

# **HASANÇELEBİ BEMİR YATAĞINDA MANYETİT BAĞILIMI-BERTELİK TİLİŞKİLERİ**

Olca GÖKSU (\*)

## **ÖZET**

*Hasançelebi demir yatağında değer taşıyan başlıca mineral manyetittir. Milyar-ton düzeyinde jeolojik rezerve sahip olan yatağın ekonomik değerini bu mineral saptamaktadır. Manyetitin yatak içerisindeki dağılımı son 2 yıl içinde oldukça ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ve küçük hacim birimlerinde içeriğinin bir envanteri çıkarılmıştır (Kaynak 1). Bu envanter esas alınarak, yatağın çeşitli bölgelerinde manyetit dağılımı ile derinlik arasındaki ilişki polinom regresyonuyla araştırılmıştır.*

*Polinom regresyonu tek tek sondajlara ve cevher kitlelerine ait verilere uygulanmıştır. Kitle regresyonunda olsun, tek tek sondajlanından olsun, genel karakteristikleri birbirine benzeyen belirli polinom bağıntılarının var olduğu saptanmıştır. Genel karakteristikleri benzer olmakla birlikte, bağıntıların istatistiksel güvenilirlikleri farklı bulunmuştur.*

*Yatağın belli başlı bölgelerinde bağıntıların çok kuvvetli (güvenilir) olması, bunlardan değerlendirme çalışmalarında yararlanılması olanağını yaratmıştır. Daha önce eksik bilgiyle hatalı değerlendirilen bazı seviyeler böylece saptanabilmiş, yatağın oluşumundan sonra aşınma ile taşınmış kısımları hakkında da tahmin yürütmek olasılığı doğmuştur. İlerde başka pratik değerlendirmelerin de, bu bağıntılar yardımıyla yapılabileceği ümit edilmektedir.*

## **ABSTRACT**

*The principal mineral of value in Hasançelebi ore deposit is magnetite. It is magnetite that determines the economical value of the deposit which has ore reserves in the billion ton order with average 17 % magnetite. During the past two years, distribution of magnetite within the orebody was investigated intensively and an inventory of magnetite content and its grade distribution within the unit volumes of a block grid system were prepared. Based on this inventory, relationships between magnetite content and depth for various portions of the orebody were investigated, using the polynomial regression technique.*

*Polynomial regression was applied to individual drill hole information as well as to mass data. In both cases, it was determined that certain polynomial relationships prevailed between magnetite content and depth (or elevations). General characteristics of these polynomials were similar. However, their statistical reliabilities varied.*

*That these relationships were very strong for major portions of the orebody provided the opportunity to use the regression results in the evaluation work. It was possible to point out the ore levels which seemed to have been erroneously evaluated in the previous work due to scant drill hole information. Results also helped making estimates on the eroded portions of the orebody. It is hoped that in the future, other practical evaluations from these results will be possible.*

(\*) Maden Yük.Mtitiendis( TÜSTAŞ Sınai Tesisleri A.5.

## 1. GİRİŞ

Malatya'nın Hekimhan ilçesinin 18 km. kuzeyinde bulunan HasaeLebi Demir Yatağı, madencilik tarihimize, belki de, yatırım öncesi araştırmaları en ayrıntılı şekilde incelemiş bir maden olarak geçecektir. Yatak, nce MTA Enstitüsünün en kapsamlı fizibilite etdlerinden birine konu olmuş, daha sonra da, TDİ Genel Müdürlüğü'nde kurulan özel bir yatırım grubunun ana araştırma ve uygulama görevi haline getirilmiştir.

lke ekonomisi üzerinde çok önemli etkileri olacağı bilinen bu madenin yatırım uygulaması ve işletme planlamalarında bu tür araştırmaların yararlı olduğu görülmüştür.

## 2. MANYETİT ENVANTERİ

HasaeLebi demir yatağt için, genel bir N 73° E doğrultusunda saptanmış, yatak yaklaşık 4km'lik uzunluğu boyunca bu doğrultuya dik olarak 40 metre kalınlığında düsey bloklara bölünerek kodlandırılmışım Bloklara batıdan doğuya doğru, 2 den 220'ye kadar artan çift rakamlı numaralar verilmiştir. Ayrıca, 20 metre yksekliginde yatay dilimler tasarlanmış ve bu dilimler tabanlarının ykseltisinden olan yükselik kotlarıyla tanımlanmışlardır. Yatağın böylece bir blok numarası ve bir dilim tanımı ile açıklanan ve basamak bloku adı verilen yanyana ve st üste sıralanmış birçok hacim birimlerinden oluştuğu düşünülmüştür. Bu hacim birimlerinden her birinin içerdiği miktarı, %5 Fe304 eştenr eğrilerinin içerisindeki (% 0-%5 Fe304 hariç) ton cevher ve Fe3O4 olarak hesaplanmıştır. Bunlardan da, regresyonda kullanılan ton Fe3O4 miktarları çıkarılmıştır (şekil 1).

## 3. KİTLE REGRESYONLARI

Cevher yatağının belli başlı kitlelerinden ikisi inceleme konusu yapılmıştır. Bilinen cevher rezervlerinin % 70 kadarı bu İki kitle içerisinde toplanmış bulunmakta ve bu kitlelerin açık işletme ile üretilmesi olası görünmektedir. Bu kitlelerin derinliklerinde sondaj verileri seyrekleşmekte ve klasik yöntemlerle yapılan değerlendirmelerin güvenilirliği azalmaktadır. Diğer taraftan alt cevher dilimlerinin üretilmesiyle ilgili dekapaj oranları, belirli bir derinlikten sonra hızla artmaktadır. Yirmi yıl ya da daha uzun süreli planlamalar yapılırken, pratik üretim derinlikleri cevher miktarlarının doğru saptanması

ve sınırlarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Regresyon uygulamalarının bu konulan bir de aydınlatacağı umulmuş ve manyetit içeriği-derinlik arasında kuvvetli bir ilişki saptanarak bu umut gerçekleşmiştir.

Kitle regresyonu uygulanan bölgeler, batıda 400 metre uzunluğu olan 82-100 blokları ile, doğu da 1600 metre uzunluğundaki 124-202 blokları arasındır. Bu iki bölgeden ilki yatağın % 10'unu, ikincisi % 60'ını kapsamaktadır. Batıdaki 82-100 bölgesinde, aşınmaya uğramamış, regresyon verisi olarak kullanılabilir, cevher içeriği daha önce güvenle saptanabilmiş kitle sütunu derinliği yaklaşık 220 metre, doğuda ise yalnız 120 metredir.

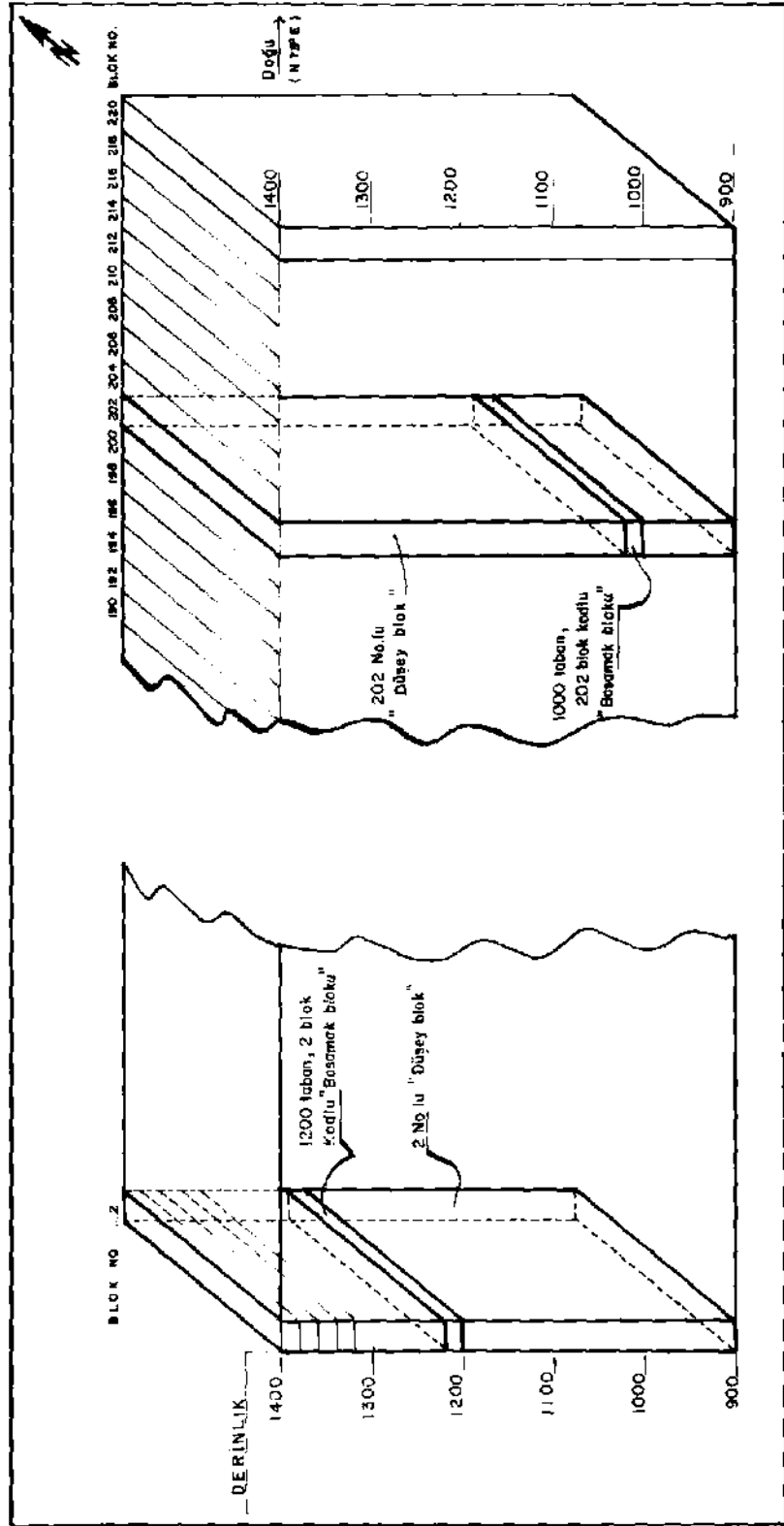
124-202 bloklarından oluşan kitle, doğuda açılacağı düşünülen büyük işletme çukurundaki cevheri temsil edebilir niteliktedir. 82-100 bloklarından oluşan kitlenin böyle pratik bir niteliği yoktur; sadece verileri önceden Kaynak Vde hesaplanmış olduğundan, örnek olarak kullanılmıştır. Kaynak l'de, yatağın tümünün regresyonla değerlendirilmesini sağlayacak veriler, her blok için ve blok grupları için önceden hesaplanmıştır.

Regresyon uygulamalarında, toplam 20 metrelik basamak derinlikleri veya basamak taban kotları X-değişkeni, bin-ton manyetit içeriği ise Y-değişkeni olarak kullanılmıştır.

### 3.1. Dördüncü Derecede Polinom Regresyonu, 82-100 Blokları (şekil 2)

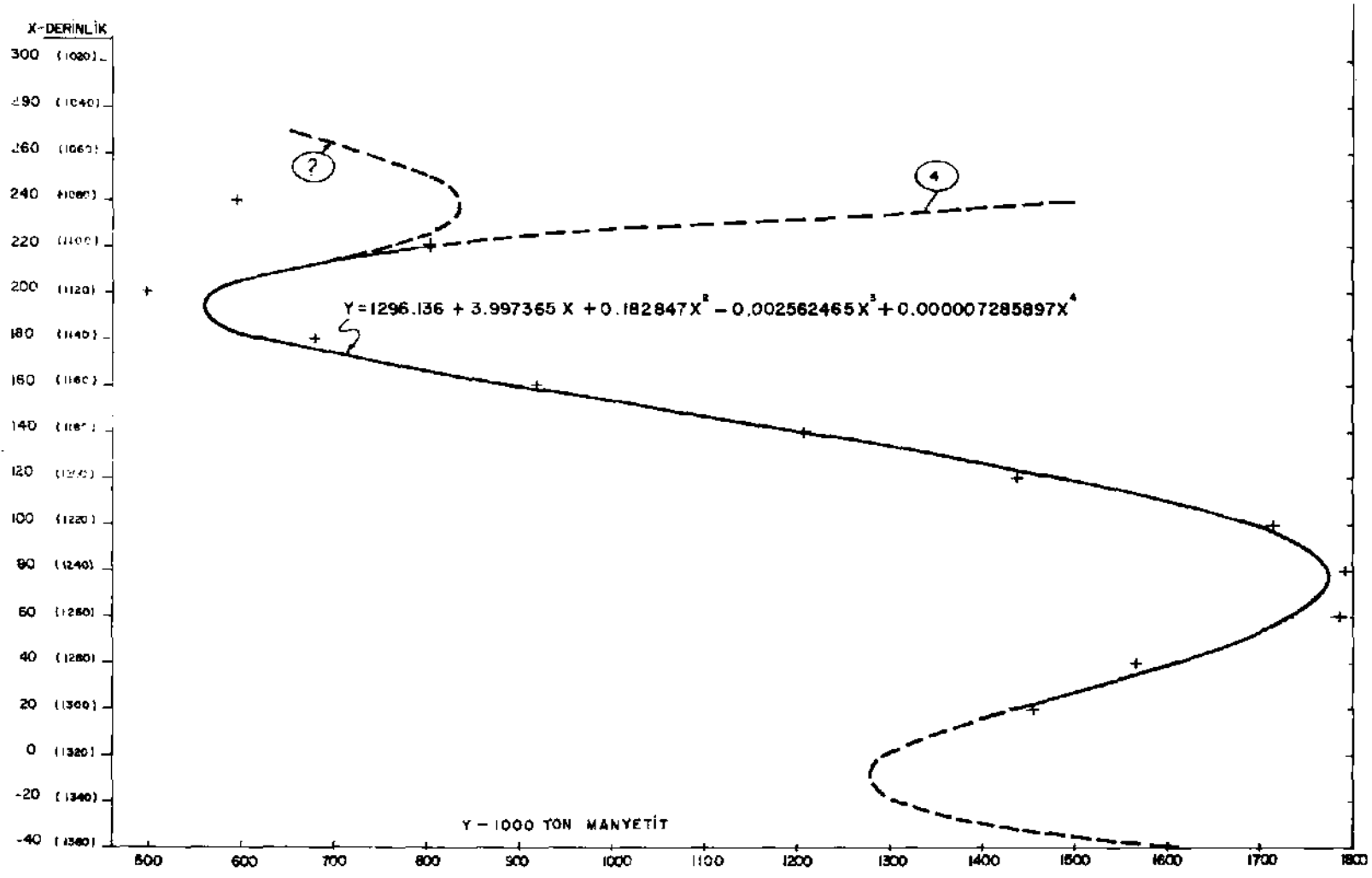
$$Y=1296.136 + 3.997365x + 0.1828474x^2 - 0.002562465x^3 + 0.000007285897x^4$$

Gözlem No	X Değer	Y Değer	Y Regresyonu	Fark
1	20	1455.00	1429.89	25.11
2	40	1563.00	1603.24	-40.24
3	60	1786.00	1735.16	50.84
4	80	1791.00	1772.60	18.40
5	100	1713.00	690.47	22.53
6	120	1437.00	1491.69	-54.69
7	140	1205.00	1207.12	-2.12
8	160	919.00	895.63	23.37
9	180	678.00	644.06	33.94
10	200	496.00	567.21	-71.21
11	220	802.00	807.89	-5.89



Şekil 1: Hasaelebi demir yatağının bloklara ve basamak bloklarına ayrılış yöntemi (öçeksiz; sematik).

Sekil 2: 81-100, 4. Derajat Regresyon



Bu Polinom İçin Farklılık (Varyans) Analizi

Farklılığın Cinsi	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Toplam Kareler Yönünden Düzeltme
Regresyonla Ortalama arasında	4	2 117 246	529 311.5	53.62	10 295
Regresyondan Sapma	6	59 231	9871.8		
Toplam (Ortalama ile gerçek arasında)	10	2 176 477			

$$R^2 = .9728$$

$$\text{Tablo F.995} = 21.97$$

Regresyon Notları:

- X değeri, sırayla 1320-1300, 1300-1280, 1280-1260, 1260-1240, ... 1120-1100 dilimlerinin metre cinsinden derinlikleridir. Y Değeri, yakın sondajlardan klasik yöntemlerle bulunmuş bin-ton manyetit rakamlarıdır.
- Y regresyonu, regresyon denkleminin verdiği sonuçlardır (bin ton Fe304).
- Varyans analizinden, regresyon denkleminin verilerin % 97.28'ini % 99 güven derecesiyle temsil ettiği görülmektedir.
- 82-100 blokları için en üstte ve tabanda birer adet veri daha klasik yöntemlerle önceden saptanmış ise de bunlar da katılarak regresyon uygulandığında, bağıntının zayıfladığı görülmüş ve bu verilerin doğruluğu yeniden incelenmiştir. En üstte konik topografya ve düşük karot randımanı, tabanda ise sondaj seyrekliği nedeniyle veri hesap detayında hataya düşülmüş olabileceği kanısına varılmıştır. Hatalı saptanmış olabileceği düşünülen bu iki verinin de katılmasıyla (13 gözlemle) yapılan regresyon 2. derecede bir polinom ( $Y=58190-94.808x-0.03762x^2$ )

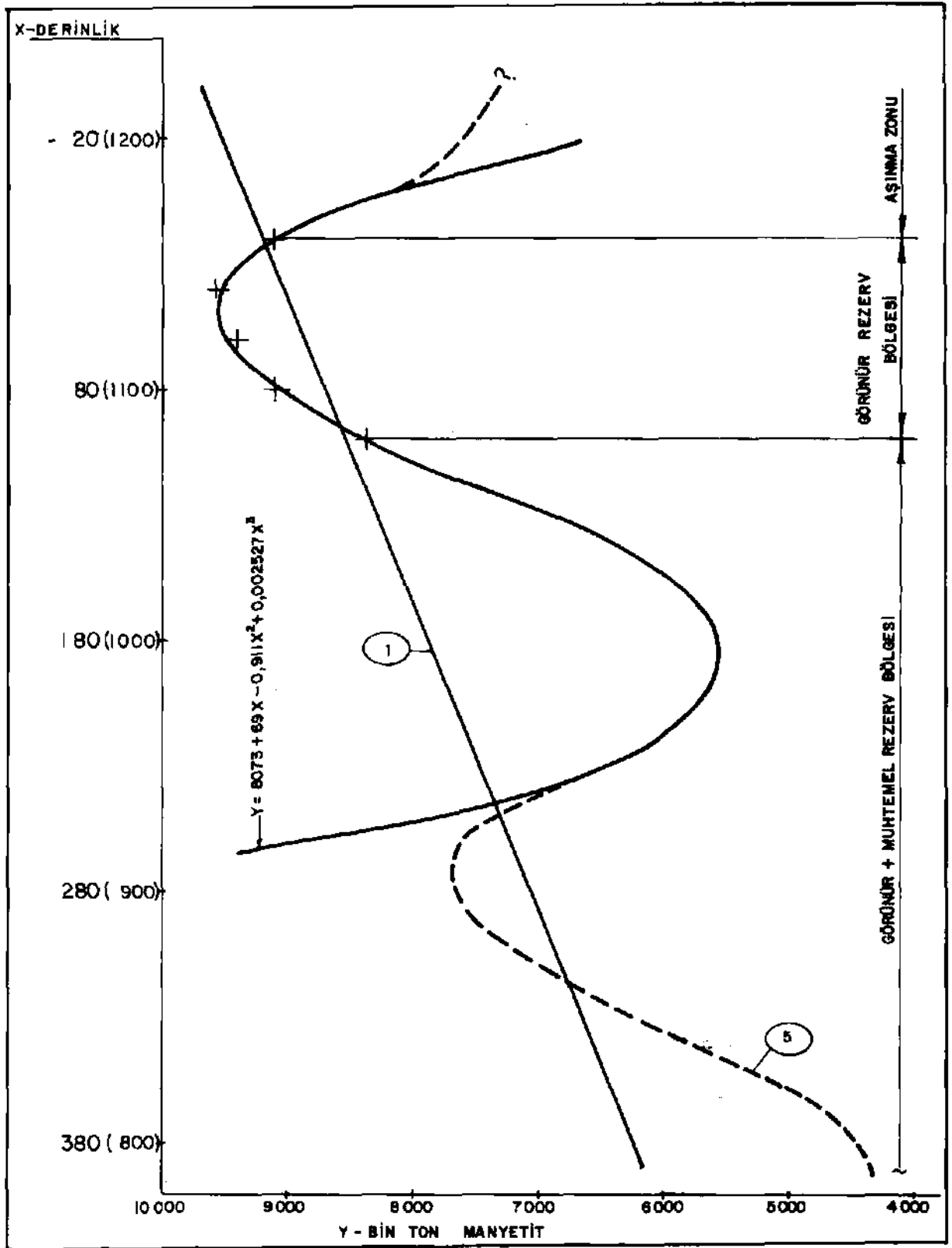
vermiş ve bunun için  $R^2 = .7523$ , hesaplanan  $F = 15.19$ , Tablo F .90=9.39 bulunmuştur.

- Verilerden altta bir değer daha azaltıldığında (10 gözlem), yine 2. dereceden bir polinom ( $Y= 1335.381 - 10.46283x + 0.007675x^2$ ) ve bunun için  $R^2 = .9547$ , hesaplanan  $F=73:82$ , Tablo F. 975=39.36 bulunmuştur. Bu sonuca göre, alttan ikinci verinin birinciye göre daha sağlam olduğu söylenebilir.

3.2. Üçüncü Derecede Polinom Regresyonu -124-202 Blokları (Şekil 3)

$$Y=8073.016+9.0063x - 0.9110062x^2 +0.002527146x^3$$

Gözlem No	X Değeri	Y Değeri	Y Regresyonu	Fark
1	20	9088	9108.84	-10.84
2	40	9583	9537.16	45.84
3	60	9411	9479.29	-68.29
4	80	9102	9056.52	45.48
5	100	8378	8390.16	-12.16



Sekil 3: 124-202 Regresyonu

Bu Polinom için Farklılık (Varyans) Analizi

Farklılığın cinsi	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalama	F değeri	Toplam KarelerYönünden Düzeltme
Regresyonla Ortalama arasında	3	840 474	280158	28.61	5156
Regresyondan sapma	1	9791	9791		
Toplam (Ortalama ile gerçek arasında)	4	850 265			

$R^2 = .9885$

**Tablo F.95=10.13**

Regresyon Nodarı

- X değerleri, 1180-1160, 1160-1140, ...1100-1080 dilimleri için sırayla 20-40, ...100 metredir.
- Y değerleri, 40 metre aralıklı tenörsel dağılım kesitlerinden çıkarılan, görünür nitelikteki, 40m x 20 m kesitli blokların 1000-ton manyetit içerikleridir.
- Y regresyonu, regresyon denkleminin verdiği sonuçlardır.
- Üstten bir gözlem katılmasıyla yalnızca 2. dereceye kadar regresyon yapılmış ve  $R^3 = \%98.83$ , hesaplanan  $F = 127.18$ , Tablo F.99=99.17 bulunmuştur. Polinom,

$$Y = 7247.973 + 65.43845x - 0.4681318x^2 \text{ dir.}$$

3.3. Dar Bölgelerde ve Sondajlarda Regresyon Sonuçları

Cevher yatağı kitesinin geniş ana bölgelerinde çok

kuvvetli regresyon ilişkilerinin saptanmasından sonra, bu bölgeler daraltıldığında bağıntıların sürüp sürmediği araştırılmış, ayrıca da, pratik en dar düzey sütunu temsil eden dik sondajlarda da aynı regresyonlar uygulanmıştır.

En dar düzey sütunlarda bile, yeterli derinliğe kadar bilgi olması gereğiyle, regresyon ilişkilerinin genellikle anlamlı olacak kadar kuvvetli olduğu kanısına varılmıştır.

Cevher yatağının en geniş bölgesi olan 124-202 bloklarında ve aşınmaya uğramamış, verileri sağlam 120 metrelik bir sütunda, manyetit içeriği-derinlik arasında kuvvetli bir bağıntı olduğu gibi, kitlenin daraltıldığında da bağıntının az değişik biçimlerde sürdüğü görülmüştür.

Blok aralığı daraltıldığında, bağıntı önce çok daha kuvvetlenmiş, sonra giderek zayıflamıştır.

Bloklar	$R^3$	Hesaplanan F	Tablo F	Polinom Derecesi
			<b>.990</b>	
			.975	<b>.95</b>
124-202	<b>.98 85</b>	28.61	17.44	3
140-188	<b>.99 96</b>	881.60	34.12	3
142-180	<b>.99 24</b>	130.73	99.00	2
162-180				

Sondajlarda, regresyon bağıntılarının aynı derecede kuvvetli olmadıkları, buna karşın genellikle anlam tanıdıkları sürülmüş ve pratik yarar sağlanmasında kullanılabilecekleri kanısına varılmıştır. Reg-

resyon bağıntıları sondaj loğlarından 5 metrede bir alınan nokta değerleriyle ve 20 metre, 40 metre, 60 metre dilim ortalama değerleriyle ayrı ayrı incelenmiştir.

Örnek sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.  
(N, nokta değerleriyle yapılan regresyon sonuçlarıdır)

Sondaj No	Regresyon	R <sup>1</sup> Bazı	Hesaplanan F	TABLO F DEĞERLERİ			Polinom Derecesi	
				F.99	F.975	F.95		
16 (380 m)	N	.517			39.64		19.48	2
	20	.715			12.56		8.70	3
	40	.907			12.18		6.26	4
	60	.801				4.33	5.39	3
43 (380 m)	N	.327				17.71	9.47	2
	20	.731		7.05			6.50	5
	40	.696				3.82	5.31	3
	60	.875				6.99	5.39	3
89 (240 m)	N							
	20	.943	19.86				10.67	5
	40	.892				5.53	5.46	3
	60	.824				4.68	9.00	2
118 (460 m)	N	.565	27.59				13.60	4
	20	.786	16.52				14.02	4
	40	.734			7.37		5.25	3
	60	.692			6.73		9.33	2
125 (400 m)	N	.324		11.82			8.56	3
	20	.318			2.49		5.20	4
	40	.800		6.02			4.53	3
	60	.634			1.73		5.39	3

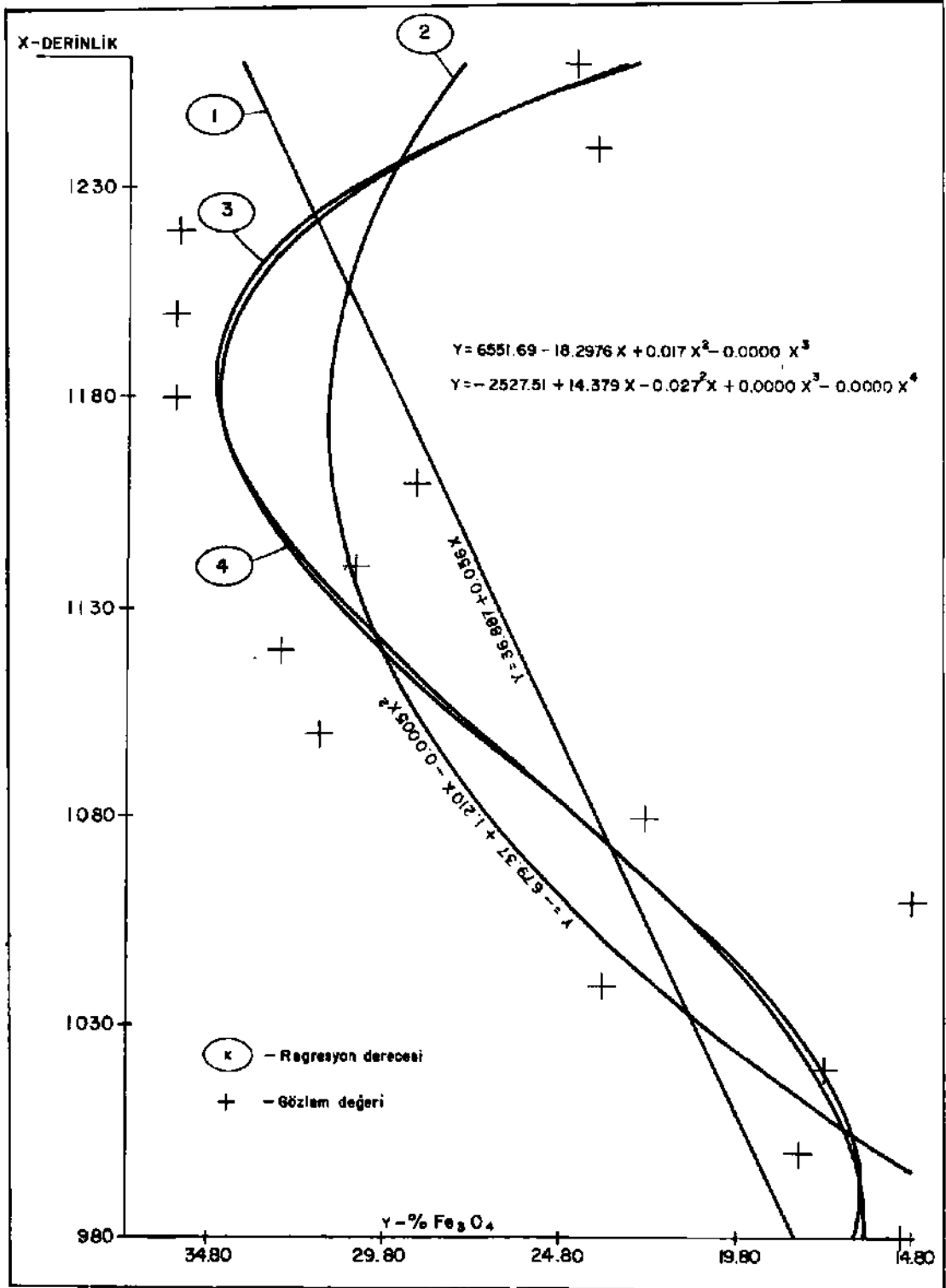
#### NOTLAR

- Hasançelebi demir yatağında açılan 147 adet sondajdan yalnızca incelenen bölgedeki 22'sine regresyon uygulanmış ve bunlardan da 5'inin sonuçları yukarıda özetlenmiştir.
- Sondaj derinlik aralığı birkaç regresyon yinelenmesinde azaltılmış ve polinom derecesinin düşüğü görülmüştür. Kitle regresyonlarında da benzer durumlarla karşılaşıldığından, veri aralığı arttıkça daha yüksek dereceden regresyon yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır,
- Yukarıda, sondaj derinliği aralıkları, sondaj no. kolonunda gösterilmiştir.

#### 3.4. Regresyon Polinomlarının Derecelerine göre Karşılaştırılması:

Bir örnek niteliğinde, 15 numaralı sondajın 20 metre dilim değerlerine uygulanan polinom regresyonun çeşitli derecelerdeki sonuçları aşağıdaki grafik ve çizelgede verilmiştir (Şekil 4).





Sekil 4: Ha-1 5 Sondajı ZO-metre dilim regresyonu

Polinom Derecesi	R <sup>2</sup>	Hesaplanan F	Tablo F
			.95 .90
1	.444	10.37	61.0
2	.664	11-84	9.41
3	.788	Kareler toplamı	düzelmedi
4	.789		

Üçüncü ve dördüncü dereceden polinomların, verilerin daha büyük kısmını temsil ettikleri, ancak bağıntı güvenilirliğinde artış sağlamadıkları görülmektedir. Bağıntı güvenilirliği yönünden ve sadece verilerin bulunduğu derinlik aralığında ikinci derecede polinom yeterli sayılabilirse, derinlik aralığı artırılmak istendiğinde (extrapolasyonla aşınmış üst kısımların ve bilinmeyen derinliklerin kestirilmesi) daha yüksek dereceli polinomların kullanılması gerektiği görülmektedir.

#### 4. YORUM VE SONUÇLAR

- 4.1. Genel olarak, geniş kitle sütunları regresyon bağıntılarının dar kitle ya da sondaj bağıntılarından daha kuvvetli olduğu söylenebilmekte, ancak belirli bir bölgede belirli bir kitle genişliğinin en iyi regresyonu verdiği görülmektedir. Hatta belirli düşey aralıkların da diğer aralıklardan daha iyi sonuç verdiği bakılınca, jeostatistik'in temel kavramı olan Bölgesel Değişkenler Teoremi (Theory of Regionalized Variables), Hasançelebi demir yatağında da kanıtlanmış olmaktadır.
- 4.2. Yine bir genelleme yapılırsa, regresyon bağıntılarının daha çok global değerlendirmelere yarayacak bir araç şeklinde düşünülebileceği görülür. Bağıntı tüm kitleyi belli bir doğrulukta temsil edebilir fakat kitlenin ayrı ayrı her seviyesini doğru olarak veremeyebilir. Ancak, regresyon bağıntısının çok kuvvetli olduğu durumlarda (yukarıda 140-188 kitle regresyonunda, hatta 82-100 ve 124-202 kitle regresyonlarında olduğu gibi), varyans miktarları az olduğundan, ayrı ayrı seviye değerlerinin de regresyon denklemiyle güvenle ölçülebileceği söylenebilir.
- 4.3. Regresyon denkleminin extrapolasyonu ile bilinmeyen veya az bilinen üst ve taban zonlarının kestirilmesi olanağı doğmuştur. Böylece, yüzeyde aşınmış cevher miktarları kestirilebildiği gibi, sondajların seyrekleştiği taban zonlarında-

ki cevher miktarının da daha güvenilir biçimde hesaplanması olasıdır.

- 4.4. Derinlik arttıkça, genellikle, daha yüksek derecede regresyonlara gereksinme duyulmuştur. Ayrıca, aynı derinlik için, daha yüksek dereceli regresyonların, genellikle daha iyi sonuç verdikleri görülmüştür.
- 4.5. Bu genellemelerden şu pratik sonuçlar çıkarılmıştır.
- 4.5.1. Yatağın 74-106 ve 124-202 bloklarında, işletilebilir seviyelere kadar, Önemli olasılık (muhtemel) rezerv potansiyelinin var olduğu saptanmış ve sadece 124-202 bloklarındaki görünür-muhtemel rezervin planlanan büyük işletmenin 20 yıllık gereksinimini karşılayabileceği görülmüştür. Yeni sondaj programının kuvvetli gerekçelerinden birisi, böylece, bu muhtemel potansiyeli görünür hale getirmek olmuştur.
- 4.5.2. Geniş tabanlı işletme çukurunun alt düzeyinin seçimini de yine regresyon sonuçları kolaylaştırmıştır. Olasıl rezerv potansiyeli de dikkate alınarak, marjinal alt basamakların dekapaj/cevher oranları incelenmiş, İşletme çukurunun geniş tabanlı olarak nereye kadar indirilebileceği görülmüştür.
- 4.5.3. Regresyon bağıntısının kuvvetli olduğu ana cevher kitlelerinde, örnek düzeylerin nokta değerlendirilmelerinden gidilerek birer metre derinlikle manyetit içeriği arasındaki ilişkinin çıkarılacağı ve buna dayanılarak basamak yükseklikleri farklı proje işletmelerinin seri şekilde karşılaştırılmalarının mümkün olacağı düşünülmektedir.
- 4.5.4. Regresyon bağıntılarının bir bileşkesiyle tüm yatağın, ya da işletilecek bölgelerin oldukça güvenilir matematiksel modelinin çıkarılacağı ve bu modelin istatistiksel güvenilirliğinin yüksek olacağı düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Göksu O; "Hasançelebi Demir Yatağı Dengelenmiş Basamak Blokları Bilgisayar Detay Raporu" Hasançelebi Demir Tesisleri Grup Başkanlığı, Kasım 1977.
- Draper, N.R., Smith H; "Applied Regression Analysis", John Wiley and Sons Inc. New York, 1966