

### 1.11.3. Nokta diyagramları (scatter diagrams)

Nokta diyagramları (scatter diagrams) yer bilimlerinde olduğu kadar diğer bilim dallarında da en yaygın kullanılan graf türlerinden biridir. Bu tür diyagramlar, bir veri yığını (diğer bir deyişle bir popülasyon) içinde iki farklı büyüklük veya seri arasındaki ilişkiyi X-Y eksenlerinden oluşan bir graf üzerinde sergilerler. Sütun ve çizgi graflardan en büyük farkları, X ve Y eksenlerinin her ikisinin de bir değer (value) içermeleri, ve dolayısı ile kategori kapsamamalarıdır. Son iki uygulamadan hatırlayacağınız gibi sütun ve çizgi grafların X eksenini (yatay eksen) kategorileri (categories), Y eksenini ise bu kategorilerin değerlerini göstermekteydi. Bu farklılıklar nedeniyle nokta diyagramlarına veri izdüşürmek (plotting) için diğer graflara göre farklı bir yöntem izlenir.

	A	B	C	D
1	Alan	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO
2	Pasinler	68.05	0.59	0.27
3	Pasinler	65.11	0.83	1.13
4	Pasinler	63.52	0.69	2.87
5	Pasinler	65.06	0.58	2.34
6	Pasinler	72.55	0.14	0.03
7	Pasinler	75.87	0.10	0.01
8	Horasan	49.67	1.47	7.06
9	Horasan	54.39	1.10	4.87
10	Horasan	60.33	0.68	3.95
11	Horasan	54.36	1.90	4.56
12	Horasan	56.29	1.29	3.86

Şekil: 4.27. Erzurum-Kars Platosu'nun çarpışma kökenli volkanik birimlerinden (Pasinler ve Horasan alanlarından) alınan kaya numunelerinin XRF ile analiz edilmiş majör element değerleri.

Excel 95 programında nokta diyagramı oluşturma konusuna basit bir örnekle başlayalım. Excel 95 programını başlatın ve Şek. 4.27'de verilen tablodaki verileri boş bir dosyaya girin.

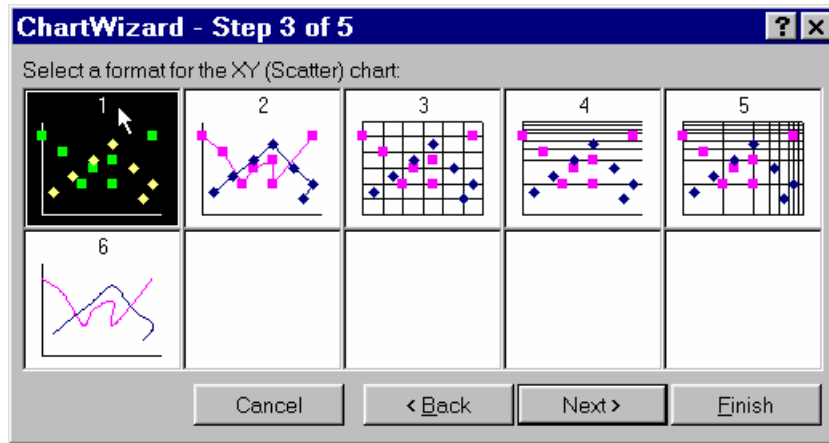
Tabloda görülen veriler, KD Anadolu'da Erzurum-Kars Platosu'nda geniş alanlar kaplayan volkanik kayalardan alınmış numunelerin XRF ana element oksidi analiz sonuçlarını içermektedir. Yöredeki birimleri ortaya çıkaran volkanik etkinlik, Arap ve Anadolu levhaları arasında yaklaşık 15 milyon yıl önce meydana gelmiş olan kıtasal bir çarpışmaya kökensel olarak bağlıdır. Yaklaşık 8 milyon yıl önce başlayan aktivite, 1.5 milyon yıl önceye kadar sürerek kalınlığı

kimi yerde 1000 m'ye ulaşan istifler oluşturmuştur.

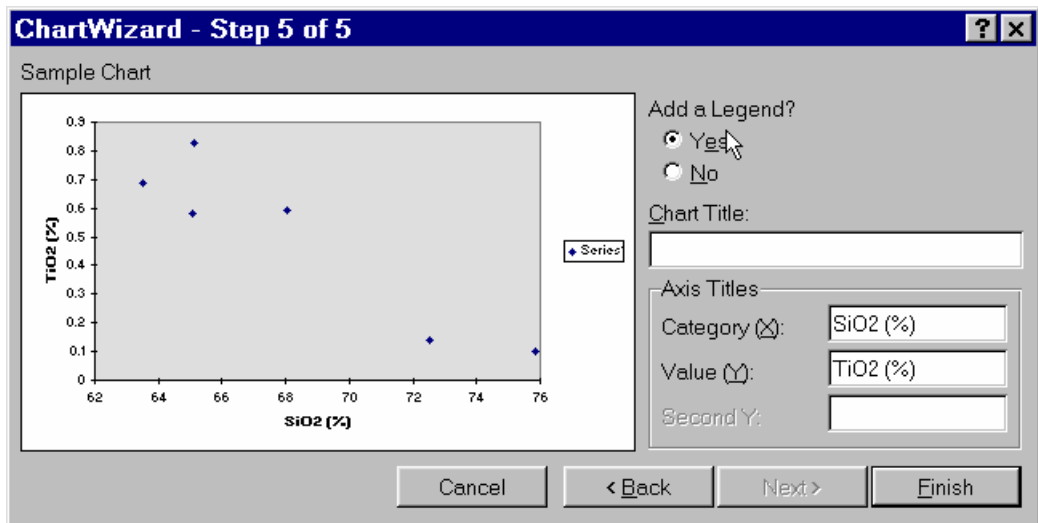
Verilerden anlaşıldığı üzere, tabloda Pasinler ve Horasan alanları olmak üzere iki alana ait numunelerin analiz sonuçları vardır. Şimdi amacınız, bu iki alandan alınan numunelerin TiO<sub>2</sub> değerlerinin SiO<sub>2</sub>'e göre nasıl bir değişim sergilediğini araştırmak üzere bir nokta diyagramı oluşturmaktır.

1. Bunun için ilk adım Pasinler alanına ait numunelerin SiO<sub>2</sub> ve TiO<sub>2</sub> değerlerini kapsayacak şekilde B2:C7 alanını fare ile seçmektir (Şek. 4.27).

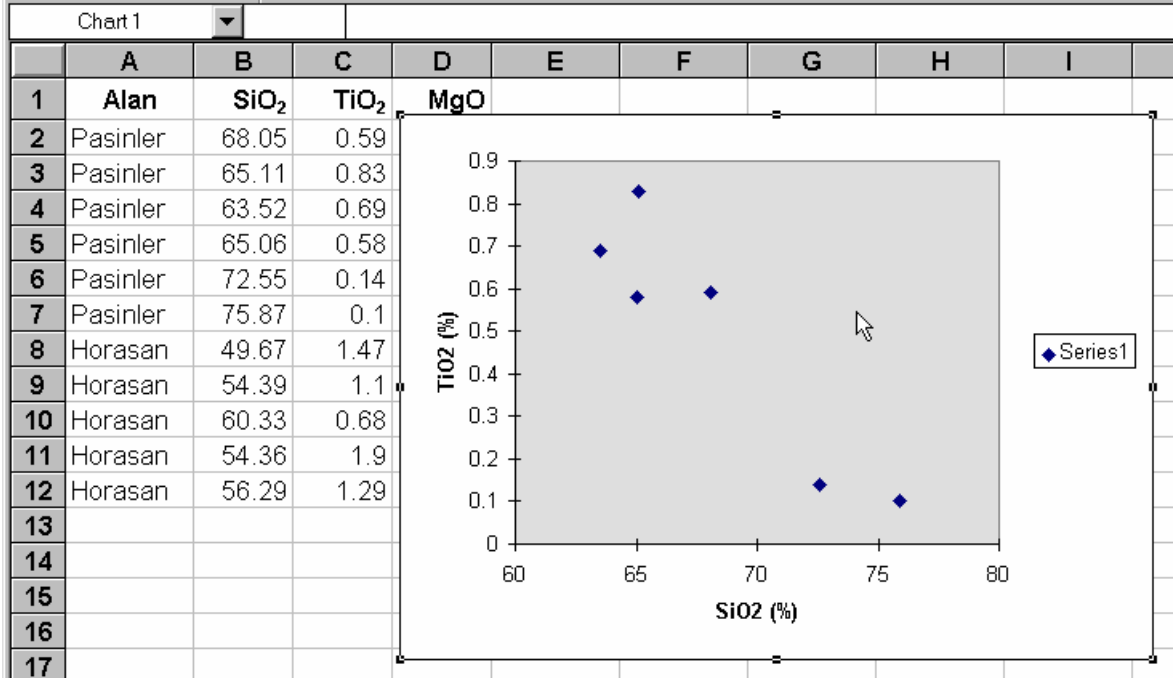
- Ardından önceki derslerde gördüğünüz gibi, *Grafik Sihirbazı* düğmesine tıkladıktan sonra grafiği çizmek istediğiniz alanı fare sol tuşunu basılı tutarak sayfa üzerinde çizip belirleyin. Bu işlemi tamamladığınızda *ChartWizard* diyalog kutusunun ortaya çıktığını göreceksiniz. *ChartWizard – Step 2 of 5* adlı bu kutudaki 15 seçenek arasından *XY (Scatter)* diyagramını seçin; *Next* düğmesine tıklayın.
- ChartWizard – Step 3 of 5* adlı diyalog kutusunda ise logaritmik olmayan ve ızgara (grid) çizgileri kapsamayan 1. seçeneği seçip *Next*'e tıklayın.



- ChartWizard – Step 4 of 5* adlı diyalog kutusunda değişiklik yapmadan *Next*'e tıklayarak geçin.
- ChartWizard – Step 5 of 5* adlı son diyalog kutusunda grafik adı (başlığı: *Chart Title*), Kategorilere karşılık gelen *X (Category (X))* ve değerler için kullanılan *Y (Value (Y))* eksenlerine ( *Value (Y)* ) istediğiniz ismi verebilirsiniz. Grafiğinizdeki noktaların hangi serilere ait olduğunu sergileyen bir açıklama (lejand) istiyorsanız, *Add a Legend?* radyo düğmelerinden (radio button) *Yes*'i seçin.



6. Şekil 4.28’de görüldüğü gibi sayfanın üzerinde bir nokta grafiğinin ortaya çıktığını göreceksiniz. Diyagram üzerinde Pasinler alanındaki altı numunenin her birinin  $\text{SiO}_2$ ’ değerine karşı  $\text{TiO}_2$  değeri iz düşülerek ortaya çıkan noktalar vardır.



Şekil: 4.28. Nokta diyagramı oluşturulduktan sonra.

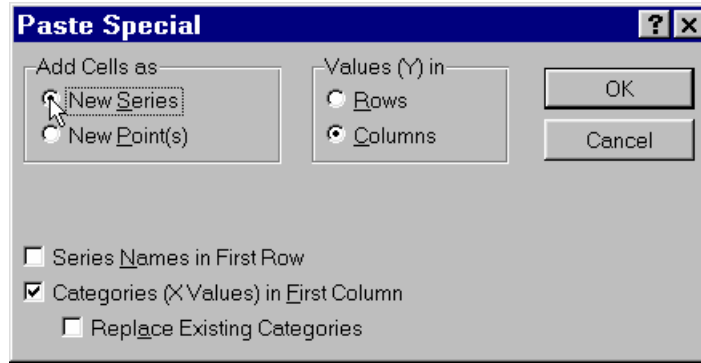
Bu diyagramı fare ile istediğiniz yere taşıyabilir, kenar ve köşelerindeki minik kare şekilli tutamaklardan fare ile tutup diyagramınızı istediğiniz boyuta ayarlayabilirsiniz. Diyagramı kopyalayabilir, aynı ya da farklı sayfalar veya dosyalar üzerine istediğiniz sayıda yapıştırabilirsiniz. Benzeri şekilde diyagramı kesip başka bir sayfa veya dosyaya da yapıştırabilirsiniz. Her durumda, diyagram üzerindeki noktaların tablo ile olan bağlantısı sürecektir. Yani siz tabloda bir değişiklik yaptığımızda, yaptığımız değişikliği gösterecek şekilde grafiğin de değiştiğini göreceksiniz. Bu bağlantı (link) siz dosyayı ve bilgisayarı kapatsanız bile sürecektir.

Diyagram içinde herhangi bir yeri, örneğin eksenlerin ölçeğini, yazı karakterlerini, eksen çizgi kalınlıklarını, nokta sembollerini, sembol ve ard alanın rengini değiştirmek için diyagram üzerine çift tıklayarak onu aktive etmelisiniz. Ardından neyi biçimlemek istiyorsanız üzerine çift tıklayın. Açılacak olan diyalog kutuları yardımıyla biçimleme işlemini istediğiniz şekilde yerine getirebilirsiniz. Bu tür işlemlerden bir kısmını, biçimlemek istediğiniz program öğesi üzerinde fare sağ tuşu ile tek tıklayıp açılacak olan asılı menüden ilgili komutları seçerek de yapabilirsiniz. Örneğin eksenlere dik konumlu duran *grid çizgilerini* diyagramınıza eklemek için eksen üzerinde sağ tuşa tıkladığınızda

açılacak olan menüden *Insert Gridlines...* komutunu seçebilir ve ardından açılacak olan diyalog kutusundaki seçenekleri dilediğiniz şekilde seçebilirsiniz.

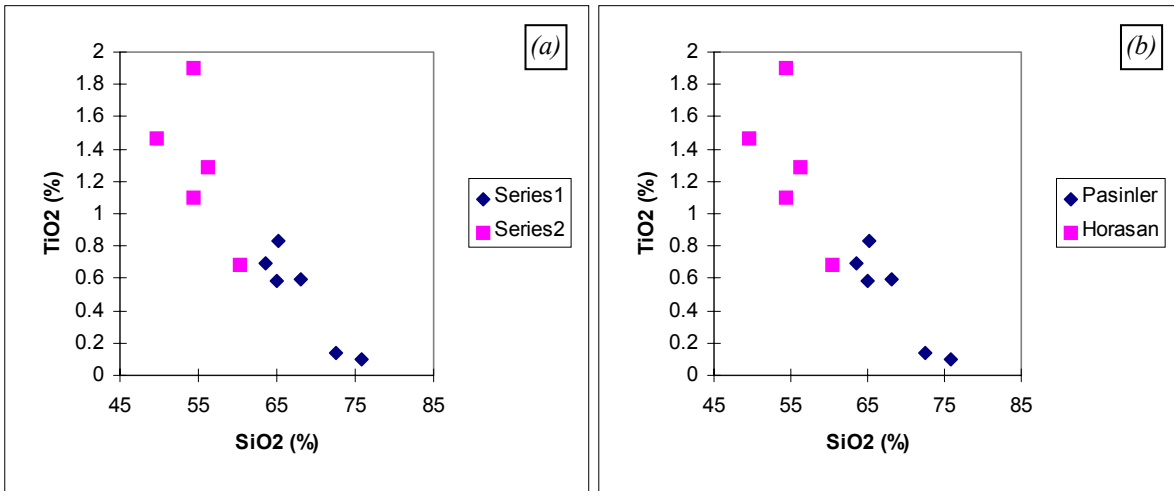
Sıra geldi Horasan alanına ait verileri diyagrama Pasinler'in sembolünden farklı bir sembol ile izdüşürmeye. Bunun için aşağıda listelenen basamakları izleyin.

1. Horasan alanından alınmış numunelerin SiO<sub>2</sub> ve TiO<sub>2</sub> analiz sonuçlarını içeren B8:C12 alanını fare ile seçin. Ardından *Copy (Kopyala)* komutunu uygulayın.
2. Burada vurgulanması gereken önemli bir nokta, nokta diyagramlarında farklı sembollerle gösterilen veri gruplarının “*seri*” (*series*) olarak isimlendirildiğidir. Buradaki örnekte Pasinler ve Horasan olmak üzere iki grup veri vardır yani *iki seri* bulunmaktadır. Bunlardan birincisi olan Pasinler'i diyagrama bir önceki basamakta izdüşmüş bulunuyorsunuz. Sıra, Horasan alanından derlenen numunelere ait verileri diyagrama izdüşmeye geldi. Şimdi *diyagram üzerine çift tıklayarak* aktive edin.
3. Edit menüsünden *Paste Special...* komutunu seçin. Ekranı gelecek olan Paste Special diyalog kutusunda *Add Cells as* (hücreleri şu şekilde ekle) bölümündeki radyo düğmelerinden *New Series'i* (*Yeni Seriler*) seçin. Eğer *New Point(s)'i* (*Yeni Nokta(lar)*) seçerseniz, program yeni bir seri oluşturmaz ve izdüşülecek verileri bir önceki basamakta izdüşülen seriye ekler ve aynı sembolle gösterir. Örneğin buradaki örnekte Pasinler ve Horasan alanlarını iki seriye birbirlerinden ayırmadan aynı sembolle gösterir. Bu arada diyalog kutusunun alt kısmında bulunan *Categories (X Values) in First Column (Kategoriler (X Değerleri) İlk Sütunda)* seçeneğinin onaylanmış olmasına dikkat edin. Başka bir yere dokunmayın.



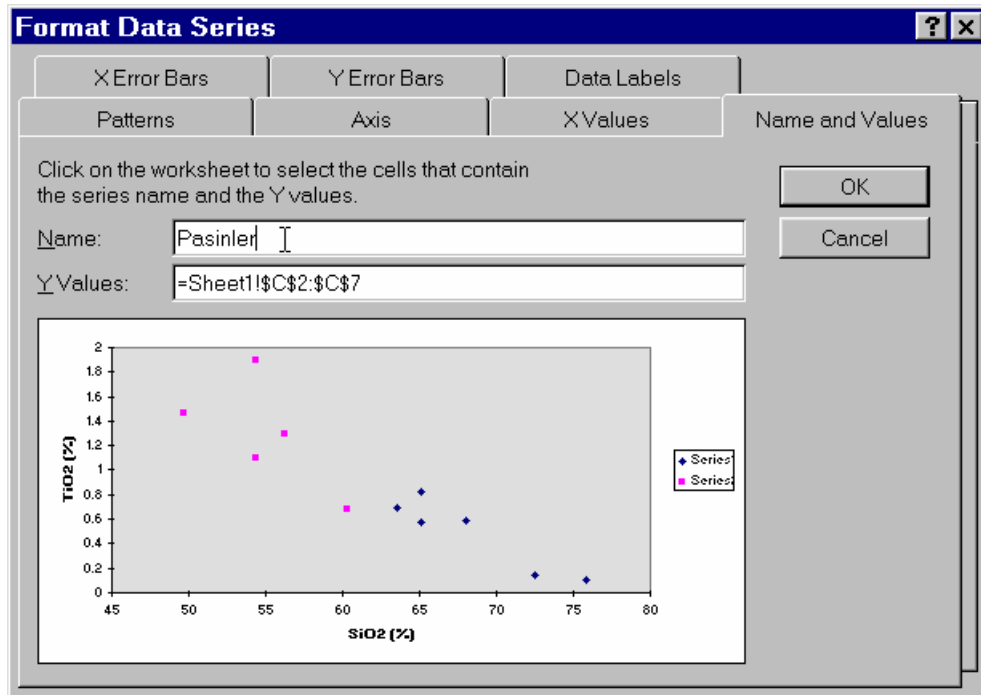
4. OK düğmesine bastığınızda, Horasan alanındaki numuneleri temsil eden farklı renkte 5 yeni noktanın diyagrama eklendiğini göreceksiniz. X ekseninin ölçeği bozulduysa üzerine çift tıklayarak açılacak sekmeli diyalog kutusundan *Scale (Ölçek)* sekmesini seçin ve *Minimum* değerini 45'e ayarlayın, OK'e tıklayın.

Grafik üzerindeki lejant kutusunda noktaların açıklaması olarak Series1 ve Series2 olmak üzere iki serinin olduğunu göreceksiniz (Şek. 4.29 a). Bunlardan birincisi Pasinler,



Şekil: 4.29. (a) Horasan alanına ait B8:C12 seri eklendikten sonra nokta diyagramı, (b) Aynı diyagramın seri isimleri değiştirildikten sonraki hali.

ikincisi ise Horasan'a karşılık gelmektedir. Yazılımlardaki bunca gelişmelere rağmen ne yazık ki Excel halen seri isimlerini otomatik olarak hissedemiyor. Bunun için, sizlere biraz tuhaf gelebilecek bir yol izlemek gerekiyor. Lejant üzerinde ismini değiştirmek istediğiniz seriye ait noktalardan biri üzerine çift tıklayın. Açılacak olan *Format Data Series* adlı diyalog kutusundaki *Name and Values* sekmesini seçin. Seçtiğiniz nokta hangi seriye ait ise *Name* boşluğuna üzerine tıklayarak onun ismini (ör. Pasinler) yazın (Şek. 4.30). Aynı işlemi diğer seriye ait noktalardan biri üzerinde de uygulayın (ör. Horasan). Lejant üzerinde seri isimlerinin yazdığımız şekilde belirlediklerini göreceksiniz (Şek. 4.29b).



Şekil: 4.30. Format Data Series adlı diyalog kutusundaki Name and Values adlı sekme yardımı ile grafiğin üzerine izdüşülen serilerin isimlendirilmesi.

## Excel'deki nokta diyagramlarında serileri gösteren formüllerin sintaksı

Bu başlık altında değinilen konular, programı daha iyi tanımak isteyen arkadaşlarınız için ek bilgi olarak verilmektedirler. Aşağıda anlatılacak konuları bilmeniz kuşkusuz sizin için son derece yararlı olacaktır. Ancak bunlardan *sınavda sorumlu değilsiniz*.

*X values* adlı sekme üzerinde *X* eksenine üzerine izdüşülen verilerin alan adresi (=Sheet1!\$B\$2:\$B\$7), *Name and Values* adlı sekmedeki *Y Values* bölümünde ise *Y* eksenine üzerindeki verilerin alan adresi (=Sheet1!\$C\$2:\$C\$7) görülmektedir. Karmaşık gibi görülen bu işaretlerin yani sintaksının (syntax) anlamı şudur:

**=Sheet1!\$B\$2:\$B\$7** : Sheet1 adlı dosyadaki B2:B7 hücreleri arasındaki veriler *X* eksenine gelecek şekilde izdüşülecek. Bu, Pasinler alanındaki numunelerin SiO<sub>2</sub> değerlerine karşılık gelmektedir.

**=Sheet1!\$C\$2:\$C\$7** : Sheet1 adlı dosyadaki C2:C7 hücreleri arasındaki veriler aynı diyagram üzerinde *Y* eksenine izdüşülecek. Bu, Pasinler alanındaki numunelerin TiO<sub>2</sub> değerlerine karşılık gelmektedir.

Bu tür formülleri, noktalar üzerine tıkladığınızda *Formül Çubuğu (Formula Bar)* üzerinde de görürsünüz. Seçtiğiniz noktanın bağlı olduğu seriye göre (Pasinler veya Horasan) formüllerin sintaksı şu şekildedir:

### Pasinler verileri için:

=SERIES("Pasinler";Sheet1!\$B\$2:\$B\$7;Sheet1!\$C\$2:\$C\$7;1)

“Pasinler” : serinin adı,

Sheet1! : verilerin üzerinde bulunduğu sayfanın adı,

Açıklaması: dosyadaki *Sheet1* adlı sayfada B2:B7 hücreleri arasındaki rakamlar *X* ve C2:C7 hücreleri arasındaki rakamlar *Y* eksenine gelecek şekilde diyagrama izdüşülerek noktalar oluşturulmuştur ve bu serinin adı *Pasinler* olarak verilmiştir.

### Horasan verileri için:

=SERIES("Horasan";Sheet1!\$B\$8:\$B\$12;Sheet1!\$C\$8:\$C\$12;2)

“Horasan” : serinin adı,

Sheet1! : verilerin üzerinde bulunduğu sayfanın adı,

Açıklaması: dosyadaki *Sheet1* adlı sayfada B8:B12 hücreleri arasındaki rakamlar *X* ve C8:C12 hücreleri arasındaki rakamlar *Y* eksenine gelecek şekilde diyagrama izdüşülerek noktalar oluşturulmuştur ve bu serinin adı *Horasan* olarak verilmiştir.

Verilerin üzerinde bulunduğu sayfanın adını değiştirdiğinizde *Sheet1!* adının da yeni verilen isme dönüştüğünü görürsünüz. Excel'deki zeki bağlantılar (*links*) her türlü müdahaleye rağmen devam etmektedir. Grafik dosyasını keserek başka bir dosya üzerine yapıştırdığınızda ise, yukarıdaki formüllerin, serilerin bağlı (link'li) olduğu dosyayı da gösterecek şekilde değiştiklerini göreceksiniz:

=SERIES("Horasan";[Geçici.xls]Sheet1!\$B\$8:\$B\$12;[Geçici.xls]Sheet1!\$C\$8:\$C\$12;2)

=SERIES("Pasinler";[Geçici.xls]Sheet1!\$B\$2:\$B\$7;[Geçici.xls]Sheet1!\$C\$2:\$C\$7;1)

Her iki formülde de eklenen [Geçici.xls] tarif edilen sayfa ve üzerindeki hücre adreslerinin Geçici.xls adlı bir dosyada olduklarını gösterir. Geçici.xls adlı dosyayı kapadığınızda ise formül dosyanın içinde bulunduğu sürücü ve klasörün yerini (path) gösterecek şekilde değişir ve link'ler kopmadan kalır:

=SERIES("Pasinler";'C:\Jeoloji\Örgün\Grup 1\[Geçici.xls]Sheet1!\$B\$2:\$B\$7;'C:\Jeoloji\Örgün\Grup 1\[Geçici.xls]Sheet1!\$C\$2:\$C\$7;1)

=SERIES("Horasan";'C:\Jeoloji\Örgün\Grup 1\[Geçici.xls]Sheet1!\$B\$8:\$B\$12;'C:\Jeoloji\Örgün\Grup 1\[Geçici.xls]Sheet1!\$C\$8:\$C\$12;2)

Bu tür nokta diyagramlarında, serileri oluşturan verilerin sütunlar şeklinde yerleştirilme zorunluluğu yoktur; satırlar şeklinde de düzenlenebilirler ve diyagramlara izdüşürülebilirler (Şek. 4.31). Bu durumda da serileri nokta diyagramına izdüşmek için yukarıda basamaklar şeklinde anlatılan yolun aynısı izlenir: önce Pasinler serisinin SiO<sub>2</sub> ve TiO<sub>2</sub> değerlerini içeren B2:G3 seçilir, *ChartWizard* ile grafiğe izdüşülür ve ardından Horasan alanını gösteren H2:L3 alanındaki veriler seçilir *Paste Spacial...* ile -yukarıda anlatılan konulara dikkat ederek- diyagrama yapıştırılır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Alan	Pasinler						Horasan				
2	SiO <sub>2</sub>	68.05	65.11	63.52	65.06	72.55	75.87	49.67	54.39	60.33	54.36	56.29
3	TiO <sub>2</sub>	0.59	0.83	0.69	0.58	0.14	0.1	1.47	1.1	0.68	1.9	1.29
4	MgO	0.27	1.13	2.87	2.34	0.03	0.01	7.06	4.87	3.95	4.56	3.86
5												

Şekil: 4.31. Serileri oluşturacak olan verilerin sütunlar yerine satırlar şeklinde düzenlenmesi.

### Birbirine komşu olmayan sütun veya satırlardaki verilerin nokta diyagramlarına izdüşürülmesi

SiO<sub>2</sub>'ye karşı TiO<sub>2</sub> değerlerini Pasinler ve Horasan serileri için diyagrama izdüştük. Ya bu işlemi SiO<sub>2</sub>'ye karşı MgO için yaptığımızda, yani izdüşülecek veriler arasında bir veya birden fazla satır veya sütun bulunursa ne olacak?

Excel 95 sayfası üzerinde komşu olmayan iki alanı seçmek için *Control (Ctrl)* düğmesi kullanılır. Önce Pasinler serisinin SiO<sub>2</sub> değerlerine karşılık gelen B2:B7 alanını fare ile bildiğiniz yoldan seçin. Fare düğmelerine dokunmayın. *Ctrl* düğmesine basın ve parmağınızı basılı tutun. Parmağınız *Ctrl* üzerinde basılı iken Pasinler serisinin MgO değerlerini içeren D2:D7 alanını fare ile seçin. Birbirine komşu olmayan iki alanın aydınlandığını (seçildiğini) göreceksiniz (Şek. 4.32). Seçilen alanlar paralel olmalı (aynı satır veya sütun numarasından başlamalı) ve aynı sayıda hücre içermelidir. Yanlışlıkla farklı sayıda hücre seçtiyseniz fare ile sayfa üzerinde

	A	B	C	D
1	Alan	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO
2	Pasinler	68.05	0.59	0.27
3	Pasinler	65.11	0.83	1.13
4	Pasinler	63.52	0.69	2.87
5	Pasinler	65.06	0.58	2.34
6	Pasinler	72.55	0.14	0.03
7	Pasinler	75.87	0.10	+ 0.01
8	Horasan	49.67	1.47	7.06
9	Horasan	54.39	1.10	4.87
10	Horasan	60.33	0.68	3.95
11	Horasan	54.36	1.90	4.56
12	Horasan	56.29	1.29	3.86

Şekil: 4.32. Excel sayfasında birbirine komşu olmayan iki alanın *Ctrl* düğmesi ve fare yardımı ile seçilmesi. Açıklama metinde.

herhangi bir yere tıklayarak seçilmeyi ortadan kaldırıp aynı işlemi tekrar deneyin. *ChartWizard* düğmesi üzerine tıklayarak verileri bir *nokta diyagramına* (yukarıdaki örnekte anlatıldığı şekilde) izdüşün. Ardından Horasan serisinin SiO<sub>2</sub> ve MgO değerlerini yukarıda anlatıldığı şekilde *Ctrl* tuşu ve fare kullanarak seçin (B8:B12 ve D8:D12 alanları). Bu verileri *Copy* ve *Paste Special...* komutlarını kullanarak diyagrama izdüşün. Gördüğümüz gibi alanları *Ctrl* ve fare yardımıyla seçme yöntemi dışında birbirine komşu olmayan satır ve sütunlardaki verileri diyagrama izdüşmek için, önceki örnekte anlatılan yöntemin aynısı geçerlidir.

### Örnek volkanik veri tabanı üzerinde nokta diyagramı çalışmaları

Şimdi biraz daha detaylı bir örnek üzerinde duralım. *11nci uygulama için veri.xls* adlı dosyayı size sağlayacağım disketlerden açın. Bilgisayarınızın sabit diskindeki klasörünüze (C:\jeoloji\Orgün\Grup1 gibi) kaydedin.

Dosyada Erzurum-Kars Platosu'nun 5 ast alanından alınmış numunelerin analizleri tablo şeklinde verilmiştir. Şimdi amacınız bu küçük veri tabanındaki verilerden yararlanarak bu 5 ast alandan her birini farklı bir *seri* olarak belirleyerek, elementleri birbirlerine karşı izdüşerek jeokimya *Harker diyagramı* olarak bilinen nokta diyagramları üretmektir. Üreteceğiniz diyagramlar üzerinde her bir seri farklı simgelerle gösterilmeli ve her bir serinin ismi lejant'ta görülmelidir. Örnek olması amacıyla, Sr'a karşı SiO<sub>2</sub> ve Ba'a karşı Rb olmak üzere iki nokta diyagramı oluşturulmuş ve dosya üzerine yapıştırılmıştır.

**EK BİLGİ:** *Harker diyagramları* oluştururken, bir magmatik provensteki numunelerin majör ve iz element analiz sonuçları, ayrışma indisi (FI: fractionation index) olarak kabul edilen elementlerden biri olan SiO<sub>2</sub>'ye karşı izdüşülür. FI olabilecek Rb gibi başka bir element de SiO<sub>2</sub> yerine kullanılabilir.

Jeokimyada yaygın kullanımı olan bu diyagramlar yardımı ile iki ya da daha fazla elementin birbirlerine karşı davranışları iyi bir şekilde izlenebilir. Oluşan trendlerin konumu ve trendlerdeki ani bükülmeler, lavların geldiği magma odasındaki ayrışma evrimi konusunda değerli bilgiler verir.

Örneğin *11nci uygulama için veri.xls* adlı dosyada verilen SiO<sub>2</sub>'ye karşı Sr diyagramında SiO<sub>2</sub> %45 iken yaklaşık 600-700 ppm (milyonda 600-700) olan Sr konsantrasyonu, dışbükey bir trend oluşturarak hızla azalmakta ve magmanın SiO<sub>2</sub> içeriği %75'e ulaştığında (riyolitik bileşim) 5 ppm'e kadar düşmektedir. Jeokimya literatüründen Sr'un en fazla *Plajiyoklas* minerali içinde tutulduğunu biliyoruz. Bu nedenle, "Erzurum-Kars Platosu'ndaki lavlarda bu trendin oluşmasından en fazla, derineki bir magma odasında gerçekleşmiş olan plajiyoklas kristalizasyonu sorumlu olmalıdır" şeklinde bir yoruma gidebiliriz.

Önceki sayfalarda ayrıntısı ile anlatılan yöntem ile iz elementleri SiO<sub>2</sub>'ye karşı izdüşün. İz elementleri diyagramlara izdüşerken unutmamanız gereken şey: *iz elementin bulunduğu eksen logaritmik olmalı, majör elementlerin bulunduğu eksen ise normal olmalıdır.* Bunu sağlamak için, eksen üzerine çift tıkladığınızda açılacak olan diyalok kutusundaki sekmelerden *Scale'i (Ölçek)* seçin ve *Logaritmik Scale (Logaritmik Ölçek)* seçeneğini seçin.

Jeoloji'de, jeokimya konulu çalışmalarda en yaygın kullanılan kimyasal sınıflama diyagramlarından birisi de toplam alkalilerin (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) SiO<sub>2</sub>'ye karşı izdüşürüldükleri Le Bas vd. (1986) tarafından önerilen diyagramdır<sup>17</sup>. Bu diyagramı oluşturmak için J ve K sütunlarındaki Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O'in toplamlarını hesaplatarak sonuçları X sütununa yazdırın. Bunu yaparken, önceki haftalarda öğrendiğiniz formül kopyalama ve yapıştırma yöntemlerini izleyin. Ardından X sütununda hesaplattığınız toplam alkali değerlerine karşı SiO<sub>2</sub>'yi, önceki sayfalarda anlatıldığı şekilde her bir ast alan (seri) için farklı sembollerle ayrı ayrı diyagrama izdüşün.

<sup>17</sup> Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. ve Zanettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram, *Journal of Petrology*, 27: 745-750.

### 1.11.4. Nokta diyagramlarına regresyon trendleri eklenmesi

Yer bilimlerinde nokta diyagramlarına izdüşülen iki değişken arasında istatistik açıdan önem taşıyan bir ilişkinin olup olmadığı, ilişki varsa bunun derecesini saptanması çoğu zaman büyük önem taşımaktadır. Burada ele alacağımız örnekte bu tür ilişkilerden en basiti olan “*lineer ilişki*” ele alacağız.

Bu başlık altında ele alınacak konular:

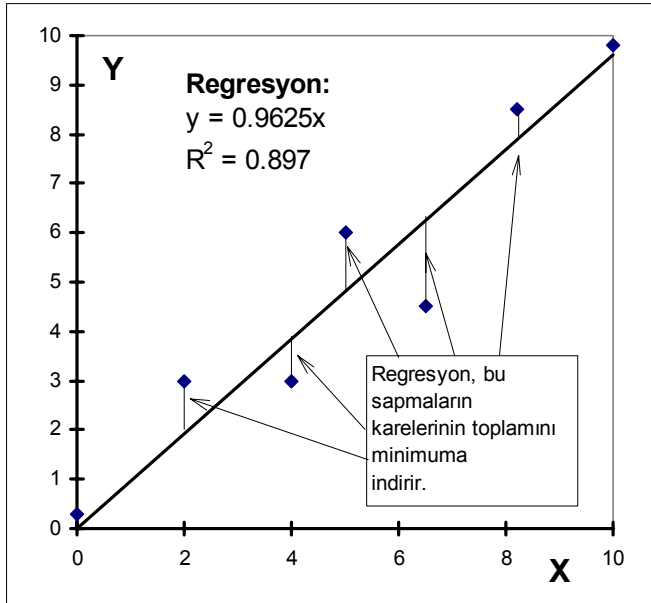
1. bir nokta diyagramı üzerinde doğrusal ilişki gösteren noktalara bir *lineer regresyon* (*linear regression*) veya diğer bir deyişle *en iyi uyum doğrusu* (*best-fit line*) ekleme,
2. bu doğrunun uyum derecesini yani *korelasyon katsayısını* (*correlation coefficient*) bulma,
3. Bu doğrunun *formülünü* diyagram üzerine izdüşme ve
4. Bu formül yardımıyla eksen üzerindeki değişkenlerden birini kullanarak diğerini istatistiksel olarak hesaplama.

#### ÖN BİLGİ

İki değişken arasındaki *lineer ilişki* basit bir doğru formülü ile ifade edilir:

$$y=ax+b$$

**Formülde:** **y:** y eksenindeki bir nokta, **x:** x eksenindeki bir nokta, **a:** doğrunun eğimi, **c:** x=0 iken doğrunun y eksenini kestiği noktanın değeridir.



Şekil: 4.33. Lineer regresyon doğrusunun graf üzerindeki noktalar ile ilişkisi.

Bilgisayar ile lineer regresyon doğrusu konusunda uygulamaya başlamadan önce bu doğrunun nasıl hesaplandığı konusunda kısa bir bilgi vermek gerekmektedir. Lineer regresyon doğrusu matematiksel olarak, graftaki noktaların bu doğrudan sapma değerlerinin karelerinin toplamının minimum olduğu doğru olarak ifade edilebilir (Şek. 4.33). Yani, o noktaların optimum şekilde ortasından geçen ve noktaların oluşturduğu trendi en iyi temsil eden doğrudur.

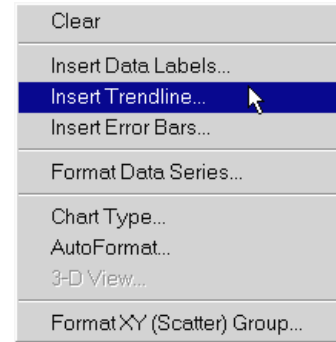
Şek. 4.33’de, X eksenindeki sapmaların hesaba katıldığı, Y eksenindekilerin ise dikkate alınmadıklarını göreceksiniz. Bunun nedeni, *bağımlı (dependent)* ve *bağımsız (independent)* değişken (variable) kavramında yatmaktadır.

Basit bir örnek vermek gerekirse: çocukların yaşı ve boyları iki değişken olarak alınabilirler. Çocukların boyu yaşlarına bağımlı bir değişkendir. Çocukların yaşı büyüdükçe boyları yaşlarına bağlı olarak uzar. Buna karşın çocukların yaşı boylarından bağımsız bir değişkendir. Bu örnekte boy bağımlı bir değişken, yaş ise bağımsız bir değişkendir. Regresyon analizlerinde en aza indirilen (minimised) değerler, *bağımlı değişkenin* karelerinin toplamıdır.

Excel 95 programı X ekseninde bulunan değişkenin Y ekseninde bulunana bağımlı olduğunu kabul eder. Diğer bir deyişle “*bağımlı değişken* her zaman X eksenine, *bağımsız değişkenler* ise Y eksenine” izdüşürülmelidir.

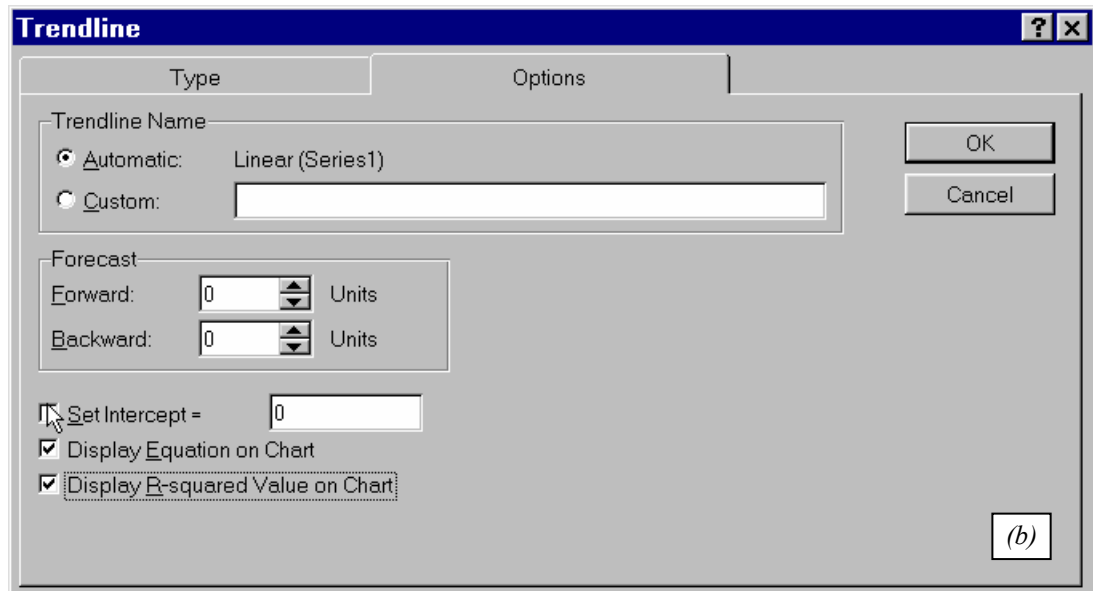
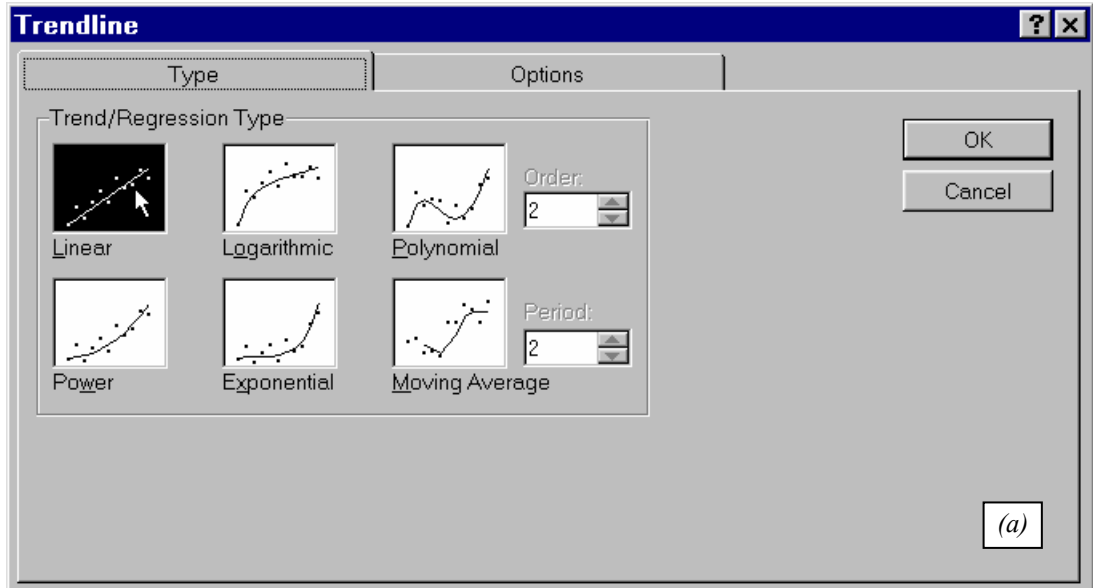
*11nci uygulama için veri.xls* adlı dosyayı açarak *Notların Lineer Regresyonu* adlı sayfayı (sayfanın tabanına yakın sekmeler üzerine tıklayarak) ön plana getirin. Bu sayfada bir grup öğrencinin lise ve üniversite notları listelenmektedir (notlar hipotetiktir). Amacınız, lisede alınan notların öğrencilerin üniversite notları için bir gösterge olup olamayacağını, arada bir ilişki varsa bunun derecesini araştırmak. Burada üniversite notları lise notlarına bağımlı bir değişken olarak kabul edilecektir. Aşağıda sıralanan basamakları izleyin:

1. A2:B11’i seçerek bir nokta diyagramı oluşturun. X ekseninde bağımlı değişken olan üniversite notları, Y ekseninde ise bağımsız değişken olan lise notları olan bir diyagram elde edeceksiniz. Diyagram üzerine çift tıklayarak aktive hale getirin. Noktalardan birisi üzerine fare sağ tuşu ile tek tıklayın ve açılacak olan asılı menüden *Insert Trendline...* komutunu seçin.



2. Karşınıza çıkacak olan diyalog kutusunda *Type (Tip)* ve *Options (Seçenekler)* olmak üzere iki sekmenin bulunduğunu göreceksiniz. *Type* sekmesi altında *Linear (Lineer)*, *Logarithmic (Logaritmik)*, *Polynomial*, *Power (Kuvvet)*, *Exponential (Üstel)* ve *Moving Average (Hareketli Ortalama)* olmak üzere altı seçenek bulunmaktadır (Şek. 4.34a). Gördüğünüz gibi farklı yöntemlere göre veri noktalarına (data points) sadece doğru değil, eğri de uydurabiliyorsunuz. Siz bunlardan birincisi olan *Linear*’ı seçin.
3. *Options* sekmesine geçin. Bu sekme altında *Trendline Name* kutusu yardımıyla regresyon trend doğrusuna isim verebilirsiniz, ileri ve geriye doğru programın

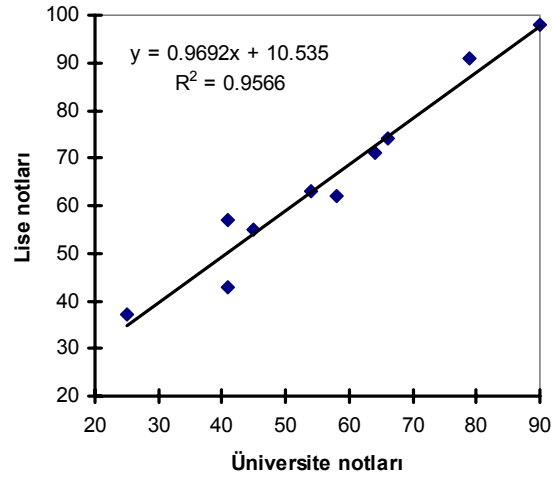
istediğiniz birim kadar tahminde bulunmasını seçebilirsiniz (*Forecast*), doğruyu istediğiniz herhangi bir sayı ile çakışmaya zorlayabilirsiniz (*Set Intercept =* : Kesişme Noktasını Ayarla = ), regresyon trendi ile birlikte formülünü (*Display Equation on Chart*) ve  $R^2$  değerini (*Display R-squared Value on Chart*) grafik üzerinde görülür hale getirebilirsiniz (Şek. 4.34b). Bu örnekte siz sadece *Display Equation on Chart* ve *Display R-squared Value on Chart* seçeneklerini seçin.



Şekil: 4.34. Trendline diyalog altındaki seçenekler.

- OK'e tıkladığınızda veri noktalarına en uygun (best-fit) regresyon doğrusunun grafa eklendiğini, doğrunun formülü ve  $R^2$  değerinin de ortaya çıktığını göreceksiniz (Şek. 4.35).

$R^2$  değeri determinasyon katsayısı (coefficient of determination) olarak bilinir. Bilinen ve tahmin edilen Y değerlerinin karşılaştırmasını gösterir ve değeri 1 ile 0 arasında değişir. Eğer  $R^2=1$  ise, korelasyon mükemmeldir yani gerçek Y değerleri ile formülle tahmin edilenler arasında fark yoktur. Diğer taraftan  $R^2=0$  ise, arada korelasyon yoktur.



Şekil: 4.35. Grafiğe regresyon çizgisi eklendikten sonra

Bizim örneğimizdeki üniversite notları ile lise notları arasındaki ilişki için  $R^2=0.96$  olduğundan iyi bir korelasyon vardır. Üniversite notları, lise notlarına bağımlı net bir pozitif korelasyon sergilemektedirler (Şek. 4.35). Aradaki ilişki ve derecesini bildiğimize göre, grafik içinde verilen formülden yararlanarak ( $y=0.9692x+10.535$ ) örneğin lise notu 30 olan bir öğrencinin üniversitedeki notunun ne olacağını tahmin edebiliriz:

$$y=0.9692*30+10.535=39.6$$

Lise notu 30 olan öğrencinin üniversitedeki notu yaklaşık 39.6 olarak tahmin edilir.

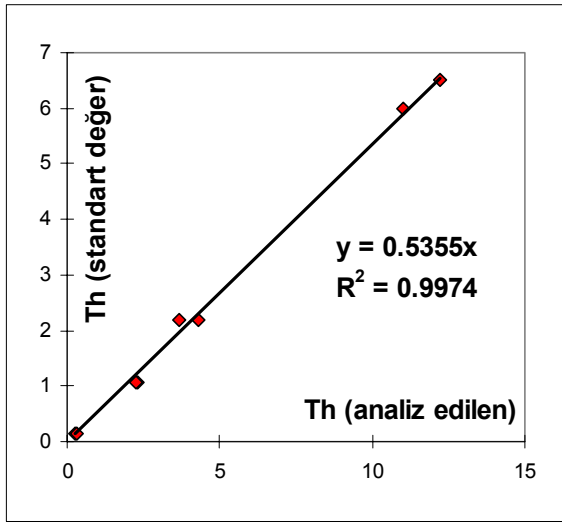
### Lineer regresyona jeolojiden bir örnek

Lineer regresyonun jeoloji bilminde jeokimya - petrolojiden uygulamalı jeolojiye, genel jeolojiden maden yataklarına kadar pek çok konuda uygulama alanı bulunmaktadır. Özellikle analitik çalışmalarda analiz aygıtları ile elde edilen verilerin veri analizinde yaygınca kullanılır.

Jeokimyada ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer) adı verilen gelişmiş analiz aygıtı, iz ve nadir toprak elementlerin (REE) 100 milyonda bire (0.01 ppm) varan hassaslıklarda analizinde kullanılmaktadır. Asitler ve bir dizi buharlaştırma yöntemleriyle çözelti haline getirilmiş kayaç numunelerinde 30 kadar elementi aynı anda analiz edebilen bu aygıtlardan elde edilen analitik veriler, kullanılan teknik gereği sistematik olarak olması gereken rakamlardan ya düşük ya da yüksek çıkmaktadırlar. Bu bir hata değil tekniğin bir özelliğidir ve lineer regresyon ile başarıyla düzeltilir. Düzeltme işlemi için, bir dizi uluslararası standart numune de elde edilen rakamlarla birlikte analiz edilirler ve elde edilen rakamlar olması gereken rakamlara karşı izdüşürülerek graflara lineer regresyon işlemi uygulanır. Buna *kalibrasyon* adı verilir.

11inci uygulama için veri.xls adlı dosyadaki Kalibrasyon adlı sayfada, birkaç uluslararası standart numunenin ICP-MS ile analiz edilerek saptanan element konsantrasyonları ve gerçekte olması gereken standart değerler bir tablo halinde verilmektedir. Verilen örnekteki veriler gerçek bir ICP-MS analiz çalışması sırasında elde edilmişlerdir. Element isimleri sütunların üzerinde, analizler sonucu elde edilen değerler her bir element altındaki sol sütunda, gerçekte olması gereken standart değerler ise sağ sütunda verilmektedir. Standartların isimleri ise sayfanın en solundaki A3:A10 arasında bulunmaktadır.

Bu elementler arasında Th için ölçülen ve standart değerler arasında bir lineer



Şekil: 4.36. Kalibrasyon adlı sayfadaki örnek lineer regresyon.

korelasyon uygulanarak grafik üzerine izdüşürülmüştür. Bu grafiği Kalibrasyon sayfası üzerinde görebilirsiniz. Örnekten görüleceği üzere uluslararası standartların analiz ile bulunan ve gerçek değerleri arasında  $R^2=0.997$  ile gösterilen çok iyi bir pozitif korelasyon vardır. Ancak analizle bulunan rakamlar, gerçekte olması gereken rakamların sistematik olarak iki misline yakın büyüklükte çıkmaktadır. Bunu düzeltmek için graftan bulunan  $y=0.5355*x$  formülünü kullanarak ölçülen değerleri formülde  $x$  yerine koyarak  $y$  değerlerini bulmak yani verileri kalibre etmek

gereklidir. Th elementi için kalibre edilmiş olan analiz değerlerini Kalibrasyon adlı sayfanın T18:T25 hücreleri arasında görebilirsiniz. Hesaplanan değerlerin olması gereken değerlere (standart değerler) yakınlığına dikkat edin. Aradaki farklar, analitik hata sonucunda ortaya çıkmaktadırlar. Unutmayın; analiz ve deneylerde mutlaka bir hata payı vardır ve pratikte bunu sıfıra düşürmek imkansızdır. Ne kadar küçük olursa olsun analiz edilen veya ölçülen her büyüklüğün bir hatası vardır.

Diğer elementlerden birkaçı için siz de lineer regresyon uygulaması yaparak kalibrasyon işlemini gerçekleştirin.

