliğine karşı gösterilen direncin gerekçesi olarak, sıklıkla dile getirildiği üzere, metalin kazanımında zehirliliğiyle bilinen sodyum siyanür (NaCN) kullanılmasıdır. Birçok bitkide de (meyveler, sebzeler, çekirdekler...) doğal olarak bulunur. Ayrıca siyanür, yüzyıllardır üzerinde bilimsel araştırmalar yapılması ve bizzat kullanılarak tecrübe edilmesi sayesinde; tepkimeleri, tepkime ürünleri, hangi koşullarda nasıl davranacağı iyi bilinen, yönetilebilen bir kimyasal grubudur. Siyanür türevleri, madencilik dışında ve çok daha fazla bazı organik maddelerin üretiminde (nylon, akrilik plâstikler), elektro- kaplamada, metal işlemede, çelik sertleştirmede, sentetik lâstik üretiminde, hatta tıpta (nitroprussid adlı ilâç) kullanılmaktadır. Siyanür, vücutta birikim yapmaz; eğer, yüksek dozda alınırsa ölümcüldür; doğal ortamlarda biyolojik, kimyasal ve fiziksel süreçlerle parçalanır.

Teknoloji, her maden türü için büyük üretim imkânları sağlamıştır. Diğer metallere kıyasla hayli düşük tenörlü yatakların işletmeye alınması nedeniyle, altın madenciliğinde, özellikle de açık işletme yöntemiyle üretim büyüklükleri çok daha dikkat çekicidir. Bir taraftan altının, bir kesimce, gerekliliği irdelenirken, diğer taraftan, 1 g/t bile altın içermeyen yataklar, yeryüzünde 8- 10 km² alanı etkileyen açık ocaklar oluşturularak işletilmektedir. Derinlikler, 600- 700 m'lere ulaşmıştır ki, bu, yeraltı ocakları için bile ciddi seviyedir. Boddington'dan, 2023 yılında 23,2 ton civarında üretim yapıldığı, tenörün 0,75 g/t olduğu düşünülürse (Evolution Mining, 2023), çıkan artığın 30 milyon tonu aşığı ortaya çıkar. Demek ki, geniş alanlarda topoğrafyalar değişmekte, aynı şekilde, canlıların yaşam ortamları tahrip olmaktadır. Bu durumun, tepki çekmesi doğaldır.

Doğa koruma adına yürütülen karşı eylemler, engelleme çabaları; aramaları, izinleri, işletme faaliyetlerini, üretimleri yavaşlatmakta, geciktirmektedir. Hemen her ülkede yasalar, yönetmelikler, madenciliği, bilhassa da altın madenciliğini yapılması, gün geçtikçe zorlaşan bir faaliyet alanına dönüştürmüştür. Örneğin, çevreci eylemler ve çevreci lobi faaliyetleri AB, ABD, Kanada ve Avustralya gibi altın üretici Batılıları, daha sıkı çevresel düzenlemeler (su yönetimi, atık bertarafı, siyanür yönetimi (Akçıl, 2014) biyolojik çeşitlilik vs.) getirmeye zorlamıştır. Artık, yasal izinler yeterli olamamakta, kamuoyundan, ama öncelikle yerel toplumdan kabul almaları

gerekmektedir. Aksi hâlde, yatırım projeleri, Rosia Montana (Romanya) veya Pebble Mine (Alaska) örneklerinde olduğu gibi uzun yıllar beklemek zorunda kalmaktadır. Yine, toplumsal kabul çalışmaları, Çevresel Sosyal Etki Değerlendirme (ÇSED) raporları proje finansmanında belirleyici olmaktadır. Ayrıca şirketler, çevresel bakımdan daha iyi, güvenilir teknolojiler kullanmaya zorlanmaktadır. Hâl böyle iken, üretim durdurulamamakta, bilakis, üretim yapılan coğrafya giderek genişlemektedir.

Son yıllarda giderek önemi artan kent madenciliği (Urban Mining) de doğal kaynak tüketimi ve geri kazanım/dönüşümle doğrudan ilişkilidir. Ancak bu gelişmenin dolaylı itici güçlerinden biri çevreci hareketlerdir. Elektronik (e- atık) ve kullanım dışı kalmış diğer endüstriyel atıklar, içerdikleri değerli metaller sayesinde, ciddi bir potansiyel teşkil etmekte ve kent madenciliğine ilgiyi arttırmaktadır (Zeng vd., 2018; Corwin, 2020). Bu girişim, çevresel bir çözüm olmanın ötesinde, aynı zamanda, yeni bir tedarik kaynağıdır.

Altın fiyatlarının, 1980'e kadar hızlı bir artış göstermesine rağmen, üretiminin düşmesi; 1980-2005 aralığında ise fiyatlar, dar denebilecek bir aralıkta salınırken, üretiminin artması dikkat çekicidir. Maliyet düşüklüğü ile küçük kâr marjları, bilim ve tekniğin desteğiyle üretime imkân sağlamıştır. Hatta, üretim miktarı artma eğilimi göstermiştir. Altının, değerini kaybettiği; fiyatının, artık artmayacağı; tersine, lobi faaliyetleri ve kurgusal (spekülatif) hareketler olmasa fiyatının düşeceği düşüncesinin geçerli olduğu yıllardır (Karadeniz, 2016). Bu 25 yıl, aslında farklı çevrelerce ve farklı açılardan altının sorgulandığı bir dönemdir.

Çok geçmeden, 2005 sonrası ibrenin, altın lehine dönmeye başladığına tanık olunur. Üretim miktarları salınmakta, dahası düşme eğilimi sergilemektedir, fakat fiyatlar, yükselmektedir. Bu, bir geçiş dönemidir.

Bir şeyi unutmamak gerekir. Kapitalizm, krizleriyle malûl hâkim paradigmadır. Yaklaşık 200 yılı bulan geçmişinde, en azından 3'ü büyük, birçok irili- ufaklı kriz atlattığı ve hatırlanacağı gibi, sonuncusu 2008'de başlamıştır (Eğilmez, 2012). ABD kaynaklı 2008 ekonomik krizi, insanlara altının, takı nesnesi değil, para ve dahası, siyasal ve ekonomik belirsizlik söz konusu ise en güvenli liman olduğunu tekrar hatırlatmıştır.

Altın, para değil, sadece ticari bir meta olarak düşünülse bile, son yıllardaki üretim maliyeti, talep miktarı ve satış fiyatlarına bakıldığında, şirketlerin, altın madenciliğini yatırım yapmak için cazip bulacakları görülmektedir. Altın üretim maliyeti⁴ ki, toplam ya da bütünleşik sürdürülebilir maliyet (all-in-sustaining costs (AISC) of gold production) diye adlandırılmaktadır, 2012'nin ilk çeyreğinde, 1.000 ABD dolarının altındadır. Aradan geçen 13 yılda, 2025'in ilk çeyreğinde 1.500 ABD dolarının üzerinde çıkmıştır (World Gold Council, 2025e).⁵ Enflasyon dikkate alınmadığında bu, %50'nin üzerinde bir artıştır. Oysa, 2012'de 1.600 ABD \$ olan altın fiyatı, 2025 sonu itibarıyla, 4.400 ABD \$/ons civarında olup bu, %275'lik bir artışa tekabül etmektedir. Kâr marjı 3.000 ABD

⁴ Toplam ya da bütünleşik maliyet; işletme giderleri, sürdürülebilir sermaye harcamaları ve arama giderleri de dahil olmak üzere altın üretimiyle ilgili tüm maliyetleri içerir.

1. Doğrudan üretim maliyetleri: Bu, işçilik, yakıt, enerji ve malzeme gibi madencilikle ilgili tüm doğrudan maliyetleri içerir.

2. Kurumsal Genel ve İdari Giderler: Bu, maaşlar, avukatlık ücretleri ve diğer idari giderler gibi şirketin işletilmesiyle ilgili tüm dolaylı maliyetleri içerir.

3. Arama ve değerlendirme maliyetleri: Bu, yeni mineral yataklarının aranması ve potansiyel değerlerinin değerlendirilmesiyle ilgili tüm maliyetleri içerir.

4. Faaliyetlerin sürdürülmesi için sermaye harcamaları: Bu, ekipman değişimi ve bakımı, maden sahası restorasyonu ve atık bertarafı gibi mevcut madencilik faaliyetlerini sürdürmek için gerekli tüm sermaye harcamalarını içerir.

⁵ Kuşkusuz, üretim maliyetleri işletmeden işletmeye değişkenlik arz eder, burada verilen, dünya ortalamasıdır.

dolarına yaklaşmıştır. Altın fiyatları, yükselmek bir tarafa, bu seviyelerde kalsa bile, altın madenciliğinin ne ölçüde çekici olacağı da ortadadır.

ABD doları, 1944'ten itibaren, yani Bretton Woods Düzeni'nin kurulmasıyla, rezerv para birimine dönüşmüştür. O tarihte ödemelerin ve dış ticaretin ABD dolarıyla sürdürülmesi kararı alınmış; ABD doları, bir bakıma dünya parası olmuştur. Üstelik ABD, 1971'de Bretton Woods Düzeni'nden çekilmiş, ama ABD doları, dünya parası olma ayrıcalığını kaybetmemiştir.

Sovyetler Birliği ve Doğu Bloku dağılıp Soğuk Savaş sona erdiğinde kazanan, Batı'nın liberal demokrasisidir. İki kutuplu dünya, artık tek kutupludur. Güç ve kudret, ABD'dedir. ABD dolarının konumu pekişmiştir. Dünyanın en değerli para birimi olmamasına rağmen, ABD'nin siyasal ve ekonomik gücü dolayısıyla, en güçlü para birimidir. Bu sürecin başlangıcı da altının, geçiş yıllarına denk gelmiştir.

Son büyük krizin sürdüğü sırada, ilk kez 2009'da bir zirve gerçekleştiren ve 2010'da Güney Afrika'yı bünyesine ekleyen BRICS bloğu, sahip olduğu ekonomik güç ve nüfus ile küresel finans düzenine karşı mücadeleye girişmiştir. Burada amaç, siyasal bir güç olmak, ABD dolarının kullanımını azaltmak, dünyayı ABD dolarından arındırmaktır (de- dolarization). ABD doları güçlüdür, fakat altın, 2.600 yıldır paradır. Üstelik, en güçlü olanıdır. O ikame edebilecek bir başka seçenek de henüz yoktur. İşte, bu yüzden, dünyayı ABD dolarından arındırmada kullanılacak araç olarak altın seçilmiştir. Bu sebepten ötürü, altına talep ve altın fiyatı, artma eğilimi doğrultusunda etkilenmektedir.

COVID- 19 pandemisi sırasında yaşandığı üzere, küresel belirsizlikler; ticaret savaşları (Çin- ABD gibi), jeopolitik gerilimler (Rusya- Ukrayna savaşı, Suriye'de süren karışıklıklar, İsrail'in Filistin'e karşı bitmeyen saldırganlığı gibi), yüksek enflasyon dönemleri, altının "güvenli liman" olduğu düşüncesini öne çıkarmakta, hem altına talep, hem de altın fiyatları, yükselme eğilimine girmektedir. Merkez bankalarının tutumu da bu durumu, açıkça yansıtmaktadır.

Türkiye

Türkiye, uzun bir aradan sonra 2001'de tekrar, altın üreten ülkeler kervanına katılmıştır. Belirli dönemlerdeki düşüşlere karşın, şimdilerde yıllık üretim miktarı 30 tonun üzerinde seyretmektedir. Yıllık bazda Çin, Rusya ve Avustralya'nın 300 t'dan ve dünya toplam altın üretiminin 3.650 tondan fazla olduğu düşünülürse; Türkiye'nin, 3 büyük üreticinin her birinin %8- %10'u, dünya toplam üretiminin sadece %1'i mertebesinde bir üretim gerçekleştirebildiği ortaya çıkar. Bu verilere göre, Türkiye, dünya ölçeğinde hatırı sayılır bir üretici olarak değerlendirilemez. Öte yandan, Türkiye'nin altın üretim miktarı, kendi talebini karşılamaktan da uzaktır. Yıllık ortalama 200 ton civarındaki ithalâtı ise dünya toplam üretiminin %5,5'i kadardır ki, bazı yıllar ithalâtın bu seviyeyi çok aştığı bilinmektedir (Şekil 8). Ayrıca, 2023'te uygulandığı gibi, ithalâta sınırlama getirildiğinde, ülkeye, kayıt dışı altın girdiği öne sürülmektedir (Kara, 2025). Buradan hareketle, Türkiye, altın piyasasının göz ardı edilemeyecek bir oyuncusudur, denilebilir.

Tabii ki, Türkiye, altın talebi dışında, dünya altın politikalarına doğrudan etki edememekte, fakat etkilenmektedir. Küçük bir üreticidir. Fiyat oluşum süreci, Türkiye dışında bir olgudur. Birçok yabancı şirket, Türkiye'de üretim yapmakta, uluslararası finansman kuruluşları, "Çevresel, Toplumsal ve Kurumsal Yönetişim (Environmental, Social and Corporate Governance (ESG))" standartlarına uymak durumundadır (Prno ve Slocombe, 2012). Bunun da politikalar üzerinde rolü olduğu söylenebilir.

Türkiye, her yıl dış ticaret açığı veren bir ülkedir. Bu açıktaki, en büyük iki kalemden biri enerji, diğeri altındır. Örneğin, 2023'te toplam ithalât 361 milyar \$ iken (Uylaş ve Toptaş, 2024), altın

ithalâtı için ödenen meblağ 25,7 milyar dolardır (Duran, 2024). Cari açığı azaltmak adına, ithalâtın azaltılmasına yönelik çabalar gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda, altın ithalâtına, Ağustos 2023'te kota uygulaması başlamıştır. Uygulama, işlenmemiş altın ithalâtını azaltmış, fakat mücevherat ürünleri ithalâtında artışa neden olmuştur (Aldan ve diğ., 2025).

Altın ithalâtını azaltma amaçlı bir başka uygulama, vatandaşın elinde bulunan “yastık altı” tabiriyle anılan altının çekilebilmesi yönlü çalışmalardır. Bunun için bankalar, kampanyalar düzenlemektedir. T. C. Merkez Bankası 2023 verilerine göre, ekonomiye kazandırılan altın, 250 ton civarındadır. Tahminlere göre, halkın, elinde tuttuğu altın miktarının ise 5.000 ton olduğu öngörülmektedir (CBFO, 2022). Üstelik vatandaş, gücü ölçüsünde, altın alımını sürdürmektedir. Dolayısıyla, yastık altı altın ekonomiye, beklentileri karşılayacak düzeyde sokulamamaktadır. Burada, başlıca etmenlerin kültürel değerler, gelecek kaygısı ve devletin ekonomi politikalarına güvensizlik olduğu değerlendirilmektedir. Dahası, yurt içinde talebin yüksek seyretmesinde, etken bir unsur da altının, Türk kültüründe, yatırım aracı olmasının dışında birikim, hediye ve güvence aracı olarak görülmesidir.

Ayrıca Türkiye, bankacılık sistemine altın yatırılmasını teşvik amaçlı mevduat ve tahvil seçeneklerini; İstanbul Altın Rafinerisi (İAR) vasıtasıyla, döviz girdisi sağlayan, yüksek nitelikli külçe altın üretimini; T. C. Merkez Bankası'nın, net rezervleri güçlendirmek için altın alımını, politika araçları olarak kullanmaktadır.

Bunlardan başka, idarenin, ekonomik sorunların da etkisiyle, madenciligi, özellikle de altın madenciliğini, ekonomik kalkınmanın ve cari açığı kapatmanın önemli unsurları arasında değerlendirdiği anlaşılmaktadır. Zira, son yıllarda madencilikle ilişkili mevzuatın hem sıklıkla, hem de maden şirketlerinin çalışmalarını kolaylaştıracak biçimde değiştirildiği düşünülmektedir.

Gözden kaçmaması gereken bir ayrıntı, altın madenciliğinde uygulanan “devlet hakkı” ile ilgilidir. Ek: 4/2/2015 tarihli ve 6592 sayılı Kanun ile (Değişik: 18/7/2025- 7554/13 md.) uyarınca, (3) sayılı tabloda gösterildiği üzere; altın madenciliğinde altının \$/ons fiyatı dikkate alınarak, eğer fiyat <800 \$/ons ise, %1 devlet hakkı alınır. Bu yüzde, her 100 \$/ons fiyat artışında, 1 puan arttırılır. Böylece, devlet hakkı oranı fiyat, 2.001 \$/ons- 2.100 \$/ons aralığına geldiğinde %14 olarak uygulanır. Bu fiyatın üzerinde, 2.100 \$/ons- 2.400 \$/ons aralığında oran, %15 uygulanır ve her 300 \$/ons artışta, 1 puan arttırılır. Örneğin, bugün itibarıyla, altın madenciliğinde devlet hakkı oranı, %22 mertebesindedir. Ancak, Maden Kanunu- Madde 9- (Değişik: 26/5/2004- 5177/4 md.) (Değişik birinci fıkra: 10/6/2010- 5995/4 md.) uyarınca; eğer şirket, ürettiği altını yurt içinde ve kendi tesisinde işleyip ek katma değer sağlarsa, devlet hakkının %40'ı alınmaz.

İdarenin sürdürdüğü politikalar, zaten 1990'lerden beri giderek yayılan toplumsal protestoları yatıştırmak bir yana, sertleştirmektedir. Toplumun, altın madenciliğine, esasen bütün madencilik faaliyetlerine karşı yürüttüğü muhalif hareketleri, homojen bir yapı olarak ele almak doğru olmayabilir.

Madencilik, maden yatağının bulunduğu mevkide yapılmak zorunda olduğundan, protestolar ya da direnişler de belirli noktalarda ortaya çıkmaktadır. Görüldüğü kadarıyla yöre insanları, madencilik faaliyetinin; yaşam ortamlarını tahrip edeceği, kirleteceği, bizzat kendi ve diğer canlıların (bitkiler ve hayvanlar) sağlıklarının tehdit altına sokacağı, gelir kaynaklarının zarar vereceği kaygısı gütmektedir. Maden yatağı tükendiğinde, şirketin, geriye zehirli artık yığınları, kirlenmiş topraklar ve sular, bitki örtüsü yok edilmiş bir doğa, gelir kaynakları kesilmiş bir ortam bırakacağı endişesi taşımaktadırlar. Madende çalışan küçük bir grup dışında, yörenin hiçbir çıkarı maddi olmadığı gibi, kültürel değerlerinin de zarar göreceği inancı hâkimdir. Mevzuat, şirketlerin talepleri doğrultusunda şekillendirilerek çıkarılmakta; eylem yapmaya kalkıştıklarında, güvenlik kuvvetleriyle (jandarma ya da polis) karşı karşıya getirilmekte, hatta gözaltı uygulamalarına

gidilmekte; engelleme gayretleri, sadece gecikmeleri doğurmakta, ama sonuçta şirketler, bir biçimde üretime geçebilmektedir. Onlara göre, sonuçta devlet, madenci şirketlerden yana tavır alıp kendilerine sahip çıkmamaktadır. Çabaları ideolojik değil, pragmatiktir.

Faaliyetin yapılacağı bölgede yaşamayan, ama doğa- insan ilişkisinde gidişatın, küresel çapta, insanlığın sonunu getireceği düşünerek, tepkilere katılanlar da vardır. Yerel ya da bölgesel çözümlerin, bütünün parçası olduğuna inanarak yöre insanına destek vermektedirler.

Bir de meseleye ideolojik denebilecek yönden yaklaşan aydınlar söz konusudur. Devletin, madencilikten büyük ölçüde çekilmesiyle, özel sektör ya da yabancı şirketler tarafından yapılan altın işletmeciliğinin; bir tür sömürü olduğunu, kamu yararını dikkate almadığını, vergilerin yetersiz kaldığını, yöre insanına gerçekte katkısı bulunmadığını savunmaktadırlar. Ayrıca, altın üretiminin gereksiz olduğunu öne sürmektedirler. Üstelik, yurt dışına varlık transferi yapıldığını, hâlen yapılmakta olan altın madenciliğinin, ülkeye herhangi bir faydasının olmadığı gibi, doğanın tahrip edilip kirletildiğini, öylece de terk edildiğini düşünmektedirler.

TÜRKİYE’DE ALTIN MADENCİLİĞİNDE SORUNLAR- GERİLİM ALANLARI

Tarih boyunca yer kabuğundan, kümülatif olarak 216.000 tonu aşan miktarda altın çıkarıldığı tahmin edilmektedir (World Gold Council, 2025f). Altın, tüketilen değil, kullanılan bir metaldir. Bugüne kadar üretilen altının neredeyse tamamı hâlen varlığını korumaktadır. Söz konusu altının %45’i (~97,15 ton) mücevher, %22’si (~48,63 ton) külçe ve madeni para, %17’si (~37,76 ton) merkez bankalarının stokları ve %15’i (~32,73 ton) diğer olarak bulunmaktadır (World Gold Council, 2025f). Dünya yıllık altın üretimi; 1980’lerin sonunda 2.000 tonun, 2000 yılıyla beraber 2.500 tonun, 2015’ten itibaren 3.000 tonun üzerine çıkmıştır (Şekil 4). Üretim, 2024 yılında, 3.661 tondur (Altın Madencileri Derneği, 2025c). Bu istatistiki verilere bakınca, altın üretiminin artarak sürdüğü görülmektedir. Üstelik, üretime konu coğrafya da giderek genişlemektedir. Yapılan üretim yine de talebi karşılayamamaktadır.

Altın madenciliği, istihdam yaratma, kamu gelirleri (vergiler, harçlar, devlet hakkı...), yerel tedarik zincirlerinin gelişmesi ve dış ticaret/ödeme dengesi üzerindeki olası etkileri nedeniyle, ekonomik- politik açıdan stratejik bir sektör olarak sunulabilmektedir. Buna karşılık sektör; çevresel riskler, toplumsal çatışmalar, güven ve meşruiyet sorunları nedeniyle yoğun ihtilaflara da konu olmaktadır. Bu gerilim, yalnızca “fayda- zarar” hesabı ile değil; **riskin nasıl yönetildiği**, kararların **hangi usullerle alındığı**, faydanın **nasıl paylaşıldığı** ve yerel toplulukların süreçlere **hangi çerçevede katıldığı** gibi yönleriyle birlikte anlaşılmalıdır.

Bu nedenle, tartışma, üç başlık altında toplanarak analiz edilebilir;

- i. **Riski doğru yönetmek ve risk doğru anlatmak** (güven, belirsizlik ve uzmanlık- kamu ilişkisi) (Renn, 2008),
- ii. **Toplumsal kabul (SLO)** (meşruiyet, güven, kabul/onay ve kurumsal pratikler) (Thomson & Boutilier, 2011; Prno & Slocombe, 2012),
- iii. **Çevresel adalet** (dağıtım adaleti, usul adaleti ve tanınma) (Schlosberg, 2007; Walker, 2012).

Tabii ki, insan- doğa ilişkisi, tüm dünyada gündemi meşgul etmekte; tespit ve çözüm odaklı yaklaşımlarla beraber kavramlar değişime uğramakta; gelişmeler, hemen her ülkeyi olduğu gibi Türkiye’yi de etkilemektedir. Fakat yine, her ülkenin olduğu üzere, Türkiye’nin de özel koşulları, süreçleri kendine özgün kılmaktadır. Türkiye’de madencilik sektörü, genel manada, kurumsallaşma yönünden istenen seviyeye gelememiş; devlet, madencilikten büyük ölçüde

çekilmiş; devletin ve özel sektörün uygulamaları, toplumsal güveni örselemiş görünmektedir. Bu doğrultuda; Türkiye’de altın madenciliğinde yaşanmakta olan sorunlara, gerilimlerin çerçevesi;

1. Çevresel riskler: su, atık yönetimi, arazi kullanımı ve ekosistem etkileri

Altın madenciliğinde çevresel kaygıların önemli bir kısmı **su kaynakları** ve **kimyasal yönetim** ekseninde yoğunlaşmaktadır. Siyanür özütleme özelinde, yüzey suyu ve yeraltı suyu sistemlerinin kirlenebileceğine ilişkin endişeler yaygındır (Mudder vd., 2008; Karadeniz, 2009). Teknik düzeyde siyanürün kimyasal davranışı, parçalanma ürünleri, taşınım mekanizmaları ve arıtım seçenekleri gibi konular kontrol edilebilir risk alanları olarak tanımlansa da toplumsal düzeyde risk algısı çoğu zaman “kaza olasılığı” ve “sonuçların geri döndürülemezliği” ile biçimlenmektedir (Renn, 2008).

Benzer biçimde, maden atıklarının depolanması- özellikle **atık barajları**- toplumsal risk algısında kritik bir yer tutmaktadır. Olası sızıntı/kaza senaryolarının içme suyu kaynakları, akarsular, yeraltı suyu rezervleri ve tarım arazileri üzerinde geri dönüşü zor etkiler yaratabileceği korkusu, altın madenciliğine yönelik itirazların en önde gelen gerekçelerindendir (Hilson, 2002). Son yıllarda atıkların yönetimi alanında uluslararası düzeyde “sıfır zarar” hedefini ve şeffaf raporlamayı öne çıkaran yaklaşımlar güçlenmiş; endüstri standartları risk yönetimi, denetim, acil durum hazırlığı ve paydaş bilgilendirmesi gibi boyutları daha açık biçimde düzenleme eğilimine girmiştir (UNEP, 2017). Bu tür çerçeveler, “mühendislik yeterliliği” kadar “kurumsal kapasite ve hesap verebilirlik” sorununu da görünür kılar.

Su tüketimi de çatışmanın bir diğer boyutudur: işletmelerin yüksek su kullanımı, yerel topluluklarda tarım ve içme suyu erişiminin olumsuz etkileneceği kaygısını doğurabilmektedir. Madencilikte su yönetimi havza ölçeğinde su bütçesi yaklaşımı, paydaşlarla su tahsisi süreçleri ve su verimliliği/geri kazanım uygulamalarını kapsamak durumundadır (ICMM, 2015). Türkiye örneğinde bu tartışma, madenin bulunduğu havzanın hidrojeolojik özellikleri ve iklimsel değişkenlik (kurak dönemler) ile birleşerek daha da keskinleşebilmektedir.

Açık ocak madenciliği ise arazi kullanım değişimi, orman alanlarının azalması, bitki örtüsü kayıpları ve **biyo- çeşitlilik kayıpları** gibi etkilerle ilişkilidir. Ayrıca, atık/artık depolama ve topoğrafik değişimler; erozyon, sediman taşınımı ve tarımsal verimlilik kaybı gibi ikincil etkileri tetikleyebilmektedir.

2. Halk sağlığı ve psiko-sosyal etkiler: riskin “yaşanmışlık” boyutu

Madencilğe ilişkin gerilim, çoğu zaman yalnız çevresel göstergeler üzerinden değil; sağlık, yaşam kalitesi ve toplumsal bütünlük üzerinden de yürümektedir. Patlatma titreşimi, toz emisyonu, gürültü, trafik yükü ve olası ağır metal maruziyetleri, halk sağlığı açısından olası risklerdir. Burada kritik nokta, etkilerin sadece ölçülmesi değil; ölçüm sonuçlarının anlaşılır biçimde paylaşılması, belirsizliklerin dürüstçe ifade edilmesi ve şikâyet mekanizmalarının çalışmasıdır (Renn, 2008). Uzayan ihtilaf ortamı, topluluk içinde kutuplaşma ve gerilim gibi toplumsal psikolojiyi olumsuz etkileyen sonuçlar doğurarak toplumsal sermayeyi zayıflatabilir; bu da toplumsal kabulü sürdürülemez hale getiren bir faktördür (Owen & Kemp, 2013).

3. Bilgi asimetrisi ve risk iletişimi: teknik doğruların toplumsal kabule dönüşmemesi

Altın madenciliğinde çatışmanın şiddetlenmesinin önemli nedenlerinden biri, **bilgi asimetrisi** ve **güven açığıdır**. Özellikle siyanür özütleme gibi teknik olarak karmaşık süreçlerde, toplumun “sağlıklı teknik bilgiye” erişememesi; risk algısını artırmakta ve yanlış bilgi dolaşımını hızlandırmaktadır. Bu durum, yalnızca iletişim diliyle çözülemez; çünkü risk iletişimi, güvene dayalı bir ilişki gerektirir. Güven ise şeffaf veri, bağımsız denetim, tutarlı uygulama ve hesap verebilirlik üzerinden inşa edilebilir.

4. Toplumsal kabul: yasal izinlerin ötesinde meşruiyet ve güven

Toplumsal kabul, madencilikte hukuki izinlerin tek başına yeterli olmadığını; faaliyetlerin toplumsal kabul, meşruiyet ve güven temeli üzerinde sürdürülebilir olduğu vurgulanmıştır (Thomson& Boutilier, 2011). Prno ve Slocombe (2012), toplumsal kabulün, statik bir “onay” değil; zaman içinde yeniden üretilen ve kırılabilir olabileceğini belirtmiştir. Bu nedenle toplumsal kabul; erken aşamada paydaş tanımlama, sürekli diyalog, şeffaf raporlama, etkili şikâyet mekanizmaları ve fayda paylaşımı gibi kurumsal pratiklerle desteklenmediğinden zayıflamaktadır.

Türkiye’de altın madenciliği tartışmalarında toplumsal kabul kavramının sektörel düzeyde yeterince içselleştirilemediği; toplumsal kabulün çoğu zaman proje iletişimine indirgenebildiği görülmektedir. İletişimin tek başına yeterli olmadığını; karar süreçlerinde gerçek katılım ve adil sonuçlar üretmeyen iletişimin güven tesis edemeyeceğini anlaşılması gerekmektedir.

5. Çevresel adalet: dağıtım, usul ve tanınma

Altın madenciliğinde itirazların, yalnızca “çevre zarar görür” iddiasıyla sınırlı olmadığı görülmektedir. Kimin fayda sağladığı, kimin bedel ödediği ve kimin karar verdiği sorularını da içermektedir. Çevresel adalet konusundaki çalışmalar (Walker, 2012), bu noktada üç temel kavram ortaya koymuştur:

Dağıtım adaleti: Riskler ve maliyetler yerelde yoğunlaşırken faydalar daha geniş ölçeğe yayılıyorsa adaletsizlik algısı artmaktadır.

Usul adaleti: Karar alma süreçlerine anlamlı katılım, şeffaflık, itiraz hakkı, bilgiye erişim ve etkin denetim meşruiyeti belirleyen unsurlardır.

Tanınma: Yerel toplulukların değerleri, geçim pratikleri ve yaşam biçimlerinin meşru bir “bilgi ve değer kaynağı” olarak görülmesi gerekmekte, aksi hâlde, çatışma derinleşmektedir.

Türkiye’de, yeterliliği tartışmaya açık olmakla beraber; devlet, altın madenciliği faaliyetlerinden gelir temin etmektedir. Şirket, zaten kâr amacıyla, bu faaliyetleri sürdürmektedir. Ancak toplum, bu gelirin geri döndüğüne inanmamaktadır. Üstelik, karar alma süreçlerinde katılım, şeffaflık, bilgiye erişim, etkin denetim beklentileri karşılıklı uzaktır.

6. Mevzuat istikrarsızlığı, ÇED ve yönetim kapasitesi

Türkiye’de madencilik mevzuatının ve madenciliği etkileyen diğer düzenlemelerin sık değişmesi, öngörülebilirlik ve kurumsal istikrar açısından eleştirilmektedir. 3213 sayılı Maden Kanunu’nun çok sayıda değişikliğe uğramış olması (Yıldız, 2015) ve ÇED Yönetmeliği’nin 1993’ten bu yana pek çok kez revize edilmesi (Turan & Güner, 2017), uygulama alanında belirsizlik ve standartlaşma sorunlarına yol açabilmektedir. Bunun yanında, ÇED süreçlerinin katılımcılığı, şeffaflığı, denetim kapasitesi ve yaptırımların caydırıcılığı konularındaki kuşku, toplumsal kabulün tesisini zorlaştıran temel yönetim meseleleridir.

Burada kritik ayrım; sorunun, yalnızca “mevzuat metni” değil, metnin uygulanması meselesidir. Denetim sıklığı, bağımsız izleme, kamuya açık veri altyapısı, kurumlar arası iş birliği ve ihlallerde yaptırım zincirinin işletilmesi, toplumsal güveni doğrudan etkilemektedir (UNEP, 2017).

7. Ruhsatlandırma, kamu yararı ve ölçek: değer çatışması

Madenlerin devletin hüküm ve tasarrufu altında olması ve özel şirketlere belirli sürelerle işletme hakkı verilmesi; ruhsatlandırmayı kamu yararı tartışmasının merkezine taşımaktadır. Ruhsat alanlarının genişliği ve su/orman gibi kamusal değeri yüksek alanlarda ruhsat verilebilmesi, yerel düzeyde “yaşam alanı” ve “ekolojik bütünlük” kaygılarını artırmaktadır. Bu durum, merkezi yönetimin “milli çıkar ve ekonomik kalkınma” söylemi ile yerel toplulukların “yaşam hakkı” söylemi arasında yapısal bir değer çatışması üretmektedir.

8. Kapanış (closure), uzun dönem yükümlülükler ve finansal teminat

Altın madenciliğinde risklerin önemli bir kısmı işletme ömrünün ötesine uzanır. Bu nedenle rehabilitasyon/kapanış planları, kapatma sonrası izleme ve finansal teminat mekanizmaları (rehabilitasyon teminatı, çevresel yükümlülük garantileri vb.) toplumsal güvenin ana unsurlarındandır. Atık yönetimi tartışmaları da “uzun dönem sorumluluk” meselesini özellikle görünür kılmıştır. Toplum açısından temel soru, işletme kapandıktan sonra riskin maliyeti kime kalacağıdır. Bu soruya net, izlenebilir ve yaptırımlı yanıtlar üretilmeden meşruiyet inşası zordur.

Maden kanunu rehabilitasyona ilişkin maddeler içermektedir, fakat yeterliliğinin yanı sıra, izleme ve yaptırımlar bakımından tatmin ediciliği tartışmaya açıktır, çünkü madencilik, altın madenciliğinden ibaret değildir ve olumsuz örnekler mevcuttur.

9. Politik-ekonomik iddialar: gerçek maliyetler, katma değer ve yerel bölünmeler

Son olarak, tartışma politik-ekonomik düzleme taşınmaktadır: Fayda- zarar hesaplarının gerçekçi yapılmadığı; çevresel tahribat, ekosistem hizmetleri kaybı ve uzun dönemli risklerin maliyetlere dâhil edilmediği; katma değer düşük kaldığı ve kârın ülke dışına çıkabildiği iddiaları sürmektedir. Yerel düzeyde ise “yatırıma karşı çıkanlar” ile “iş ve gelir beklentisi olanlar” arasındaki ayrışma, sosyal dokuyu zedeleyebilen bir çatışma dinamiği üretmektedir.

SONUÇ

Dünyada, 1990’lardan itibaren, “kapitalist ekonomik düzen” hâkimdir. Uluslararası siyasi, ekonomik, ticari, hatta kültürel ilişkiler, bu kapsamda sürdürülmektedir. Söz konusu yapının başat oyuncusu, ABD doları gibi görünse bile 2008 krizi, sonrasında ortaya çıkan ekonomik, siyasi gerilimler ve nihayet, COVID- 19 pandemisinin sebep olduğu belirsizlik göstermiştir ki, esasen altındır. Altın, uzay ve bilişim sanayileri için önemli bir metaldir, fakat hiçbir sanayi özelinde “stratejik maden” olarak görülmez. Ancak altın, tek fiziki değişim aracıdır ve ikame edilememektedir. Bu nedenle, ekonomik- politik bakımdan stratejiktir. Uzun yıllardır; üretimi ve fiyatı artmakta, ama üretim miktarı, hâlen, talebi karşılayamamaktadır.

Türkiye, dünya ölçeğinde, kayda değer bir üretici değildir, fakat önemli ithalâtçılardan biridir. O nedenle, Türkiye, mevcut şartlarda hiç altın üretmese, dünya altın üretiminde kayda değer bir düşüş yaşanmaz. Diğer bir ifadeyle, Türkiye’nin altın üretiminin, henüz, dünya ölçeğinde pek önemi bulunmamaktadır. Türkiye, ortalama altın ithalatının yaklaşık %15’lik dilimini üretebilmektedir.

Türkiye’de altın madenciliği, yalnızca teknik ve ekonomik bir faaliyet olarak başlamamıştır. Henüz başında, 1990’ların ilk yarısından itibaren; çevresel riskler, toplumsal rıza, hukuki/kurumsal kapasite ve siyasal meşruiyet tartışmalarının iç içe geçtiği çok bileşenli bir gerilim alanına dönüşmüştür. “Üretim her koşulda sürmeli” yaklaşımı, risk algısını ve toplumsal muhalefeti sertleştirerek kutuplaşmayı derinleştirebilmektedir. Bu nedenle temel mesele “madencilik mi doğa mı?” ikilemi değil; günümüz ekonomik ve siyasi düzeninde üretimin süreceği gerçeği karşısında “**nasıl bir madencilik?**” sorusuna, kamu yararı ekseninde, ölçülebilir ve denetlenebilir bir yanıt verebilmektir.

Aşağıdaki çerçeve, altın madenciliğinin stratejik niteliğini kabul ederken; toplumsal güveni yeniden tesis etmeyi, çevresel-toplumsal riskleri azaltmayı ve yerel kalkınmayı kalıcı kılmayı hedefleyen bütüncül bir politika seti önermektedir.

1. **Altın, stratejik bir madendir.** Parasal sistemlerin dönüşümüne rağmen altın; rezerv varlığı, kriz dönemlerinde güvenli liman işlevi ve finansal dayanıklılık tartışmalarındaki yeri nedeniyle stratejik önem taşır. Ancak bu stratejik önem, faaliyetin doğal meşruiyeti

anlamına gelmez; her proje, **kamu yararı** ve **kabul edilebilir risk** ölçütleriyle ayrıca gerekçelendirilmelidir.

2. **Kamu yararı tanımı somutlaştırılmalıdır.** “Ekonomik katkı” tek başına yeterli ölçüt değildir. Kamu yararı; çevresel risk, su güvenliği, ekosistem bütünlüğü, sağlık etkileri, yerel geçim kaynakları, afet/acil durum kapasitesi ve kuşaklar arası hakkaniyet gibi boyutları içeren ölçülebilir göstergelerle tanımlanmalıdır.
3. **Güven krizi giderilmeden sürdürülebilir üretim mümkün değildir.** Kamunun madencilikteki rolünün zayıfladığı algısı, değerli metal madenciliğinde yaşanan kazalar ve idarenin yatırımcı lehine “taraf” görüldüğü durumlar, toplumda “güven” duygusunu aşındırmaktadır. Öncelik, şeffaflık, hesap verebilirlik ve etkin yaptırım üzerinden **kamusal güvenin yeniden inşası** olmalıdır.
4. **Devlet, madencilğe yalnızca ekonomik faaliyet gözüyle bakmadığını göstermelidir.** Bunu söyleme değil; bağımsız denetim, açık veri, caydırıcı yaptırım ve kamu yararını önceleyen ruhsat/izin kararlarıyla tutarlı biçimde ortaya koymalıdır.
5. **Yerel rıza ve toplumsal kabul** proje başarısının olmazsa olmazıdır. Yatırım projelerinde yöre halkının ve kamuoyunun bilgilendirilmiş onayı/kabulü, projenin toplumsal kabulü açısından hayati bir değişkendir. Bu, yalnızca bir “bilgilendirme toplantısı” değil; seçeneklerin tartışıldığı, kaygıların proje tasarımına yansıdığı **anlamli katılım** mekanizmalarını gerektirir.
6. **ÇED süreçleri şeffaflandırılmalı ve gerçek katılım güvence altına alınmalıdır.** Üniversiteler, meslek odaları, sivil toplum kuruluşları ve bağımsız uzmanların; erken aşamadan itibaren sürece dâhil olduğu, veriye erişebildiği, görüşlerin gerekçeli yanıtlandığı bir ÇED tasarımı benimsenmelidir.
7. **Bilgiye erişim ve açık veri standardı oluşturulmalıdır.** Su izleme verileri, atık barajı güvenlik raporları, bağımsız denetim çıktıları, acil durum planları ve performans göstergeleri- ticari sır kapsamı net ve dar tutularak- düzenli aralıklarla kamuya açık hale getirilmelidir.
8. **Mevzuat, “doğayla uyumlu kalkınma” ilkesini uygulamaya dönük hâle getirmelidir.** Çevresel ve toplumsal risklerin yönetimi; izin koşullarına bağlanan, izleme-raporlama-yaptırım döngüsü olan bir düzenleyici mimari ile güçlendirilmelidir.
9. **Mevzuat değişiklikleri katılımcı süreçle yapılmalıdır.** Yeni düzenlemelerin hazırlanmasında ilgili taraflara, söz hakkının, gerçek anlamda verilmesi hem içerik kalitesini arttıracak hem de meşruiyeti güçlendirecektir. **Denetimlerin göstermelik olmadığı kamuoyuna kanıtlanmalıdır.** Denetim kapasitesi (insan kaynağı, teknik altyapı, bağımsızlık), denetim sıklığı, raporların açıklanması ve yaptırımların caydırıcılığı açık biçimde standartlaştırılmalıdır.
10. **Acil durum hazırlığı ve risk iletişimi güçlendirilmelidir.** Atık yönetimi, su kirliliği riskleri, taşkın/deprem olasılıkları gibi kritik riskler için güncel senaryo çalışmaları, tatbikatlar ve yerel kurumlarla iş birliği mekanizmaları zorunlu hale getirilmelidir.
11. **Yerel katkı, kısa vadeli istihdamla sınırlı kalmamalıdır.** Yerel tedarik zinciri geliştirme, mesleki eğitim, altyapı yatırımları ve yerelde katma değer yaratacak programlar (ör. KOBİ geliştirme, teknik eğitim merkezleri) proje tasarımının parçası olmalıdır.
12. **Fayda paylaşımı mekanizmaları kurumsallaştırılmalıdır.** Yerel düzeyde toplumsal yatırım programlarının ölçülebilir hedeflere bağlandığı, şeffaf ve denetlenebilir bir model; gerilimi azaltacak, uzun vadeli kalkınma etkisini arttıracaktır.

13. **Arazi geri kazanımı ve kapanış planı en baştan tasarlanmalıdır.** Faaliyet sonrası arazi kullanımını, rehabilitasyon hedefleri, takvim, teknik yöntemler ve sorumluluklar; ruhsat/izin aşamasında ciddi bir mühendislik projesi olarak sunulmalı ve toplumla paylaşılmalıdır.
14. **Yeterli mali teminat zorunlu olmalıdır.** Kapanış ve rehabilitasyon için finansal güvence; projenin başlangıcında, risk temelli biçimde hesaplanmalı, güncellenmeli ve bağımsız biçimde doğrulanmalıdır.
15. **Madenin faaliyeti bittikten sonrası için bölgesel ekonomik geçiş planı hazırlanmalıdır.** Maden ömrü sonunda yerel ekonominin sürdürülebilirliği için alternatif sektörler, yeniden beceri kazandırma programları ve yatırım çekme stratejileri daha başlangıçta planlanmalıdır.
16. **Devlet- yatırımcı- yöre insanı arasında kalıcı bir iletişim köprüsü kurulmalıdır.** Düzenli toplantılar, şeffaf gündem, bağımsız kolaylaştırıcılık ve kayıt altına alınan taahhütlerle işleyen bir diyalog platformu; söylenti/gerilim döngüsünü kırmada etkili olacaktır.
17. **Şikâyet/itiraz mekanizması zorunlu olmalıdır.** Yerelde erişilebilir, zamanında yanıt veren, sonuçları raporlanan ve bağımsız denetime açık bir mekanizma; çatışmayı erken aşamada yönetir.
18. **Bağımsız bilimsel/teknik izleme kurulları:** Üniversiteler ve meslek odalarının dahil olduğu, veri toplayan ve düzenli rapor yayımlayan bağımsız izleme yapıları kurulabilir.
19. **Kümülatif etki değerlendirmesi:** Tekil proje yerine havza/ekosistem ölçeğinde, birden fazla faaliyetin toplam etkisini dikkate alan değerlendirmeler yaygınlaştırılmalıdır.
20. **Toplumsal etki değerlendirmesi ve sağlık boyutu:** ÇED'in yanı sıra, toplumsal etki ve halk sağlığı etkilerinin düzenli analiz edildiği çerçeveler güçlendirilmelidir.
21. **Performansa dayalı izin koşulları:** İzinler “tek seferlik” değil; performans göstergelerine bağlı, ihlâlde otomatik yaptırım ve faaliyet durdurmaya kadar giden kademeli bir sistemle yürütülmelidir.

Özetle, “ya madencilik ya doğa” ikilemi yerine, kamu yararını merkezine alan; şeffaf, katılımcı, risk temelli, denetlenebilir ve madencilik sonrası geleceği de planlayan bir yaklaşım gereklidir. Üretimin süreceği bir dünyada yanıtlanması gereken temel soru, Türkiye için kabul edilebilir risk düzeyi nedir ve bu risk düzeyini garanti altına alacak kurumsal düzen nasıl kurulacak, olmalıdır. Bu soruya verilen güvenilir yanıt hem toplumsal meşruiyetin hem de sektörün uzun vadeli sürdürülebilirliğinin temelidir.

REFERANSLAR

- Abraham, C. M. (2014). A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments. *The open dentistry journal*, 8, 50.
- Akçıl, A. (2014). Siyanür yönetilebilir bir kimyasal mı? *Madencilik Türkiye Madencilik ve Yer Bilimleri Dergisi*. 38. 68- 72.
- Aldan, A., Eren, O., Eriş, B., Yazıcı, D., (2025). https://tcmbblog.org/wps/wcm/connect/blog/tr/main+menu/analizler/altin_ithalat_kotasi_ve_tuke_tim_talebi_gostergeleri#:~:text=Ağustos%202023'te%2012%20aylık,milyar%20doların%20altın a%20kadar%20geriledi (Erişim: 22.12.2025).
- Altın Madencileri Derneği. (2025a). <https://altinmadencileri.org.tr/turkiye-altin-uretimi-2/>.(Erişim: 05.08.2025).
- Altın Madencileri Derneği, (2025b). <https://altinmadencileri.org.tr/turkiyenin-altin-ithalati/>.(Erişim: 05.08.2025).
- Altın Madencileri Derneği, (2025c). <https://altinmadencileri.org.tr/dunya-altin-uretimi-2/>.(Erişim: 05.08.2025).
- Anikin, A. V. (1983). *Gold- The Yellow Devil*. International Publishers.
- Arslan, F., ve Acarkan, N. (2000) "Altın ve Gümüş Üretiminde Yenilikler", *Cevher ve Kömür Hazırlamada Yenilikler, Proses-Tesis Tasarımı, Tesis İşletmesi, Denetimi ve Maliyet Kontrolü* kapsamında Mesleki Eğitim Semineri, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, 29-31 Mayıs 2000, İstanbul, 15 sayfa.
- Arslanalp, S., Eichengreen, B., & Simpson-Bell, C. (2023). Gold as international reserves: A barbarous relic no more?. *Journal of International Economics*, 145, 103822.
- Aydal, D. 2000. Altın ve jeolojisi, 82 s., Ankara.
- Aylmore, M. G. (2016). Alternative lixivants to cyanide for leaching gold ores. In *Gold ore processing* (pp. 447-484). Elsevier.
- Bayraktar, İ, (1997). Cevherlerden altın üretim teknolojisi. Türkiye’de altın madenciliği. Ed. Önal, G., Yüce, A. E., Karahan, S., YMGV Yayınları, 2. Baskı, İstanbul.
- Bayraktar, İ. ve Özuslu, T. (1989). Altın aramaları ve ülkemiz açısından önemi”. 11. Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi. TMMOB Maden Mühendisleri Odası. Ankara. P. 466-477.
- Blumen, R. (2013). “What’s really key for the price formation of gold?”.<http://goldswitzerland.com/what-is-key-for-the-price-formation-of-gold/> (Erişim: 24.03.2025).
- Bordo, M. D., & Eichengreen, B. (1998). The rise and fall of a barbarous relic: the role of gold in the international monetary system.
- CBFO, (2022), Katılım Finans Strateji Belgesi- 2022- 2025 Bütüncül Dönüşüm.
- Chryssoulis, S. L., & McMullen, J. (2005). Mineralogical investigation of gold ores. *Developments in mineral processing*, 15, 21-71.
- Cooper, R. N., Dornbusch, R., & Hall, R. E. (1982). The gold standard: historical facts and future prospects. *Brookings papers on economic Activity*, 1982(1), 1-56.
- Corwin, J. (2020). Between toxics and gold: Devaluing informal labor in the global urban mine. *Capitalism Nature Socialism*, 31(4), 106-123.
- Duran, A. E., (2024). <https://www.dw.com/tr/türkiye-altın-ithalatında-neden-ilk-beşte/a-70295447> (Erişim: 22.12.2025).
- Eğilmez, M. (2012). Kapitalizm ve üç büyük krizi. *Kendime Yazılar*, 24.

- Eichengreen, B. (2008). *Globalizing capital: a history of the international monetary system*. Second ed. Princeton University Press. New Jersey.
- Erler, A. ve Oygür, V. (1999). Türkiye altın potansiyelinin tahmini. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı. Ankara. 137-142.
- Evolution Mining, (2023). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://s24.q4cdn.com/382246808/files/doc_earnings/2023/q4/generic/Newmont-Q4-2023-Operating-Statistics_Final.pdf](https://s24.q4cdn.com/382246808/files/doc_earnings/2023/q4/generic/Newmont-Q4-2023-Operating-Statistics_Final.pdf)
- Evolution Mining, (2025). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://evolutionmining.com/wp-content/uploads/2025/11/mt-rawdon-fact-sheet.pdf](https://evolutionmining.com/wp-content/uploads/2025/11/mt-rawdon-fact-sheet.pdf)
- Fleming, CA (1998). Altın endüstrisinde otuz yıllık çalkantılı değişim. *CIM bülteni*, 91 (1025), 55-67.
- Habashi, F. (2009). Gold in the ancient African Kingdoms. *De re metallica (Madrid): revista de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*, (12), 65-69.
- Hilson, G. (2002). Small-scale mining in Africa: Tackling pressing environmental problems with improved strategy. *The Journal of Environment & Development*, 11(2), 149–174.
- İnan, A. ve Yüce, N. (1985). Türkiye Sb, Hg, W ve Au yataklarının özellikleri, ülke olanakları ve MTA'nın Sb, Hg, W ve Au aramalarındaki yeri. MTA Genel Müdürlüğü 50. Yıl Sempozyum Bildirileri. Ankara. 190-199.
- International Council on Mining and Metals. (2015). *A practical guide to catchment-based water management for the mining and metals industry*.
- Kara, H., (2025). <https://www.cumhuriyet.com.tr/ekonomi/prof-dr-hakan-kara-dan-altin-ithalati-analizi-gorundugu-kadar-iyi-olmayabilir-2443554> (14.10.2025).
- Karadeniz, M. (2009). Ağır metaller sorunu ve çözüm önerileri. Altın Politikaları Sempozyumu. TMMOB Maden Mühendisleri Odası. Yayın No: 159. 20- 21 Şubat. 113- 132.
- Karadeniz, M., (2016). Altın- Bir yılan hikâyesi. İstanbul. Cinius yayınları.
- Karadeniz, M. (2017). Türkiye’de madencilik bağlamında çevrecilik hareketleri. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Madencilik Bülteni. Sayı- 122. Temmuz, Ağustos, Eylül 2017. 49- 57 p.
- Kuruç, B., (2009). Uluslararası ekonomik düzen ve altın. Altın Politikaları Sempozyumu. TMMOB Maden Mühendisleri Odası. Yayın No: 159. 20- 21 Şubat.16- 21.
- Larson, L. T. (1989). Geology and gold mineralization in western Turkey, *Mining Engineering*. 1099-1102.
- Le Goff, J., (2019). Orta Çağ Batı Uygarlığı, Çev. Güven, H. ve Güven, U. Doğu Batı Yayınları, 3. Baskı. Ankara.
- Leusch, V., Armbruster, B., Pernicka, E., & Slavčev, V. (2015). On the invention of gold metallurgy: The gold objects from the Varna I cemetery (Bulgaria)—Technological consequence and inventive creativity. *Cambridge Archaeological Journal*, 25(1), 353-376.
- Michaud, D., (2016). What is native gold. <https://www.911metallurgist.com/blog/what-is-native-gold/>
- Mudder, T. I., Botz, M. M., & Akçıl, A. (2008). Siyanür ve toplum: kritik bir inceleme. *Madencilik*, 47(3), 27-42.
- Müezzinoğlu, A. (2003). A review of environmental considerations on gold mining and production.
- Mullen Jr, T. V., & Parrish, I. S. (1998). Short history of man and gold. *Mining Engineering (Colorado)(USA)*, 50(1), 50-56.

- Oramus, D. (2023). Sir Isaac Newton and the Great Re-Coinage of 1696 in Philip Kerr's Dark Matter. *Crossroads. A Journal of English Studies*, (02 (41)), 70-82.
- Orlović-Leko, P., Farkaš, B., & Galić, I. (2022). A short review of environmental and health impacts of gold mining. *Reliability: theory & applications*, 17(SI 4 (70)), 242-248.
- Owen, J. R., & Kemp, D. (2013). Social licence and mining: A critical perspective. *Resources Policy*, 38(1), 29–35.
- Paul, R. (2009). End the fed. Hachette+ ORM.
- Phillips, G. N., & Powell, R. (2015). A practical classification of gold deposits, with a theoretical basis. *Ore Geology Reviews*, 65, 568-573.
- Prno, J., & Slocombe, D. S. (2012). Exploring the origins of “social license to operate” in the mining sector: Perspectives from governance and sustainability theories. *Resources Policy*, 37(3), 346–357.
- Renn, O. (2008). White paper on risk governance: Toward an integrative framework. In *Global risk governance: Concept and practice using the IRGC framework* (pp. 3-73). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Robert, F., Brommecker, R., Bourne, B. T., Dobak, P. J., McEwan, C. J., Rowe, R. R., Zhou, X. (2007). Models and exploration methods for major gold deposit types, ore deposits and exploration technology B. Milkereit (Ed.), *Proceedings of the 5th Decennial International Conference on Mineral Exploration (Exploration '07)*, 48, Ore Deposits and Exploration Technology, pp. 691-711.
- Qian, Y., Ralescu, D. A., & Zhang, B. (2019). The analysis of factors affecting global gold price. *Resources Policy*, 64, 101478.
- Sheaffer, K. N. (2025). Gold. USGS Mineral Commodity Summaries.
- Spiridonov, E., & Yanakieva, D. (2009). Modern mineralogy of gold: overview and new data. *ArcheoSciences. Revue d'archéométrie*, (33), 67-73.
- Spufford, P. (1988). *Money and its use in medieval Europe* (No. 1993). Cambridge University Press.
- Stockman, D. (2013). *The great deformation: The corruption of capitalism in America*. Hachette UK.
- Thomson, I., & Boutilier, R. G. (2011). Social license to operate. In P. Darling (Ed.), *SME mining engineering handbook* (3rd ed., pp. 1779–1796). Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
- Turan, A., & Güner, N. (2017). Türkiye’de çevresel etki değerlendirmesi yönetmeliği değişiklikleri üzerine bir değerlendirme. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(5), 1811–1833.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2016). *Commodities at a glance- Special issue on gold*. No: 6.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2017). *Mine tailings storage: Safety is no accident*. UNEP & GRID-Arendal.
- Uylaş, H. Ö., Toptaş, M. C., (2024). <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-ihracati-2023te-255-milyar-777-milyon-dolar-oldu/3123553> (Erişim: 22.12.2025).
- Walker, G. (2012). *Environmental justice: Concepts, evidence and politics*. Routledge.
- Webb, A. (2021). Gold production over the past & Next 25 years. *LBMA Alchemist Issue* 100.
- Williams- Jones, A. E., Bowell, R. J., & Migdisov, A. A. (2009). Gold in solution. *Elements*, 5(5), 281-287.

World Gold Council. (2023). Gold demand trends: full year 2023. https://www.gold.org/goldhub/research/gold-demand-trends/gold-demand-trends-full-year-2022/central-banks?utm_source=chatgpt.com

World Gold Council. (2025a). <https://www.gold.org/about-gold/about-gold-jewellery> (Erişim: 08.09.2025).

World Gold Council. (2025b). <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-production-by-country>. (Erişim: 05.12.2025).

World Gold Council. (2025c). <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-demand-by-country>. (Erişim: 05.12.2025).

World Gold Council. (2025d). Gold demand trends: full year 2024. <https://www.gold.org/goldhub/research/gold-demand-trends/gold-demand-trends-full-year-2024/central-banks>. (Erişim: 05.12.2025).

World Gold Council. (2025e). “Production costs”. <https://www.gold.org/goldhub/data/aisc-gold> (Erişim: 22.10.2025).

World Gold Council. (2025f). <https://www.gold.org/goldhub/data/how-much-gold>. (Erişim: 05.12.2025).

Yakubovskaya, N. Y., Spiridonov, E. M., Ponomareva, I. A., Gapeyev, A. K., Sokolova, N. F., Mitreykina, O. B., & Devnina, N. N. (1989). 'Magnetic' native gold. In *Transactions (Doklady) of the USSR Academy of Sciences. Earth Science Sections* (Vol. 309, No. 6, pp. 152-155).

Yalçın, Ü., 2013. Anadolu Madenciliği (Mining in Anatolia). III. ODTÜ Arkeometri Çalıştayı, Ankara, 2013, 17-28.

Yalçın, Ü., Ekmen, F.G. & Ekmen, H. 2021. Chalcolithic Age Gold Beads from İnönü Cave, Zonguldak. *Anatolica*, XLVII, 277-296.

Yıldız, N. (2015). *1954'den 2015'e madencilikte yasal düzenlemeler*. Korza Yayıncılık Basım San. ve Tic. A.Ş.

Yüce, A. E. (2021). Altın ve gümüş teknolojisi. Cevher hazırlama el kitabı. Ed. Önal, G., Ateřok, G., Perek, K. T., Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı. İstanbul. 425- 450 p.

Zeng, X., Mathews, J. A., & Li, J. (2018). Urban mining of e-waste is becoming more cost-effective than virgin mining. *Environmental science & technology*, 52(8), 4835-4841.

Zhou, J., & Gu, Y. (2016). Geometallurgical characterization and automated mineralogy of gold ores. In *Gold ore processing* (pp. 95-111). Elsevier.

TMMOB Maden Mühendisleri Odası Altın Madenciliği Değerlendirmesi
Odamızın Altın Teknolojileri Çalışma Grubu
tarafından hazırlanmıştır.

Tüm Hakları Saklıdır ©2026
TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın yazılı izni olmaksızın bu değerlendirme veya bu
değerlendirmenin herhangi bir kısmı yayınlanamaz.

Altın Teknolojileri Çalışma Grubu üyeleri

Başkan
Dr. MEHMET KARADENİZ

Üyeler
Dr. BÜLENT TOKA
Dr. ABDULLAH EKREM YÜCE
HASAN NEJAT UTKUCU
CEM GÖKDAĞ
MEHMET ZAMAN



TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI