2012 ATIK YÖNETİMİ SEMPOZYUMU
24-27 Nisan 2012 Antalya

Terk Edilmiş Balya (Balıkesir) Kurşun-Çinko Maden Atıklarının Ağır Metal ve Doğal Radyoaktivite İçeriği ve Çevre Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi

Yrd. Doç. Dr. Orhan GÜNDÜZ

Dokuz Eylül Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

SUNUŞ PLANI

- ✓ Madencilik ve Çevre
- ✓ Madencilik Atıkları
- ✓ Proje Sahası
- ✓ Metodoloji
- ✓ Su kalitesi
- ✓ Sediman ve Kayaç Kalitesi
- ✓ Radyoaktivite
- ✓ Atık Yönetimi
- ✓ Sonuçlar

MADENCİLİK ve ÇEVRE

Çok boyutlu karmaşık bir ilişki…

Bir yandan

- Madencilik: Endüstriyel gelişimin vazgeçilmezi
- Enerji hammaddeleri ve endüstriyel minerallerin temini için şart
- Günümüz hayat tarzının sürdürülebilmesi için olmazsa olmaz

Öte yandan

- Madencilik: Doğal çevre ve insan sağlığına önemli olumsuz etkileri olan bir faaliyet
- Hava, su ve toprak kalitesine etkileri mevcut
- Geri dönüşümü zor peyzaj değişimleri

ÇEVRESEL ETKİLER

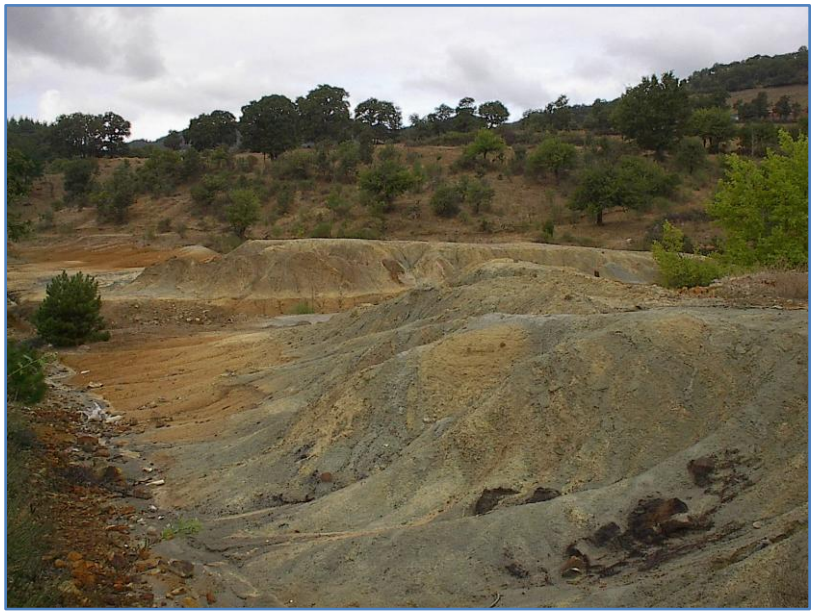
Süreç açısından:

1. Arama
2. İşletmeye alma (hazırlık)
3. İşletme
4. İşletme sonrası (kapatma)

Etki mekanizmaları açısından:

1. Genel peyzaj
2. Ekoloji (flora/fauna)
3. Hidroloji/hidrojeoloji
4. Hidrojeokimya (su/toprak)
5. Sosyolojik/sosyopolitik
6. Halk sağlığı

OLUŞAN ATIKLAR



1. **Katı atıklar**

   (dekapaj, pasa, proses, v.d.)

2. **Sıvı atıklar**

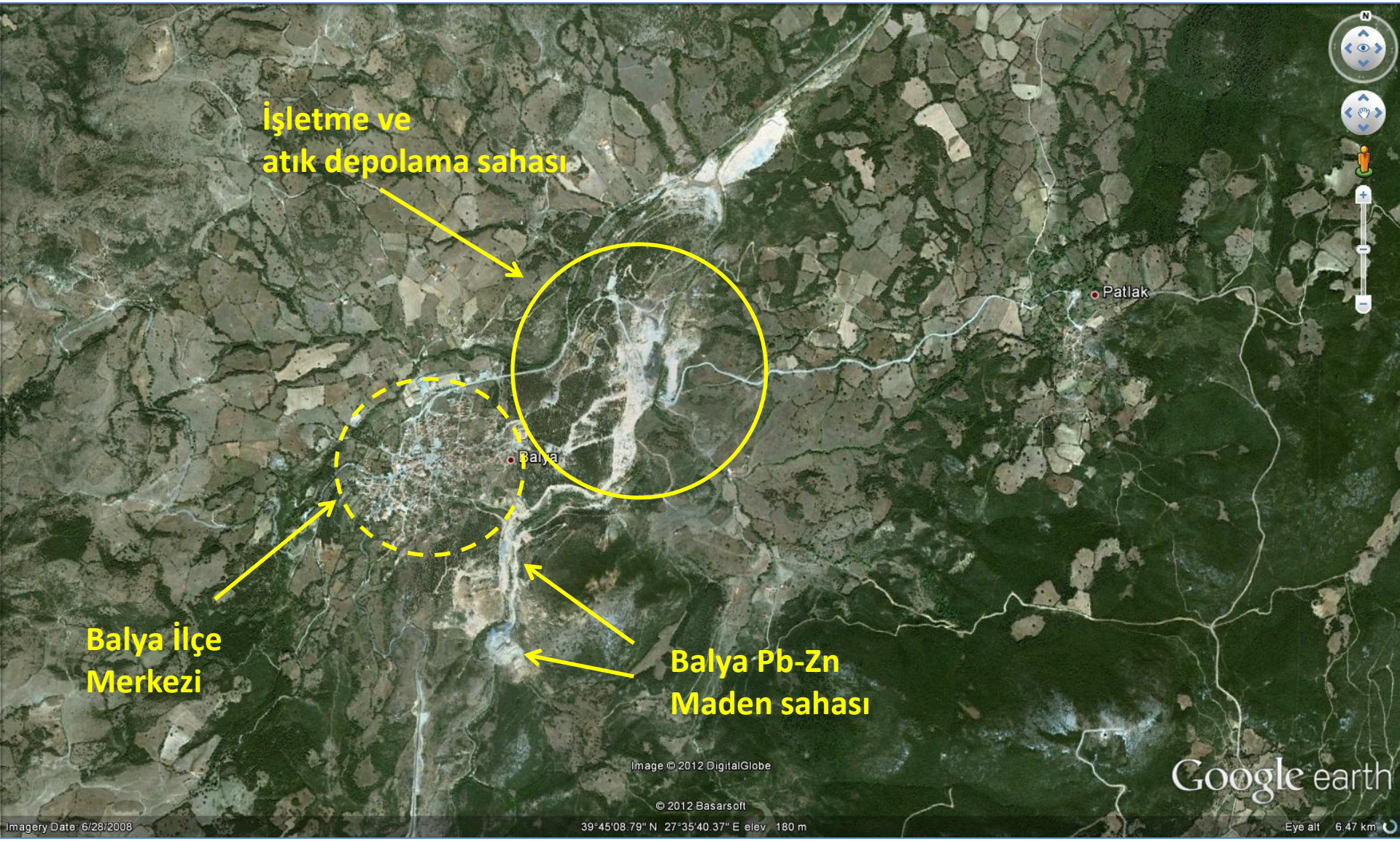
   (asidik maden drenajı, evsel ve endüstriyel atık sular, v.d.)

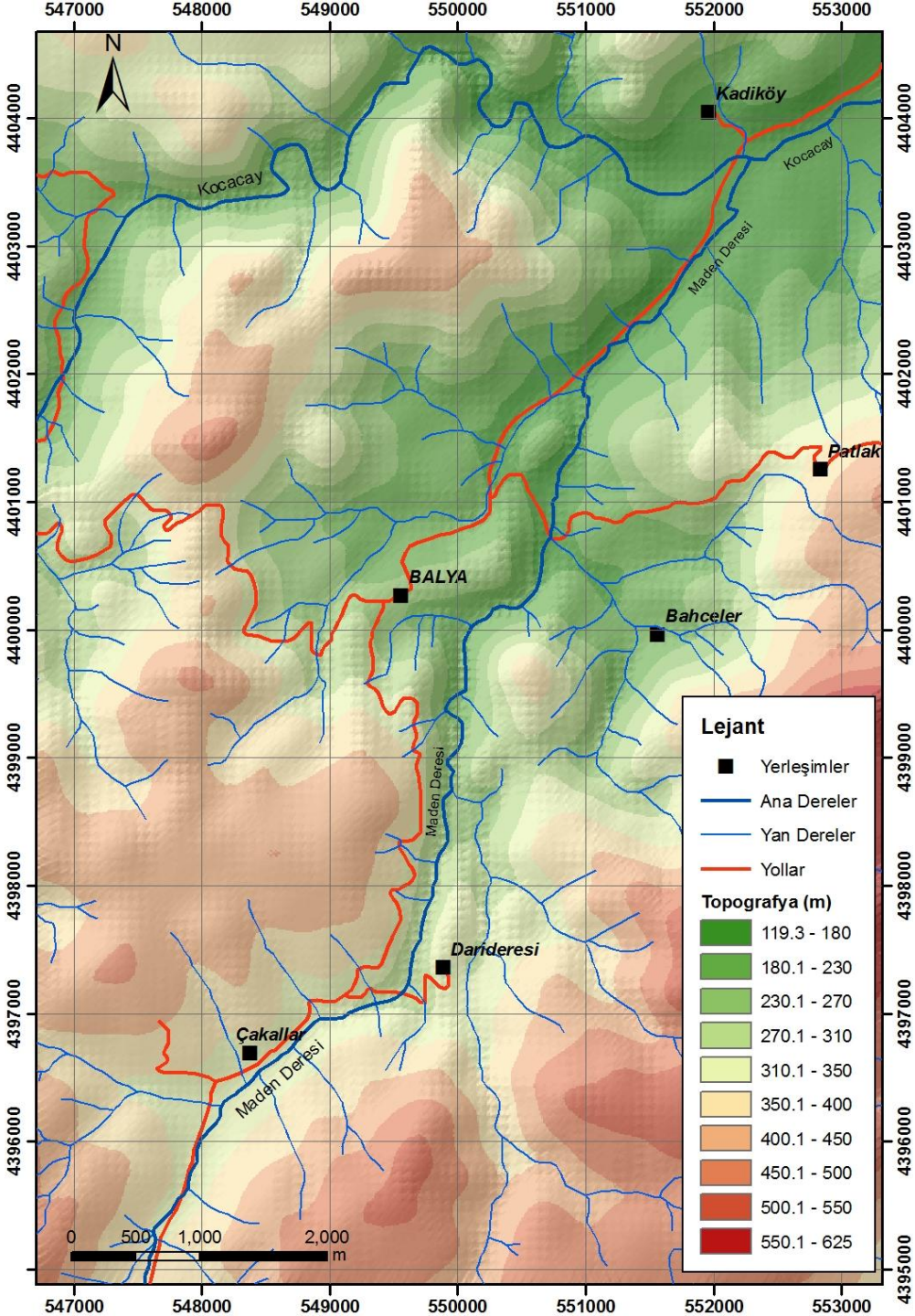
3. **Hava emisyonları**

   (toz, toksik gazlar, egzost emisyonları, v.d.)

BALYA Pb-Zn
MADENİ

PROJE SAHASI





Yer bulduru ve topoğrafya haritası

BALYA Pb-Zn MADENİ

- Eski çağlardan bu yana varlığı bilinen ve ilkel olarak işletilen bir maden
- Sahanın yakınlığı dikkate alındığında Troya'da bulunan kurşun eşyaların Balya kökenli olduğu düşünülmektedir
- Modern anlamda ilk olarak 1880'li yıllarda bir Fransız şirketi tarafından işletilmeye başlandı
- Aralıklarla 1939 yılına kadar Fransızlar (Société des mines de Balya – Karaaydın) tarafından işletildi
- Üretim gelirlerinin işletme masraflarını karşılamaması nedeniyle maden 1940 yılında kapatıldı
- Fransızlar tarafından dönemi için oldukça kapsamlı bir entegre maden işletmesi kuruldu (cevher ayıklama, elektrik santralı, izabe tesisi, flotasyon tesisi, demiryolu hattı…)

BALYA Pb-Zn MADENİ

- Yabancı sermaye ile kurulan ilk maden
- İlk elektrik üretimi
- İlk grev

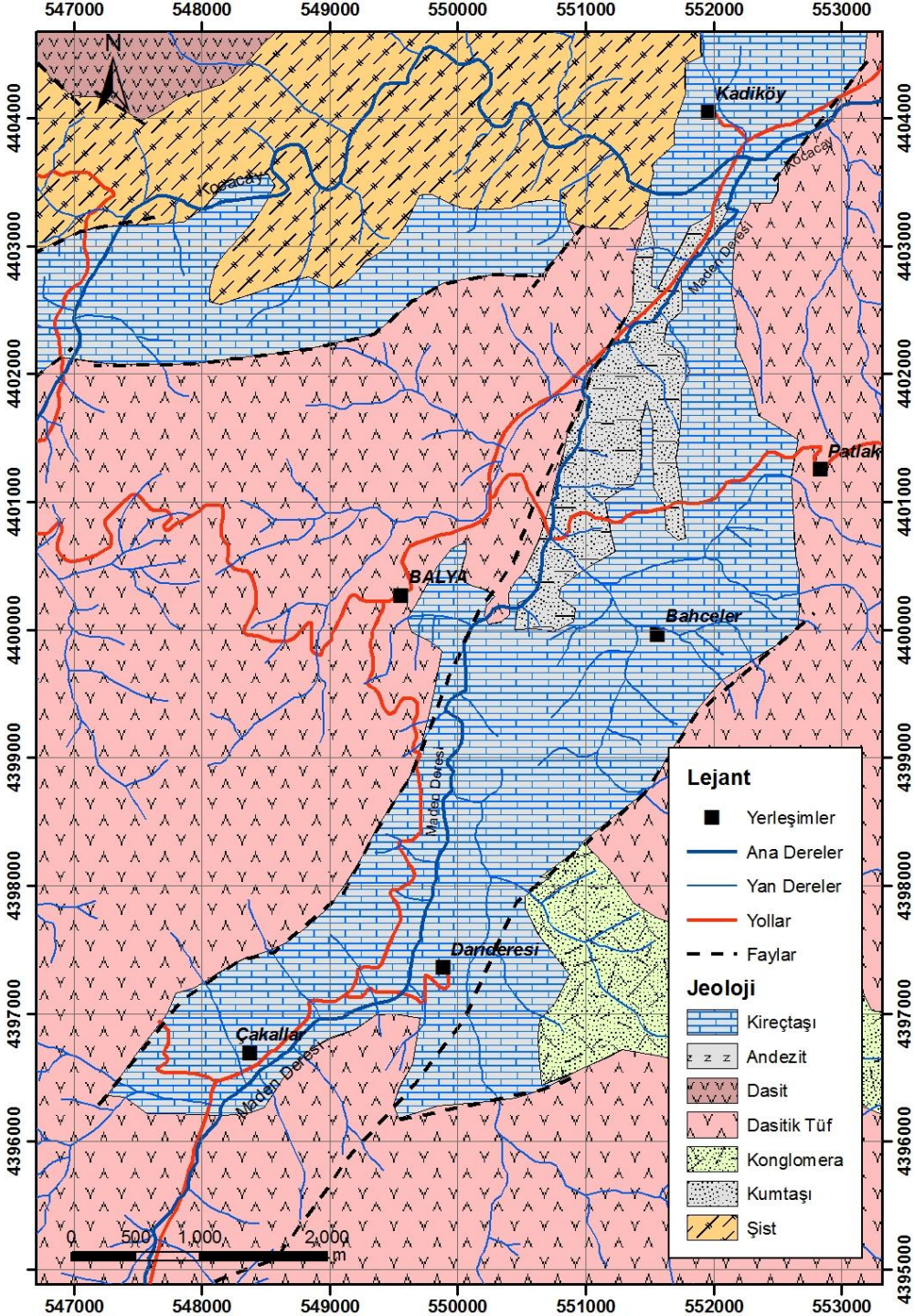
- Kapanma sonrası makineleri başka madenlere nakledildi
- Ülke madenciliğinin gelişiminde önemli yeri var
- ETİBANK'ın kuruluşuna neden olmuş
- Balya'nın gelişimi de madenle ilişkili
- 1930'lu yıllarda 40000'e yaklaşan nüfus günümüzde 2000 civarındadır

BALYA Pb-Zn MADENİ

- Halen Türkiye'nin keşfedilmiş en büyük Pb-Zn yatağı olduğu düşünülmektedir
- Mevcut yeraltı potansiyeline ek olarak Fransızlar tarafından terk edilen atıklarda da ciddi cevher geri kazanımı mümkündür
- 2005 yılında tekrar faaliyete alınmak üzere Eczacıbaşı'na bağlı ESAN Madencilik ve Dedeman Madencilik şirketlerine ruhsatlandırıldı

JEOLOJİ

- Permiyen yaşlı kireçtaşları (çoğunlukla allokton yapıda)
- Triyas yaşlı kiltaşı, kumtaşı, kireçtaşı ve çakıl serisi
- Senozik yaşlı volkanik birimler (dasit, riyodasit, riyolit ve andezit)
- Dere boylarında kuvaterner yaşlı alüvyon birimler
- Damar, saçılmış ve dokanak tipi cevherleşmeler
- Cevher yatakları yaklaşık 8 km^2'lik bir alanda
  - Balya Sahası,
  - Darıdere Sahası
  - Bahçecik Sahası
- Son iki sahada cevherleşme olasılığı jeolojik olarak belirlenmiş olmakla birlikte, henüz sondajlı araştırma yapılmamıştır.



Jeoloji haritası

JEOLOJİ

- Balya Sahası ise beş alt bölümden oluşmaktadır : Arı, Orta, Sarısu, Koca ve Karaca Sahaları.
- Arı-Orta kesimi, yüzeyden 200-700 m derinlikler arasındadır. Doğrultu boyunca da 450 m yayılmaktadır.
- Sarısu ve Hastane Tepe yatakları daha sığda gelişmiştir. Hastane Tepe yatağı 180 m ve Sarısu Yatağı da 400 m derinliğe kadar inmektedir. Yataklarda damar eğimi en az 45° ve KB yönlüdür.

MADEN ATIKLARI

Toplam 1.500.000-2.000.000 ton maden atığı:

1. **Düşük tenörlü ham cevher**
2. **Flotasyon tesisi atıkları**
3. **İzabe tesisi atıkları**

Maden deresi yatağında tamamen kontrolsüz olarak 70 yıldır beklemektedir.

Yeraltı ocaklarından çıkarılan düşük tenörlü cevherler flotasyon ve izabeye gönderilmemiş ve gelişi güzel dere yatağı kenarına atılmıştır. Yüksek sülfür içerikli mineraller içeren bu atıklar ile pasa yağışa bağlı olarak dereye yatağına sürüklenmektedir. Yağışın sülfürlü mineraller ile etkileşimi sonucu asidik maden drenajı gözlenmektedir.

Maden atıklarından oluşan erozyon ve dere yatağına sürüklenme…

Dere kenarında oluşan asidik maden drenajı sızıntısı

Balya maden atıkları cevher potansiyeli göstermektedir (Akyol, 1979)

1. Flotasyon atıkları için ortalama tenor:

Pb: %4.17
Zn : % 3.46
Cu: % 0.17

2. İzabe atıkları için ortalama tenor:

Pb : % 3.40
Zn : % 10.34
Cu : % 0.21

Artıklar içinde ayrıca gümüş ve kadmiyum bulunmaktadır.

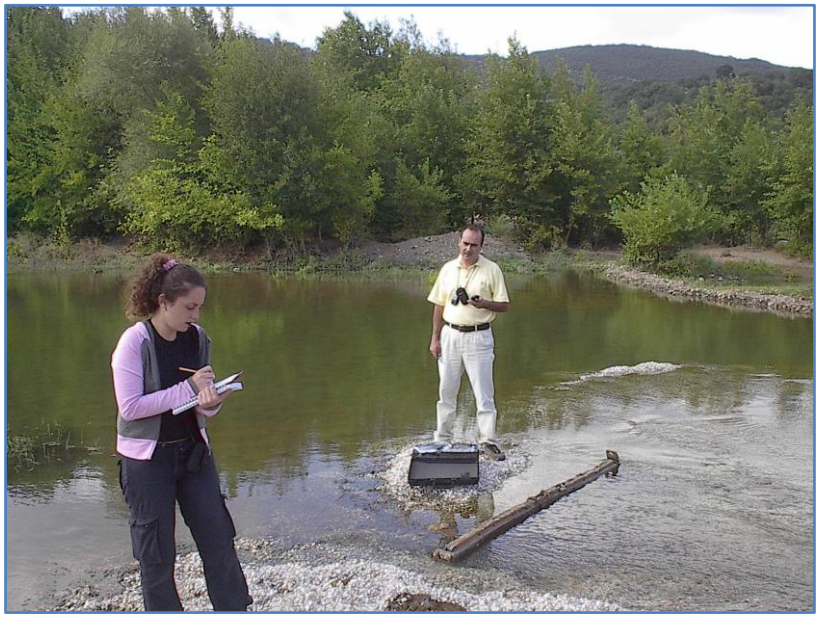
METODOLOJİ

- Su-kayaç-sediman örneklemesi
- Standart örnekleme ve örnek koruma prosedürleri
- Su analizlerinde ölçülen parametreler:
  - ✓ saha parametreleri (Portatif problar)
    Sıcaklık, pH, Eİ, ORP, Ç.O.
  - ✓ temel anyon ve katyonlar (IC)
    F, Cl, SO_4, NO_3, Ca, Na, K, Mg, …
  - ✓ eser element ve ağır metaller (ICP-MS)
    Al, As, B, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, …
- Toprak-kayaç analizlerinde ölçülen parametreler
  - ✓ Majör elementler (ICP-AES)
    CaO, Al_2O_3, SiO, MgO, Fe_2O_3, LOI, …
  - ✓ Minör elementler (ICP-MS)
    As, Cd, Cr, Cu, Co, Mn, Ni, Pb, Zn, ….

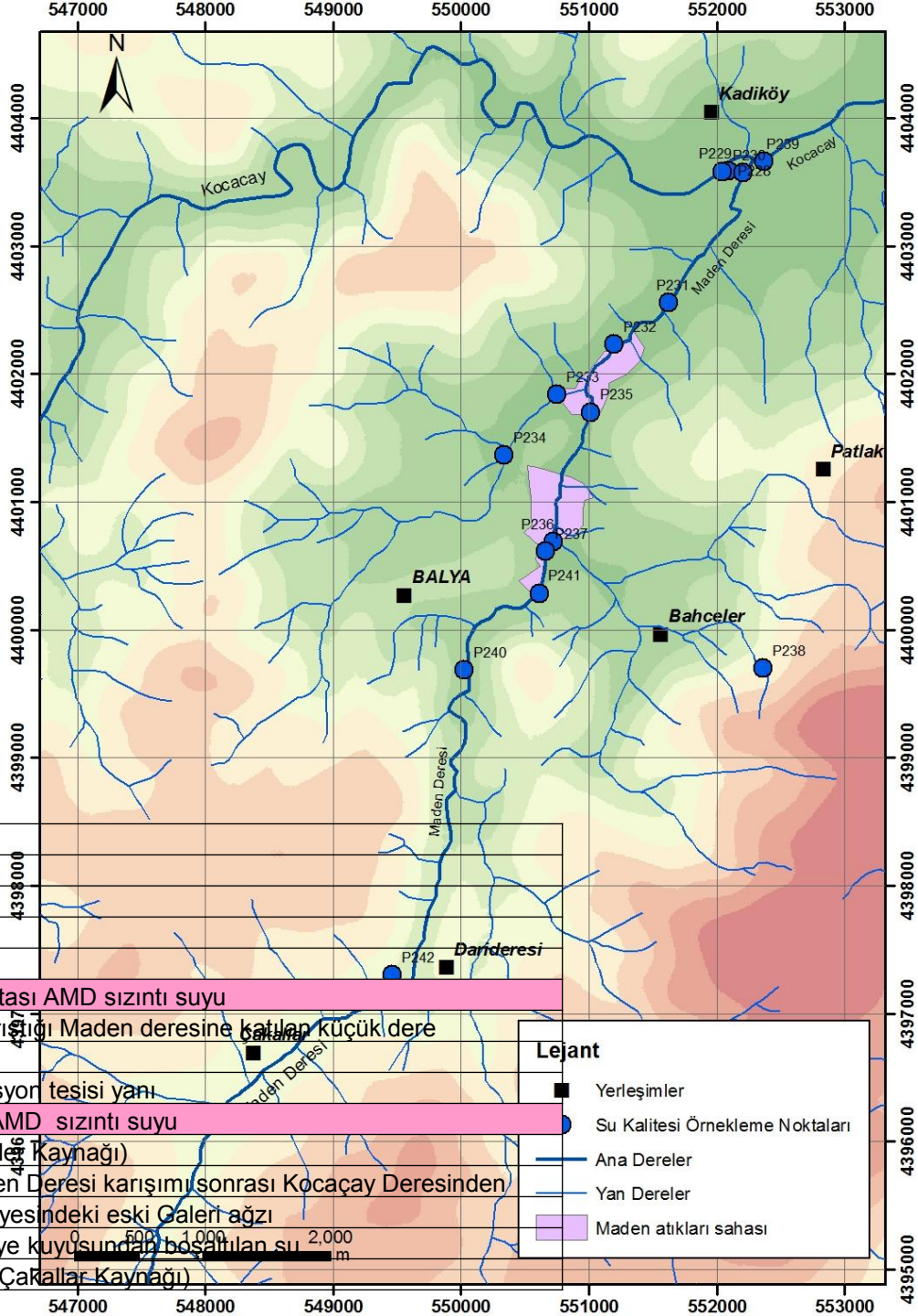
METODOLOJİ

- Radyoaktivite analizinde ölçülen parametreler
  - ✓ Toryum, radyum ve potasyumun radyoaktif izotopları
- 15 su (dere, yeraltı suyu ve AMD) örneği
- 19 dere sedimanı, kayaç ve maden atığı örneği
- >50 parametre ölçümü
- Tüm matrisleri içeren bir çevresel kalite veri tabanı
- İstatistiki analiz
- Sınıflandırma
- Mekansal analiz ve sorgulama
- CBS ortamında haritalama ve değerlendirme

SU KALİTESİ DEĞERLENDİRMESİ



Su Kalitesi Örnekleme Noktaları



P228	Kadıköy kuyusu
P229	Kocaçay Deresi
P230	Sarısu (Maden) Deresi
P231	Sarısu (Maden) Deresi
P232	Pasa sahası mansabı
P233	Pasa sahası menba noktası AMD sızıntı suyu
P234	Balya kanaliasyonun karıştığı Maden deresine katılan küçük dere
P235	Maden Deresi
P236	Maden Deresi eski flotasyon tesisi yanı
P237	Maden Deresi yanında AMD sızıntı suyu
P238	Balya içme suyu (Bahçeler Kaynağı)
P239	Kocaçay Deresi ile Maden Deresi karışımı sonrası Kocaçay Deresinden
P240	Eczacıbaşı Maden Şantiyesindeki eski Galeri ağzı
P241	Eczacıbaşı Maden şantiye kuyusundan boşaltılan su
P242	Balya içme suyu (Aşağı Çakallar Kaynağı)

İÇME SUYU KALİTESİ STANDARTLARI

Su Kalitesi Parametresi	ITASHY (2005)	EPA (2003)	WHO (2004)
Sıcaklık (^oC)	25	-	-
pH	6,5-9,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Ç.O. (mg/L)	-	-	-
Ç.O. (%)	-	-	-
ORP (mV)	-	-	-
Eİ (µS/cm)	2500	-	-
TDS (mg/L)	-	-	-
Tuzluluk (‰)	-	-	-
F^- (mg/L)	1,5	2,0	1,5
Cl^- (mg/L)	250	250	250
$SO_4^=$ (mg/L)	250	250	250
Li^+ (mg/L)	-	-	-
Na^+ (mg/L)	200	-	200
NH_4^+-N (mg/L)	0,5	-	-
K^+ (mg/L)	-	-	-
Mg^{++} (mg/L)	50	-	-
Ca^{++} (mg/L)	200	-	-
Al (µg /L)	200	200	200
As (µg /L)	10	10	10
Cd (µg /L)	5	5	3
Co (µg /L)	-	-	-
Cr (µg /L)	50	100	50
Cu (µg /L)	2000	1000	2000
Fe (µg /L)	200	300	200
Mn (µg /L)	50	50	400
Ni (µg /L)	20	-	20
Pb (µg /L)	10	15	10
Zn (µg /L)	5000	5000	5000

SKKY SU KALİTESİ SINIFLARI

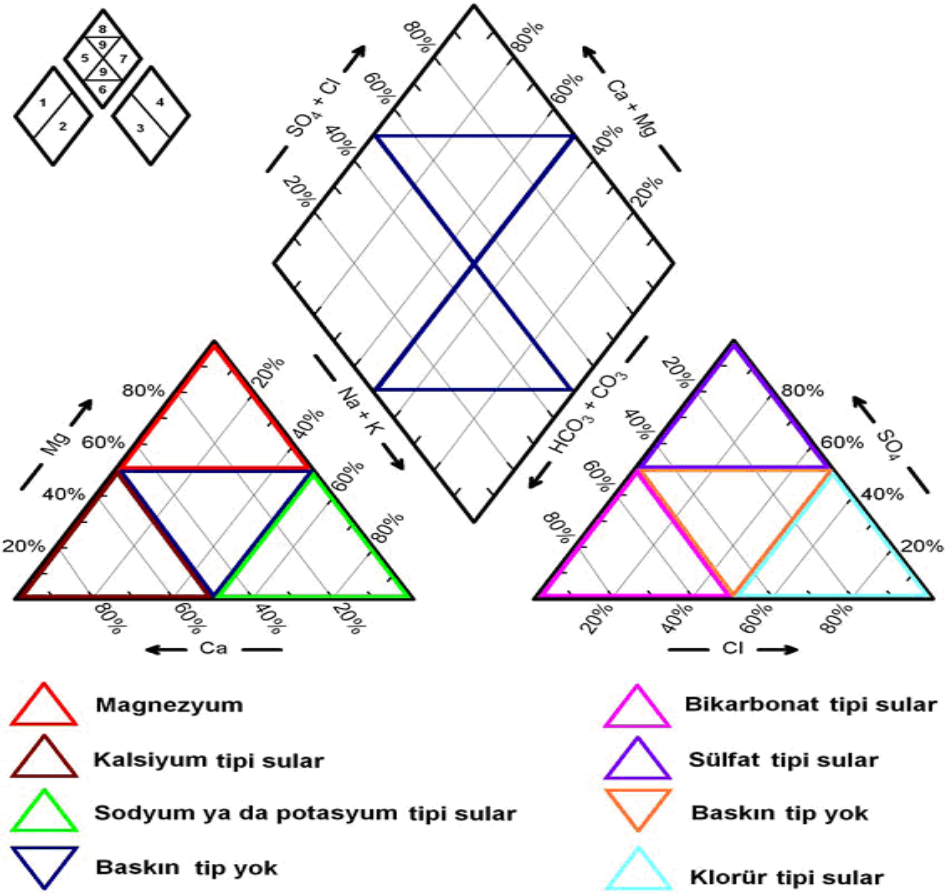
	Su Kalitesi Sınıfları (SKKY 2004)			
	I	II	III	IV
Sıcaklık(^oC)	25	25	30	> 30
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	<6,0 or >9,0
Ç.O. (mg/L)	8	6	3	< 3
Ç.O. (%)	90	70	40	< 40
Cl^- (mg/L)	25	200	400	> 400
F^- (mg/L)	1	1.5	2	> 2
Na^+ (mg/L)	125	125	250	> 250
NH_4^+-N (mg/L)	0,2	1	2	> 2
$SO_4^=$ (mg/L)	200	200	400	> 400
TDS (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
Al (µg/L)	300	300	1000	> 1000
As (µg/L)	20	50	100	> 100
Cd (µg/L)	3	5	10	> 10
Co (µg/L)	10	20	200	> 200
Cr (µg/L)	20	50	200	> 200
Cu (µg/L)	20	50	200	> 200
Fe (µg/L)	300	1000	5000	> 5000
Mn (µg/L)	100	500	3000	> 3000
Ni (µg/L)	20	50	200	> 200
Pb (µg/L)	10	20	50	> 50
Zn (µg/L)	200	500	2000	> 2000

SU KALİTESİ VERİ TABANI

Fiziksel parametreler, temel anyon/katyonlar ve radyoaktivite

Su Kaynağı	Fiziksel Parametreler				Katyonlar				Anyonlar			Radyoaktif Element
	Nokta	pH	Eh	EC	Na^{+}	K^{+}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Cl^{-}	SO_4^{-2}	HCO_3^{-}	*Ra-226*
	No	-	mV	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Bq/L
Asidik Maden Suyu	P233	1,91	-484	10200	45,5	7,6	86,5	494,6	34,8	4352,6	-	0,444
	P237	2,27	-502	14530	17,9	-	94,6	551,9	22,3	11633,5	-	0,37
Yeraltı suyu	P228	7,55	-12	688	13,8	3,2	9,7	109,1	14,2	147,7	251,3	0,444
	P238	7	94	610	4,8	0,4	6,1	86,1	8,5	22,1	231,8	0,259
	P242	6,89	72	684	5,9	0,4	4,3	91,9	10,8	24,1	239,1	0,407
Yüzey Suyu	P229	7,59	8	437	9,2	2,2	6,5	66,9	12,7	25,4	224,4	0,296
	P230	7,77	24	2493	14,9	10,6	41,8	594,7	12,2	1832,5	253,7	0,22
	P231	7,77	34	2578	13,7	10	41	610,3	11,5	1917,1	263,5	0,703
	P232	7,5	29	2585	13,5	9,8	41,3	610	11,1	1880,1	248,8	0,481
	P234	7,45	237	1267	89,1	23,9	13,8	120,6	79,2	95,1	434,3	0,296
	P235	7,68	127	2540	13,5	9,8	41,5	614,1	11,6	1909,4	280,6	0,37
	P236	7,21	-47	2547	13,5	9	41,7	623,2	11,4	1851,7	353,8	0,444
	P239	7,61	102	675	10,4	3,7	12,3	150,2	12	338,4	234,2	0,777
	P240	7,85	113	1162	11,9	1,7	56,3	150,7	12,3	519,5	175,6	0,333
	P241	7,05	-7	2603	13,8	9,8	46,7	663,6	10,3	1911,2	102,4	0,481

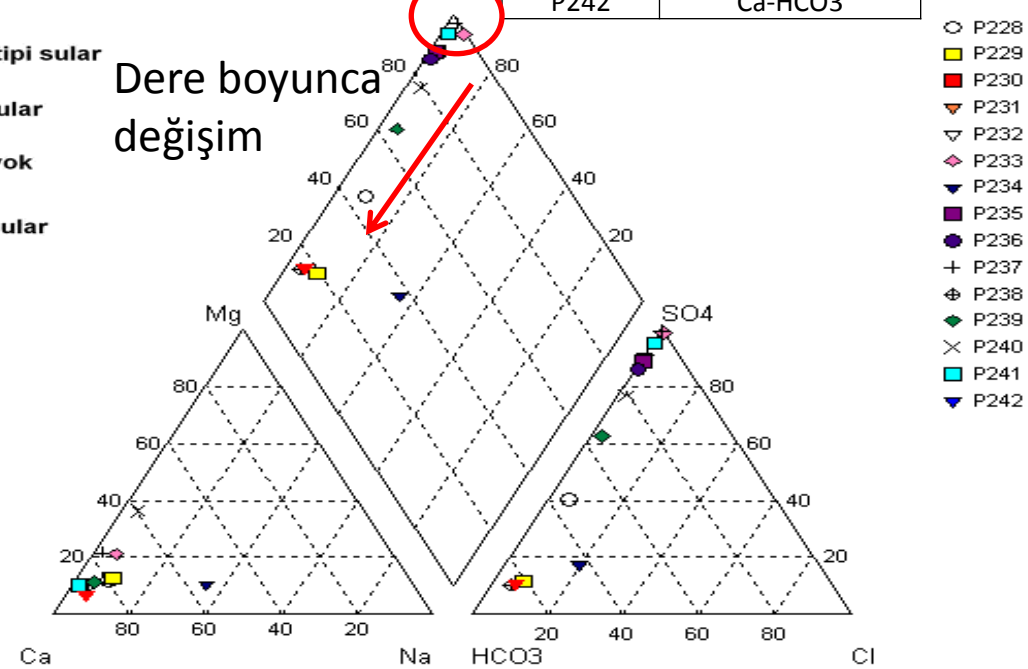
PİPER DİYAGRAMI



P228	Ca-HCO3-SO4
P229	Ca-HCO3
P230	Ca-SO4
P231	Ca-SO4
P232	Ca-SO4
P233	Ca-SO4
P234	Ca-Na-HCO3
P235	Ca-SO4
P236	Ca-SO4
P237	SO4
P238	Ca-HCO3
P239	Ca-SO4-HCO3
P240	Ca-Mg-SO4-HCO3
P241	Ca-SO4
P242	Ca-HCO3

AMD

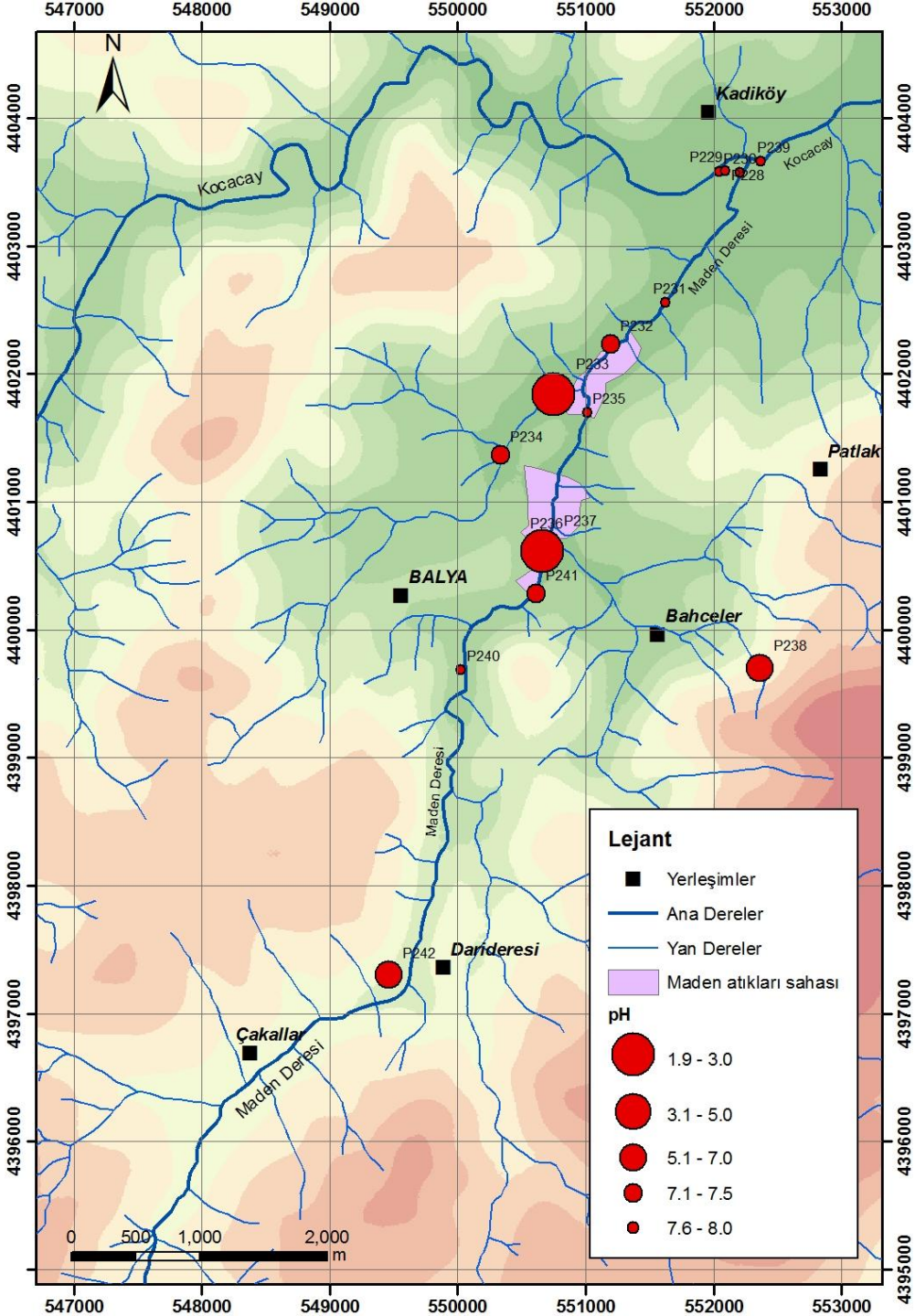
Dere boyunca değişim



SU KALİTESİ VERİ TABANI

Ağır metal ve eser elementler

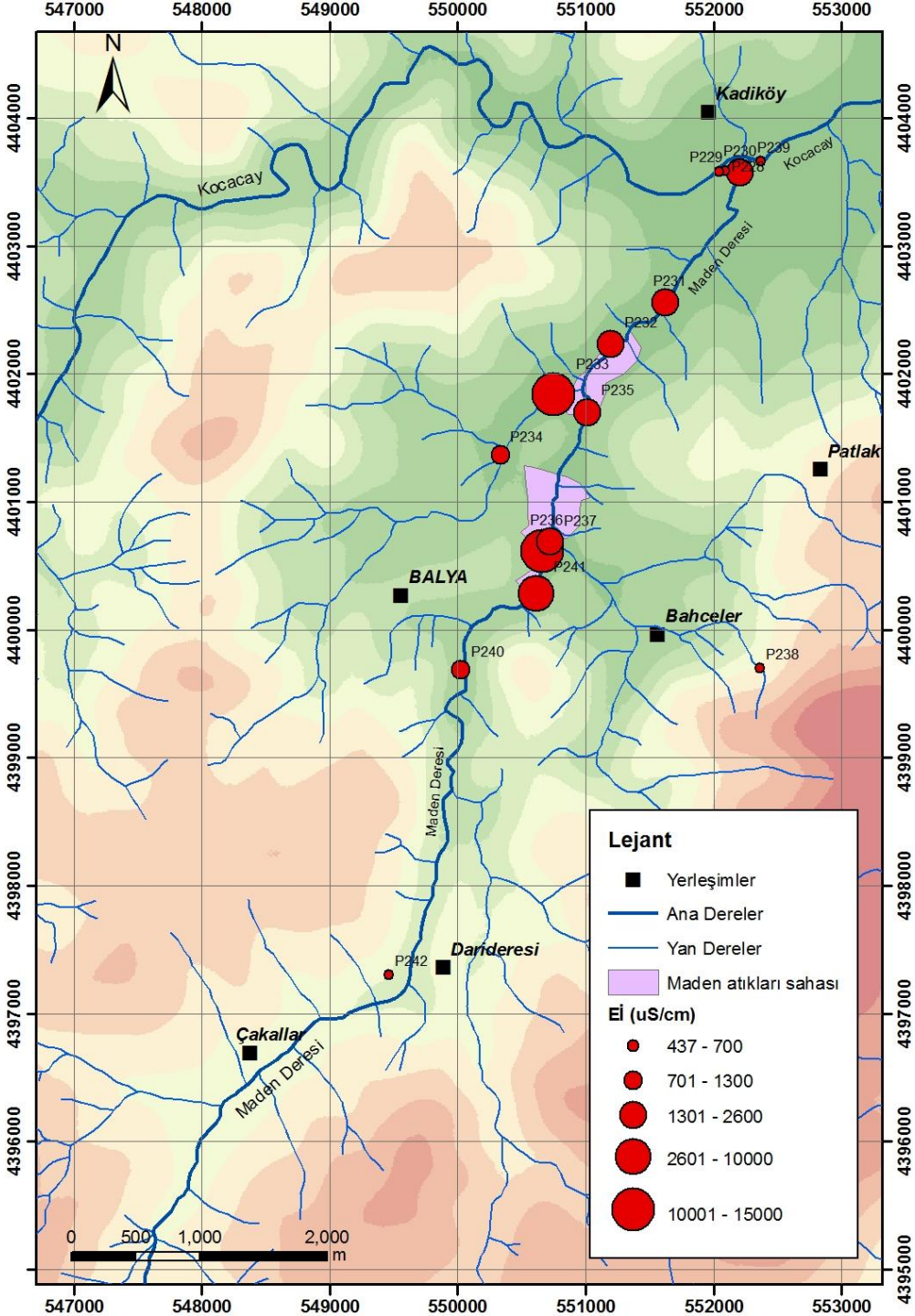
Su Kaynağı	Örnek	Al	As	B	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	Si	U	Zn
	No	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Asidik Maden Suyu	P233	89140	465,1	113	2575,79	134,94	122,02	29,9	11431	607100	64,9	105,61	<1	80,7	<200	351,2	1315	4,8	13,6	18321	18,21	432447
	P237	170700	14021	78	13926	274,43	189,07	98,6	17864	550800	75,1	87,47	4,4	242,2	2718	1955	2272	101,73	137,9	11213	77,65	1793958
Yeraltı suyu	P228	67	6,7	<50	<,5	0,25	<.2	<0,5	9,5	165	1,5	10,93	<1	<2	<200	5,3	41	<.5	<0,5	14733	2,72	13
	P238	5	86,2	8	0,63	0,01	0,09	1	1,6	<10	1,3	7,53	0,1	<.2	<20	3,7	9	7,83	<0,5	3231	0,45	185,4
	P242	13	4,6	9	0,07	0,04	0,19	<0,5	1,8	155	1,1	5,09	0,1	<.2	<20	7,1	11	0,51	0,5	3904	0,51	29,8
Yüzey Suyu	P229	22	7	13	<,05	0,12	0,25	<0,5	2,8	106	1,8	7,75	0,3	0,7	46	16	11	0,35	<0,5	8838	1,06	5,5
	P230	21	14,8	50	48,51	<.1	10,68	<0,5	4,1	887	13,9	46,88	<1	18,3	<200	39,4	608	12,17	<0,5	7937	6,47	11477,3
	P231	37	74,1	53	47,17	0,34	11,92	<0,5	7	2037	13,1	47,99	1	33,3	<200	32	586	16,41	<0,5	7621	6,8	12590,8
	P232	130	86,1	51	47,52	1,03	14,82	<0,5	9,3	4477	14,2	50,16	<1	33,9	<200	22,1	600	17,02	<0,5	7928	8,59	12577,4
	P234	22	69,9	498	0,69	0,08	0,73	0,5	5,2	<10	6,9	15,89	0,7	0,7	3776	6,8	38	3,56	1,4	12575	0,54	99,2
	P235	49	208,6	87	40,18	0,57	11,77	<0,5	4,1	3877	13,6	48,57	1	22,3	<200	29,5	614	18,92	<0,5	8657	7,84	11116,1
	P236	179	635,8	76	19,54	2,62	11,71	<0,5	31,4	12111	12,5	47,75	<1	127,5	<200	90,8	582	25,52	<0,5	8194	7,62	7239
	P239	25	10,4	18	6,83	0,15	1,63	<0,5	1,7	248	3,6	14,49	0,5	2	37	14,2	101	2,09	0,5	8630	1,97	1370
	P240	2173	83,3	34	18,22	7,69	3,89	0,9	202,6	5483	12,7	64,26	1	6,9	52	246,3	155	26,89	0,9	7555	4,63	3233
	P241	162	613,6	<50	17,29	1,26	11,83	<0,5	18,3	10175	12,5	48,44	<1	35,5	<200	65	582	22,04	<0,5	8612	8,1	6875



pH

2 adet AMD

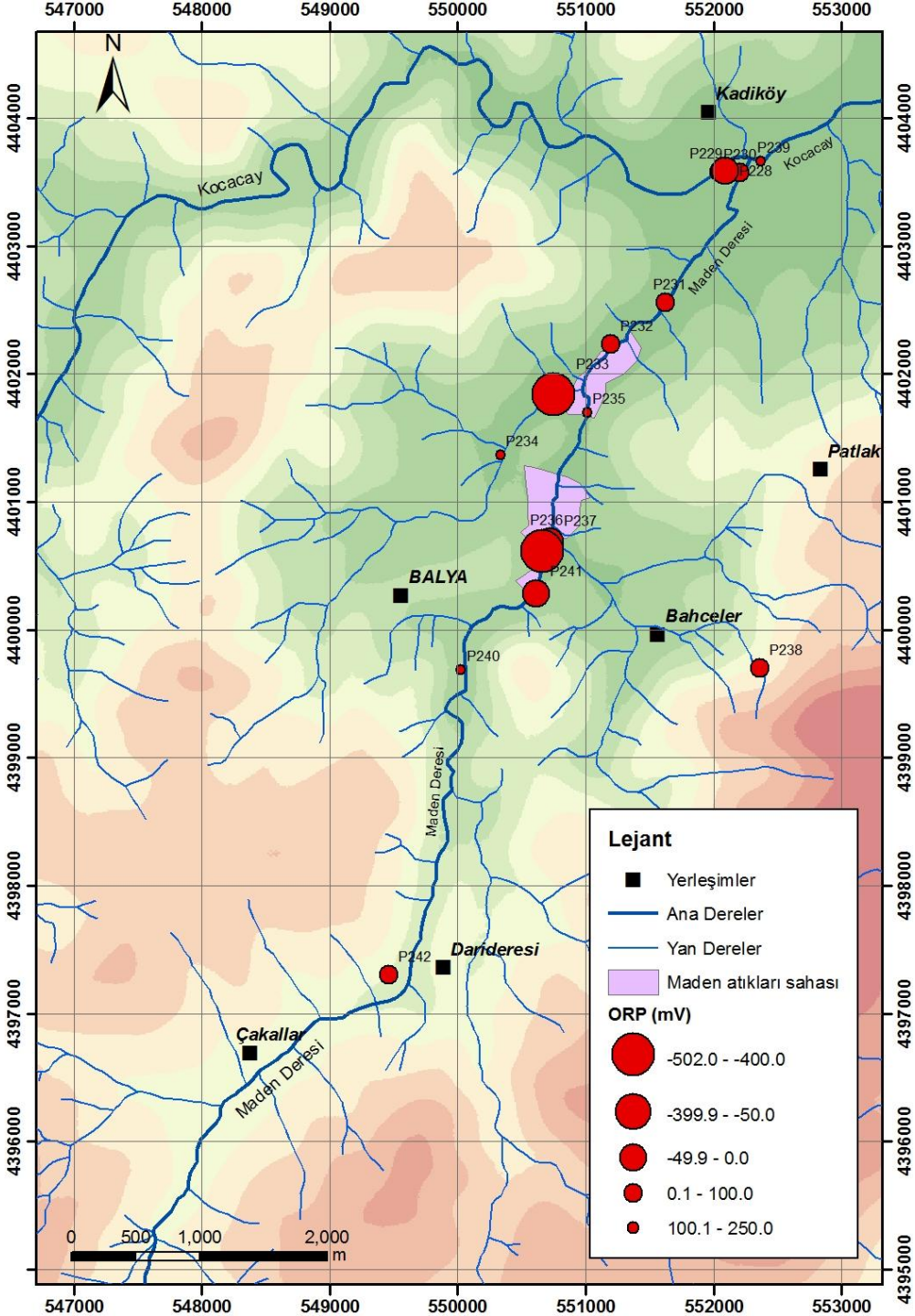
ITASHY: 6,5-9,5
SKKY: 4. sınıf



Elektriksel iletkenlik

Geri plan seviyeleri düşük
Maden sahası sonrası yüksek
AMD'lerde yüksek

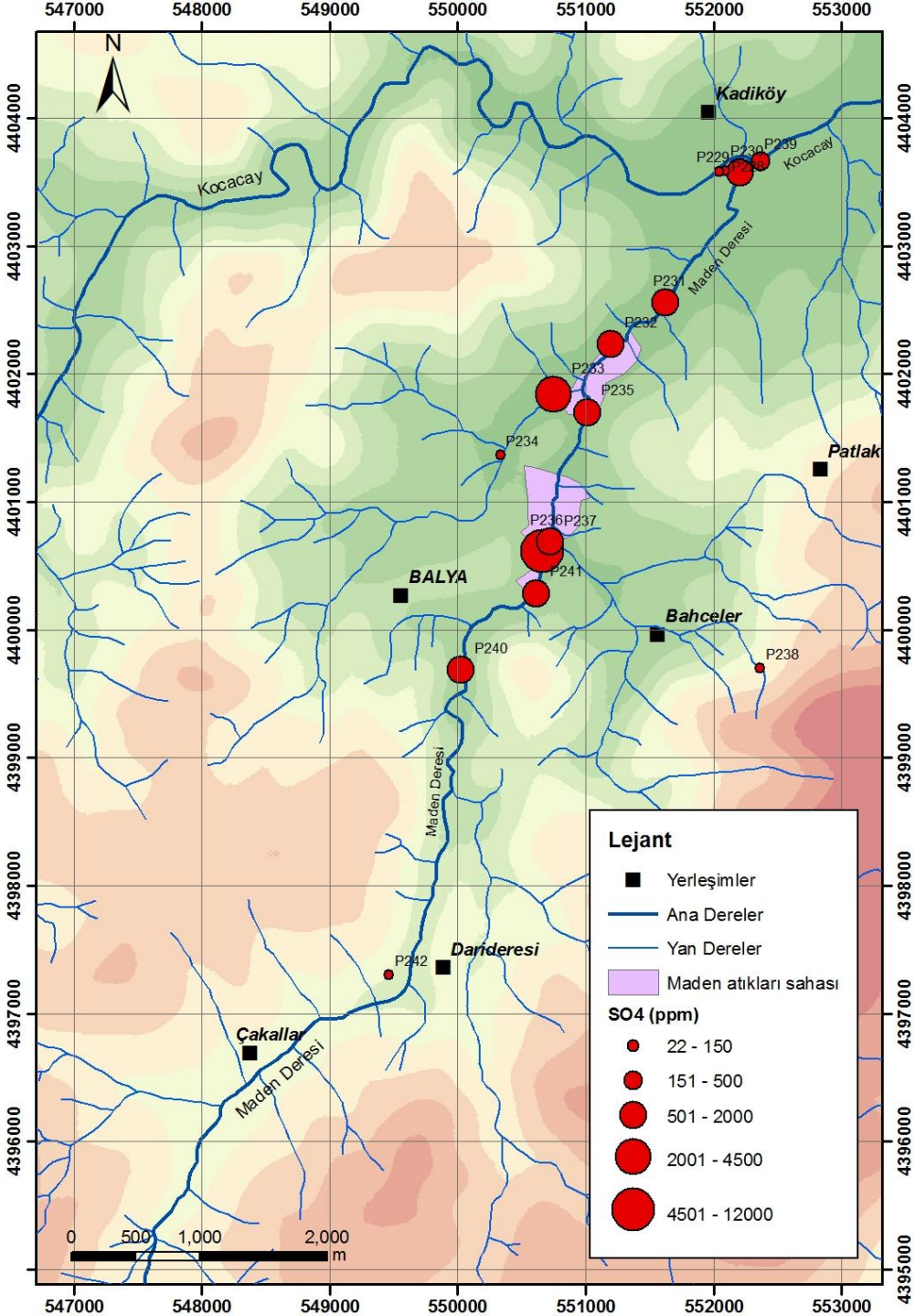
ITASHY: 2500 µS/cm
SKKY: -



İnd-Yük Potansiyeli

Doğal sular yükseltgen
AMD ler indirgen
Atık sahası civarı ind.

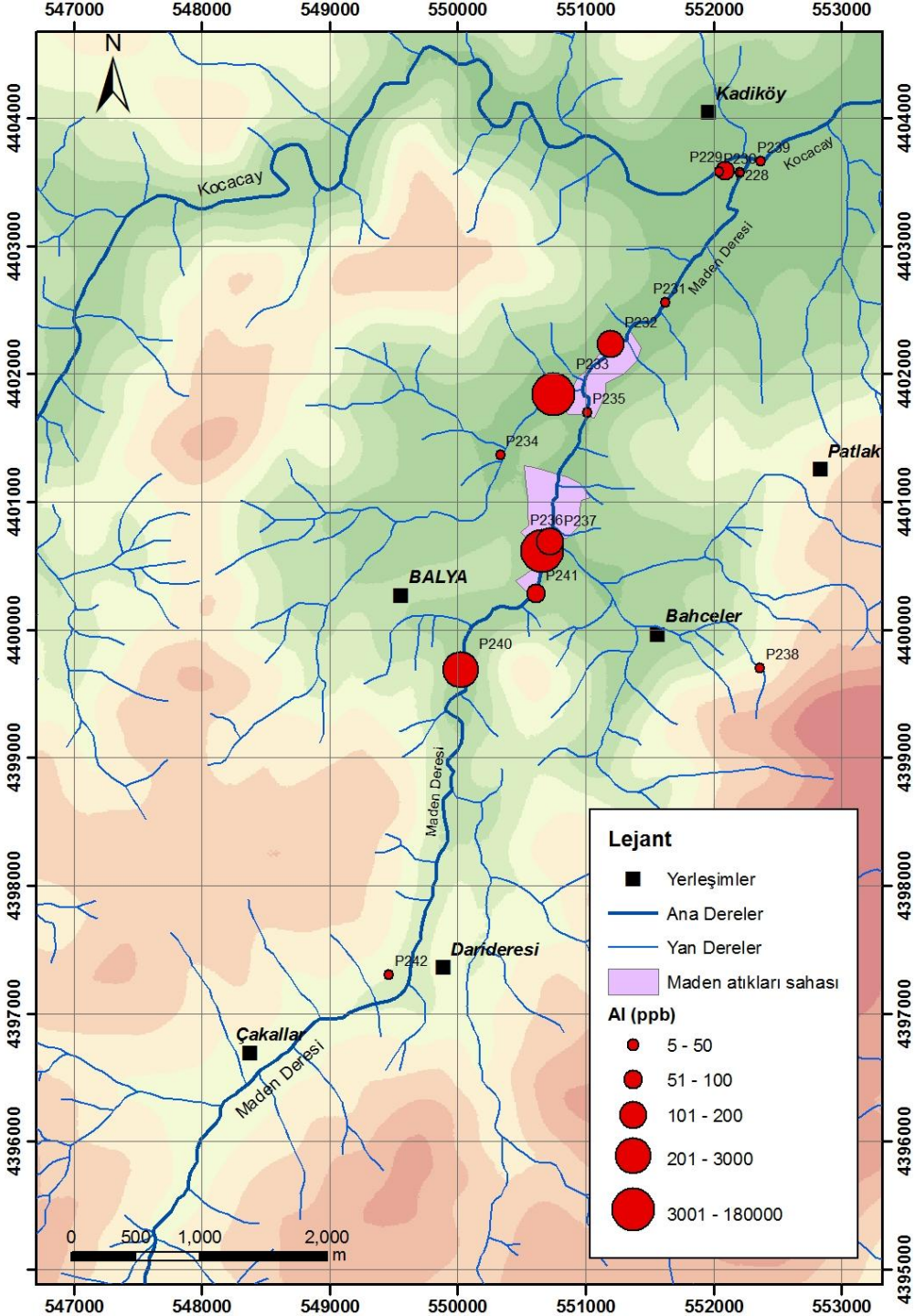
ITASHY: -
SKKY: -



Sülfat

Atık sahası civarı yüksek değerler

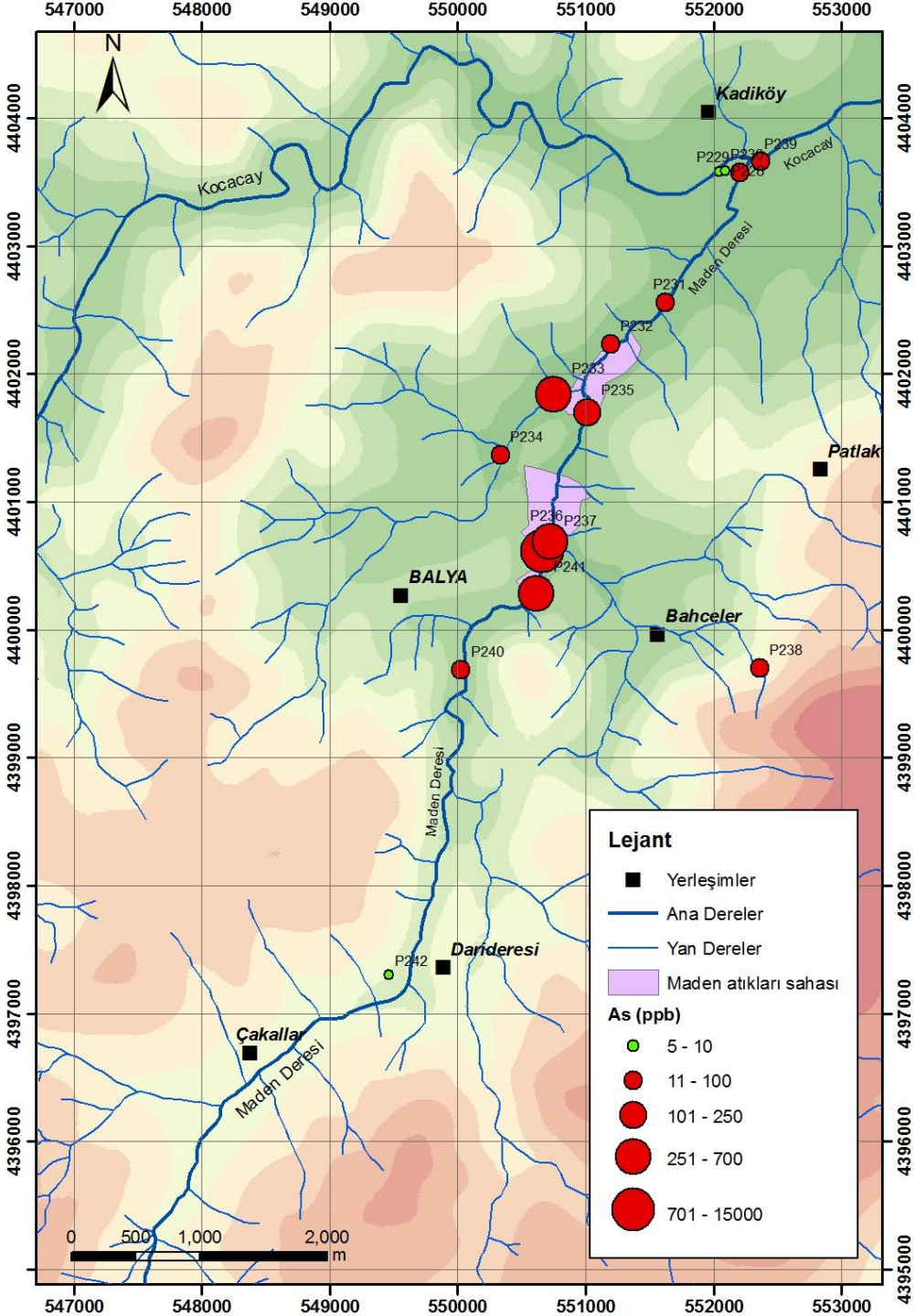
ITASHY: 250 ppm
SKKY: 1. sınıftan 4. sınıfa bir bozulma



Alüminyum

Maden atıklarından kaynaklı zenginleşme

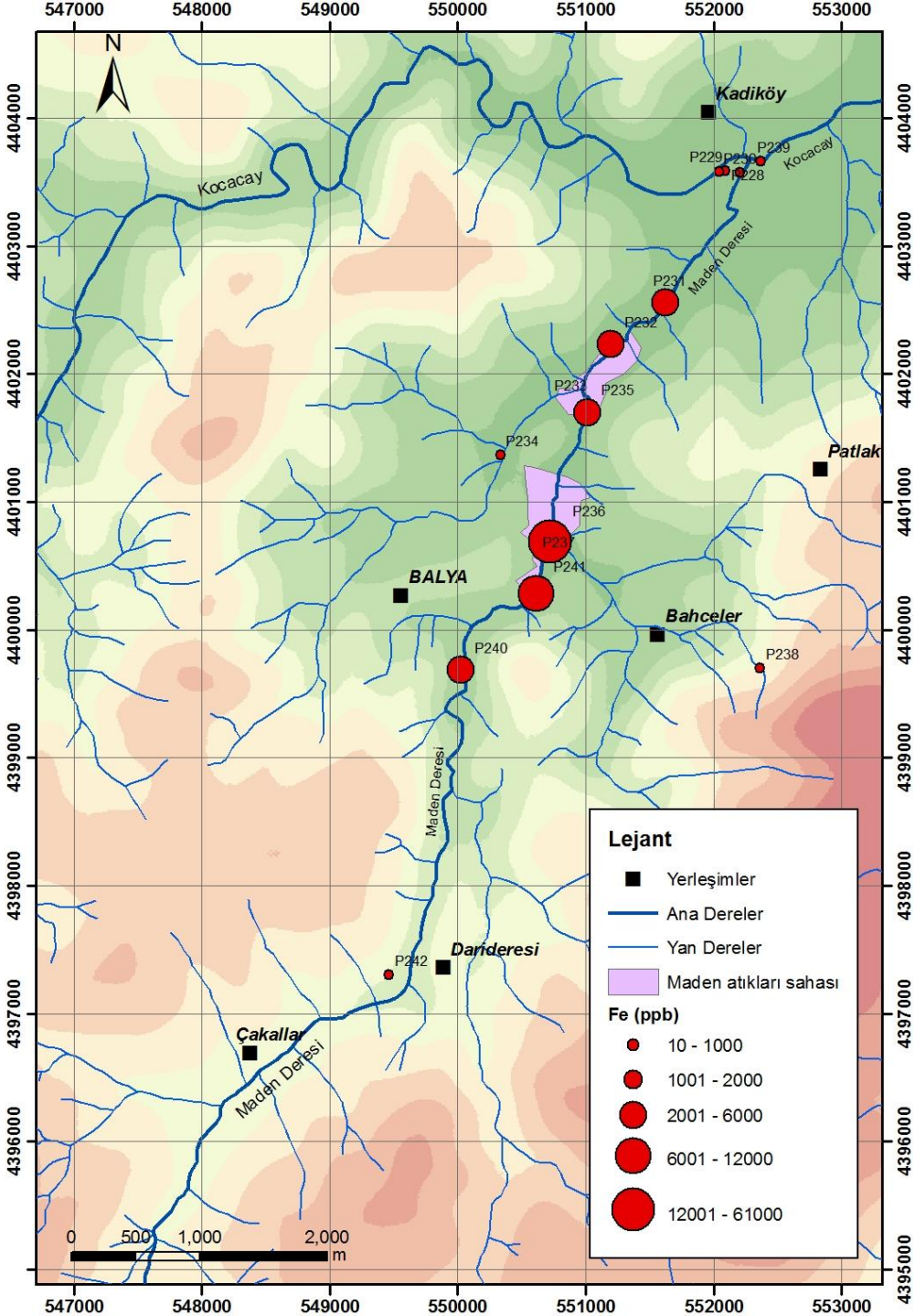
ITASHY: 200 ppb
SKKY: 1. sınıftan 4. sınıfa bir bozulma



Arsenik

Maden atıklarından kaynaklı zenginleşme AMD de çok yüksek değerler

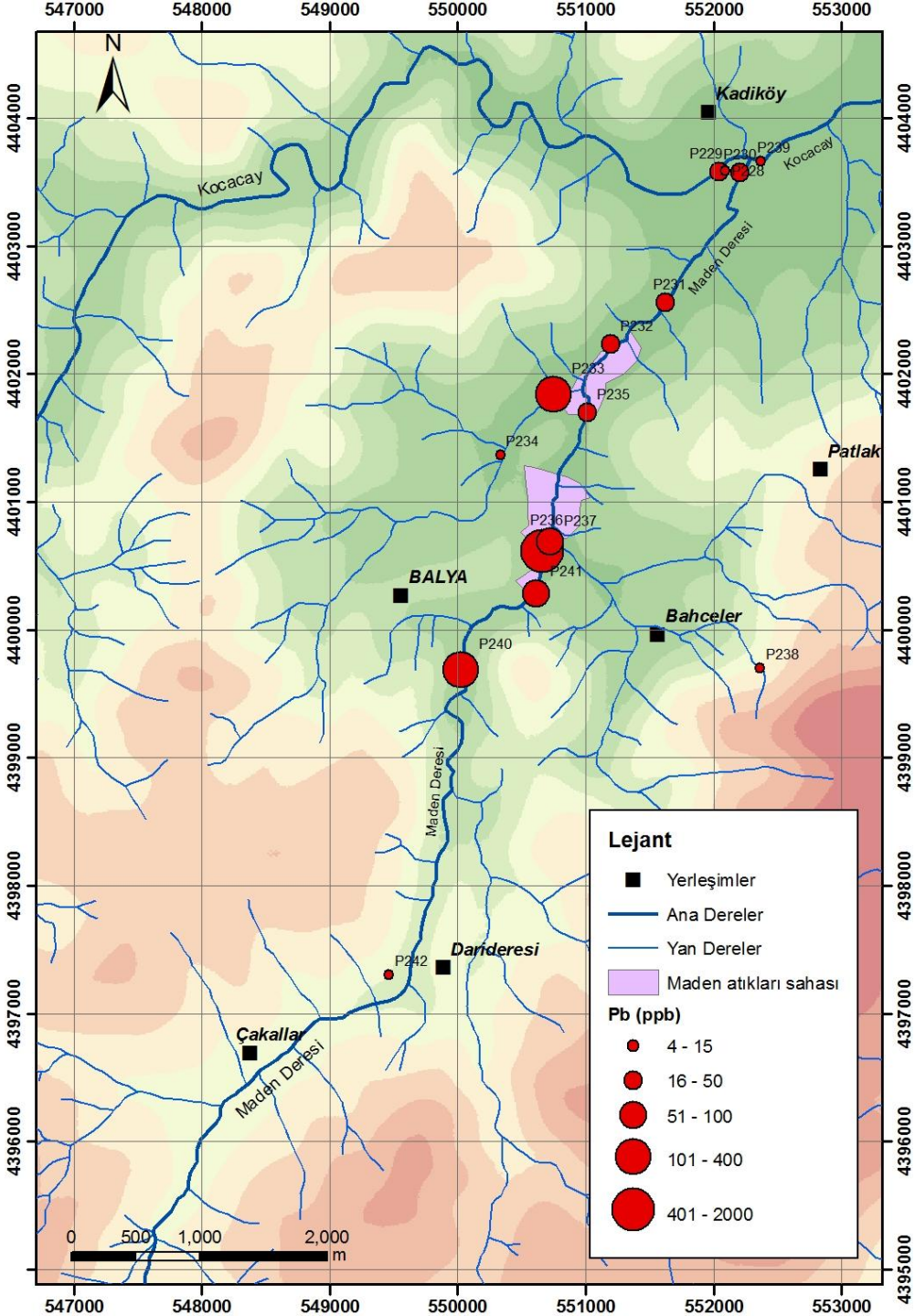
ITASHY: 10 ppb
SKKY: 1. sınıftan 4. sınıfa bir bozulma



Demir

Maden atıklarından kaynaklı zenginleşme

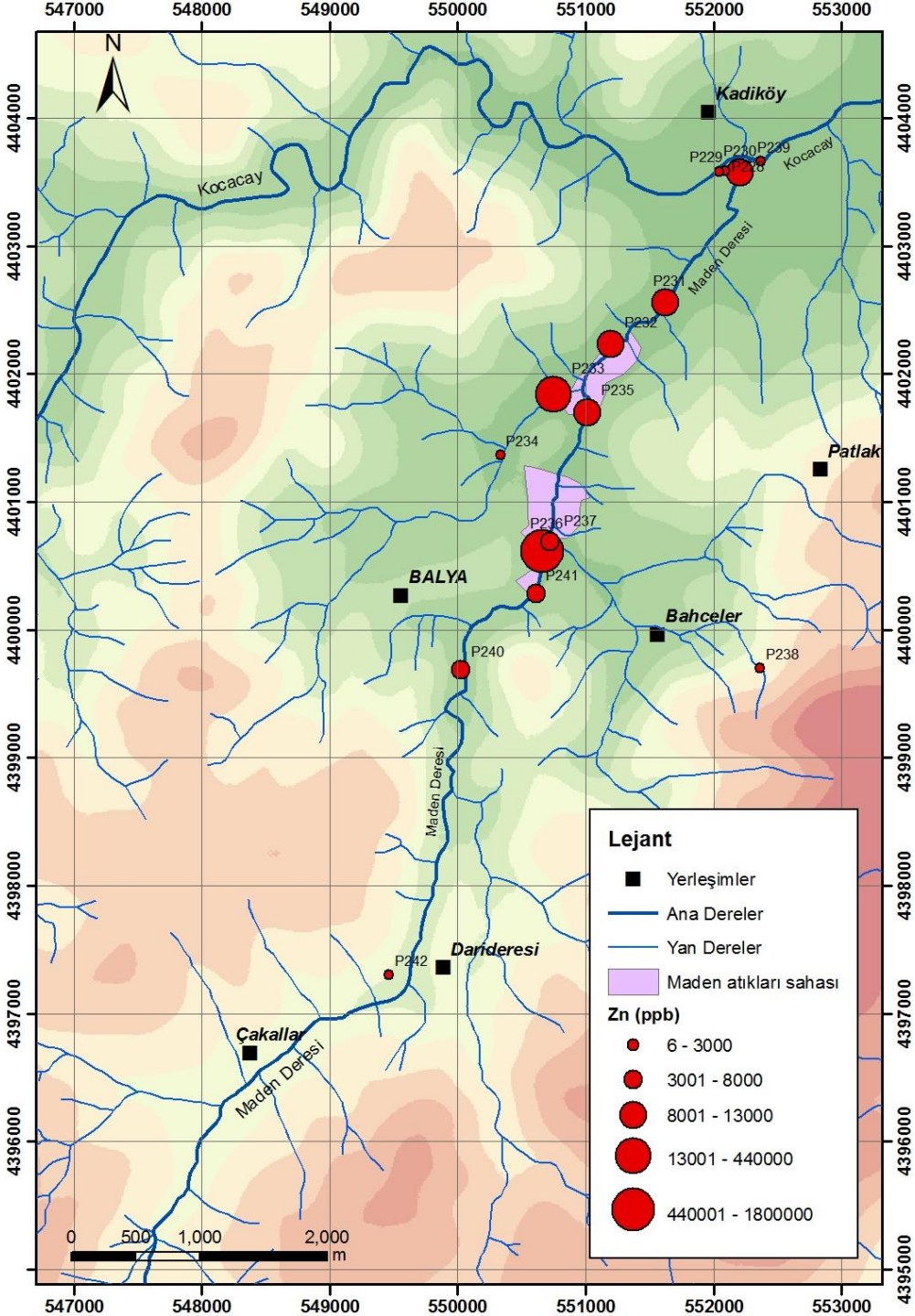
ITASHY: 200 ppb
SKKY: 4. sınıf



Kurşun

Maden atıklarından kaynaklı zenginleşme

ITASHY: 10 ppb
SKKY: 4. sınıf



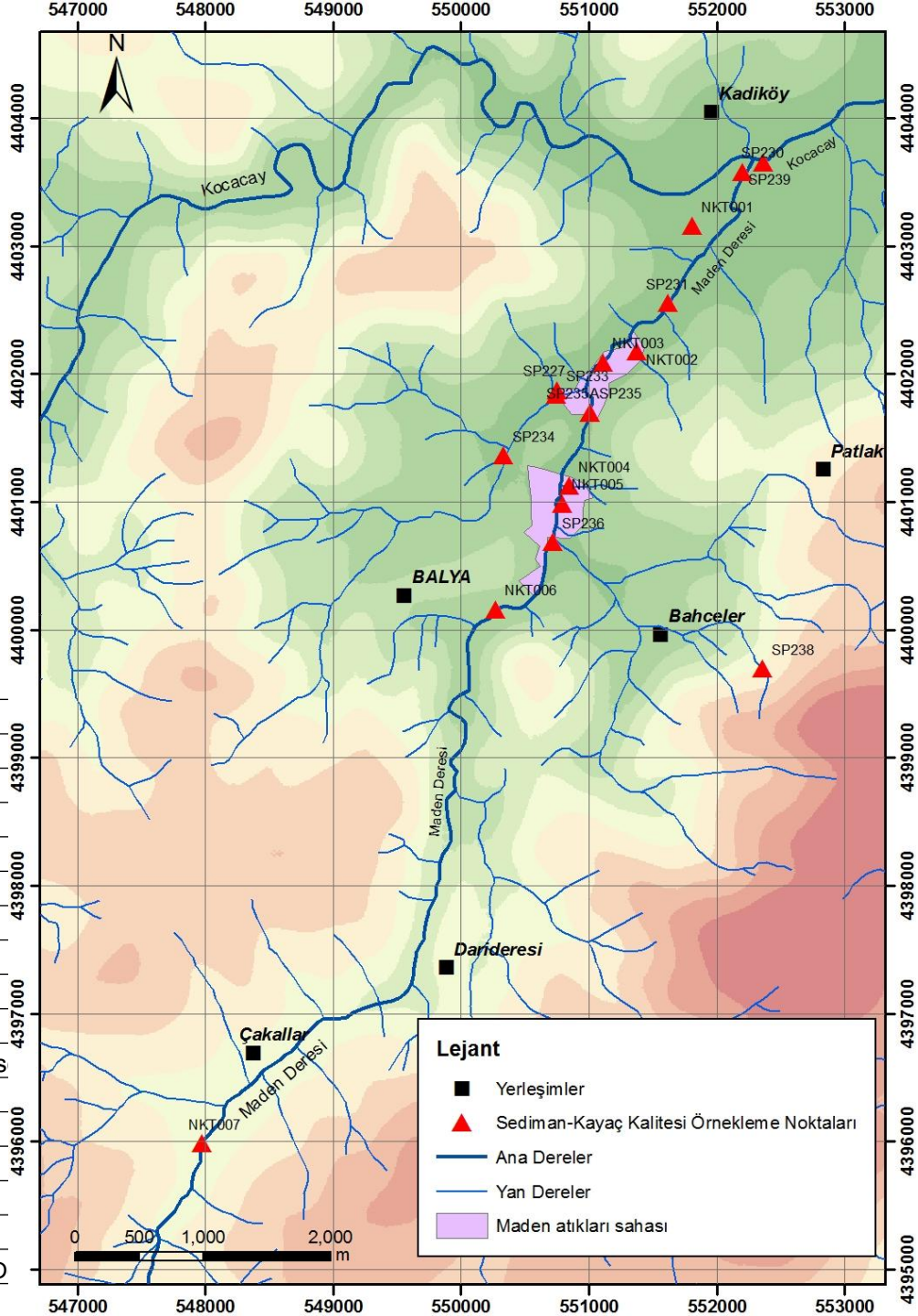
Çinko

Maden atıklarından kaynaklı zenginleşme

ITASHY: 100-5000 ppb
SKKY: 4. sınıf

SEDİMAN-KAYAÇ KALİTESİ DEĞERLENDİRMESİ

Sediman-Kayaç Kalitesi Örnekleme Noktaları



NKT001	Dasit
NKT002	Pasa
NKT003	Pasa
NKT004	Pasa
NKT005	Pasa
NKT006	Dasit
NKT007	Dasit
SP227	Dere sedimanı
SP230	Dere sedimanı
SP231	Dere sedimanı
SP233	Pasa altı dere s
SP234	Dere sedimanı
SP235	Dere sedimanı
SP235A	Sarı Pasta
SP236	Pasa+Cüruf
SP238	Dasit
SP239	Sarı Kocaçay D

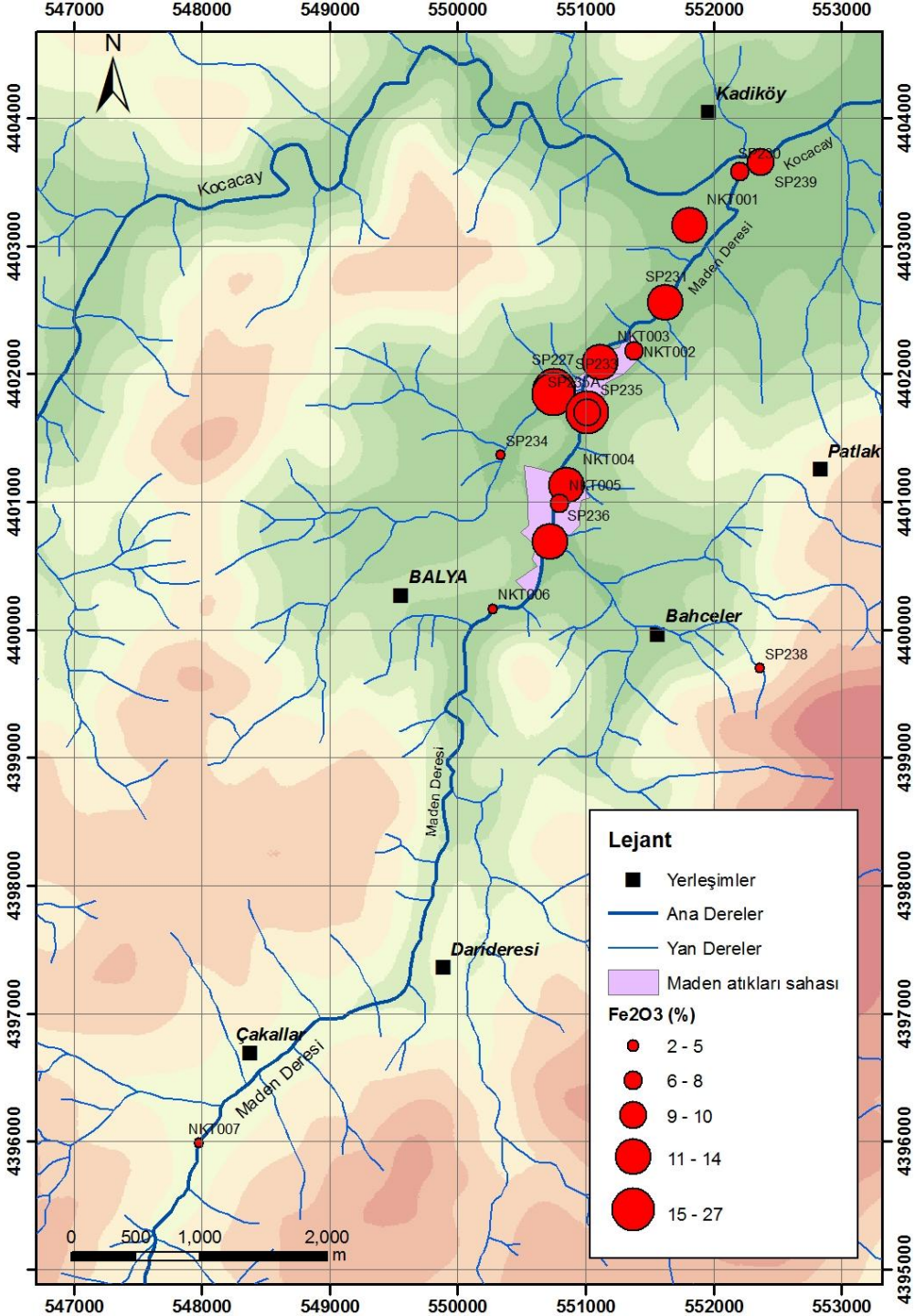
SEDİMAN-KAYAÇ KALİTESİ VERİ TABANI

Örnek	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	Cr2O3	LOI	Co	Sr	U	Zr	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Cd	Sb	Hg	Se
No	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM	PPM
NKT001	53,46	15,91	11,19	0,97	2,22	2,08	1,09	0,52	0,38	0,02	<0.002	11,2	4,5	518,1	5,0	158,7	0,5	13,8	98,2	30	0,6	28,0	<0.1	0,7	0,02	0,6
NKT006	59,44	14,55	4,97	0,08	0,14	0,17	9,53	0,40	0,28	0,01	0,006	8,4	12,9	225,6	7,2	128,8	0,9	>10000.0	2705,5	2301	16,2	493,7	18,0	137,4	0,31	3,9
NKT007	62,20	17,57	4,69	0,69	0,62	0,04	4,22	0,43	0,26	0,12	<0.002	8,8	2,7	43,3	7,3	141,1	1,6	7,6	111,7	215	3,2	3197,4	1,7	5,2	0,10	0,8
SP238	76,92	9,88	2,25	0,58	3,19	0,05	2,36	0,30	0,09	0,05	0,009	4,2	8,0	40,5	1,9	104,4	0,2	9,0	22,4	20	20,3	61,6	0,2	0,6	0,32	0,5
SP239	54,55	12,35	9,82	0,81	7,21	1,83	2,82	0,41	0,24	0,42	0,004	6,9	10,8	474,6	5,6	169,4	1,1	262,2	3634,6	>10000	14,3	274,9	34,7	25,3	0,14	2,6
SP227	11,06	1,07	26,86	0,02	4,23	0,05	1,01	0,07	0,02	0,01	0,004	25,4	2,4	48,6	1,2	24,6	5,1	623,3	>10000.0	6012	8,3	5623,2	30,6	687,6	4,54	50,2
SP230	52,56	12,94	6,95	1,15	9,00	1,33	3,26	0,49	0,20	0,35	0,008	9,5	13,3	396,7	4,9	175,7	1,2	166,1	3978,0	>10000	25,3	483,2	33,2	34,6	0,16	3,3
SP231	54,16	12,24	12,00	1,10	4,67	1,11	3,19	0,47	0,18	0,35	0,007	7,1	12,9	297,6	5,2	163,1	1,7	421,5	8573,6	>10000	21,5	1645,0	107,2	88,1	0,22	5,8
SP233	43,92	7,45	20,90	0,32	1,90	0,99	1,99	0,33	0,09	0,04	0,002	18,3	5,4	289,2	3,5	91,2	1,5	243,2	>10000.0	5711	6,7	1534,4	39,9	150,4	0,65	13,5
SP234	62,64	12,99	4,61	0,77	7,12	1,75	2,83	0,49	0,39	0,08	0,006	5,7	6,2	422,3	6,0	120,3	0,6	18,3	455,1	541	5,6	81,9	2,7	4,3	0,05	0,8
SP235	64,19	5,17	9,13	1,87	9,30	0,17	1,71	0,21	0,08	1,43	0,004	4,8	58,4	217,3	2,6	61,2	7,3	2123,5	6389,5	4762	11,6	416,2	31,8	35,7	0,39	3,5
SP235A	45,05	6,36	18,15	1,47	8,48	0,16	1,42	0,29	0,15	1,41	0,005	11,2	49,7	313,2	5,2	73,2	8,2	1689,8	8670,8	>10000	28,6	3908,8	126,3	74,6	1,09	6,2
NKT002	47,24	6,91	7,07	0,26	10,16	0,43	3,18	0,24	0,04	0,02	0,005	9,8	0,8	164,4	3,1	76,8	1,6	230,6	9742,5	1519	0,5	1151,8	8,8	90,1	0,43	5,8
NKT003	37,85	6,08	12,64	0,86	12,36	0,08	3,69	0,19	0,09	0,53	0,006	13,8	5,1	135,9	5,0	63,7	1,8	490,6	>10000.0	>10000	10,3	2391,8	167,9	190,5	1,20	9,5
NKT004	32,49	4,50	14,17	0,18	14,22	0,07	2,72	0,15	0,07	0,02	0,005	13,9	0,4	110,1	1,8	53,4	2,4	287,3	8638,0	895	<0.1	4420,2	7,5	189,0	0,97	8,3
NKT005	41,82	8,06	7,76	0,28	9,58	0,10	4,57	0,24	0,07	0,04	0,005	14,2	0,5	130,8	2,7	74,9	1,3	695,9	>10000.0	7980	1,2	1723,4	68,4	280,6	1,17	11,5
SP236	32,49	5,90	11,12	0,22	11,68	0,08	3,46	0,21	0,06	0,07	0,005	16,7	1,4	130,2	3,4	90,1	4,0	1550,7	>10000.0	9664	1,8	1981,8	38,1	624,3	2,21	20,1

Parametre	Birim	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std . Sapma	Dünya Ort.*
SiO2	%	11,06	76,92	48,94	15,36	60,6
Al2O3	%	1,07	17,57	9,41	4,57	15,9
Fe2O3	%	2,25	26,86	10,84	6,40	6,7
MgO	%	0,02	1,87	0,68	0,52	4,7
CaO	%	0,14	14,22	6,83	4,29	6,4
Na2O	%	0,04	2,08	0,62	0,73	3,1
K2O	%	1,01	9,53	3,12	1,94	1,8
TiO2	%	0,07	0,52	0,32	0,14	0,7
P2O5	%	0,02	0,39	0,16	0,12	0,1
MnO	%	0,01	1,43	0,29	0,46	-
Cr2O3	%	0,002	0,009	0,01	0,00	-
LOI	%	4,2	25,4	11,17	5,47	-
Co	PPM	0,4	58,4	11,49	16,69	20
Sr	PPM	40,5	518,1	232,85	152,82	370
U	PPM	1,2	7,3	4,21	1,85	2,7
Zr	PPM	24,6	175,7	104,15	45,67	190
Mo	PPM	0,2	8,2	2,41	2,35	1,5
Cu	PPM	7,6	2123,5	552,09	657,04	50
Pb	PPM	22,4	9742,5	4418,33	3830,16	14
Zn	PPM	20	9664	3304,17	3387,71	75
Ni	PPM	0,5	28,6	11,00	9,18	80
As	PPM	28	5623,2	1730,43	1686,32	1,5
Cd	PPM	0,2	167,9	44,81	48,95	0,11
Sb	PPM	0,6	687,6	154,06	205,53	0,2
Hg	PPM	0,02	4,54	0,82	1,12	0,05
Se	PPM	0,5	50,2	8,64	11,94	0,05

Sonuçların Dünya Ortalamaları İle Mukayesesi

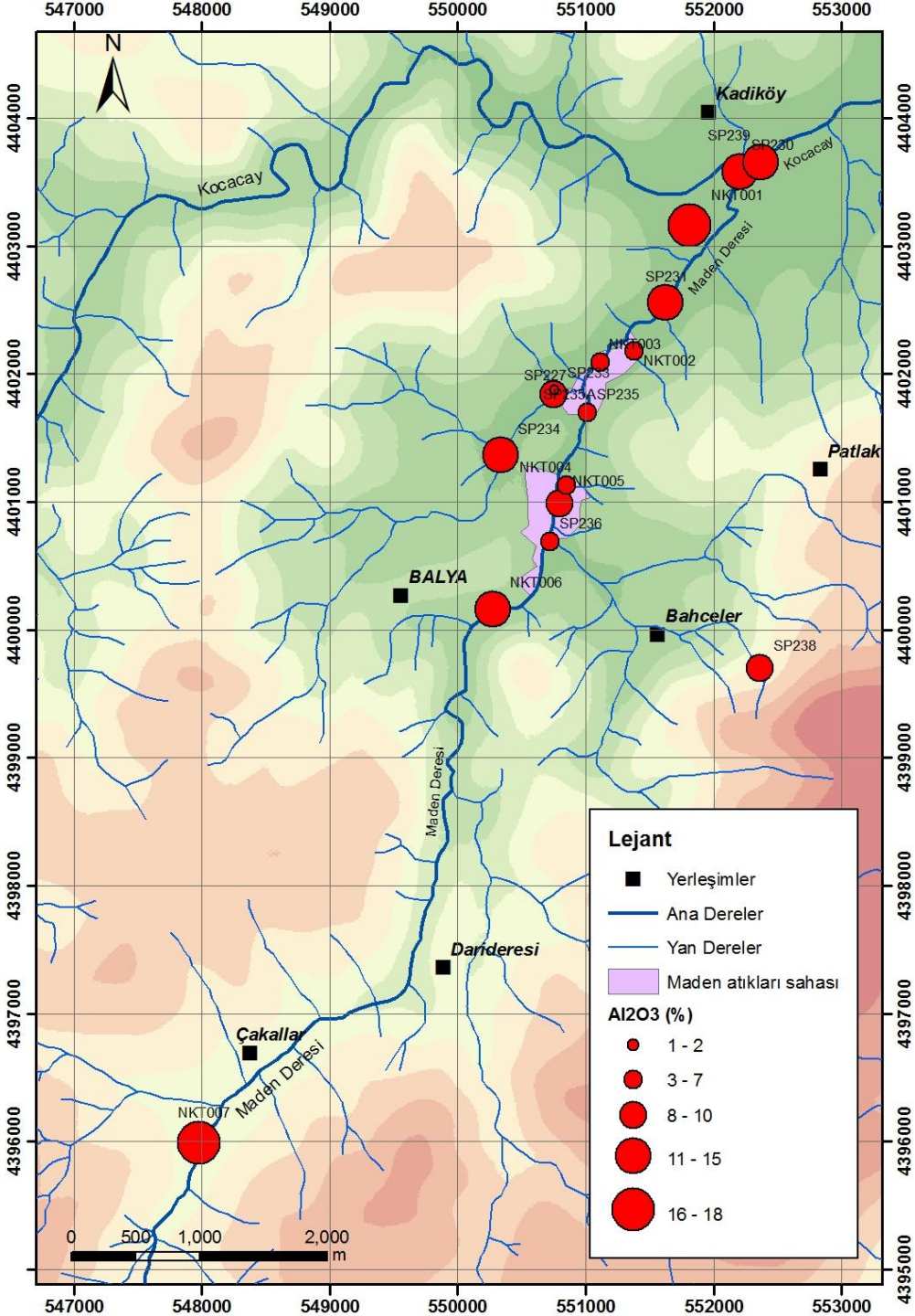
* http://environmentalchemistry.com/yogi/periodic/



Demir oksit

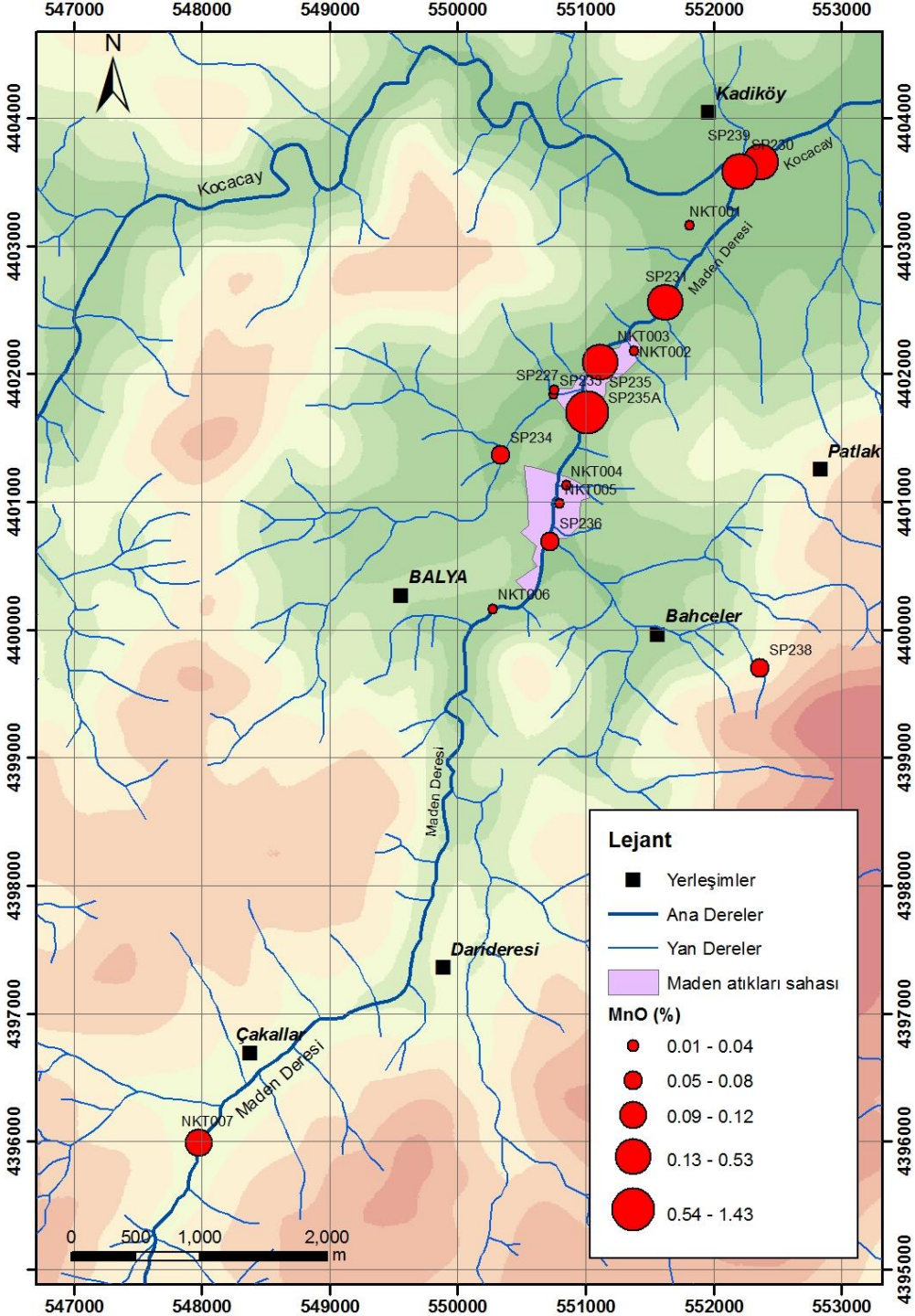
Maden atıklarından kaynaklanan yüksek değerler

Dünya ort. 3-4 katı



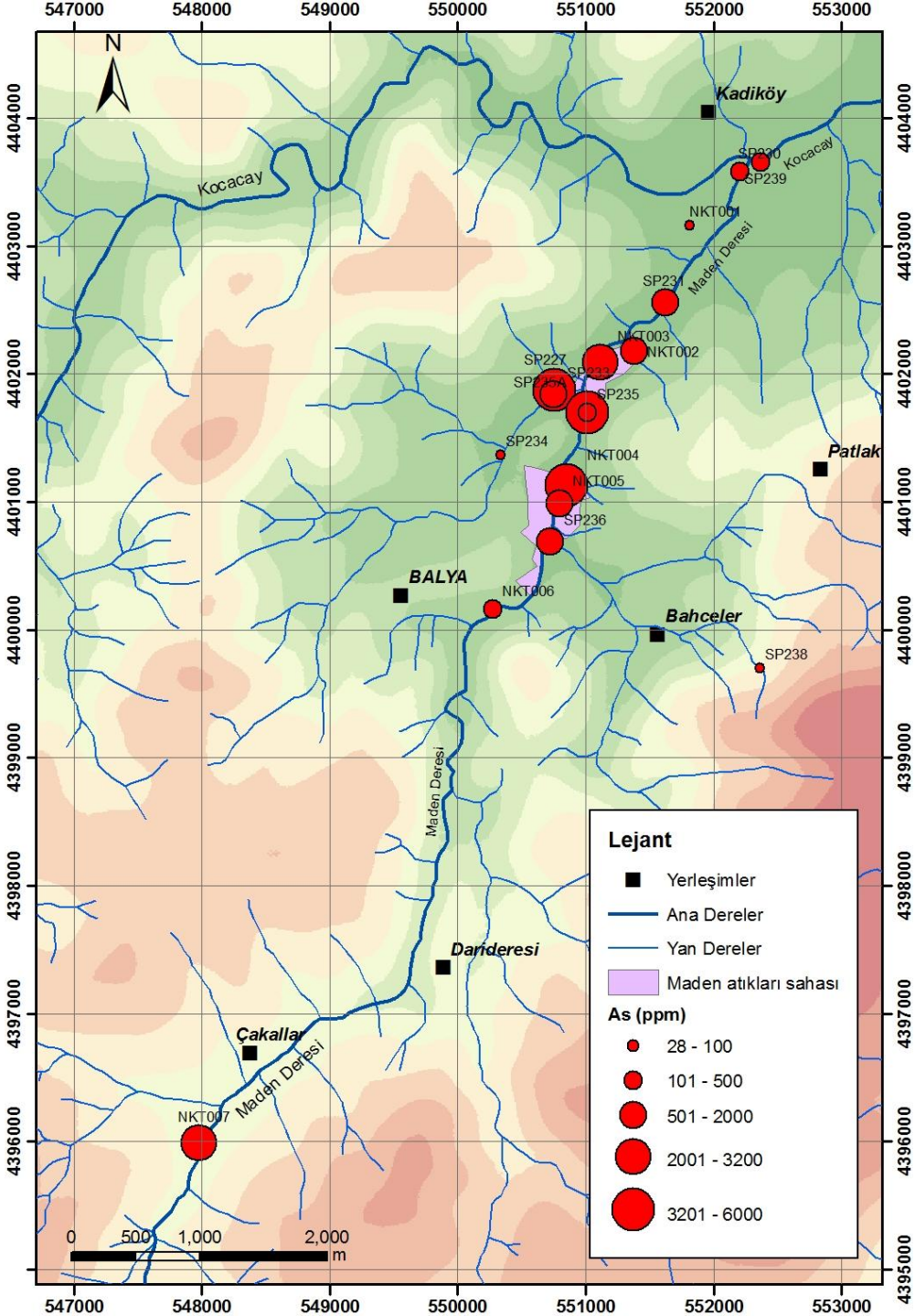
Alüminyum oksit

Dünya ortalaması civarında veya altında değerler



Mangan oksit

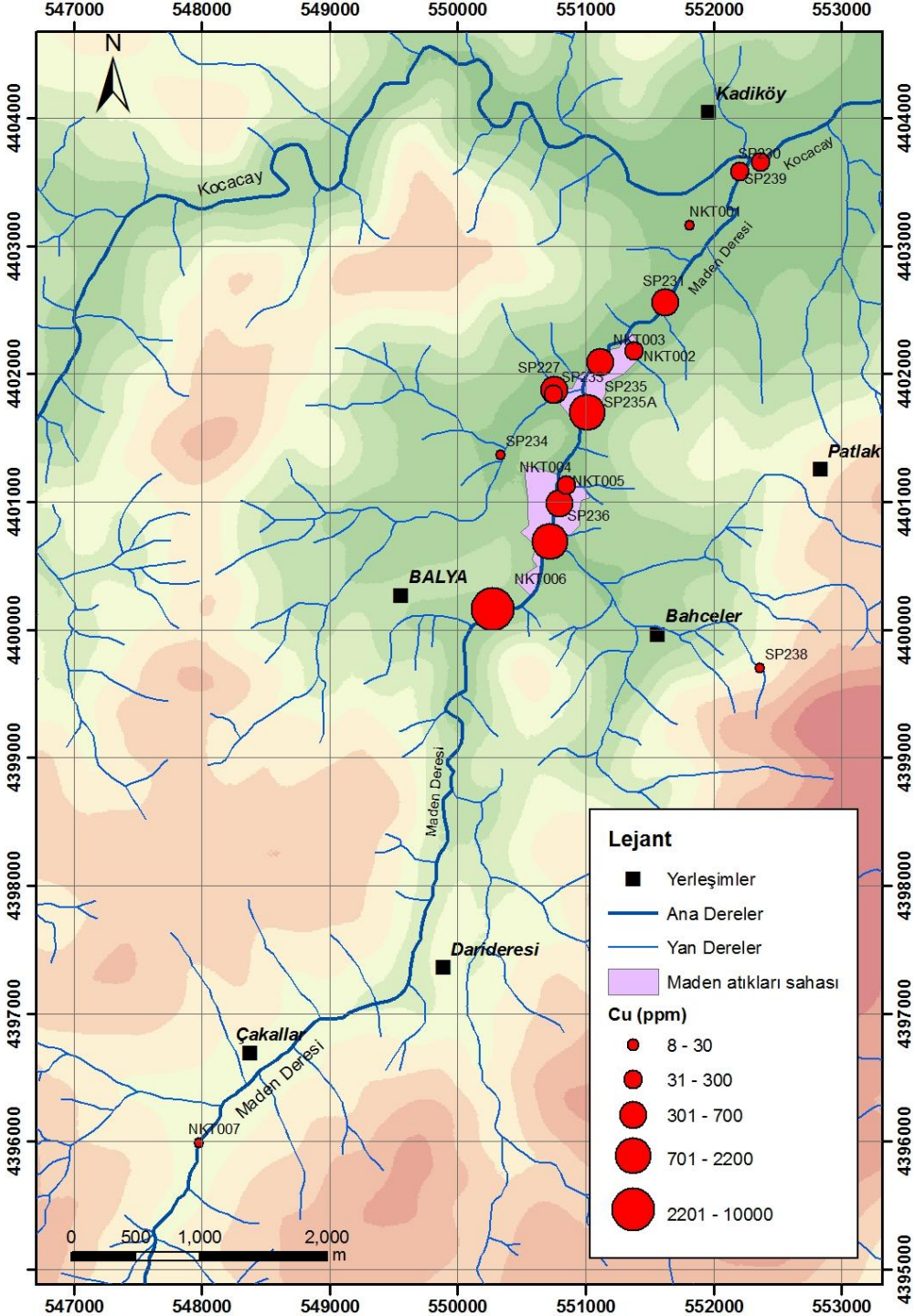
Atık sahası mansabında yüksek değerler



Arsenik

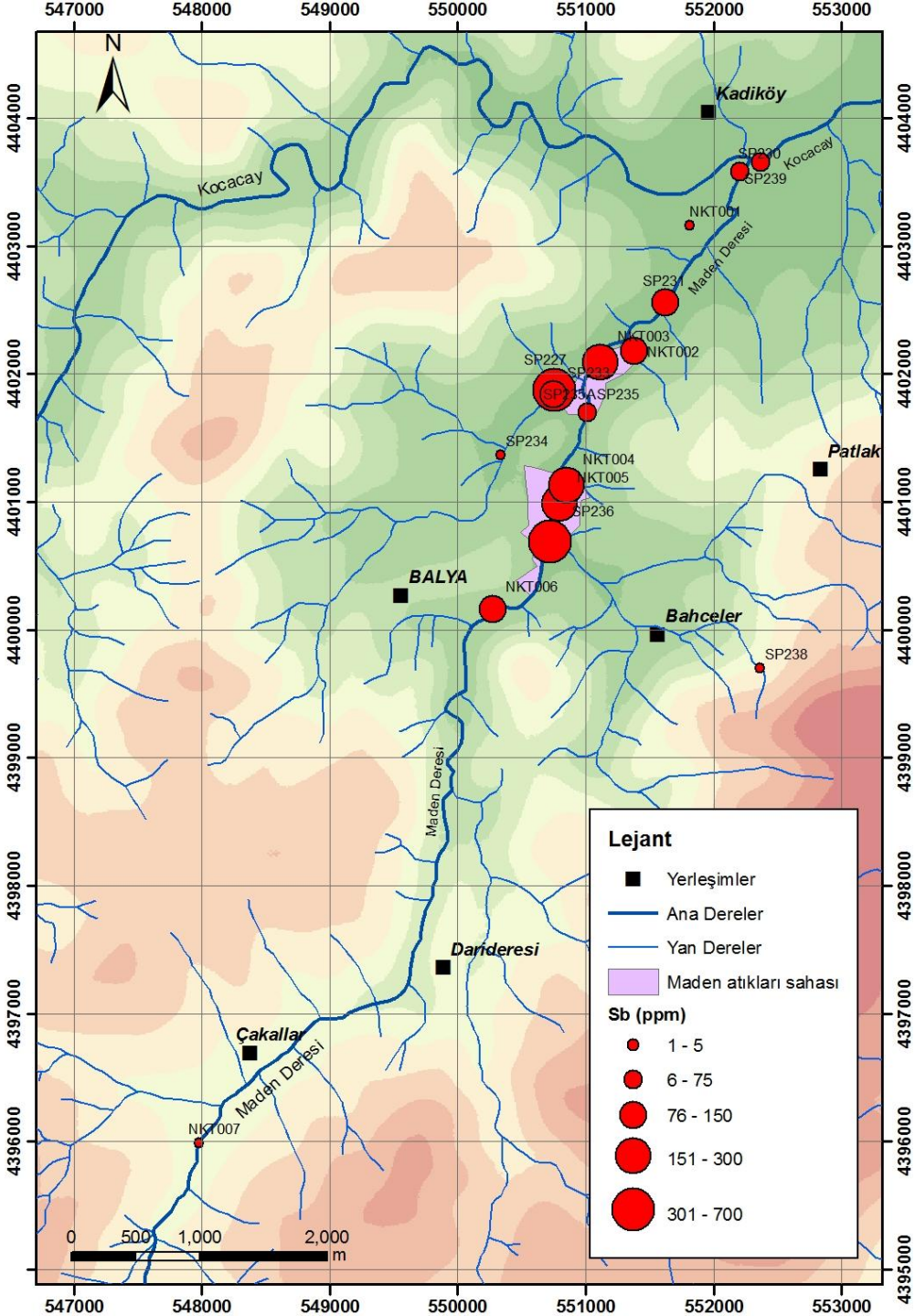
Formasyondan ve maden atıklarından kaynaklanan yüksek değerler

Dünya ort. 4 mertebe üzeri



Bakır

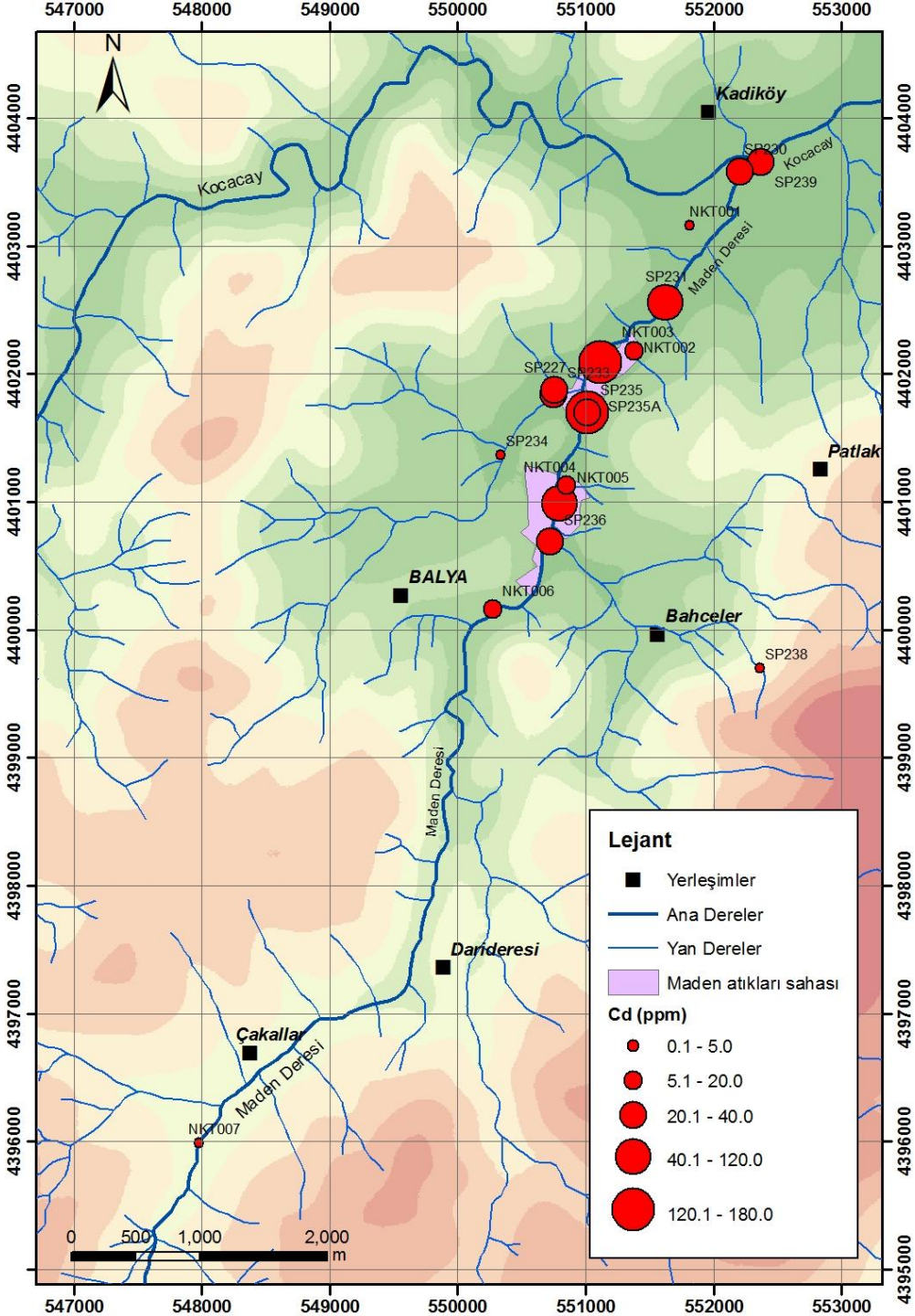
Dünya ort. 1 mertebe üzeri



Antimuan

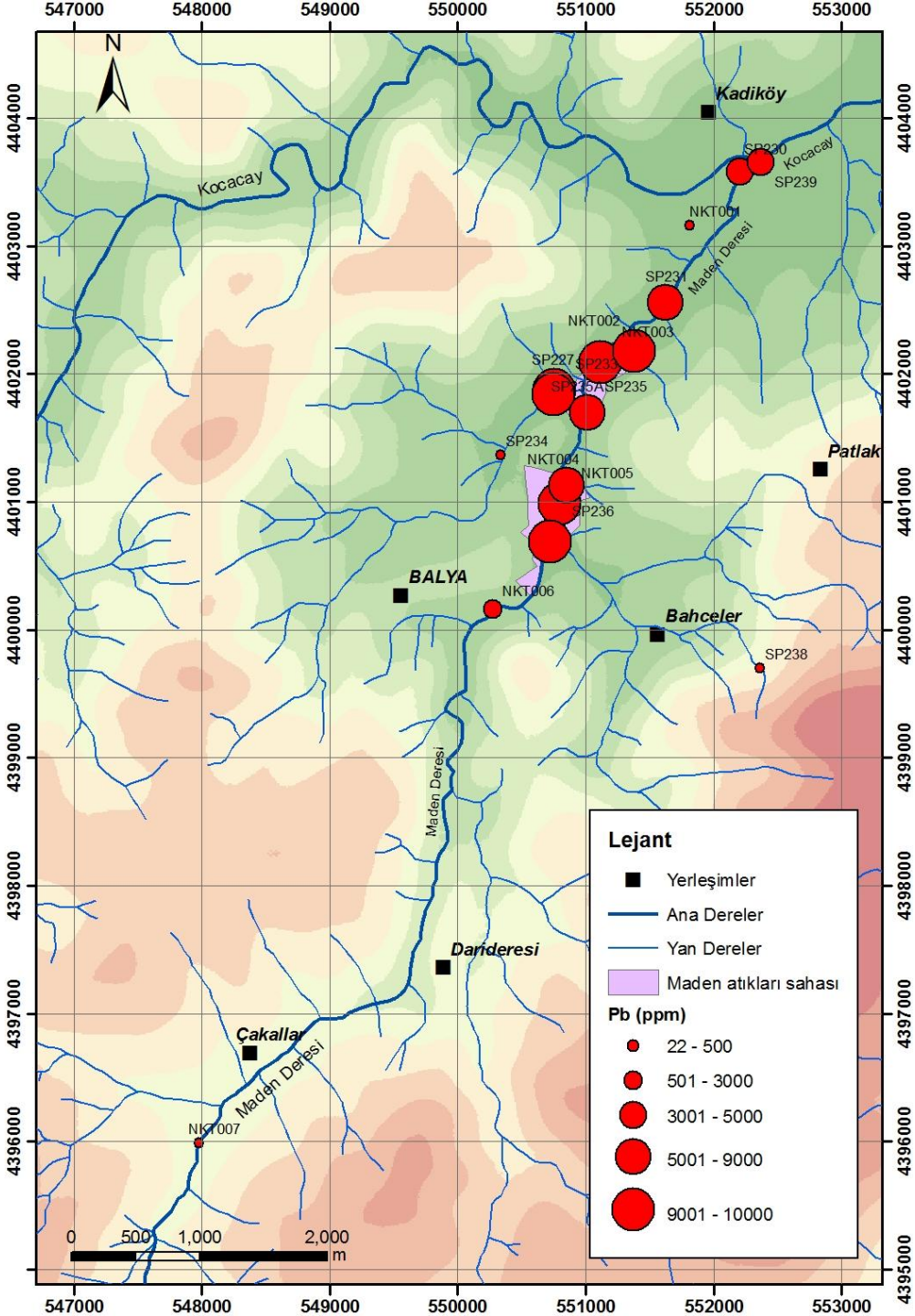
Formasyondan ve maden atıklarından kaynaklanan yüksek değerler

Dünya ort. 3 mertebe üzeri



Kadmiyum

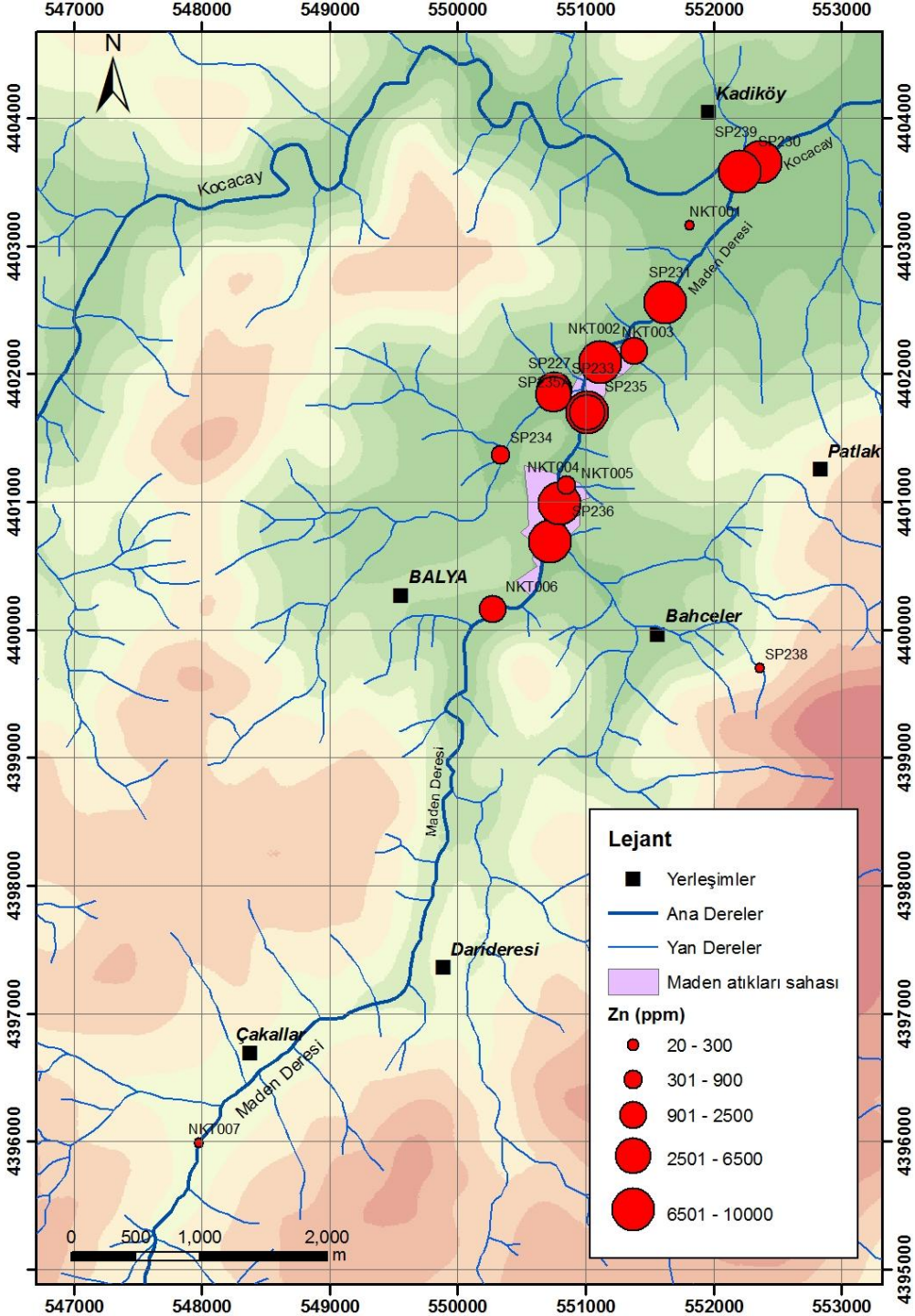
Maden atıkları içinde kadmiyum ve gümüş mevcut



Kurşun

Cevherleşme sonucu yüksek değerler

Dere boyunca taşınım net olarak gözleniyor

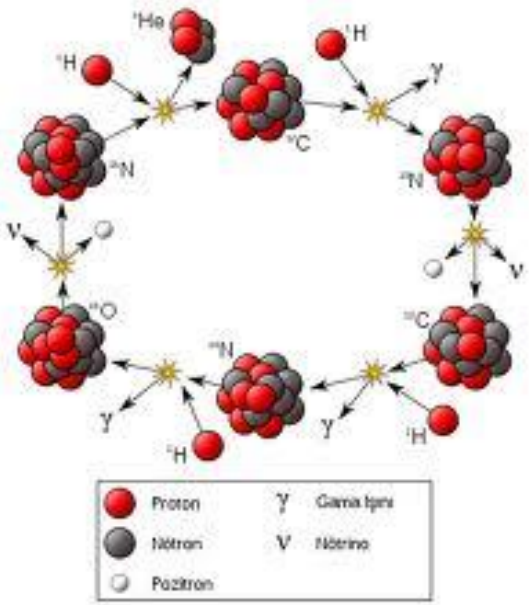


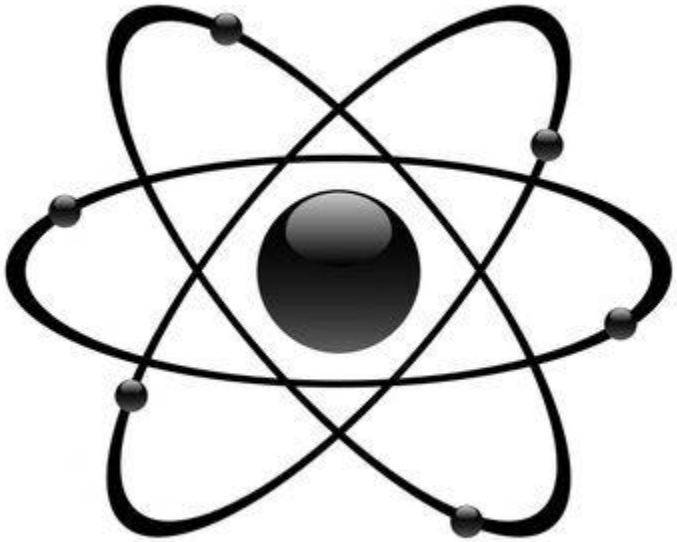
Çinko

Cevherleşme sonucu yüksek değerler

Dere boyunca taşınım net olarak gözleniyor

RADYOAKTİVİTE DEĞERLENDİRMESİ





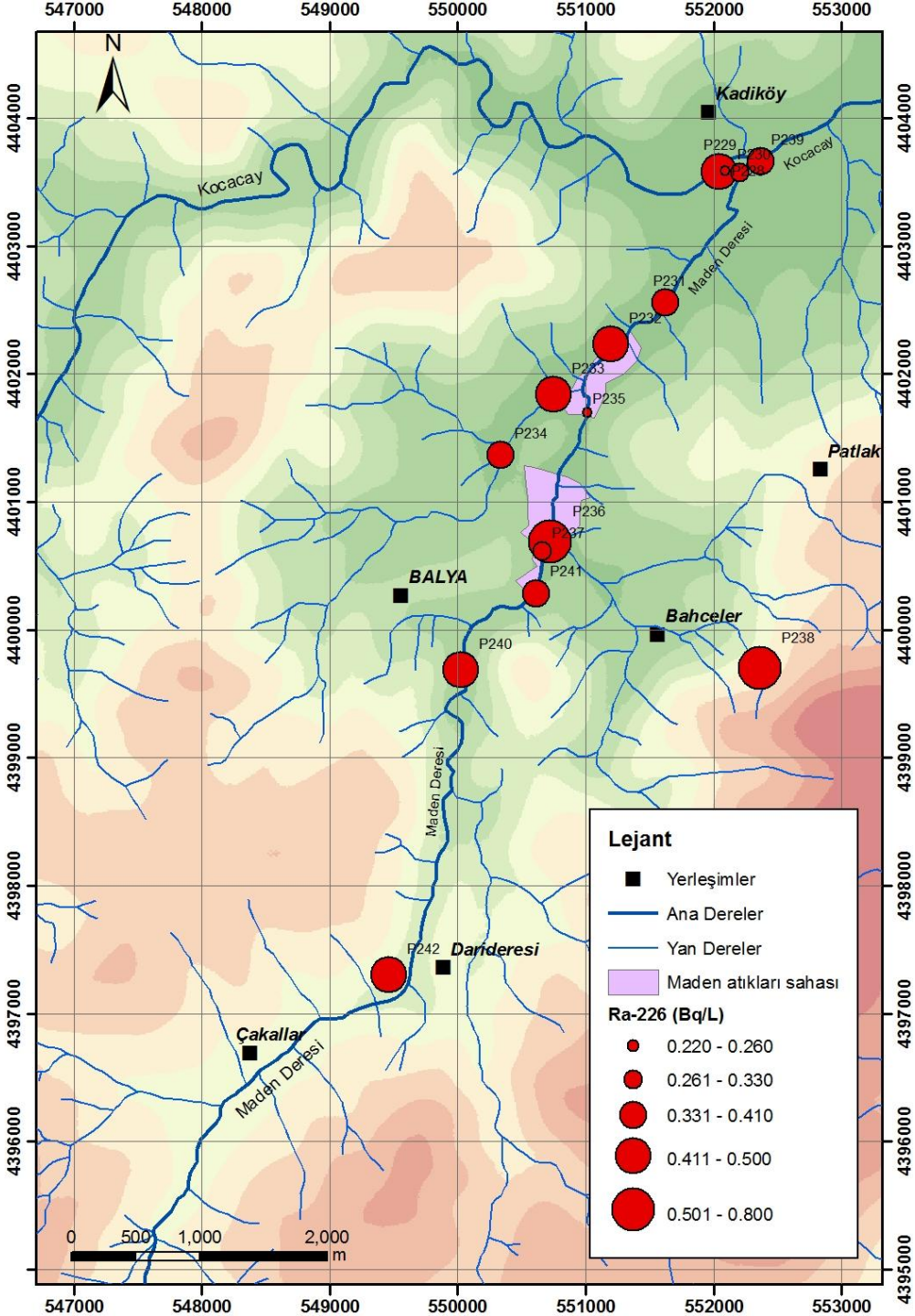
RADYOAKTİVİTE VERİ TABANI

Suda

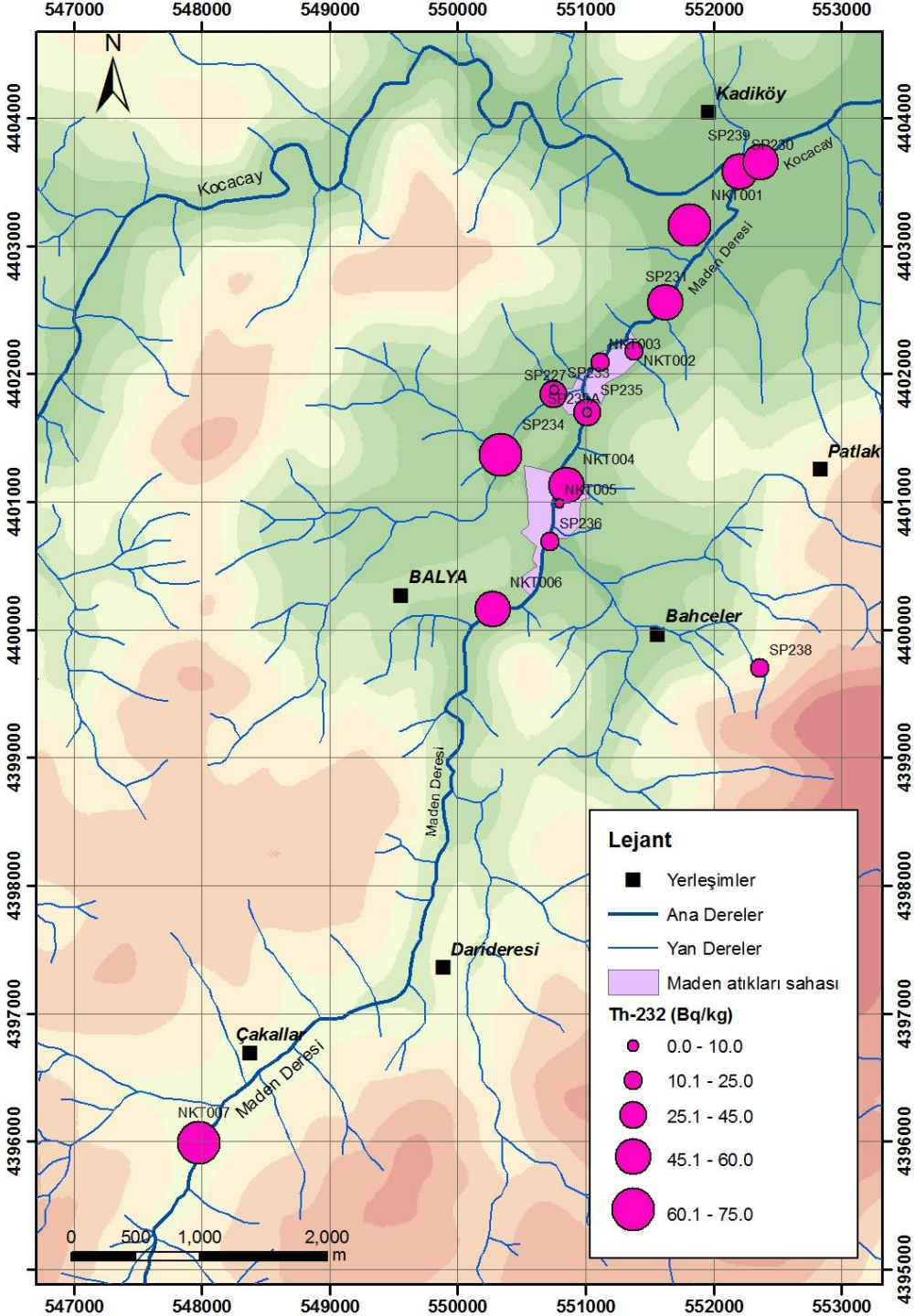
Örnek	^{226}Ra
No	Bq/L
P228	0,220
P229	0,444
P230	0,296
P231	0,370
P232	0,444
P233	0,444
P234	0,370
P235	0,259
P236	0,777
P237	0,296
P238	0,703
P239	0,333
P240	0,481
P241	0,407
P242	0,481

Sediman-Kayaçta

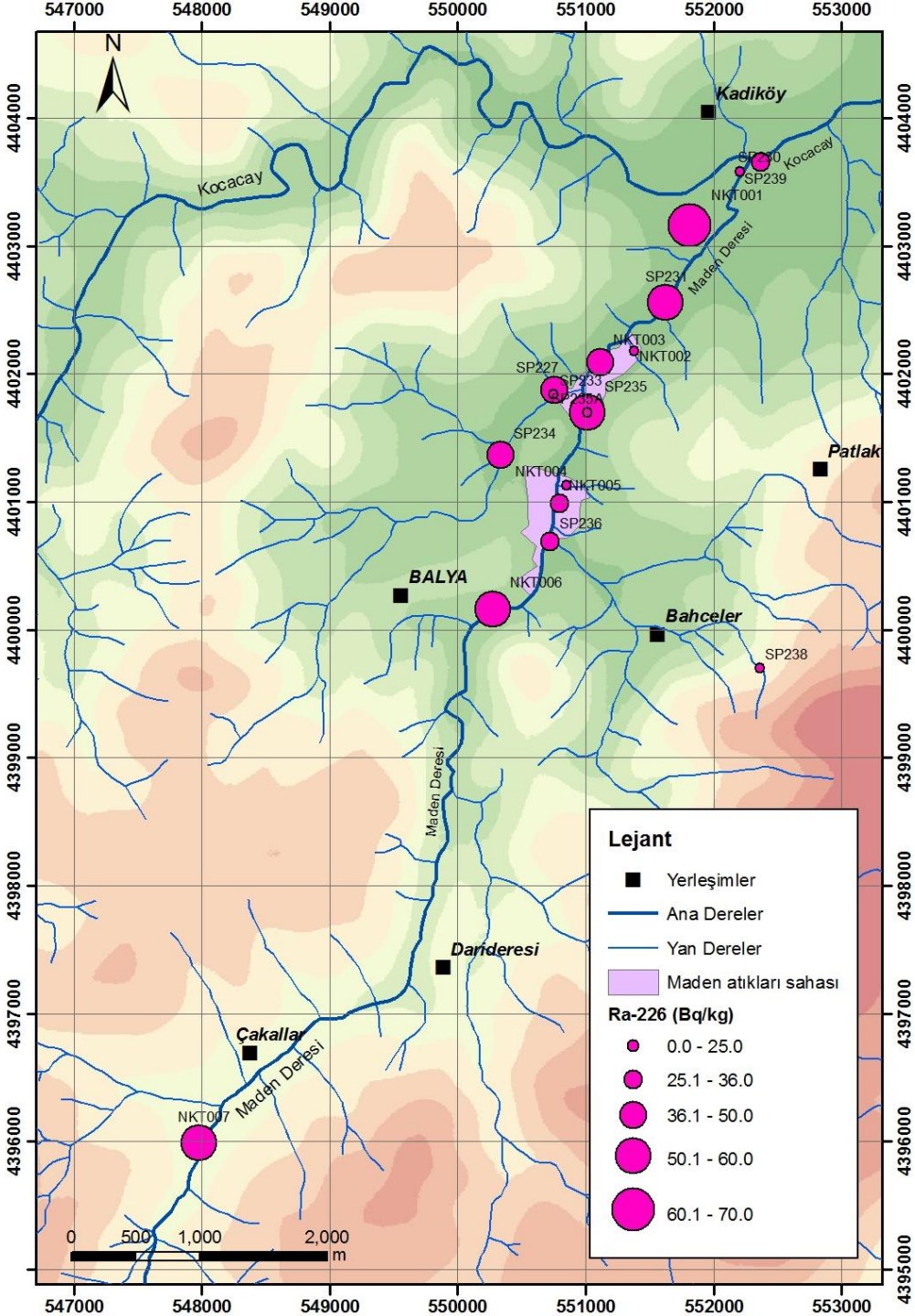
Örnek	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	D	Iyr
No	Bq/Kg	Bq/Kg	Bq/Kg	$nGyh^{-1}$	
NKT001	73,9	66,6	221,8	84,65	1,33
NKT006	51,4	57,3	2539,4	163,41	2,59
NKT007	69,1	58,9	822,4	103,24	1,63
SP238	20,8	0,0	408,4	29,59	0,48
SP239	55,9	27,9	826,4	81,11	1,29
SP227	0,0	44,9	295,2	33,05	0,49
SP230	57,7	0,0	1006,5	76,82	1,25
SP231	58,9	56,7	772,9	94,00	1,48
SP233	36,7	0,0	590,3	46,78	0,76
SP234	61,4	42,9	680,2	85,27	1,35
SP235	44,4	57,6	370,6	68,88	1,07
SP235A				0,00	0,00
NKT002	21,1	0,0	861,7	48,68	0,79
NKT003	21,6	49,3	961,6	75,92	1,18
NKT004	52,1	0,0	795,9	64,66	1,05
NKT005	0,0	32,6	865,9	51,17	0,79
SP236	23,1	35,3	766,7	62,23	0,98
UNSCEAR	35,0	40,0	370,0	55	1,0



Suda Radyum 226



Sedimanda Toryum 232



Sedimanda Radyum 226

DOZ ORANI (D):

$$D\left(nGyh^{-1}\right) = 0.0417C_K + 0.462C_{Ra} + 0.604C_{Th}$$

Çalışma alanındaki dasit biriminde ortalama doz oranı 92,4 $nGyh^{-1}$, dere sedimanlarında 67,4 $nGyh^{-1}$ ve maden atık pasasında ise 60,53 $nGyh^{-1}$olarak belirlenmiştir. Dünya ortalama doz oranı olan 55 $nGyh^{-1}$ değeri ile karşılaştırıldığında çalışma alanındaki tüm örnekleme noktalarında dünya ortalamasının üzerinde doğal gama radyasyon dozu hesaplanmaktadır.

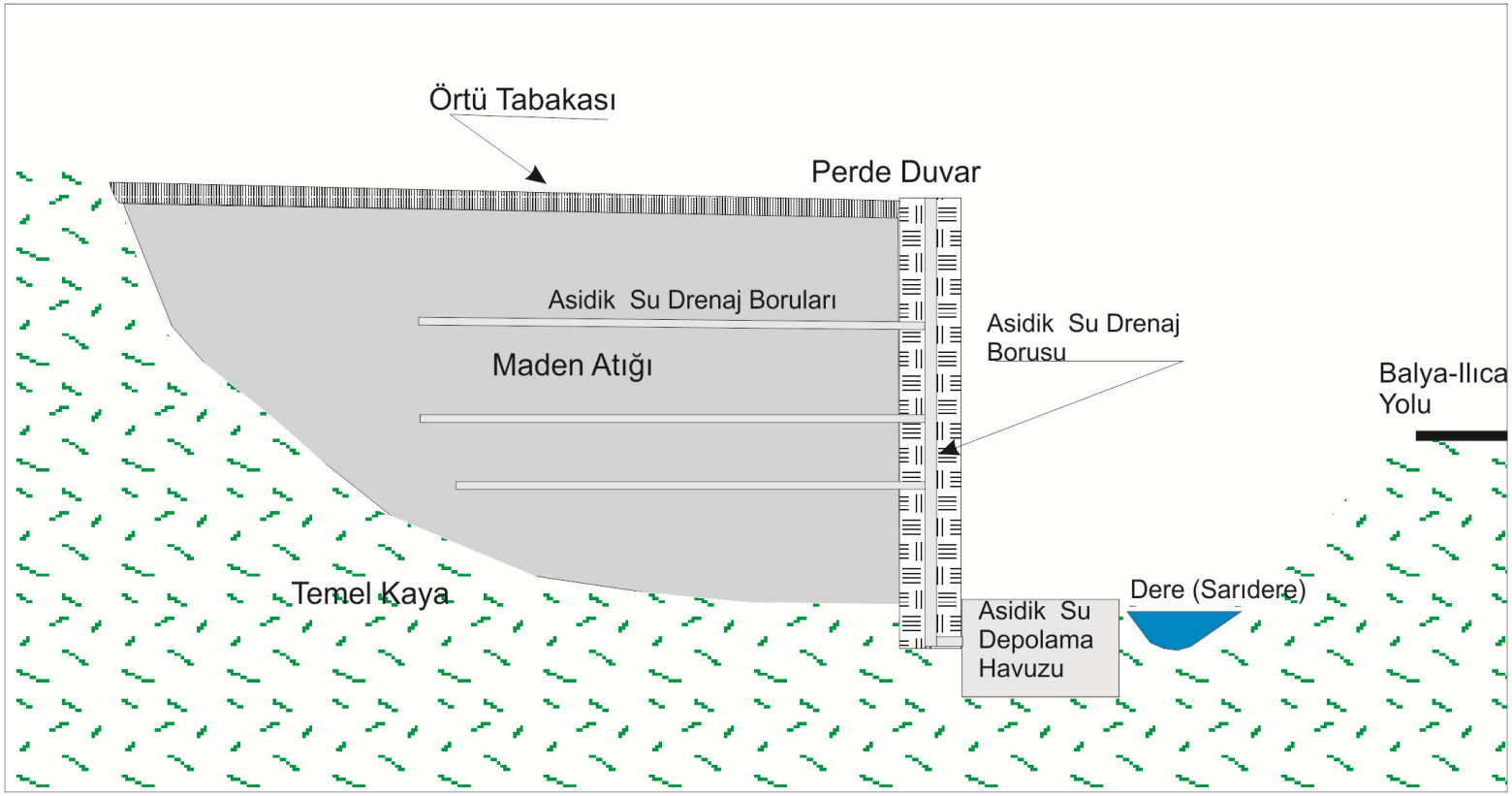
GAMMA RADYASYON İNDEKSİ:

$$Iyr = \left(1/50\right)C_{Ra} + \left(1/100\right)C_{Th} + \left(1/1500\right)C_K$$

Normal değeri 1.0 olan radyasyon indeksi dasitlerde 2,03, pasada 1,27 ve dere sedimanında ise 1,52 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler sonucuna göre, temel kayası olan dasitlerde ve genelde dasitlerden türeme dere sedimanlarında radyasyon indeks değeri normalin biraz üzerinde sonuçlar vermiştir.

ATIKLARIN YÖNETİMİ

- En kötü durum: Olduğu gibi bırakmak
- Kaldırılması pratik olarak mümkün değil
- Atıktan hammadde geri kazanımı (Pb ve Zn) -> fizibilite analizleri
- Hammadde olarak kullanımı mümkün (Seramik Fabrikası)
- Duraylılığın tesis edilmesi:
  1. Dağınık atıkların bir araya toparlanması
  2. AMD oluşumunun engellenmesi
  3. AMD sızıntısının engellenmesi (topla-arıt)
  4. Dere yatağına erozyonun engellenmesi



Balya Pb-Zn Maden Atıkları Yönetim Planı

1. Geri kazanma işlemi
2. Geri kazanılmış atığın toparlanması
3. Geçirimsiz betonarme yan duvar inşası
4. Geçirimsiz üst örtü tesisi
5. AMD drenajın sağlanması
6. AMD toplanması ve nötralizasyonu
7. AMD arıtımı

Atık barajı?

SONUÇLAR

- Bölgede ciddi bir kirlenme mevcut
- Su kaynakları pek çok parametre açısından 4. Sınıf
- Dere sedimanlarında yüksek ağır metal ve eser element bulgusu mevcut
- Suda ve sedimanda yüksek toksisite
- Radyoaktivite açısından üst sınır değerlerde
- Günümüz teknolojisi ile maden atıklarındaki metallerin geri kazanımı mümkün
- Atıkların duraylılığının sağlanması şart

SONUÇLAR

- Öncelikli olarak Kocaçay üzerindeki Manyas Barajı ve daha sonra da Manyas Gölü için büyük risk içermekte
- Çoğu kez tehlikeli atık statüsünde olduğu unutulmamalı…
- Kontrollü bir şekilde bertarafı ve/veya rehabilitasyonu planlanmalı.
- Sadece yeni değil eski maden sahaları için de uygulanmalı.
- **MERKEZİ KAPATMA VE REHABİLİTASYON FONU**
- **Sektör-Üniversite-Kamu dan uzmanlardan oluşan özerk bir yapı altında gerçekleştirilmesi ve/veya kontrolü**

SON SÖZ

Madenciliğin çevre ile uyumunun tesisi, bugün yaşanan sorunların en aza indirilmesinde önemli bir aşama olacaktır.

Yer seçimi lüksünün bulunmadığı bir faaliyet olan madencilik faaliyetlerinin çevre ile uyumlu olabilmesi için, tüm ölçeklerde

- **bilimsel doğrular ışığında,**
- **gerekli bedellerin ödeneceği,**
- **sürekli kontrol altında**

yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmalar;

Dokuz Eylül Üniversitesi (2006.KB.FEN.036)

tarafından desteklenmiştir.

İLGİNİZE TEŞEKKÜR EDERİM.

SORULARINIZ, YORUMLARINIZ?

Yrd. Doç. Dr. Orhan GÜNDÜZ

Dokuz Eylül Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Tel: (232) 412 7141
Faks: (232) 453 1143
E-posta: orhan.gunduz@deu.edu.tr
Web: http://kisi.deu.edu.tr/orhan.gunduz