

HAMMADDE KAYNAKLARI

Tabiatta bulunan metal, enerji ve her türlü endüstriyel maddenin elde edildiği mineral esaslı inorganik ve hücresele dokuya sahip bitkisel ve hayvansal esaslı işlenmemiş maddelere doğal hammaddeler denilmektedir.

Metaller, birincil kaynak olarak adlandırılan doğada buldukları kaynaklardan ve ikincil kaynak olarak adlandırılan hurda gibi işlenmiş kaynaklardan üretilmektedir.

Birincil metal üretimleri kimyasal metalurji işlemlerinin çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Birincil veya ikincil kaynakların kullanılarak üretilen metallerin kaliteleri arasında bir ayırım yoktur.

Ayrıca metallerin birincil veya ikincil kaynaklar kullanılarak üretilmiş olduğunu göstermek için herhangi bir test veya analiz de bulunmamaktadır.

Son ürünlerin kalitesini birincil veya ikincil kaynakların kullanılması belirlemez (C.K. Gupta).

Nabit (nativ) metaller: Au, Ag, Pt, Hg, Sb ve Cu gibi bazı metaller doğada saf halde bulunabilir.

Mineral: Belli bir kimyasal bileşime ve kristal yapısına sahip, doğal olarak bulunabilen homojen inorganik maddelere Mineral denir.

Cevher (ore): Ekonomik olarak işletilerek belli bir malzemenin elde edildiği kaynağı oluşturan minerale Cevher denir. Cevherlerin “minimum işletilebilir tenöre (cutoff grade) sahip olması gerekir.

Kayaç: (gang-artık minerali) ekonomik olarak bir değer taşımayan tüm mineraller kayaç veya gang –artık minerali olarak isimlendirilir.

Cevher yatağı (ore body): cevherlerin bir arada toplandığı bölgelere cevher veya maden yatağı denir. Ekonomik olarak işlenebilmesi bakımından mineral yatağı-zuhurundan farklıdır.

Tenör (grade): Bir cevher içindeki minerallerin veya metalin ağırlık oranları yüzdesine denir.

Rezerv: “*Maden/Mineral rezervi*”, mineral kaynağının ekonomik olabilecek kısmıdır.

Ekonomik, teknik ve yasal olarak üretilebilen maden rezervi “*üretilebilir rezerv*” olarak tanımlanır. Maden endüstrisinde mineral veya maden rezervi, cevher rezervi ve üretilebilir veya işletilebilir rezerv gibi farklı terimler kullanılmaktadır. Bir maden yatağının ekonomik değerlendirilmesi, verilen ekonomik ve teknik faktörler altında üretilebilir kaynağın kalite ve miktarına göre yapılır. Üretilebilir kaynağın kalitesi ve miktarı da maden rezervi veya üretilebilir rezerv olarak tanımlanır.

Akım şeması (flow-sheet): cevherlerin işlenmesinde uygulanan temel işlem ve süreçlerin, özgün işlemlerin sıralamasının şematik olarak gösterimidir. Gerektiğinde, süreç içinde yer alan malzemenin fiziksel şekilleri ve kimyasal bileşimleri gibi temel süreçlerin daha fazla ayrıntıları,

süreç hızları veya kullanılan donanımların tipleri bu diyagramlarda gösterilebilir. Başka bir ifade ile üretim boyunca uygulanan aşamaların diyagram halinde gösterimidir.

Temel işlemler (unit operations): bir aşamanın fiziksel özellikleri belirtilmektedir. Kırma, eleme ve taşıma (nakliye) tipik temel işlemlerdir.

Temel süreçler (unit processes): belli kimyasal reaksiyonlarla tanımlanan işlemler demektir. Kavurma ve indirgeme, çözündürme gibi işlemler temel süreçlere örnek oluşturur.

Maden yatağı: Cevherlerin yer kabuğunda bir araya toplandığı bölgelere “cevher veya maden” yatağı denir. Ekonomik olarak işlenebilmesi bakımından mineral yatağı veya maden zuhurundan farklıdır.

Rezerv: “Maden/Mineral rezervi”, mineral kaynağının ekonomik olabilecek kısmıdır.

Ekonomik, teknik ve yasal olarak üretilebilen maden rezervi “üretilebilir rezerv” olarak tanımlanır. Maden endüstrisinde mineral veya maden rezervi, cevher rezervi ve üretilebilir veya işletilebilir rezerv gibi farklı terimler kullanılmaktadır.

Bir maden yatağının ekonomik değerlendirilmesi, verilen ekonomik ve teknik faktörler altında üretilebilir kaynağın kalite ve miktarına göre yapılır. Üretilebilir kaynağın kalitesi ve miktarı da maden rezervi veya üretilebilir rezerv olarak tanımlanır.

Tablo 1. Elementlerin yer kabuğundaki dağılımı (parantez içindeki değerler ağırlık yüzdesidir.)

Ağırlık aralığı	Elementler
% 10'dan fazla	O (46,6); Si (27,7)
% 1 – 10	Al (8,1); Fe (5,0); Ca (3,6); K (2,6); Na (2,8); Mg (2,1)
% 0,1 – 1,0	C; H; Mn; P; Ti
% 0,01 – 0,10	Ba; Cl; Cr; F; Rb; S; Sr; V; Zr
% 0,001 – 0,010	Cu; Ce; Co; Ga; La; Li; Nb; Ni; Pb; Sn; Th; Zn; Yt
1 – 10 ppm	As; B; Br; Cs; Ge; Hf; Mo; Sb; Ta; U; W; ve RE elementlerinin birçoğu
0,1 – 1,0 ppm	Bi; Cd; I; In; Tl
0,01 – 0,10 ppm	Ag; Pd; Se
0,001 – 0,010 ppm	Au; Ir; Os; Pt; Re; Rh; Ru

Tablo 2. Minerallerin Sınıflandırılması

Seri No	Sınıf	Örnek
1.	Nabit (element, metal)	Au, Ag, Cu, As, Sb, Bi, S
2.	Sülfürlü cevher	Galen (Galena-PbS), Sfalerit (Sphalerite-ZnS), zincifre (Cinnabar-HgS), pirotin (pyrrhotite-FeS), kalkopirit (chalcopyrite-CuFeS ₂)
3.	Halojenürlü cevher	Halit (halite-NaCl), silvit (sylvite-KCl), florit (fluorite-CaF ₂)
4.	Oksitli ve hidroksitli cevher	Kuprit (cuprite-Cu ₂ O), uranit (uraninite-UO ₂), badeleyit (baddeleyite-ZrO ₂), korundum (corundum-Al ₂ O ₃), hematit (hematite-Fe ₂ O ₃), rutil (rutile-TiO ₂), kasiterit (cassiterite-SnO ₂), brusit (brucite-Mg(OH) ₂), diyaspor (diaspore-Al(OH) ₃), götit (goethite-FeO(OH)), limonit (limonite-FeO(OH).H ₂ O)
5.	Silikatlı cevher	Zirkon (zircon-ZrSiO ₄), beril (beryl-Be ₃ Al ₂ (SiO ₃) ₂), torit (thorite-(Th,U)SiO ₄), topaz (topaz-Al ₂ SiO ₄ (F,OH) ₂), silimanit (sillimanite-Al ₂ SiO ₅)
6.	Boratlı cevher	Kolemanit (colemanite-Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5(H ₂ O)), boraks (borax-Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O)
7.	Karbonatlı cevher	Siderit (siderite-FeCO ₃), manyezit (magnesite-MgCO ₃), dolomit (dolomite-CaMg(CO ₃) ₂), smitsonit (smithsonite-ZnCO ₃)
8.	Nitritli cevher	Sodyum nitrat (soda-niter-NaNO ₃)
9.	Fosfatlı cevher	Monazit (monazite-(RE)PO ₄), ksenotim (xenotime-YPO ₄)
10.	Sülfatlı cevher	Barit (barite-BaSO ₄), anglesit (anglesite-PbSO ₄), yarosit (jarosite-KFe ₃ (OH) ₆ (SO ₄) ₂), cips (gypsum-CaSO ₄ .2H ₂ O)

11. Molibdat ve Tungstatlı Şelit (scheelite-CaWO₄), povelit (powellite-CaMoO₄),
cevher vulfenit (wulfenite-PbMoO₄), ferrimolibdit
(ferrimolybdite-Fe₂(MoO₄)₃.nH₂O)

TABLE 1-1
Minerals of Common Metals

Metal	Mineral	Formula
Iron	Magnetite	Fe ₃ O ₄
	Hematite	Fe ₂ O ₃
	Limonite	2Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O
	Siderite	FeCO ₃
Copper	Native Copper	Cu
	Chalcocite	Cu ₂ S
	Covellite	CuS
	Chalcopyrite	CuFeS ₂
	Cuprite	Cu ₂ O
Aluminum	Diaspore	Al ₂ O ₃ ·H ₂ O
	Gibbsite	Al ₂ O ₃ ·3H ₂ O
	Kaolinite	Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O
Lead	Galena	PbS
	Cerussite	PbCO ₃
	Anglesite	PbSO ₄
Zinc	Sphalerite	ZnS (Zinc blende)
	Zincite	ZnO
	Franklinite	(Fe, Zn, Mn) O
Magnesium	Magnesite	MgO
	Dolomite	MgCO ₃ ·CaCO ₃
	Cassiterite	SnO ₂
Tin	Stannite	(Cu ₂ S·FeS·SnS ₂)
	Millerite	NiS
Nickel	Garnierite	Hydrosilicate of Ni and Mg
	Pentlandite	(FeNi) S
Manganese	Pyrolusite	MnO ₂
	Rhodochrosite	MnCO ₃
	Rhodonite	MnSiO ₃
	Chromite	FeCr ₂ O ₄
Chromium	Ilmenite	FeO·TiO ₂
	Rutile	TiO ₂
Titanium	Baddeleyite	ZrO ₂
	Zircon	ZrSiO ₄
Zirconium	Patronite	V ₂ S ₅ + sulfur
	Carnotite	K ₂ O·2UO ₃ ·V ₂ O ₅ ·3H ₂ O
	Vanadinite	3Pb ₃ (VO ₄) ₂ PbCl ₂
Molybdenum	Molybdenite	MoS ₂
	Molybdite	MoO ₃
Tungsten	Wolframite	FeWO ₄
	Scheelite	CaWO ₄
Silver	Native silver	
	Argentite	Ag ₂ S
	Cerargyrite	AgCl
Gold	Native gold	Au
	Calaverite	AuTe ₂
	Sylvanite	(AuAg)Te ₂

TABLE 1-1 (Continued)

Metal	Mineral	Formula
Beryllium	Beryl	$3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
Mercury	Cinnabar	HgS
Uranium	Pitchblende	Complex oxide
Cadmium	Greenockite	CdS
Antimony	Stibnite	Sb_2S_3
Cobalt	Cobaltite	CoAsS

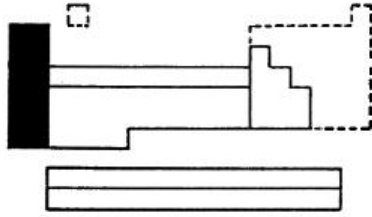


TABLE 3.1.1 Summary of the major sources of metals and metal product forms of the s-block metals (Parish) (Copyright Longman)

Element	Abundance (%)*	Principal Sources	Major Commercial Product	Application
Li	0.006 (0.001)	Spodumene, $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$	Li_2CO_3 Li	Enamels, pharmaceuticals, molten salts, production of greases. Lightweight alloys.
Na	2.83 (1.06)	Rock salt, NaCl Trona, Na_2CO_3	Na_2CO_3 NaOH Na	Chemical reagents. Chemical reagents. Metallothermic reduction, nuclear applications.
K	2.40 (0.04)	Sylvinite, (Na,K)Cl Camallite, $\text{KCl.MgCl}_2.6\text{H}_2\text{O}$	$\text{KCl}, \text{K}_2\text{SO}_4, \text{KNO}_3$ K_2CO_3 KOH	Fertilisers Glass manufacture. Chemical reagents.
Rb	0.012 (0.00001)	Lepidolite, $\text{KLi}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})$	Rb	Photoelectric cells.
Cs	0.001 (0.0002)	Pollucite, $\text{Cs}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$	Cs	Photoelectric cells.
Be	0.001	Beryl, $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	BeO Be	Ceramics. Alloys, Cu-Be, non-sparking tools, nuclear applications.
Mg	1.93 (0.127)	Sea-water Dolomite, $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$	Mg MgO MgCO ₃ MgCl ₂	Alloys, metallothermic reduction. Refractories.
Ca	3.39	Limestone, CaCO_3 Dolomite, $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ Gypsum, CaSO_4	CaO CaCO ₃ CaCl ₂ CaSO ₄ CaO, MgO	Chemical reagents. Ceramics. Numerous applications. Chemical reagents. Cements. Refractories.
	0.02	Celestite, SrSO_4 Strontianite, SrCO_3	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	Pharmaceuticals.
Ba	0.04	Barite, BaSO_4 Witherite, BaCO_3	BaSO_4 BaCO_3 BaO BaCl	Paints. Glass industry. Additive to lubricating oils. Colour agent.

*Figures in brackets are abundances in sea-water

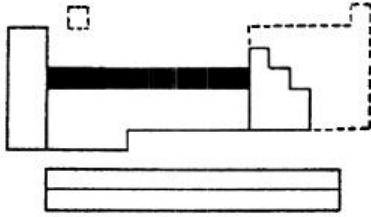


TABLE 3.1.2. Summary of the major sources of metals and product forms of the 3d metals (Parish) (Copyright Longman)

Element	Abundance (ppm)	Principal sources	Major Commercial Product	Applications
	0.63	Rutile, TiO_2 Ilmenite, FeTiO_3	Fe-Ti Ti TiO_2 TiCl_4	Steel additive. Alloys. air-frames, jet engines. turbine blades, chemical reactors. Pigments, opacifiers, fillers (paper etc.) Ziegler polymerisation catalyst. Organo-metallic compound manufacture.
V	0.02	Camotite, $\text{K}(\text{UO}_2)\text{VO}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ Patronite, V_2S_5 Oil	Fe-V V V_2O_5 NH_4VO_3	Steel additive. Alloys, steel additive. Oxidation catalyst. Catalyst manufacture.
Cr	0.01	Chromite, FeCr_2O_4	Cr $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Cr_2O_3 Chromates	Alloys, stainless steel, chromium plate. Oxidant. Leather tanning. Refractories. Pigments.
Mn	0.085	Pyrolusite, MnO_2	Fe-Cr Mn MnO_2 KMnO_4 MnSO_4	Steel additive. Alloys. Batteries, oxidants. Oxidant. Fertilisers.
Fe	5.1	Hematite. Fe_2O_3 Magnetite. Fe_3O_4 Limonite. $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ Siderite. FeCO_3	Fe-Mn Fe FeSO_4 Cyanides	Steel additive. Iron and Steel. Alloys. Pharmaceuticals, reductant. Pigments.
Co	0.01	Smaltite. CoAs_2 Cobaltite. CoAsS	Co	High temperature alloys. magnetic alloys, catalysts, machine tools.
Ni	0.016	Pentlandite, $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$ Various sulphides	CoO Ni	Pigments. catalysts. Alloys, stainless steels, nickel plate, coinage, and special alloys, hydrogenation catalysts.
Cu	0.007	Chalcopyrite. CuFeS_2 , Bornite, $\text{FeS} \cdot 2\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{CuS}$ Metal recycled.	NiO Cu	Catalysts, magnets Electrical and thermal conductors. water pipes brasses and bronzes.
Zn	0.01	Zinc blende, ZnS Calamine, ZnCO_3	CuSO_4 CuO Zn ZnO $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ZnCO_3 ,	Fungicides, electroplating. Oxidation catalyst. Galvanising, alloys, brass, batteries. Pigment, filler (rubber, paints, ceramics), emollients, fluorescents (TV screens). Agricultural uses. Additives to rubber.

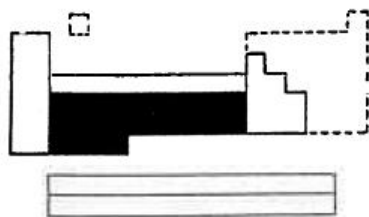


TABLE 3.1.3. Summary of the major sources of metals and product forms of the 4d and 5d metals (Parish) (Copyright Longman)

Element	Abundance (ppm)	Principal sources	Major Commercial Product	Applications
Zr	200	Zircon, $ZrSiO_4$	Zr $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ZrO_2	Nuclear applications, steel additive, water repellents. Pigments Refractories.
Hf	4	Baddeleyite, ZrO_2 Zircon, $ZrSiO_4$		
Nb	24	Pyrochlore, $NaCaNb_2O_6F$	Nb	Ferro alloys for steel additive, fuel element cladding.
Ta	2	Columbite, (Fe, Mn) $(Nb, Ta)_2O_6$ Columbite/Tantalite, (Fe, Mn) $(Nb, Ta)_2O_6$	NbC Ta TaC	Cutting tools. Corrosion-resistant equipment, electrical contacts, cutting tools.
Mo	1.5	Molybdenite, MoS_2	MoS_2	Steel additive, heaters, lubricant.
W	1.6	Copper Ores. Scheelite, $CaWO_4$ Wolframite, (Fe, Mn) WO_4	MoO_3 Fe-W W WC $NaWO_4$	Redox catalyst, molybdates, pigments. Steel additive. Alloys, lamp filaments, Abrasives, dies, cutting tools. Dyestuffs.
Tc	0	Nuclear fuel elements		
Re	0.003	Molybdenum, copper ores	Re	Lamp filaments, furnace windings, special crucibles, catalysts
Ru	.001	Elemental	Ru	Pd, Pt alloys, (pivots, pen nibs), catalysts.
Os	.001	Sperryite, $PtAs_2$	Os	Pt alloys, needles, pivots, pen nibs.
Rh	.001	Stibiopaldite, Pd_3Sb	Rh	Pt alloys, catalysts.
Ir	.001	Laurite, RuS_2	Ir	Pt alloys, special crucibles.
Pd	.005	Braggite, (Pt, Pd, Ni,) S	Pd	Jewellery, H_2 -extraction, catalysts.
Pt	0.01	Cooperite, $Pt(As,S)_2$ Recycled metal	Pt	Catalysts, electrical contacts, electrodes, windings, temperature-measurement, jewellery (with Ir, Ru), crucibles, corrosion-resistant plating.
Ag	0.1	Copper, lead, zinc ores	Ag AgCl	Electrical contacts, jewellery (with Cu, Au), solders, catalysts. Photography.
Au	0.25	Elemental Copper, nickel ores.	Au	Jewellery, dentistry, electronic components, corrosion-resistant plating.
Cd	0.2	Zinc ores	Cd Cd_3As_2	Plating batteries, solders, low-melting alloys, nuclear-reactor control rods. Semiconductors, sulphides, pigments, phosphors.
Hg	0.5	Cinnabar, HgS Recycled metal.	Hg Hg compounds HgO	Electrical apparatus, chlorine-cells. HgO , germi-and fungi-cides, pharmaceuticals

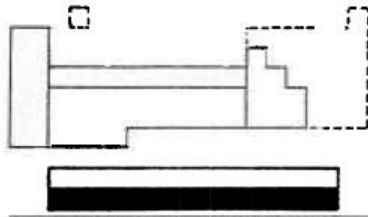


TABLE 3.1.4. Summary of the major sources of metals and product forms of the 4f metals (Parish) (Copyright Longman)

Element	Abundance (ppm)	Principal sources	Major commercial product	Applications
La	18	La	Alloys, mischmetal. LaO ₂	Optical glasses.
Ce	46		MCl ₂	Catalysts.
Pr	5.5		Pr ₂ O ₃	Ceramic glazing pigment
Nd	24		Nd	Alloy addition.
Pm	4.5 x 10 ⁻²⁰	Monazite. (M)PO ₄	M ₂ O ₃ -CeO ₂	Polishing and decolourising glasses, catalysts.
Sm	6.5	Bastnasite, MF ₂ CO ₂	Sm	Nuclear applications.
Eu	1.0			
Gd	6.4		Gd	Nuclear applications.
Tb	0.91	Where M is a mixture of the elements in this group	Tb salts	Activator in phosphors.
Dy	4.5		(NH ₄) ₂ M(NO ₃) ₆	Chemical oxidants.
Ho	1.2		MF ₃ ·½H ₂ O	Component of carbon arc rods.
Er	3.0		Mischmetal	Lighter flints, additive to non-ferrous alloys
Tm	0.3			
Yb	2.7		(NH ₄) ₄ M(SO ₄) ₄ ·2H ₂ O	Chemical oxidants.
Lu	0.8		Lu	Alloys, Al, Mn.
Sc	5		Y (Eu) VO ₄	red phosphor, colour TV,
Y	28		Y ferrites	magnetic materials.

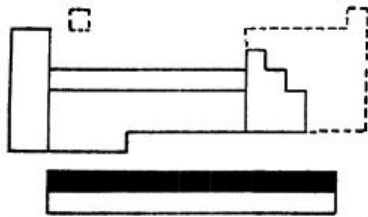


TABLE 3.1.5 Summary of the major sources of metals and product forms of 5f metals (Parish) (Copyright Longman)

Element	Abundance (ppm)	Principal sources	Major commercial product	Applications
Ac	3 x 10 ⁻¹⁰	Uranium ores		
Th	11	Monazite, (M) PO ₄	Th ₂ O ₃ Th	Refractory crucibles, additives to alloys. Alloys.
Pa		Uranium ores		
U	4	Pitchblende, U ₃ O ₈ Camonite, K ₂ O (UO ₃) ₂ (V ₂ O ₅), H ₂ O	UO ₂	Nuclear fuel.
Np				
Pu				
Am				
Cm				
CL				
Bk		Nuclear reaction products		All these are radioactive and can be used as radiation power sources.
Cf				
Es				
Fm				
Md				
No				
Lw				



TABLE 3.1.6. Summary of the major sources of metals and product forms of the p-block metals (Parish) (Copyright Longman)

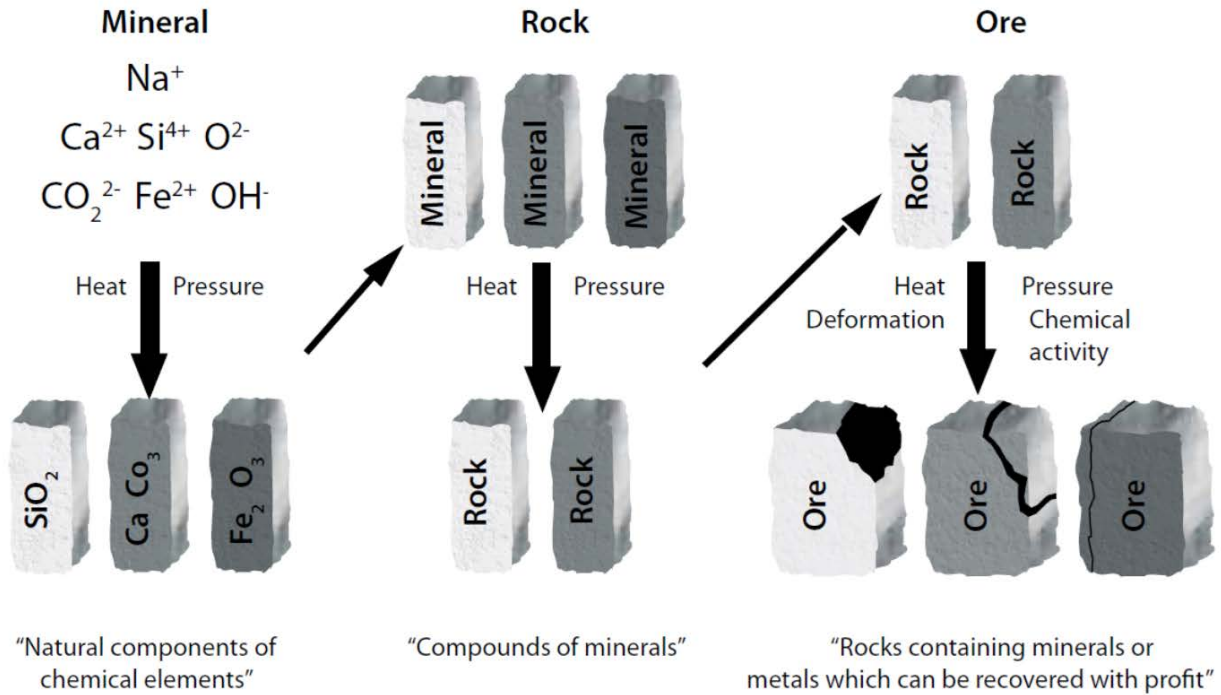
Element	Abundance (%)	Principal sources	Major Commercial Product	Applications
Al	8	Bauxite, $Al_2O_3 \cdot xH_2O$	Fe-Al Al Al_2O_3 $Al_2(SO_4)_3$ $AlCl_3$	Steel additives. Alloys, chemical equipment, electric cables. Containers, ceramics, abrasives, Pigments. Catalysts.
Ga	10^{-3}	Bauxite, Coal, Zn-smelter flue-dust	Ga GaAs	Alloys. Semiconductors.
In	10^{-5}	Flue-dust, Zn, Pb residues.	In	Alloys, coatings, electronics, catalysts.
Tl	10^{-5}	Flue-dusts, Cu, Pb, Ag residues	Tl Tl salts	Alloys Pesticides.
Ge	7×10^{-4}	Flue-dusts	Ge	Semiconductor alloys.
Sn	4×10^{-4}	Cassiterite, SnO_2	Sn, SnO_2 $SnCl_2$	Alloys, solders, type metals, bronzes Enamels, glasses. Tin plating.
Pb	2×10^{-4}	Galena, PbS Recycled metal	Pb PbO_2	Alloys, solders, chemical equipment Electric storage batteries, nuclear applications, munitions, battery plates. Fuel additive (anti-knock agent).
Sb	5×10^{-5}	Stibnite, Sb_2S_3 lead ores	$(C_2H_5)_4Pb$ Sb Sb_2O_3	Alloys, batteries, solders, type metal, Semi-conductors, munitions, enamels, fire retardants, paint pigments, pharmaceuticals.
Bi	10^{-5}	recycled metal (Pb-Sb) Pb, Cu, Sn residues, Bismuthinite, Bi_2S_3	Compounds Bi Bi_2O_3 Bi compounds	Alloys, fusible alloys. Ceramics, catalysts. Pharmaceuticals, cosmetics, catalysts.
Metalloids				
Se		By-product of Cu production	Se	Photocopying machines.
As		By-product of Cu, Pb, Zn, Ni production	As As_2O_3	Alloys. Pesticides.
Si		Silica, SiO_2	Si Fe-Si	Semi-conductors, Al-Si alloys, silicones, Steel additive.
Te		By-product of Cu production	Te	Alloys, steel additive

Cevher Oluşumları

Cevherler bir tek değerlendirilebilir metal içerebildikleri gibi birden çok metalin bulunduğu kompleks cevherler de bulunmaktadır. Bir cevherden sadece bir metalin ekonomik olarak kazanıldığı cevherlere Fe, Al, Cr ve Hg cevherleri örnek verilebilir. Birden çok metalin kazanımının olabildiği kompleks cevherlere ise Cu, Pb, Zn, Ni cevherleri örnek olarak gösterilebilir: Cu-Ni, Cu-Mo, Cu-Au, Pb-Zn, Zn-Cd, Fe-Ti, Ni-Co, Fe-Mn, Sn-W, Pb-Zn-Cu, Pb-Ag-Au, Pb-Cu-Ag-Au, Ni-Cu-Au-Pt, Pb-Zn-Cu-Ag-Au.

Bir cevher içerisinde çeşitli metallerin bir arada bulunması iyon yarıçapları ve kimyasal benzerlik gibi iki ana faktöre bağlıdır (C.K. Gupta). Hem **iyon yarıçapları** hem **kimyasal benzerlikleri** birbirine çok yakın olan Co-Ni, Mo-W, Nb-Ti cevherlerde yan yana sık rastlanan metallerdir. **Sadece iyon yarıçapları** birbirine yakın olan metaller de, kimyasal benzerlik açısından önemli farklar olsa bile cevherlerde yan yana sık rastlanabilir. **Ni ve Mg** buna bir örnektir. New Caledonia’da yer alan garnierit yataklarının Ni-Mg-silikat türünde olmasının neden, Ni^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarının eşdeğer iyon yarıçaplarına sahip olmasından gelmektedir. Aynı şekilde **Pb ve Zn** çoğunlukla yan yana bulunur.

İyon yarıçapları çok farklı olmasına rağmen **sadece kimyasal benzerlik** yönünden bir arada rastlanan metallerin cevherlerine ise Al cevheri olan **boksit içerisinde Galyumun** devamlı olarak bulunması verilebilir.

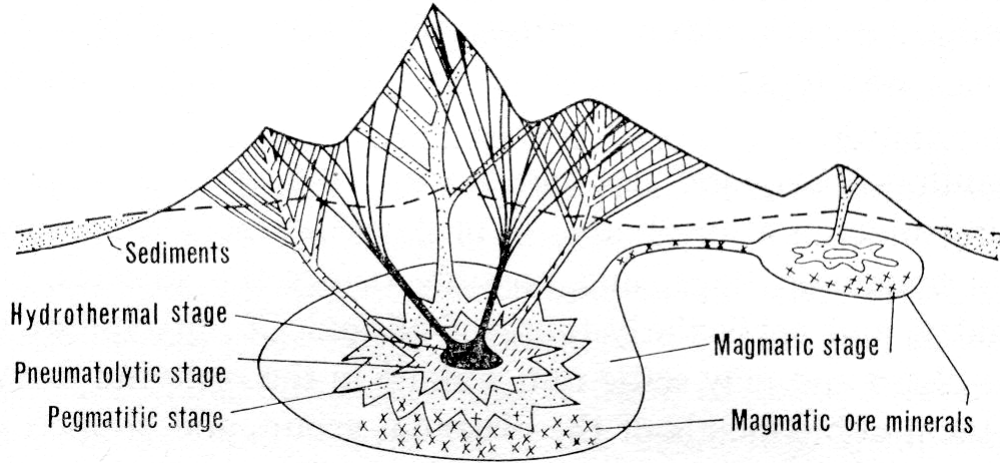


Şekil: Şematik Olarak Cevherlerin Oluşumu (Sandgren-2010)

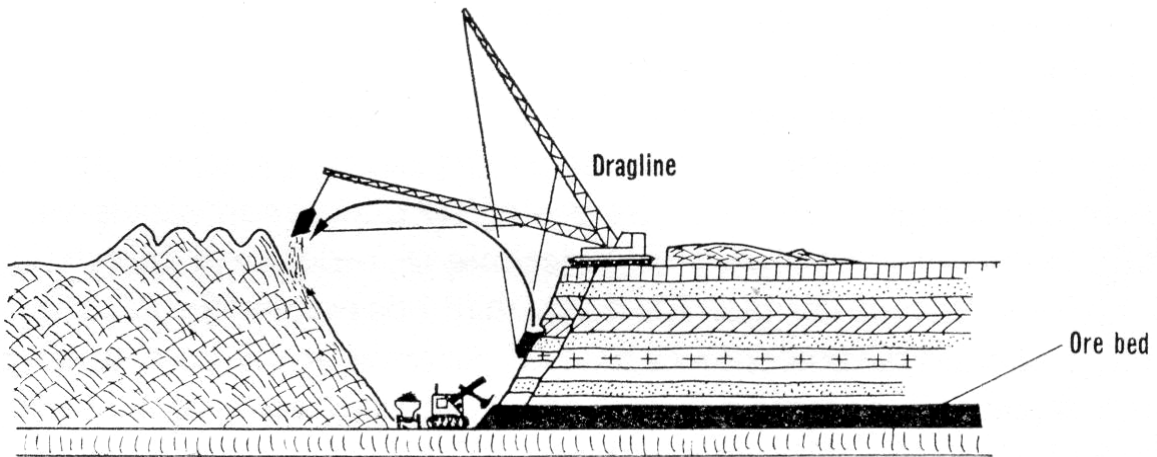
Cevherlerin ekonomik seviyede bir bileşime ulaşmasına neden olan doğa olayları şu şekilde sıralanabilir (C.K. Gupta 2003):

- Ergimiş magma üzerinde katılaşma. Örneğin İsveç'teki manyetit yatakları bu şekildedir. Genellikle kromit yatakları da magmatik orjindir.
- Magmatik sıcak çözeltilerden çökelmeler. Cornwall'daki kasiterit yatakları ve sülfür minerallerinin çoğunluğunun temeli budur.
- Erozyon yolu ile taşınma ve yığılma. Alüvyon yatakları bu cinstendir.
- Yüzeysel sularında çökeltme,

- **pH ve benzeri şartlardaki değişimler** yüzey sularındaki çözülmüş maddelerin çökmesine sebebiyet verebilir. Örneğin; limonit, siderit ve hematit yatakları.
- **Yüzey sularının buharlaşması** sonucu çözeltinin çözülmüş maddelerce zenginleşmesi büyük ekonomik öneme sahip olabilir.
- **Boşlukların doldurulması** yolu ile cevher yataklarının oluşması da mümkündür. Örneğin kaynak sularının aşağı doğru kayalar içindeki hareketi esnasında rastlanılan boşluklarda çökelmeler olabilir (manyezit gibi).



Şekil: Maden yataklarının oluşumu; magmanın şematik gösterimi ve magmatik, pegmatik, pnömatolitik ve hidrotermal soğuma aşamalarında minerallerin dağılımı. (Kesikli çizgi ufuk çizgisini göstermektedir.)



Şekil: Madenlerde işletme-açık işletme (open-pit mining); dragline örtü tabakasını kaldırırken cevher kepçe (kazaratar) ile kamyonlara doldurulur.

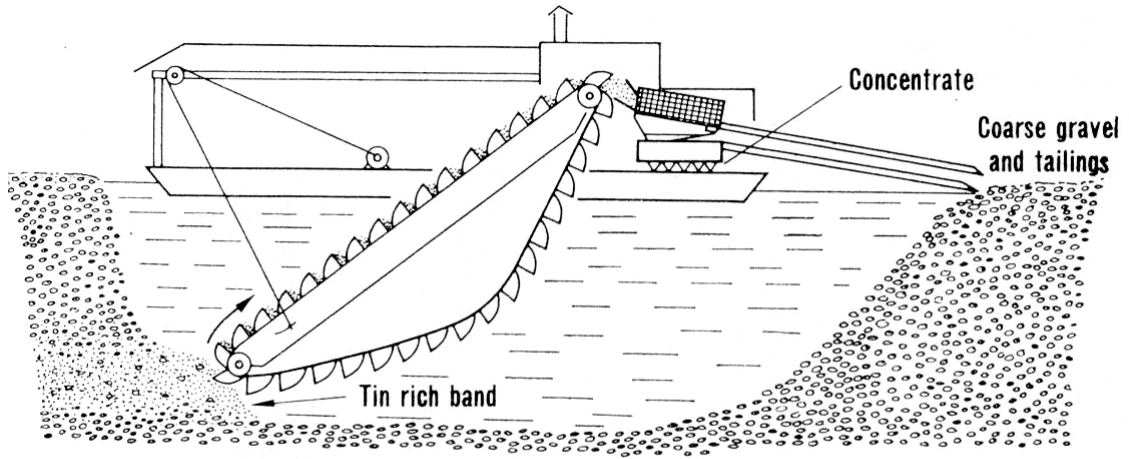
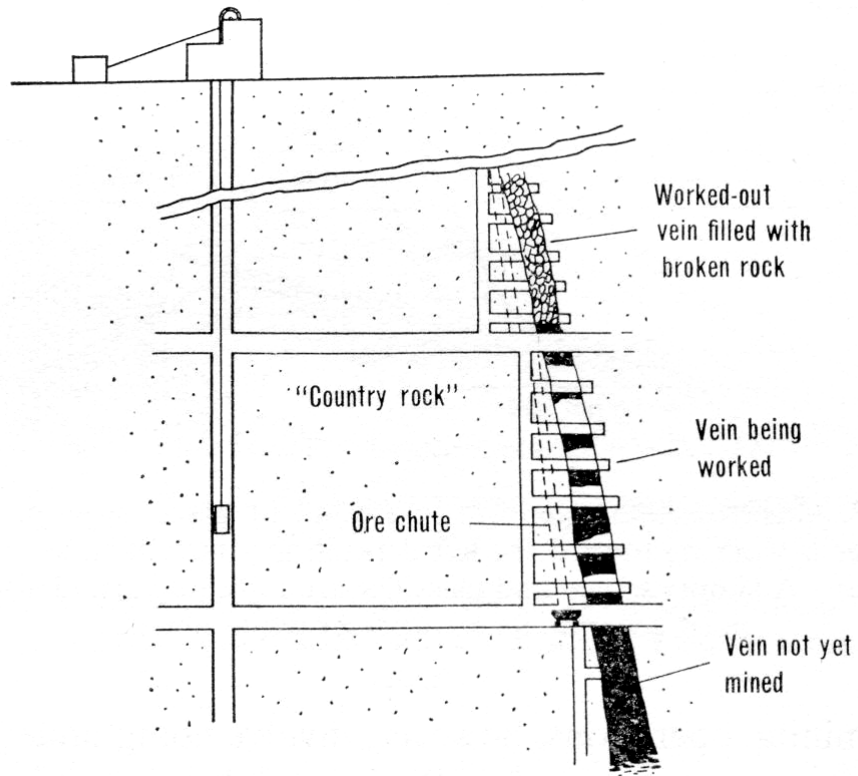


FIG. 3. Schematic dredger working pond in gravel swamp. The dredger is working toward the left depositing a new bank astern all the way. A simple screen and classifier are indicated aft. This unit must generate its own power requirement.



Şekil: Madenlerde yer altı maden (underground mining) işletmesi

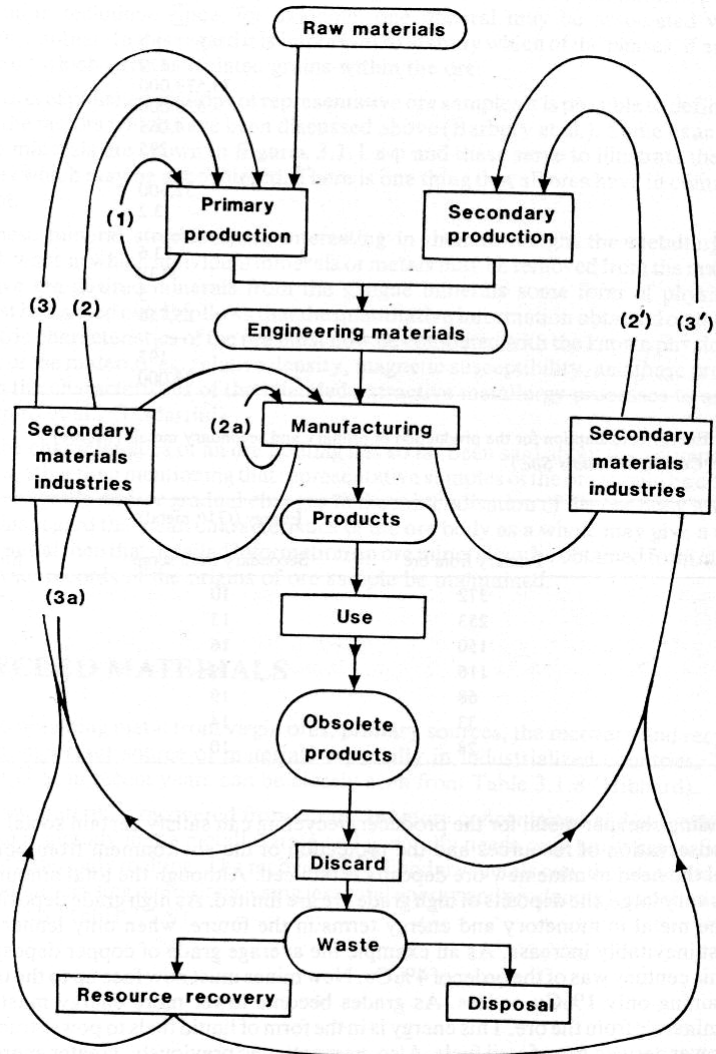
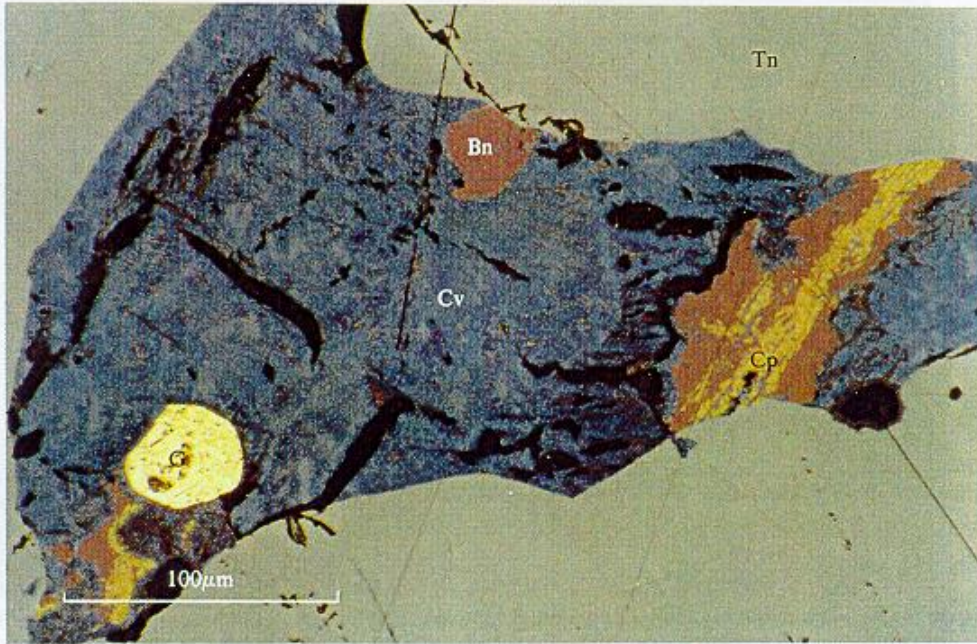


FIG. 3.1.2 Life-cycles of recycled materials (Bever) (Copyright Pergamon Press)

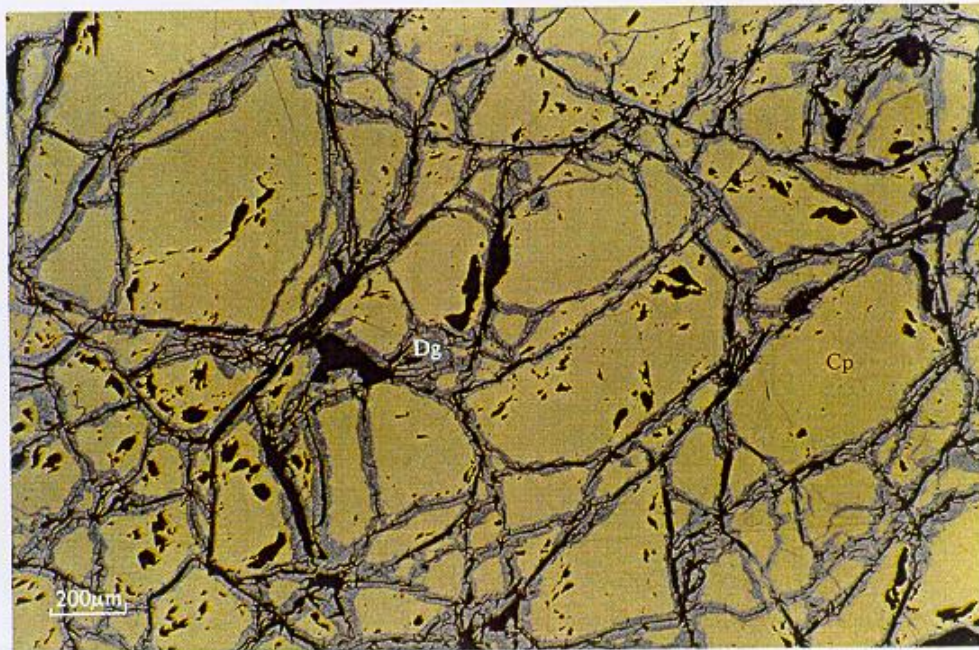
TABLE 3.1.9 Energy consumption for the production of primary and secondary metals (Moore)
(Copyright Metals Soc.)

Metal	Energy (GJ/t metal)		
	Primary from ore	Secondary from scrap	Energy saving
Magnesium	372	10	362
Aluminium	253	13	340
Nickel	150	16	134
Copper	116	19	97
Zinc	68	19	49
Steel	33	14	19
Lead	28	10	18



c) Photomicrograph illustrating a paragenetic sequence tennantite/bornite/chalcopyrite and gold. Note that most of the chalcopyrite has been replaced by covellite. Mascott Mine, Drake, N.S.W. Easy separation by bulk flotation of copper sulphide minerals. Following smelting Au recovered by refining copper metal.

Bn	— bornite Cu_5FeS_4	Cv	— covellite CuS	Tn	— tennantite $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$
Cp	— chalcopyrite CuFeS_2	G	— gold Au		



h) Photomicrograph illustrating early stage replacement of chalcopyrite by digenite. Panguna Mine, PNG. No problems in liberation of copper ore. Size reduction aided by micro-cracks in the ore.

Cp	— chalcopyrite CuFeS_2
Dg	— digenite $\text{Cu}_{1.76-1.79}\text{S} \pm \text{Ag}$

