

Altın yatakları ile hidrokarbon birikimleri arasındaki ilişki

Adil ÖZDEMİR¹

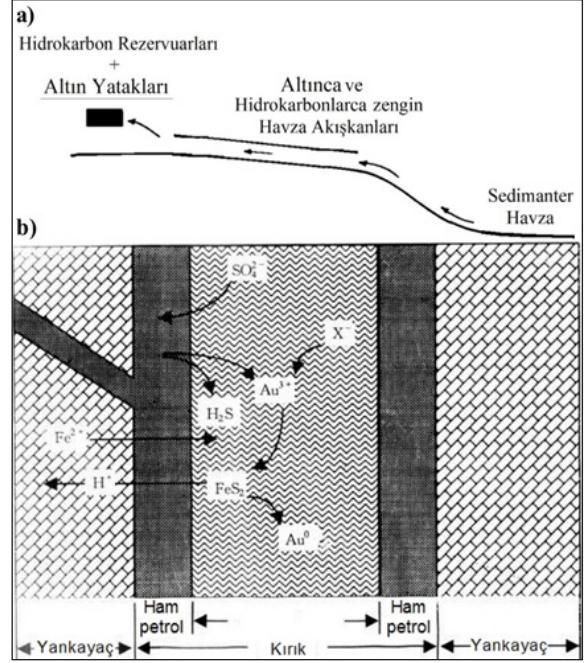
1. Giriş

Sedimanter havzalar, hem metalik maden yatakları hem de fosil enerji kaynakları için değerli depolanma alanları içermektedir. Özdemir ve Palabıyık (2019), işletilebilir boyutta yatak oluşturabilmiş metalik maden yataklarının petrol ve doğalgaz birikimleri için sıg ve güvenilir bir belirteç olduğunu belirtmiş ve metalik maden yatakları ile hidrokarbon birikimleri arasındaki oluşum ve tektonik ilişkileri gösteren yeni bir diyagram sunmuşlardır. Özdemir (2020), kurşun ve çinko yatakları ile hidrokarbon birikimleri arasındaki ilişkiyi göstermiş ve işletilebilir boyuttaki Pb-Zn yataklarının bulunduğu bölgelerin petrol ve doğalgaz aramak için iyi bir referans olarak kullanılabileceğini belirtmiştir. Hem petrol ve doğalgaz kaynak kayalarının hem de ham petrol ve ürünlerinin yüksek miktarda metal içeriğine sahip olduğu bilinmektedir. Altın yatakları ile hidrokarbon birikimleri arasında yakın bir ilişki olduğu birçok çalışmada tespit edilmiştir. Bunlar; Radtke ve Scheiner (1970); Sverjensky (1984); Radtke (1985); Ilchik vd. (1986); Gorzhevskiy (1987); Parnell (1988); Nelson (1990, 1991); Berger ve Bagby (1991); Percy ve Burruss (1993); Gize ve Manning (1993); Hulen (1993); Nicholson (1994); Kuehn ve Rose (1995); Arehart (1996); Robb vd. (1997); Hulen vd. (1998); Zhuang vd. (1999); Hulen ve Collister (1999); Emsbo vd. (1999); Mossman (1999); Parnell ve McCready (2000); Sherlock (2000); Mastalerz vd. (2000); Bao (2001); Bao vd. (2005); Drennan ve Robb (2006); Bao ve Guha (2007); Mossman vd. (2008); Schaefer vd. (2010); Large vd. (2011); Gu vd. (2002, 2012); Gaboury (2013); Stein (2014); Sahoo ve Venkatesh, (2014); Wenzhi vd. (2015); Liu vd. (2015); Hu vd. (2015); Molnár vd. (2016); Robert vd. (2016, 2017); Migdisov vd. (2017); Frimmel (2018); Crede vd. (2019); Wu vd. (2020); Ge vd. (2021); Özdemir vd. (2021a). Bu çalışmada, Altın yatakları ile hidrokarbon birikimleri arasındaki ilişkinin literatürdeki çalışmalar esas alınarak incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Altın Yatakları ile Hidrokarbon Birikimleri Arasındaki İlişki

Aynı sedimanter havzadaki metalik maden yatakları ile hidrokarbon rezervuarlarının, aynı sedimanter havzada oluşan metallerin ve hidrokarbonların aynı akışkan tarafından havzaya birlikte taşınması ve

biriktirilmesi sonucunda oluştuğu rapor edilmiş ve gösterilmiştir (Şekil 1) (Zhuang vd., 1999; Gu vd., 2012; Özdemir ve Palabıyık, 2019).



Şekil 1- a) Sedimanter bir havzada oluşan altınca ve hidrokarbonlarca zengin havza akışkanlarının göçü ile altın yatakları ve hidrokarbon rezervuarlarının oluşumunun şematik gösterimi (Özdemir ve Palabıyık, 2019'dan değiştirilerek), b) bir altın yatağının ana cevherleşme evresinde ham petrol ile etkileşimi ve altının çökmesi (Zhuang vd., 1999).

Gu vd. (2012), hem altın yatakları hem de petrol sahaları içeren Youjiang Havzası'ndaki (Güney Çin) petrol rezervuarları ve sedimanter yankayaçlı altın cevherleşmeleri arasındaki bağlantıları incelemiştir. Çalışmanın sonuçları, Youjiang Havzası'ndaki altın yataklarının ve hidrokarbon rezervuarlarının, altın ve hidrokarbon taşıyan bazik (alkalin) bir akışkan tarafından birlikte taşınması ve biriktirilmesi sonucunda oluştuğunu göstermektedir. Bir rift havzasında, derin su, organik madde ve altınca zengin çamurtaşı, silttaşı ve mikrit, hem altın yatakları hem de paleo-petrol rezervuarları için kaynak olarak kullanılmıştır. Altın ve hidrokarbonlar, diyajenez sırasında gözeneklerden ayrılmış ve akışkanlarla birlikte taşınmıştır. Topoğrafik yükselme ve havzanın sıkışması sonucunda sıklaşan sedimanlardan türeyen altın ve hidrokarbon içeren akışkanlar, akiferler boyunca yatay olarak göç etmiş ve altın cevherleşmesi ile hidrokarbon birikiminin farklı çökme ve kapanılma mekanizmaları ile gerçekleştiği ana ve

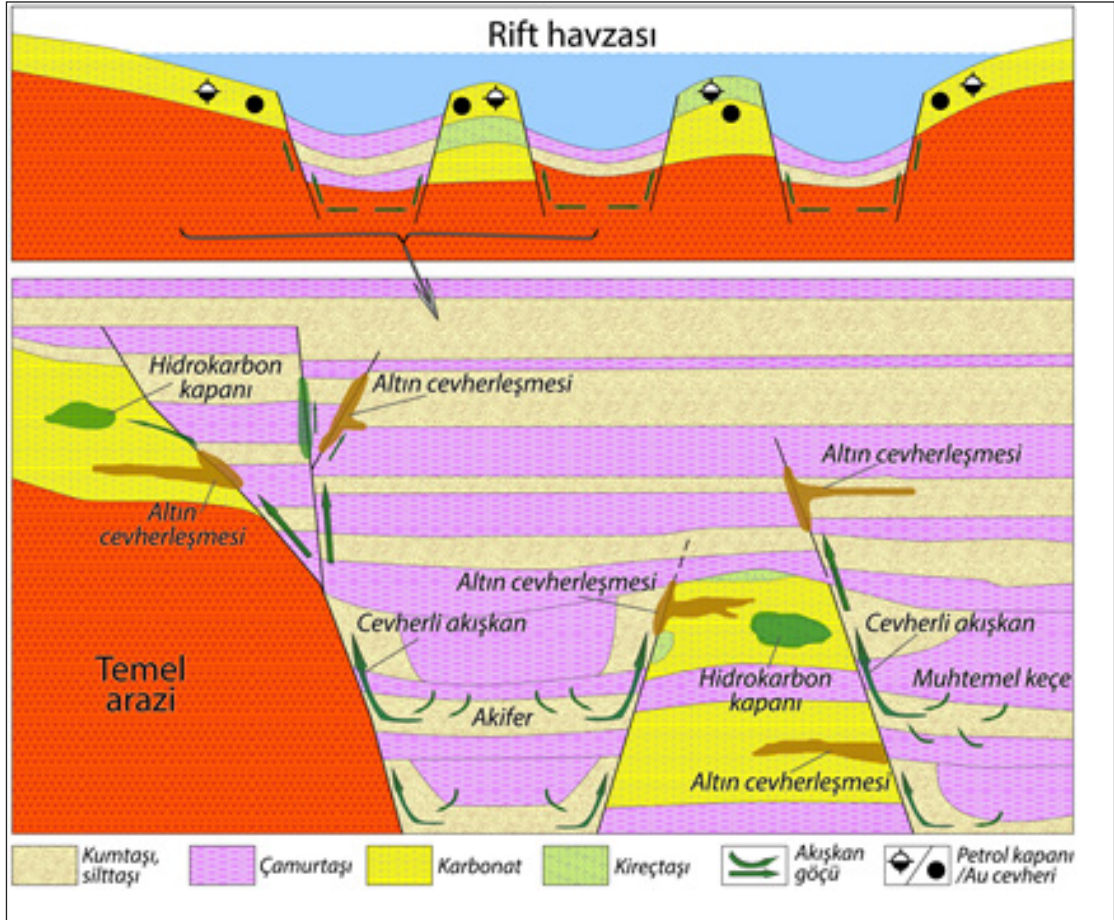
¹Adil Özdemir Danışmanlık, Öveçler Mah Çankaya, Ankara

alt havzadaki faylar boyunca havzanın kenarlarına ve paleo-yükselime dikey olarak yönelmiş ve altın yatakları ve petrol rezervuarlarını oluşturmuştur. Altın; faylar, kırık bölgeleri ve uyumsuzluk yüzeylerinde cevherli akışkanların uygun jeokimyasal bariyerlerle karşılaştığı alanlarda çökmüştür. Hidrokarbonlar ise, stratigrafik, litolojik ve yapısal kapanlarda birikmiştir. Farklı çökme ve kapanlanma mekanizmaları nedeniyle, altın cevherleşmeleri ve hidrokarbon rezervuarlarının çökme ve birikme alanları bir dereceye kadar konumsal olarak farklıdır (Şekil 2). Yanshanian orojenezi, Youjiang Havzası'nın yükselmesine ve kıvrımlanmasına, havzadaki hidrokarbon rezervuarlarının bir kısmının yüzeylenmesine ve tahribatına, yaygın olarak da yüzeyde bitüme dönüşmesine sebep olmuştur (Gu vd., 2012). Cevher ve yan kayaçlardaki organik madde ortak bir kaynağa sahiptir (Şekil 3) (Bao, 2001).

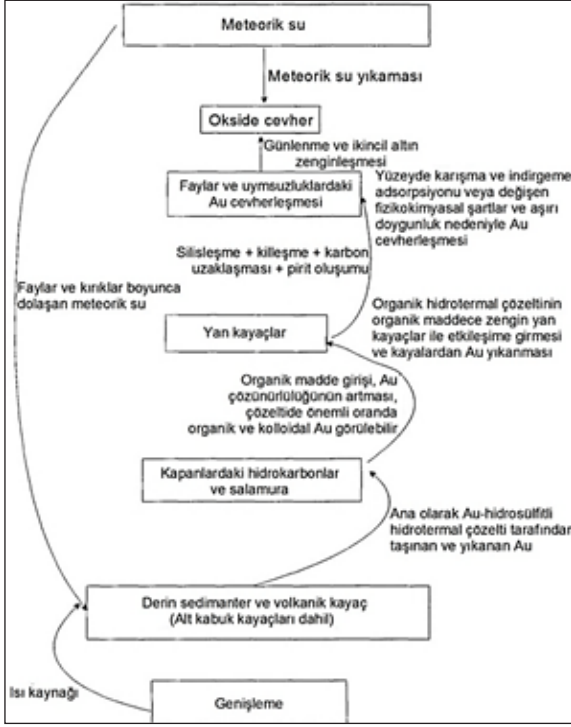
Özdemir vd. (2021a,b), yüzeysel hiçbir hidrokarbon emaresi (kaynak kaya mostrası, petrol veya doğalgaz sızıntısı veya sahası vb.) bulunmayan, fakat işletilebilir boyutta altın yataklarının bulunduğu Türkiye'nin iki farklı bölgesinde yapılan hidrokarbon

arama çalışmalarının sonuçlarını sunmuştur (Şekil 4). Her iki bölgedeki su kaynaklarının, yüzey ve yeraltı suları için izin verilebilir sınır değerlerin çok üzerinde olgun petrol hidrokarbonları içerdiğini belirtmişlerdir.

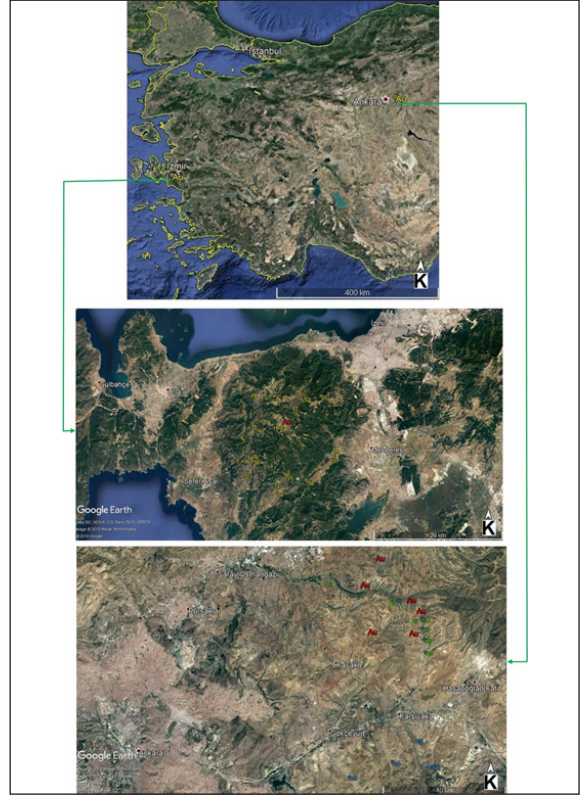
Altın yataklarında, altın cevherleri el numunesi (makroskopik) ve/veya mikroskop ölçeğinde hidrokarbonlarla ilişkilendirilebilmektedir. Hidrokarbonlar; altın yataklarında kerojen, bitüm, katı karbon, hidrokarbon gazı ve dahası, kırıklarda ve sıvı kapanımlarda, önemli miktarlarda serbest petrol vb. gibi farklı biçimlerde ortaya çıkabilmektedir (Şekil 5) (Gize ve Manning, 1993; Zhuang vd., 1999; Hulen ve Collister, 1999; Parnell ve McCready, 2000; Bao, 2001; Bao vd., 2005; Mastalerz vd., 2000; Drennan ve Robb, 2006; Mossman vd., 2008; Sahoo ve Venkatesh, 2014; Liu vd., 2015; Hu vd., 2015; Molnár vd., 2016; Robert vd., 2016; Ge vd., 2021). Parnell ve McCready (2000), birçok altın yatağında hidrokarbonlar ile altın cevherleşmesi arasındaki parajenetik ilişkiyi detaylı olarak incelemiş ve cevherleşme ile hidrokarbonlar/bitüm arasında parajenetik olarak çok yakın bir ilişki olduğunu bildirmiştir (Şekil 6, 7).



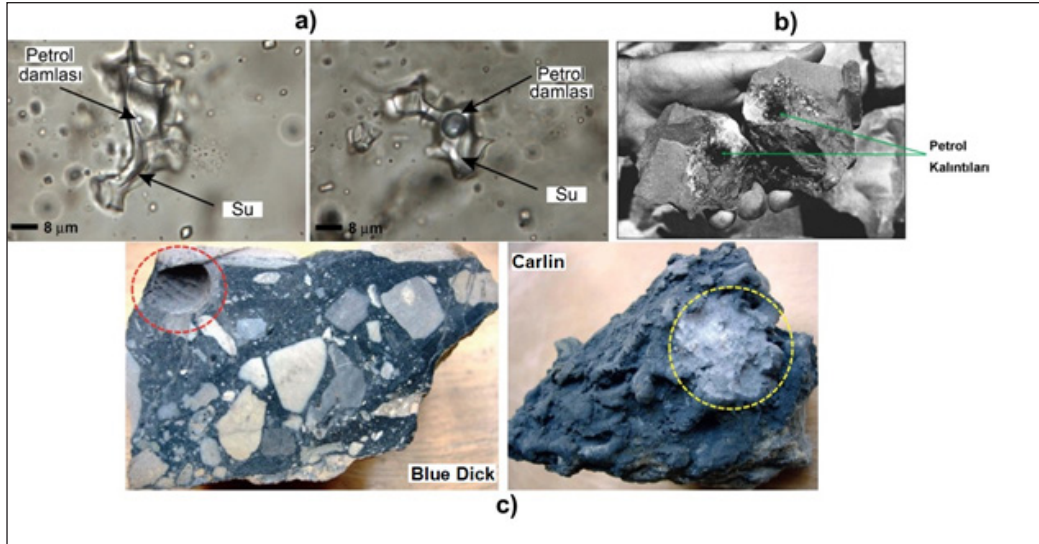
Şekil 2- Bir rift havzasında altın cevherleşmesi ve hidrokarbon birikimleri arasındaki ilişkisi (Gu vd., 2012'den değiştirilerek).



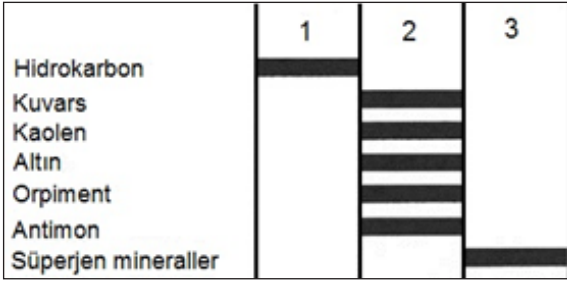
Şekil 3- Güneybatı Guizhou Bölgesi'ndeki (Çin) altın cevherleşmesi ile hidrokarbon kaynağı organik maddece zengin kayalar arasındaki ilişki (Bao, 2001'den değiştirilerek).



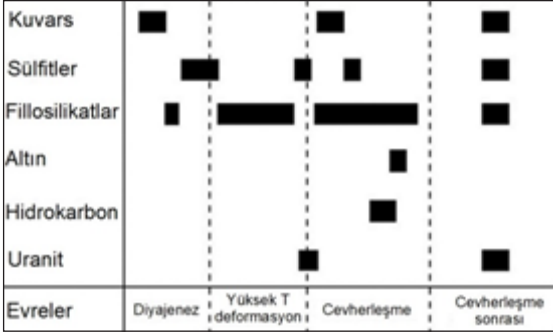
Şekil 4- Seferihisar Yükselimi (İzmir) (Özdemir vd., 2021a) ve Mamak-Hasanoğlan (Ankara) bölgelerinde (Özdemir vd., 2021b) altın cevherleşmesi ile olgun petrol hidrokarbonlarının zengin sular arasındaki ilişki.



Şekil 5- Altın yataklarında mikroskopik ve makroskopik ölçekte görülen hidrokarbonlar. a) Altınlı kuvars damarlarındaki petrol damlacıkları (Mossman vd., 2008), b) altınlı kalsit damarlarındaki petrol kalıntıları (Hulen ve Collister, 1999), c) Carlin tip altın yatağından bitüm içeren iki adet cevher örneği. Blue Dick numunesi, hidrokarbonca zengin matrikse sahip çok bileşenli bir breşir. Kırmızı renkli daire içindeki oyuk yaklaşık 1 cm çapındadır ve hidrokarbonca zengin matriksi göstermektedir. Carlin numunesi, yaklaşık 2 cm çapındaki sarı renkli daire cevher yankayacındaki hidrokarbonca zengin yüzeyi göstermektedir (Stein, 2014).



Şekil 6- British Columbia altın-gümüş yataklarındaki parajenezin özeti (Parnell ve McCready, 2000).



Şekil 7- Witwatersrand Havzası'ndaki (Güney Afrika) mineralizasyonun parajenetik dizisi. Altın cevherleşmesi ile hidrokarbonlar arasındaki ilişki (Schaefer vd., 2010).

3. Altın Yatakları ve Hidrokarbonların Yaşlarının Doğrudan Belirlenmesi ve Birbiri ile İlişkilendirilmesi için Re-Os İzotop Sisteminin Kullanılması

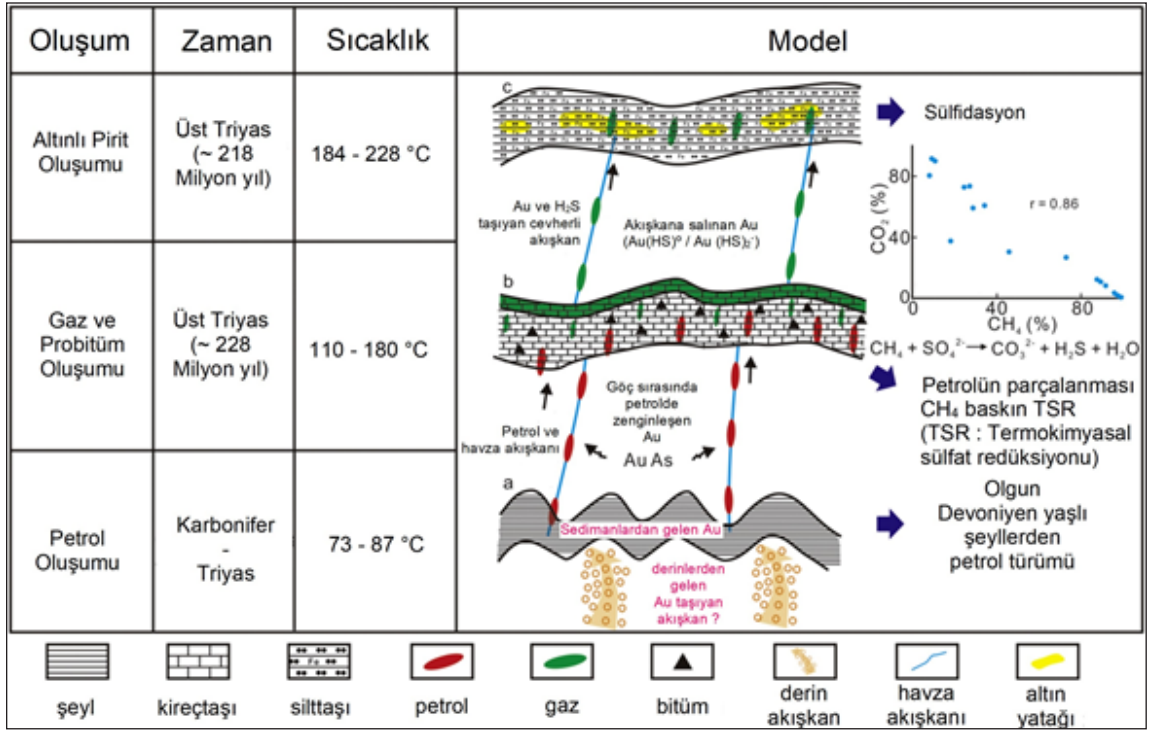
Altın yatakları ile hidrokarbon birikimleri ilişkilendirilirken, kaynak ve yan kayaçlar arasındaki ilişkiyi bilmek önemlidir. Altın yatakları ve hidrokarbonlar, yaşıt veya farklı yaşta olabilirler (Şekil 6, 7). Re-Os izotop sistemi, belirli ölçülerde metamorfizma ve orojenezin (dağ oluşumunun) yapısal ilişkileri bozduğu sahalarda başarıyla kullanılabilir. Bu izotop sistemi, hem metal madenlerin hem de organik maddece zengin kayaçlar ile hidrokarbonların/petrollerin yaşlarının belirlenmesi için kullanılmaktadır (Cohen, 2004; Marques, 2012; Stein ve Hannah, 2014; Özdemir ve Palabıyık, 2020). Re-Os izotopları, birçok çalışmada altın yataklarının yaşlarının belirlenmesinde kullanılmıştır (Stein vd., 1999, 2000; Bao, 2001; Arne vd., 2001; Zachariáš ve Stein, 2001; Mathur, 2003; Kirk, 2004; Mikulski vd., 2005; Gang vd., 2005; McInnes vd., 2008; Mueller vd., 2008; Schaefer vd., 2010; Morelli vd., 2010; Bushmin vd., 2013; Mikulski ve Stein, 2013; Liu vd., 2014; Yakubchuk vd., 2014; Maohong vd., 2015; Li vd., 2018; Wang vd., 2018; Zhai vd., 2019; Ge vd., 2021). Bao (2001), Schaefer vd. (2010) ve Ge

vd. (2021) altın yatakları ve hidrokarbon birikimleri arasındaki ilişkiyi Re-Os izotop sistemini kullanarak incelemişlerdir. Altın cevherleşmesinin hidrokarbon birikimleri ile ilişkili olduğunu ve cevherleşmenin hidrokarbonların oluşumundan sonra gerçekleştiğini belirtmişlerdir (Şekil 3, 7, 8, 9).

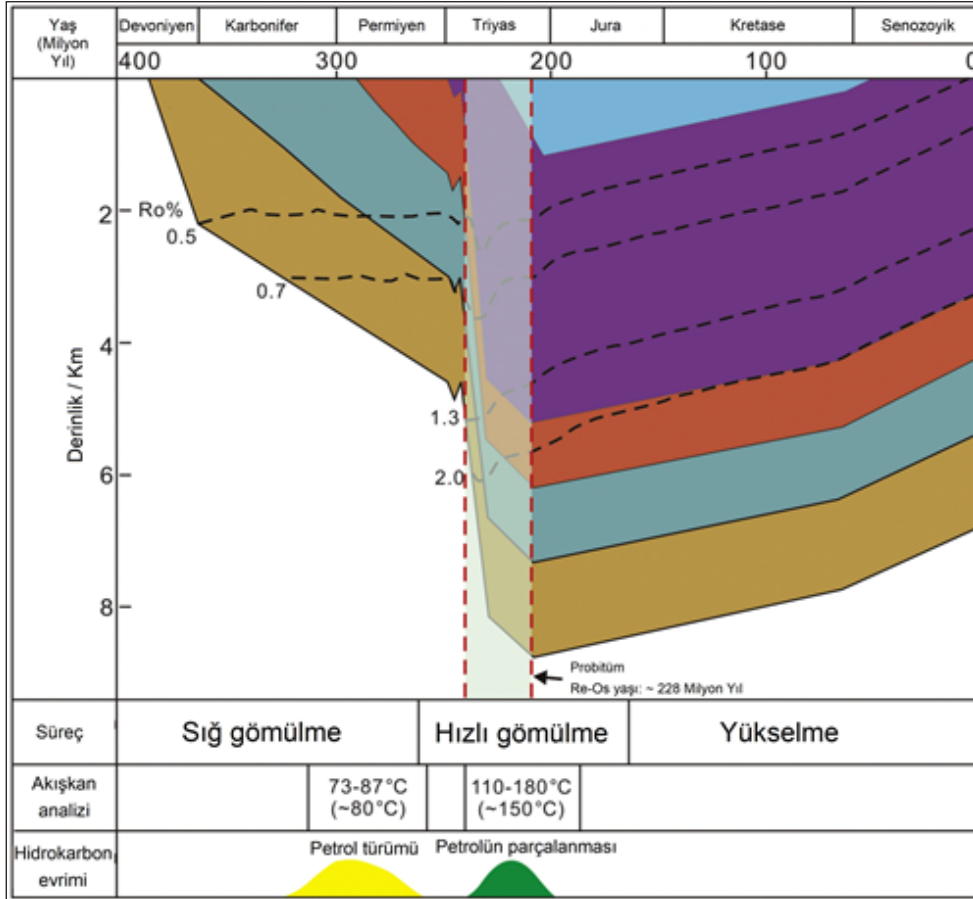
4. Sonuç

Bölgesel ölçekte, hem altın yatakları hem de hidrokarbon rezervuarları veya emareleri genel olarak havzanın aynı tektonik birimleri tarafından sınırlandırılmakta ve benzer yapılar (özellikle bölgesel antiklinal, dom veya paleo-yükselimler) tarafından kontrol edilmektedir. Çalışmanın sonuçları, diyajenez sırasında sediman gözeneklerinden ayrılan altın cevherlerinin ve hidrokarbonların aynı hidrotermal akışkan tarafından birlikte taşınması ve biriktirilmesi sonucunda oluştuğunu, dolayısıyla altın cevherleri ve yan kayaçlardaki organik maddenin ortak bir kaynağa sahip olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifade ile, bir sedimanter havzadaki altın cevherince ve organik maddece (hidrokarbonca) zengin sedimanlar, hem altın yatakları hem de hidrokarbon rezervuarları için bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Topoğrafik yükselme ve havzanın sıkışması sonucunda sıklaşan sedimanlardan türeyen altın ve hidrokarbon içeren akışkanlar, akiferler boyunca göç etmekte; ana ve alt havzadaki faylar boyunca havzanın kenarlarına ve paleo-yükselimlere yönelmektedir. Böylece, farklı çökeltme ve kapanlanma mekanizmaları ile karakterize edilen havzanın farklı alt bölümlerindeki altın yatakları ve hidrokarbon (petrol ve/veya doğalgaz) rezervuarlarını oluşturmaktadırlar. Altın yatakları; faylar, kırık bölgeleri ve uyumsuzluk yüzeyleri ile cevherli akışkanların uygun jeokimyasal bariyerlerle karşılaştığı alanlarda çökeltmektedir. Hidrokarbonlar ise, stratigrafik, litolojik ve yapısal kapanlarda biriktirmektedir.

Çalışmada, altın yatakları ile hidrokarbonların oluşumuna yol açan tektonik ve magmatik süreçlerin oldukça uyumlu olduğu ve oluşumlarının birbiri ile yakın ilişkili olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, aynı havzadaki/bölgedeki altın yatakları ile hidrokarbonlarda yapılacak Re-Os izotop analizlerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, hem altın yataklarının hem de hidrokarbonların jeolojik yaşlarının belirlenebileceği ve birbirleri ile ilişkilendirilebileceği anlaşılmaktadır. Ayrıca, Re-Os izotop analizleri ile hem altın yataklarının hem de hidrokarbonların oluştuğu tektonik ortamlar hakkında da faydalı bilgiler elde edilebilir.



Şekil 8- Re-Os pirobitüm ve pirit jeokronolojisi ile Nanpanjiang Havzasında (Güney Çin) altın cevherleşmesi ile hidrokarbonlar arasındaki kökensel ilişki (Ge vd., 2021).



Şekil 9- Nanpanjiang Havzasında (Güney Çin) modellenen hidrokarbon sistem evrimi (Ge vd., 2021).

Değerlenen Belgeler

- Arehart, G.B. 1996. Characteristics and origin of sediment-hosted gold deposits: a review. *Ore Geology Review*, 11, 383-403
- Arne, D., Bierlein, F., Morgan, J.W., Stein, H.J. 2001. Re-Os dating of sulfides associated with gold mineralization in central Victoria, Australia. *Economic Geology* 96, 1455-1459.
- Bao, Z. 2001. Geochemistry of the Sediment-hosted Disseminated Gold Deposits in Southwestern Guizhou Province, China. PhD Thesis, Université du Québec, 245 p.
- Bao, Z., Zhao Z., Guha, J. 2005. Organic Geochemistry of Sedimentary Rock-hosted Disseminated Gold Deposits in Southwestern Guizhou Province, China. *Acta Geologica Sinica* 79(1), 120-133.
- Bao, Z., Guha, J. 2007. Metallogeny of the Lannigou sedimentary rock-hosted disseminated gold deposit in Southwestern Guizhou Province, China. *Acta Geologica Sinica* 81(1), 121-134.
- Berger, B. R., Bagby, W.E. 1991. The geology and origin of Carlin-type gold deposits. R.P. Foster (Ed.), *Gold Metallogeny and Exploration*, 210-248.
- Bushmin, S.A., Belyatsky, B.V., Krymsky, R.S., Glebovitskii, V.A., Buiko, A.K., Savva, E.V., Sergeev, S.A. 2013. Isochron Re-Os age of gold from Mayskoe gold-quartz vein deposit (Northern Karelia, Baltic Shield). *Doklady Earth Sciences* 448, Part 1, 54-57.
- Cohen, A.S. 2004. The rhenium-osmium isotope system: applications to geochronological and paleoenvironmental problems. *Journal of the Geological Society* 161, 729-734.
- Crede, L.S., Evans, K.A., Rempel, K.U., Brugger, J., Etschmann, B., Bourdet, J., Reith, F. 2019. Revisiting hydrocarbon phase mobilization of Au in the Au-Hg McLaughlin Mine, Geysers/Clear Lake area, California, *Ore Geology Reviews*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103218>
- Drennan, G.R., Robb, L.J. 2006. The nature of hydrocarbons and related fluids in the Witwatersrand Basin, South Africa: Their role in metal redistribution. Reimold, W.U., Gibson, R.L. (Eds.) *Processes on the Early Earth: Geological Society of America Special Paper* 405, 353-385.
- Emsbo, P., Hutchinson, R.W., Hofstra, A.H., Volk, J.A., Bettles, K.H., Baschuk, G.J., Johnson, C.A. 1999. Syngenetic Au on the Carlin trend: implications for Carlin-type deposits. *Geology*, 27, 59-62
- Frimmel, H.E. 2018. Episodic concentration of gold to ore grade through Earth's history. *Earth-Science Reviews*, doi:10.1016/j.earscirev.2018.03.011
- Gaboury, D. 2013. Does gold in orogenic deposits come from pyrite in deeply buried carbon-rich sediments?: Insight from volatiles in fluid inclusions. *Geology* 41, 1207-1210.
- Gang, Y., Jiangfeng, C., Wenjun, Q., Andao, D., Wei, H. 2005. Re-Os dating of gold-bearing arsenopyrite of the Maoling gold deposit, Liaoning Province, Northeast China and its geological significance. *Chinese Science Bulletin* 50(14), 1509-1514.
- Ge, X., Selby, D., Liu, J., Chen, Y., Cheng, G., Shen, C. 2021. Genetic relationship between hydrocarbon system evolution and Carlin-type gold mineralization: Insights from Re-Os pyrobitumen and pyrite geochronology in the Nanpanjiang Basin, South China. *Chemical Geology*, <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2020.119953>
- Gize, A.P., Manning, D.A.C. 1993. Aspects of the organic geochemistry and petrology of metalliferous ores. M.H. Engel, S.A. Macko (Eds), *Organic Geochemistry: Principles and Applications*, 565-580.
- Gorzhevskiy, D.I. 1987. On the role of organic matter in ore formation. *International Geology Review* 29(2), 207-217.
- Gu, X.X., Liu, J.M., Schulz, O., Vavtar, F., Zheng, M.H. 2002. Syngenetic origin for the sediment-hosted disseminated gold deposits in NW Sichuan, China: ore fabric evidence. *Ore Geology Review* 22, 91-116.
- Gu, X.X., Zhang, Y.M., Li, B.H., Dong, S.Y., Xue, C.J., Fu, S.H. 2012. Hydrocarbon- and ore-bearing basinal fluids: a possible link between gold mineralization and hydrocarbon accumulation in the Youjiang basin, South China. *Miner Deposita* 47, 663-682.
- Hu, S., Evans, K., Craw, D., Rempel, K., Bourdet, J., Dick, J., Gric, K. 2015. Raman characterization of carbonaceous material in the Macraes orogenic gold deposit and metasedimentary host rocks, New Zealand. *Ore Geology Reviews* 70, 80-95.
- Hulen, J.B. 1993. Assessing the role of ancient and active geothermal systems in oil-reservoir evolution in the Eastern Basin and Range Province, Western USA. Office of Basic Energy Sciences, Division of Engineering and Geosciences, U.S. Department of Energy, 21 p.
- Hulen, J.B., Collister, J.W. 1999. The oil-bearing, Carlin-type gold deposits of the Yankee basin, Alligator Ridge district, Nevada. *Economic Geology* 94, 1029-1049.
- Hulen, J.B., Collister, J.W., Stout, B., Curtiss, D.K., Dahdah, N.F. 1998. The exhumed "Carlin-type" fossil oil reservoir at Yankee Basin. *JOM* 50, 30-34. <https://doi.org/10.1007/s11837-998-0303-9>
- Ilchik, R.P., Brimhall, G.H., Schull, H.W. 1986. Hydrothermal maturation of organic matter at the Alligator Ridge gold deposits, Nevada. *Economic Geology* 81, 113-130.

- Kirk, J.D. 2004. Rhenium-Osmium Systematics of Orogenic Gold Deposits through Geologic Time. PhD Thesis, The University of Arizona, 105 p.
- Kuehn, C.A., Rose, A.W. 1995. Carlin gold deposits, Nevada: Origin in a deep zone of mixing between normally pressured and overpressured fluids. *Economic Geology* 90, 17-36.
- Large, R.R., Bull, S.W., Maslennikov, V.V. 2011. A carbonaceous sedimentary source-rock model for carlin-type and orogenic gold deposits. *Economic Geology* 106, 331-358.
- Li, S-D., Wang, Z-G, Wang, K-Y., Cai, W-Y., Peng, D-W., Xiao, L., Li, J. 2018. Re-Os pyrite geochronological evidence of three mineralization styles within the Jinchang gold deposit, Yanji-Dongning Metallogenic Belt, Northeast China. *Minerals* 8, 448, doi:10.3390/min8100448.
- Liu, Y., Santosh, M., Li, S-R., Guo, P. 2014. Stable isotope geochemistry and Re-Os ages of the Yanan gold deposit, Shandong Province, northeastern China. *International Geology Review* 56(6), 695-710.
- Liu, J., Dai, H., Zhai, D., Wang, J., Wang, Y., Yang, L., Mao, G., Liu, X., Liao, Y., Yu, C., Li, Q. 2015. Geological and geochemical characteristics and formation mechanisms of the Zhaishang Carlin-like type gold deposit, western Qinling Mountains, China. *Ore Geology Reviews* 64, 273-298.
- Maohong, C., Jingwen, M., Chao, L., Zhiqiang, Z., Yuan, D. 2015. Re-Os isochron ages for arsenopyrite from Carlin-like gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi "Golden Triangle", southwestern China. *Ore Geology Reviews* 64, 316-327.
- Marques, J.C. 2012. Overview on the Re-Os isotopic method and its application on ore deposits and organic-rich rocks. *Geochimica Brasiliensis* 26(1), 49-66.
- Mastalerz, M., Bustin, R.M., Sinclair, A.J., Stankiewicz, B.A., Thomson, M.L. 2000. Implications of hydrocarbons in gold-bearing epithermal systems: Selected examples from the Canadian Cordillera. M. Glikson, M. Mastalerz (Eds.) *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 378-399.
- Mathur, R., Ruiz, J., Herb, P., Hahn, L., Burgath, K-P. 2003. Re-Os isotopes applied to the epithermal gold deposits near Bucaramanga, northeastern Colombia. *Journal of South American Earth Sciences* 15, 815-821.
- McInnes, B.I.A., Keays, R.R., Lambert, D.D., Hellstrom, J., Allwood, J.S. 2008. Re-Os geochronology and isotope systematics of the Tanami, Tennant Creek and Olympic Dam Cu-Au deposits. *Australian Journal of Earth Sciences* 55, 967-981.
- Migdisov, A.A., Guo, X., Xu, H., Williams-Jones, A.E., Sun, C.J., Vasyukova, O., Sugiyama, I., Fuchs, S., Pearce, K., Roback, R. 2017. Hydrocarbons as ore fluids. *Geochemical Perspective Letters* 5, 47-52
- Mikulski, S.Z., Stein, H.J. 2013. Re-Os ages for sulphides from the (gold)-polymetallic deposits in the eastern metamorphic cover of the Karkonosze massif (SW Poland). 12th SGA Biennial Meeting 2013, Proceedings Volume, v. 1, 217-220.
- Mikulski, S.Z., Markey, R.J., Stein, H.J. 2005. Re-Os ages for auriferous sulfides from the gold deposits in the Kaczawa Mountains (SW Poland). Mao, J., Bierlein, F.P. (Eds), *Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge*, Springer, Berlin, 793-796.
- Molnár, F., Oduro, H., Cook, N.D.J., Pohjolainen, E., Takács, A., O'Brien, H., Pakkanen, L., Johanson, B., Wirth, R. 2016. Association of gold with uraninite and pyrobitumen in the metavolcanic rock hosted hydrothermal Au-U mineralisation at Rompas, Peräpohja Schist Belt, northern Finland. *Miner Deposita* 51, 681-702.
- Morelli, R.M., Bell, C.C., Creaser, R.A., Simonetti, A. 2010. Constraints on the genesis of gold mineralization at the Homestake gold deposit, Black Hills, South Dakota from rhenium-osmium sulfide geochronology. *Miner Deposita* 45, 461-480.
- Mossman, D.J. 1999. Carbonaceous substances in mineral deposits: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 66, 241-247.
- Mossman, D.J., Minter, W.E.L., Dutkiewicz, A., Hallbauer, D.K., George, S.C., Hennigh, Q., Reimer, T.O., Horscroft, F.D. 2008. The indigenous origin of Witwatersrand "carbon". *Precambrian Research* 164, 173-186.
- Mueller, A.G., Hall, G.C., Nemchin, A.A., Stein, H.J., Creaser, R.A., Mason, D.R. 2008. Archean high-Mg monzodiorite-syenite, epidote skarn, and biotite-sericite gold lodes in the Granny Smith-Wallaby district, Australia: U-Pb and Re-Os chronometry of two intrusion-related hydrothermal systems. *Miner Deposita* 43, 337-362.
- Nelson, C.E. 1990. Comparative geochemistry of jasperoids from Carlin-type gold deposits of the western United States. *Journal of Geochemical Exploration* 36, 171-195.
- Nelson, C.E. 1991. Metalliferous marine black shales and fossil petroleum reservoirs - source rock and host environment for Carlin-type gold deposits. *Geology and Ore Deposits of the Great Basin - Symposium Proceedings*, Geological Society of Nevada, 249-254.
- Nicholson, K. 1994. Fluid chemistry and hydrological regimes in geothermal systems: a possible link between gold-depositing and hydrocarbon-bearing aqueous systems. Parnell, J. (Ed.), *Geofluids: Origin, Migration and Evolution of Fluids in Sedimentary Basins*. Geological Society Special Publication 78, 221-232.
- Özdemir, A. 2020. Kurşun ve çinko yataklarının hidrokarbon aramacılığındaki rolü. *Caucasian Journal of Science* 7 (1), 56-71.

- Özdemir, A., Palabıyık, Y. 2019. A shallow and reliable indicator for deep oil and gas accumulations in the subsurface: Metallic ore deposits. IV. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi - Mühendislik Bilimleri (BILMES EN), 07 - 10 Kasım 2019, Ankara, 40-57.
- Özdemir, A., Palabıyık, A. 2020. Organik Maddece Zengin Kayaların ve Hidrokarbonların/Petrollerin Yaşlarının Doğrudan, Oluşum, Göç ve Birikme Koşullarının Belirlenmesi için Kullanılan İki Yeni İzotop Sistemi: Re-Os ve İyot-129 İzotopları. Doğru, M.S. (Editör), Bilimin Doğası Üzerine Bir İnceleme, İksad Yayınevi, 85-137.
- Özdemir, A., Karataş, A., Palabıyık, Y., Şahinoğlu, A. 2021a. Efemçukuru altın yatağının bulunduğu Seferihisar Yükselimi'nin (İzmir) petrol ve doğalgaz potansiyelinin suda toplam petrol hidrokarbonları (TPH) analizi ve gravite-manyetik verilerle incelenmesi. ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi (baskıda)
- Özdemir, A., İbrahim K., Şahinoğlu, A. 2021b. Metamorfik kayalarla ilişkili Altındağ (Ankara) orojenik altın cevherleşmesinin jeolojik ve jeokimyasal incelemesi: İlk bulgular. 2. Maden Mühendisliği Sempozyumu, Trabzon (kabul edildi)
- Parnell, J. 1988. Metal enrichments in solid bitumens. *Miner Deposita*, 23, 191-199
- Parnell, J., McCready, A. 2000. Paragenesis of gold- and hydrocarbon-bearing fluids in gold deposits. M. Glikson, M. Mastalerz (Eds.), *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 38-52.
- Pearcy, E.C., Burruss, R.C. 1993. Hydrocarbons and gold mineralization in the hot-spring deposit at Cherry Hill, California. J. Parnell, H. Kucha, P. Landais (Eds.), *Bitumens in Ore Deposits*, 117-137.
- Radtke, A.S. 1985. Geology of the Carlin gold deposit, Nevada. US Geological Survey Professional Paper 1267, 124 p.
- Radtke, A.S., Scheiner, B.J. 1970. Studies of hydrothermal gold deposition (I). Carlin gold deposit, Nevada: The role of carbonaceous materials in gold deposition. *Economic Geology* 65, 87-102.
- Robb, L.J., Charlesworth, E.G., Drennan, G.R., Gibson, R.L., Tongu, E.L. 1997. Tectono-metamorphic setting and paragenetic sequence of Au-U mineralisation in the Archaean Witwatersrand Basin, South Africa. *Australian Journal of Earth Sciences* 44(3), 353-371.
- Robert, A.M., Grotheer, H., Greenwood, P.F., McCuaig, T.C., Bourdet, J., Grice, K. 2016. The hydrolysis (HyPy) release of hydrocarbon products from a high maturity kerogen associated with an orogenic Au deposit and their relationship to the mineral matrix. *Chemical Geology* 425, 127-144.
- Robert, A.M., Grotheer, H., Bourdet, J., Suvorova, A., Grice, K., McCuaig, T.C., Greenwood, P.F. 2017. Evidence and origin of different types of sedimentary organic matter from a Paleoproterozoic orogenic Au deposit. *Precambrian Research* 299, 319-338.
- Sahoo, .R., Venkatesh, A.S. 2014. 'Indicator' carbonaceous phyllite/graphitic schist in the Archean Kundarkocha gold deposit, Singhbhum orogenic belt, eastern India: Implications for gold mineralization vis-a-vis organic matter. *Journal of Earth System Science* 123(7), 1693-1703.
- Schaefer, B.F., Pearson, D.G., Rogers, N.W., Barnicoat, A.C. 2010. Re-Os isotope and PGE constraints on the timing and origin of gold mineralisation in the Witwatersrand Basin. *Chemical Geology* 276, 88-94.
- Sherlock, R. 2000. The association of gold-mercury mineralization and hydrocarbons in the coastal ranges of northern California. M. Glikson, M. Mastalerz (Eds.) *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 378-399.
- Stein H.J. 2014. Dating and Tracing the History of Ore Formation. Holland H.D., Turekian K.K. (Eds.), *Treatise on Geochemistry, Second Edition, Vol. 13*, 87-118.
- Stein, H.J., Hannah, J. 2014. Rhenium-Osmium Geochronology: Sulfides, Shales, Oils, and Mantle. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. 1-25, DOI 10.1007/978-94-007-6326-5_36-1
- Stein, H.J., Morgan, J.W., Markey, R.J., Hannah, J.L. 1999. Re-Os dating of Au deposits in Precambrian terranes. Cook, N.J., Sundblad, K. (Eds.), *Precambrian Gold in the Fennoscandian and Ukrainian Shields and Related Areas: Au⁹⁹ Trondheim, Norway*, 144-147.
- Stein, H.J., Morgan, J.W., Scherstén, A. 2000. Re-Os dating of low-level highly-radiogenic (LLHR) sulfides: the Harnäs gold deposit, southwest Sweden records continental scale tectonic events. *Economic Geology* 95(8), 1657-1671.
- Sverjensky, D.A. 1984. Oil field brines as ore-forming solution. *Economical Geology* 17, 23-37.
- Wang, J., Wen, H., Li, C., Zhang, J., Ding, W. 2018. Age and metal source of orogenic gold deposits in Southeast Guizhou Province, China: Constraints from Re-Os and He-Ar isotopic evidence. *Geoscience Frontiers* <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.05.012>
- Wenzhi, Z., Suyun, H., Wei, L., Tongshan, W., Hua, J. 2015. The multi-staged "golden zones" of hydrocarbon exploration in superimposed petroliferous basins of onshore China and its significance. *Petroleum Exploration and Development* 42(1), 1-13.
- Wu, Y., Evans, K., Fisher, L.A., Zhou, M., Hu, S., Fougereuse, D., Large, R.R., Li, J. 2020. Distribution of trace elements between carbonaceous matter and

- sulfides in a sediment-hosted orogenic gold system. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 276, 345-362.
- Yakubchuk, A., Stein, H.J, Wilde, A. 2014. Results of pilot Re-Os dating of sulfides from the Sukhoi Log and Olympiada orogenic gold deposits, Russia. *Ore Geology Reviews* 59, 21-28.
- Zachariáš, J., Stein, H.J. 2001. Re-Os ages of Variscan hydrothermal gold mineralizations, Central Bohemian metallogenetic zone, Czech Republic. Piestrzyński et al. (Eds), *Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century*, Swets & Zeitlinger Publishers Lisse, 851-854.
- Zhai, D., Williams-Jones, A.E., Liu, J., Selby, D., Li, C., Huang, X., Qi, L., Guo, D. 2019. Evaluating the use of the molybdenite Re-Os chronometer in dating gold mineralization: Evidence from the Haigou deposit, Northeastern China. *Economic Geology* 114(5), 897-915.
- Zhuang, H.P., Lu, J.L., Fu, J.M., Ren, C.G., Zou, D.G. 1999. Crude oil as carrier of gold: petrological and geochemical evidence from the Lannigou gold deposit in southwestern Guizhou, China. *Science China D: Earth Sciences* 42, 216-224.