

## YÜKSEK FIRIN VE SİNER DE KULLANILAN YERLİ DEMİR CEVHERLERİ İLE İTHAL DEMİR CEVHERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

A Comparison of Domestic Iron Ore and Import Iron Ore Used in Blast Furnace and Sinter

Ersin ERÜNSAL<sup>(\*)</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada, bir kısım yerli cevherin kimyasal, fiziksel ve metalurjik özellikleri, ithal edilen cevherlerin bu özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda yerli cevherlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin iyileştirmesi gerektiği gözlenmiştir. Metalurjik özellikler açısından ise yerli parça cevherlerin, ithal cevherlerle rekabet edecek değerlerde olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada karşılaştırma sonuçlarına ve entegre tesislerdeki gözlenen değişikliklere bağlı olarak, yerli cevherlerin yüksek fırında kullanım miktarını artırabilmek için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Sözcükler :** Yerli Cevher, İthal Cevher, Yüksek Fırın , Demir Cevheri Özellikleri.

### ABSTRACT

In this study, chemical, physical and metallurgical properties of some domestic iron ore are compared with the import iron ore properties. After this comparison, it's seen that the chemical and physical properties of the domestic iron ore must be improved. The metallurgical properties of both ores seems to be same. Moreover in this study, according to comparison parameters and integrated plants changes, to increase the amount and usage of domestic iron ores in blast furnace is given as an advice.

**Keywords :** Domestic Iron Ore, Import Iron Ore, Blast Furnace, Iron Ore Specification.

---

<sup>(\*)</sup>Maden Mühendisi, Emekli, eerunsal@ttnet.net.tr

## 1. GİRİŞ

Yassı mamul üreten entegre tesisimizde (Erdemir) yerli demir cevheri ( parça + toz ) kullanımı geçen yıllar içinde 1.040.000 ton/yıl (1990 ) seviyelerinden, 540.000 ton/yıl (2003) seviyelerine düşmüştür. Yerli cevher kullanımındaki azalma % 48,1 'dir. Yüksek fırın ve sinterde kullanılan diğer demirli hammaddelerin değişimi Çizelge 1 'de verilmiştir.

Yerli cevher kullanımındaki bu azalmanın sebepleri olarak ;

- Sıcak Metal ( SM ) üretimindeki artışa paralel olarak demir cevheri ocaklarına gerekli yatırımların yapılarak, kalite ve üretimlerinin arttırılmaması,
- Yerli cevherlerin tenörlerinin düşük,empürite ve gang miktarlarının yüksek olması,
- Yassı mamul üretiminde kullanılan SM'in kalite değerlerinin yükselmesi,
- Yerli cevherlerin, ithal cevherlere göre Ereğli teslim maliyetlerinin daha yüksek ve bu maliyet içinde demiryolu taşıma ücretlerinin % 40 - % 50 olduğu

bilinmektedir.

Demir –çelik sektörünün son 25 yılı incelendiğinde, bilinen bu gerçekler, herkes tarafından devamlı tekrarlanmakta; fakat bu durumu giderici hiçbir gelişme sağlanmamaktadır. Türkiye'de rezervi yüksek ancak cevher hazırlama yöntemlerinin uygulanması gereken sorunlu yataklar için doğru projeler ve yatırım gerekirken, günü kurtarmak için 5.000-10.000 ton/yıl kapasiteli ocaklardan demir cevheri temini yapılabilmektedir. Satın alınan bu cevherlerin üretim miktarları yanında kaliteleri de düşüktür.

Örnek olarak (Adapazarı) toz cevheri verilebilir. Bu cevherin özellikleri;

	%
Fe	50,0 – 54,0
SiO <sub>2</sub>	10,0 - 17,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,0 – 6,0
K <sub>2</sub> O+ Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 – 1,2
P	0,1 – 0,5

Rezervi ve kalitesi düşük olan bu tip cevherlerin yassı mamul üreten bir tesiste kullanılması, yerli demir cevheri madenciliğine bir şey getirmediği gibi,daha ucuz ithal cevherlerin ve kömürlerin satın alınmasına engel olmakta neticede SM üretim maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Önümüzdeki yıllarda (2013) entegre tesislerimizde (Erdemir ve İsdemir ) SM üretiminin 5 – 5,5 milyon ton/yıl dan 16-17 milyon ton /yıl seviyelerine arttırılması planları entegre tesis yöneticileri tarafından açıklanmaktadır ( Erhan, 2004). Hedeflenen SM miktarının üretimi için gerekli demirli malzeme miktarı 26-28 milyon ton/yıl'dır. Bu durumda şimdiki demir cevheri üretim miktarlarımız ve hammadde politikaları ile gerekli demir cevherinin % 15'i bile yurt içinden temin edilemeyecektir.

Bu çalışmada yerli cevherlerin kaliteleri , ithal cevherlerle karşılaştırılmış ve ilk etapta yerli cevherlerin kalitelerini iyileştirecek yatırım gerektirmeyen veya çok az gerektiren çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

## 2. DEMİR CEVHERİ TENÖRLERİ VE KİMYASAL KOMPOZİSYONLAR

Erdemir tarafından satın alınan cevherlerin tenörleri ve kimyasal kompozisyonları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir;

Çizelge1. Yüksek Fırın ve Sinter'de Kullanılan Diğer Hammaddelerin Değişimleri

	1990	2003	% Değişim
İthal Pelet (Ton)	748.000	2.132.000	+ 185
İthal Toz Cevher (Ton)	520.000	1.088.000	+109
İthal Parça Cevher (Ton)	827.000	531.000	- 39,5

Çizelge 2. Satın Alınan Yerli Cevherler

%	YPC-1	YPC-2	YPC-3	YPC-4	YPC-5	YTC-1	YTC-2	YTC-3	YTC-4	YTC-5
Fe	56,59	54,15	53,0	58,0	56,5	55,82	49,35	55,00	50,89	51,85
SiO <sub>2</sub>	6,2	6,9	4,6	8,3	6,5	6,6	11,8	11,4	5,9	16,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6	1,3	1,0	1,4	1,4	0,7	3,4	3,0	1,1	2,0
Na <sub>2</sub> O	0,014	0,04	0,03	0,13	0,03	0,012	0,07	0,07	0,02	0,03
K <sub>2</sub> O	0,18	0,35	0,05	0,1	0,65	0,22	0,73	0,17	0,25	0,08
P	0,024	0,05	0,016	0,042	0,12	0,024	0,054	0,025	0,01	0,15
S	0,01	0,01	0,1	0,72	0,06	0,01	0,05	0,1	0,01	0,23
As	0,001	0,13	0,01	0,014	0,03	0,01	0,15	0,034	0,034	0,25
Zn	0,001	0,075	0,012	0,04	0,025	0,01	0,1	0,018	0,05	0,01
Pb	0,001	0,013	0,001	0,018	0,03	0,01	0,02	0,01	0,015	0,016
TiO <sub>2</sub>	0,025	0,049	0,054	0,09	0,038	0,05	0,053	0,06	0,04	0,45

YPC= Yerli Parça Cevher, YTC= Yerli Toz Cevher

Çizelge 3. Satın Alınan İthal Cevherler

%	İPC-1	İPC-2	İPC-3	İPC-4	İPC-5	İTC-1	İTC-2	İTC-3	İTC-4	İTC-5	İTC-6
Fe	65,4	66,4	64,21	67,03	65,0	63,4	65,4	63,5	67,4	66,1	67,99
SiO <sub>2</sub>	3,0	3,2	3,02	0,77	0,7	4,46	3,9	4,5	0,62	1,2	0,94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,4	1,3	2,0	1,0	1	2,35	1,5	1,4	0,89	0,85	0,77
Na <sub>2</sub> O	0,008	0,018	0,011	0,015	0,002	0,012	0,017	0,017	0,01	0,01	0,008
K <sub>2</sub> O	0,014	0,1	0,03	0,01	0,004	0,03	0,21	0,02	0,015	0,01	0,009
P	0,05	0,048	0,041	0,04	0,09	0,066	0,045	0,055	0,04	0,066	0,038
S	0,002	0,009	0,003	0,008	0,015	eser	0,01	eser	0,005	0,01	0,003
As	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser
Zn	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser
Pb	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser	eser
TiO <sub>2</sub>	0,032	0,044	0,050	0,08	0,069	0,07	0,050	0,04	0,09	0,09	0,08

İPC= İthal Parça Cevher, İTC= İthal Toz Cevher

Yukarıdaki çizelgelerin incelenmesinden görüldüğü gibi yerli cevherlerde tenör düşük, gang elemanları ( SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ) yüksektir. Ayrıca yüksek fırın prosesi ve SM kalitesi için zararlı olan K<sub>2</sub>O, Zn, As, S gibi empüriteler bazı yerli cevherlerde oldukça yüksektir. Bu bakımdan yerli cevherlerin kendi içlerinde ve ithal cevherlerle optimum değerleri verecek şekilde harmanlanması gerekmektedir. Satın alınan yerli ve ithal cevherlerin yüksek fırın üretimine, yakıt oranına ve sıcak metal kalitesine olumsuz etki eden özellikleri çizelgelerde taramalı olarak gösterilmiştir.

### 3. PARÇA DEMİR CEVHERLERİNİN METALURJİK ÖZELLİKLERİ

Metalurjik özellik olarak ölçülebilen değerler ve tambur test değerleri Çizelge 4'de gösterilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden görüldüğü gibi bahsedilen özellikler bakımından yerli ve ithal cevherler arasında büyük farklılıklar bulunmamaktadır. Hatta bazı yerli cevherlerin redüklenme, Düşük Sıcaklıkta Parçalanma (LTB), termal şok değerleri ithal cevherlerden daha iyidir.

Çizelge 4 . Yerli ve İthal Cevherlerin Metalurjik Özellikleri

TEST ADI	YPC-1	YPC-2	YPC-3	YPC-4	İPC-1	İPC-2	İPC-3	İPC-4	İPC-5
RUL* R <sub>40</sub> (%dk)	1,34	1,25	0,92	0,33	0,86	0,55	1,1	1,2	0,89
LTB** +6.35mm %	88,6	73,3	72,3	94,1	67,5	87	74	67,1	84,5
-0.5mm %	3,3	7,0	6,6	2,4	9,5	2,9	6,5	10,7	8,2
Termal şok 700 C <sup>0</sup> +6,35mm	95	98	98	99,6	97	99	94	93	98
Tambur Test(ASTM) +6,35mm %	83,3	89	83,3	84,2	85	93,4	87	84	87,5
-0,6mm %	9,4	12,8	10,0	9,0	8,5	2,7	5,9	9,3	7,5

\* RUL - Yük altında indirgeme, \*\* LTB - Düşük sıcaklıkta parçalanma

Çizelge 5. Parça Cevherlerin Elek Analizleri (%)

mm	YPC-1	YPC-2	YPC-3	YPC-4	İPC-1	İPC-2	İPC-3	İPC-4
+25,4	39,8	25,1	40,3	46,5	11,0	3,5	9,9	12,0
- 25,4+9,5	52	63,9	53,2	47,1	64,0	80,5	72,3	67,0
-9,5	8,2	11	6,5	6,4	25	16,0	17,18	21,0

Çizelge 6. Toz Cevherlerin Elek Analizleri (%)

mm	YTC-1	YTC-2	YTC-3	YTC-4	İTC-1	İTC-2	İTC-3	İTC-4
+9,52	12,72	11,48	14,8	10	0	0	0	0
-9,5+6,3	23,7	16,22	17,4	16	5,5	0,76	2,5	5
-6,3+0,15	57,68	68,3	64,1	70,9	87,1	95,64	90,2	89
-0,15	5,9	4	3,7	3,1	7,4	3,6	7,3	6

#### 4. DEMİR CEVHERLERİNİN ELEK ANALİZLERİ

Yerli demir cevherlerinin ithal cevherlere göre en büyük dezavantajı elek analizinde gözlenmektedir (Çizelge 5 ve Çizelge 6).

Halbuki bu özelliğin iyileştirilmesi teknik olarak gayet kolaydır. Çizelge 5'in incelenmesinden görüldüğü gibi yüksek fırınlarda kullanılan yerli parça cevherlerde istenmeyen kısım olan +25,4 mm miktarı % 40-50 seviyesindedir. Yani yerli cevherler istendiği gibi -38mm+9,5 mm (-25,4

mm, +9.5 mm optimum) olarak Yüksek fırınlara şarj edilememektedir. +25.4mm değeri bazı ithal cevherde ise % 4-10 arasında değişmektedir. Çizelgelerde verilen parça cevher elek analizleri ithal cevherler için gemi boşaltılırken alınan numunelere uygulanan elek analizleri sonuçları, yerli cevherler için verilen sonuçlar ise sistemde kırılıp, elendikten sonra alınan numunelerin değerleridir. Bilindiği gibi yerli parça cevherler 10mm -100mm arasında satın alınmakta ve -38mm+9,5 mm aralığına işletmede getirilmeye çalışılmaktadır.

Yerli toz cevherlerde yine istenmeyen kısım olan +9,5mm miktarı % 10-15 olarak yine yüksektir. İthal toz cevherlerin büyük bir kısmında ise bu değer istendiği gibi % 0 dır.

## 5. REZERVLERİN KARŞILAŞTIRMASI

Yerli cevherler rezerv yönünden ( işletilebilir ve sorunlu ) ithal cevherlerle karşılaştırıldığında şu sonuçlar bulunmaktadır. İşletilebilir yerli cevher rezervlerinin yetersiz ( Çizelge 7 Çizelge 8 ) ve kullanılabilimleri için ilave yatırım gerektirdiği görülmektedir. Sorunlu cevherlerden olan Hasaңcelebi, rezerv (Çizelge 9 ) yönünden en uygun cevher yatağıdır.

İthal cevherler hem rezerv ( Çizelge 10 ) yönünden hem de cevher hazırlama yöntemleri uygulanarak piyasaya sürüldükleri için daha uygundurlar. Dünya demir cevheri rezervleri yüksek fırınların şu anki üretim seviyelerine göre en az 150 yıl yetecek seviyededir.

## 6. SİNTER VE YÜKSEK FIRINDA KULLANILAN YERLİ CEVHERLERİN YÜKSEK FIRIN PROSESİNE ETKİLERİ

Yüksek fırında kullanılan cevherlerin kalitesi yüksek fırın üretimine, yakıt tüketimine birinci

derecede etki etmektedir. Bu konu ile ilgili bir çalışma bilgisayar ortamında yapılarak, özeti Çizelge 11'de verilmiştir.

Kabuller ;

Yüksek fırın (YF) da kullanılan demirli hammaddeler.

Sinter	%43
Pelet	%43
Parça cevher	%14

Yerli cevher oranları toz cevher (sinter ) ve parça cevher içinde sırası ile % 0, % 25 ve %40 olarak alınmıştır.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yerli cevherler ile ithal cevherler karşılaştırıldığında yerli cevherlerin geliştirilmesi için çözülmesi gereken sorunlar üç ana başlık altında toplanabilir.

### 7.1 Kalite Sorunu

Yerli cevherler ile ithal cevherler kalite yönünden karşılaştırıldığında en büyük farklılıklar şu özelliklerde ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 7. Türkiye İşletilebilir Cevher Rezervleri

(Milyon Ton)

Görünür	Muhtemel	Toplam	% Tenör	Yatak Sayısı
150	29	179	54	22

Çizelge 8. Türkiye Sorunlu Cevher Rezervleri (Hasaңcelebi Dahil)

(Milyon Ton)

Görünür	Muhtemel	Toplam	% Tenör	Yatak Sayısı
263	661	924	22,8	15

Çizelge 9. Hasaңcelebi Rezervi

(Milyon Ton)

Görünür	Muhtemel	Toplam	%Tenör
160	525	685	19,0

Çizelge 10. Dünya Ham Demir Cevheri Baz Rezervi (Milyon Ton) (Anon , 2005)

Ton	% Tenör
370.000	48,6

Çizelge 11. Yerli Cevher Kullanımının Yüksek Fırın Prosesine Etkileri

	Sinter % Fe	P. Cevher % Fe	YF Curuf Kg/TSM	YF Yakıt Kg/TSM	YF Alkali Kg/TSM	YF Zn Kg/TSM	YF Üretim Düşmesi Ton /yıl
%100 İthal % 0 Yerli	58,7	65,8	190	457	1,90	0,04	0
% 75 İthal % 25 Yerli	54,5	63,3	236	498	2,24	0,166	87.400
% 60 İthal % 40 Yerli	52,8	61,6	252	529	2,48	0,223	139.800

- Yerli cevherlerin tenörleri düşük,
- Gang ve empüriteleri yüksek,
- Elek analizleri istenen değerden uzaktır (Parça cevher için istenen değer + 9,5mm -25,4 mm veya + 9,5mm, -38 mm arasında olmasıdır).
- Yerli cevherlerin RUL , LTB,Termal şok değerleri ise bazı yerli cevherlerde ithallerden daha iyi, bazılarında ise ithal cevherlerle rekabet edebilecek değerlerdedir.

Yerli cevherlerden redüklenme değeri çok düşük olan cevherin minerolojik yapısı manyetit'dir. Bu cevherin yüksek fırına direkt şarjı doğru bir uygulama değildir. Bu cevherin -9,5 mm ye kırılıp sinterde kullanılması gerekmektedir.Şimdiki sistemde yerli parça cevherler 10mm -100 mm aralığında madenciden satın alınmakta entegre tesiste +9,5mm, -38 mm aralığına getirilmeye çalışılmaktadır. Bu uygulama başarılı olmamaktadır. Sonuçlar Çizelge 5 te verilmiştir. Yerli cevherlerin bilhassa +25,4 mm miktarı çok fazladır. Bu durum yüksek fırınlarda yakıt kullanımını arttırmakta ve üretimi düşürmektedir. Bu konunun en kısa ve doğru çözümü cevherin istenen elek analizlerinde madenciden satın alınmasıdır. Bu durumda yatırım masraflarının azaltılması içinde entegre tesiste atıl bir durumda kalmış olan yüksek kapasiteli kırıcı ve elekler yurt içinde uygun bir yere taşınarak( Sivas-Kalın) yerli cevherlerin hazırlanmasında kullanılabilir. Böylece yerli cevherlerin en kötü özelliği olan elek analizleri iyileştirilecektir. Aynı zamanda yapılacak basit yıkama işlemleri ile gang miktarları azaltılıp empürite değerleri optimize edilebilecektir. Yassı mamul üreten entegre

tesisimizin son 10 yılda satın aldığı demirli hammadde miktarları incelendiğinde (Çizelge 1) ithal parça ve yerli cevherlerin yerine büyük oranda, pelet ve toz cevher satın alındığı görülmektedir. Bilindiği gibi pelet, kırma gerektirmeyen sadece elenen demirli hammadde. Satın alınan parça cevherler de kırma gerektirmeyen, direkt şarjlık cevherlerdir.

## 7.2 Rezerv ve Üretim Miktarları

Yerli demir cevheri madenciliğinin geliştirilmesinde, cevher kalitesi yanında ocakların rezerv miktarı ve üretim kapasiteleri de birinci derecede önemlidir. Üretim miktarı 5.000 -10.000 ton /yıl olan ve olacak olan ocaklar yerine rezervi yüksek olan ocakların ( Hasaңçelebi gibi) geliştirilmesine çalışılmalıdır.

Kısa vadede Hasaңçelebi ocağı tekrar ele alınmalıdır. Daha evvelden yapılan proje çalışması ( Önal ve Acarkan, 1999 ) tekrar gündeme getirilerek güncel pelet maliyetleri kullanılarak revize edilmelidir. Çünkü yapılan çalışmalar sonunda ortaya konan konsantrelerden ( Fe % 69,15, SiO<sub>2</sub> %1,8, TiO<sub>2</sub> % 0,79 ve alkali % 0,2 ) üretilecek peletlerin 1.500.000 ton'u Türkiye'deki yüksek fırınlar da herhangi bir sorun çıkarmadan şu anda bile kullanılabilir ( Chao, Cook, Grau, 1989). İlerideki yıllarda ise SM üretim artışına bağlı olarak bu miktar 3.000.000-4.000.000 ton/yıl 'a çıkabilecektir. Buradaki asıl sorun pelet'in yurt içinde mi üretilip yüksek fırınlarda kullanılacağı, yoksa şimdiki gibi her yıl artan miktarlarda ithal

mi edileceği sorularına demir-çelik yöneticilerin vereceği cevaptır.

Türkiye'de şimdi uygulanan hammadde politikaları ile, hedeflenen sıcak metal üretim seviyeleri için gerekli pelet ithalatı önümüzdeki yıllarda en az 10.000.000 ton/yıl'a yükselecektir. Bu durum ise yüksek fırınlarda üretilen sıcak metalin üretim maliyetini arttıracaktır.

### 7.3 İletişim

Yerli cevherlerin kalitesi, üretim sorunları, geliştirilmesi gibi konularda kullanıcılar (entegre tesisler), üreticilere (ocak işleticileri) gerekli geri beslemeyi yapamamaktadır. (Bu konuda yeterli bir iletişim olsa, yassı mamul üretiminde son 10 yıldaki gelişmelere bağlı olarak  $TiO_2$ 'nin yüksek fırınlar için istenen bir eleman, mangan'ın ise istenmeyen bir eleman haline geldiği konularında bir fikir birliği olurdu.) Yassı mamul üreten entegre tesislerde üretilen sıcak metalin mangan değeri % 0,5-0,8 aralığından % 0,2-0,3 aralığına inmiştir. (Chevailer vd., 1989; Kortman vd., 1992). Bir diğer deyişle yüksek fırınlara  $TiO_2$  şarjı artmış, mangan şarjı azalmıştır. Türkiye'de ise üretimler bu genel doğrulara paralel olarak yapılmamaktadır.

### KAYNAKLAR

Acarkan, N., Önal, G., 1999 ; "TDÇİ Malatya-Hekimhan Hasaңcelebi Cevher Yatağının Yeniden Deđerlendirilmesi " Nihai Rapor.

Anon ,2005 " U.S Geological Survey, Mineral Commodity Summaries"  
<http://minerals.usgs.gov/minerals/>

Chao,J.,T, Cook., J. Gran,A.E.,1989; " The Practice of Ilmenite Application In the BF A Technical and Economical Review" ICP,383-390.

Chevailer, A., Roth,J,L., Metz, B., Jusseau,N., Steiler,J,M. ; 1989; "Hot Metal Quality For Optimum Blast Furnace- Convertor Operation. IMP 311-318.

Erhan, A ., 2004 ; 6 Eylül. Dünya. Ekonomi-Politika.

Kortman, A., Lungen, H, Ritz, J. Wolker., 1992 ; " Quality Requirements For Burden Materials and Testing Method Used In Germany" Ironmaking Conference Proceeding. 195-203.