

۳۹۸۳

۱۸

TN  
۴۹.  
۷۲  
۱۲۸



جمهوری اسلامی ایران

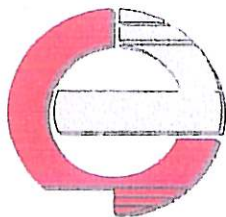
سازمان سازمان زمین شناسی و  
گشایشات معدنی کشور

وزارت صنایع و معادن

سازمان صنایع و معادن استان آذربایجان شرقی

# اکتشاف عناصر کمیاب و نادر خاکی شهرستانهای سراب و کلیبر

تاریخ: ۱۳۸۳/۱۱/۲۴  
شماره ثبت: ۸۳۲۳۲



مهندسین مشاور تهران پادیر

سال ۱۳۸۳

## فهرست مطالب

صفحه

موضوع

## فصل اول : طبقه بندی و اهمیت اکتشافی عناصر کمیاب

## پیشگفتار

## بخش نخست : کلیات

۳

۴

۱-۱- مقدمه

۱-۲- تعریف عناصر کمیاب

## بخش دوم : عناصر نادر خاکی (REE)

۸

۱۱

۱۲

۱۸

۱۹

۲۰

۲۰

۲۰

۲۱

۲۱

۲۲

۲۲

۲۲

۲۴

۲۴

۲۵

۲۸

۳۱

۳۱

۳۱

۳۲

۳۲

۳۲

۳۸

۱-۲- ژئوشیمی

۱-۱-۲- کمپلکس سازی عناصر نادر خاکی

۲-۲- کانی شناسی عناصر نادر خاکی

۳-۲- سنگ شناسی عناصر نادر خاکی

۴-۲- انواع کانسارهای عناصر نادر خاکی

۱-۴-۲- سنگهای آلکالین و فوق آلکالین

۲-۴-۲- کربناتیتها

۳-۴-۲- پلاسرها

۴-۴-۲- کانسارهای رگه ای

۵-۴-۲- کانسارهای آپاتیت

۶-۴-۲- کانسارهای پگماتیتی

۷-۴-۲- کانسارهای فلوئورین-باستناسیت همراه سازندهای آهن

۸-۴-۲- سایر کانسارهای عناصر نادر خاکی

۵-۲- اکتشاف عناصر نادر خاکی

۶-۲- استخراج و فرآوری عناصر نادر خاکی

۱-۶-۲- تولید و ذخایر جهانی

۲-۶-۲- کاربرد و مصارف عناصر نادر خاکی

۳-۶-۲- قیمت عناصر نادر خاکی در جهان

۷-۲- کانسارهای عناصر نادر خاکی در ایران

۱-۷-۲- کانسارهای آپاتیت

۲-۷-۲- کربناتیت

۳-۷-۲- کانسار پلاسری

۴-۷-۲- کانسار رگه ای

۸-۲- پیشنهادات

ب





## فهرست مطالب

صفحه

موضوع

## بخش سوم : عناصر گروه (LILE)

|    |                                                           |
|----|-----------------------------------------------------------|
| ۳۹ | ۱-۳- لیتیم                                                |
| ۳۹ | ۱-۱-۳- انواع کانسارهای لیتیم دار                          |
| ۳۹ | ۱-۱-۱-۳- کانسارهای پگماتیستی                              |
| ۳۹ | ۱-۱-۲-۳- کانسارهای رسوبی                                  |
| ۴۱ | ۲-۳- بریلیم                                               |
| ۴۲ | ۱-۲-۳- انواع کانسارهای بریلیم دار                         |
| ۴۲ | ۱-۱-۲-۳- کانسارهای پگماتیستی                              |
| ۴۲ | ۱-۲-۲-۳- کانسارهای حاصل از دگرسانی فلدسپاتی               |
| ۴۵ | ۱-۲-۳- کانسارهای گریزنی                                   |
| ۴۵ | ۱-۲-۳-۴- کانسارهای گرمایی مرتبط با فعالیتهای آذرین درونی  |
| ۴۵ | ۱-۲-۳-۵- کانسارهای گرمایی مرتبط با فعالیتهای آذرین بیرونی |
| ۴۵ | ۳-۳- باریم - اشتراکسیم                                    |
| ۴۵ | ۱-۳-۳- کانسارهای ماگمایی                                  |
| ۵۰ | ۲-۳-۳- کانسارهای رسوبی                                    |
| ۵۰ | ۴-۳- روییدیم - سزیم                                       |
| ۵۰ | ۱-۴-۳- کانسارهای روییدیم - سزیم                           |
| ۵۰ | ۱-۱-۴-۳- کانسارهای پگماتیستی                              |
| ۵۰ | ۲-۱-۴-۳- کانسارهای دگرسانی                                |
| ۵۰ | ۳-۱-۴-۳- کانسارهای رسوبی                                  |

## بخش چهارم : عناصر گروه HFSE

|    |                                     |
|----|-------------------------------------|
| ۵۱ | ۱-۴- زیر گروه نیوبیم - تانتالیم     |
| ۵۳ | ۱-۱-۴- کانیتهای حاوی Nb-Ta          |
| ۵۳ | ۱-۱-۱-۴- کانسارهای ماگمایی          |
| ۵۷ | ۲-۱-۱-۴- کانسارهای پگماتیستی        |
| ۵۷ | ۳-۱-۱-۴- کانسارهای آلپینی           |
| ۵۷ | ۴-۱-۱-۴- کانسارهای دگرسانی فلدسپاتی |
| ۵۷ | ۵-۱-۱-۴- کانسارهای کربناتیستی       |
| ۵۷ | ۶-۱-۱-۴- کانسارهای هوازده و پلاسما  |
| ۵۸ | ۲-۴- زیرگروه زیرکنیم - هافنیم       |
| ۵۸ | ۱-۲-۴- کانیتهای زیرکنیم - هافنیم    |
| ۵۸ | ۱-۱-۲-۴- کانسارهای ماگمایی          |
| ۵۸ | ۲-۱-۲-۴- کانسارهای رسوبی            |



## فهرست مطالب

صفحه

موضوع

## بخش پنجم : عناصر گروه پلاتین (PGE)

|    |                                    |
|----|------------------------------------|
| ۶۴ | ۱-۵- کانیه‌های گروه پلاتین         |
| ۶۴ | ۱-۱-۵- انواع کانسارهای گروه پلاتین |
| ۶۴ | ۱-۱-۱-۵- کانسارهای مایع‌گون        |
| ۶۴ | ۲-۱-۱-۵- کانسارهای ماگمایی اولیه   |
| ۶۴ | ۳-۱-۱-۵- کانسارهای ماگمایی تأخیری  |
| ۶۵ | ۴-۱-۱-۵- کانسارهای هوازده و پلاسری |



## فهرست مطالب

صفحه

موضوع

## فصل دوم: اکتشافات ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در منطقه کلیبر و سراب

بخش اول: ویژگیهای زمین شناسی مناطق معرفی شده جهت اکتشاف مقدماتی عناصر کمیاب

- ۱-۱- مقدمه ۶۷  
 ۲-۱- گردآوری اطلاعات ۶۷  
 ۳-۱- محدوده های اکتشافی پیشنهادی ۶۸  
 ۴-۱- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ۷۰

## بخش دوم: نمونه برداری

- ۱-۲- اهداف اکتشافات ژئوشیمیایی به روش آبراهه ای ۷۹  
 ۲-۲- طراحی شبکه نمونه برداری ۸۰  
 ۳-۲- انتخاب محیط نمونه برداری ۸۱  
 ۴-۲- نمونه برداری ۸۱  
 ۵-۲- آماده سازی نمونه ها ۸۲  
 ۶-۲- آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی و حد حساسیت دستگاهها ۸۳  
 ۷-۲- دقت آنالیز نمونه های ژئوشیمیایی ۸۴

## بخش سوم: پردازش داده ها

- ۱-۳- برآورد مقادیر سنسورد ۸۸  
 ۲-۳- محاسبات آماری داده های خام ۸۹  
 ۳-۳- بررسی روشهای آماری آزمون مقادیر خارج از ردیف ۹۳  
 ۴-۳- نرمال سازی داده های خام ۹۴  
 ۵-۳- بررسی آماری دومتغیره (تعیین ضرایب همبستگی) ۹۸  
 ۶-۳- بررسیهای آماری چندمتغیره ۱۰۶  
 ۱-۶-۳- تجزیه و تحلیل خوشه ای ۱۰۶  
 ۲-۶-۳- تجزیه عاملی (آنالیز فاکتوری) ۱۰۹  
 ۷-۳- تخمین مقدار زمینه و آنومالی (جداسازی جامعه آنومالی از زمینه) ۱۱۹  
 ۸-۳- جداسازی آنومالیه ها بر اساس حاصل ضرب  $P.N$  ۱۲۱

## بخش چهارم: تخمین شبکه شاخص غنی شدگی و ترسیم نقشه های ژئوشیمیایی

- ۱-۴- روش کار ۱۲۲  
 ۲-۴- شرح آنومالیهای مقدماتی ژئوشیمیایی ۱۲۵  
 ۱-۲-۴- عناصر نادر خاکی ۱۲۶





## فهرست مطالب

| صفحه | موضوع                                                 |
|------|-------------------------------------------------------|
| ۱۲۶  | ۴-۲-۱-۱- لاانتیم (La)، نقشه‌های شماره A-14 و B-14     |
| ۱۲۹  | ۴-۲-۱-۲- سریم (Ce)، نقشه‌های شماره A-2 و B-2          |
| ۱۲۹  | ۴-۲-۱-۳- پرازئودیمیم (Pr)، نقشه‌های شماره A-21 و B-21 |
| ۱۳۳  | ۴-۲-۱-۴- نتودیمیم (Nd)، نقشه‌های شماره A-18 و B-18    |
| ۱۳۳  | ۴-۲-۱-۵- ساماریوم (Sm)، نقشه‌های شماره A-23 و B-23    |
| ۱۳۹  | ۴-۲-۱-۶- یوروپیم (Eu)، نقشه‌های شماره A-9 و B-9       |
| ۱۳۹  | ۴-۲-۱-۷- گادولینیم (Gd)، نقشه‌های شماره A-11 و B-11   |
| ۱۴۳  | ۴-۲-۱-۸- تریم (Tb)، نقشه‌های شماره A-27 و B-27        |
| ۱۴۳  | ۴-۲-۱-۹- دیسپروسیوم (Dy)، نقشه‌های شماره A-7 و B-7    |
| ۱۴۹  | ۴-۲-۱-۱۰- هولمیم (Ho)، نقشه‌های شماره A-13 و B-13     |
| ۱۴۹  | ۴-۲-۱-۱۱- اربیوم (Er)، نقشه‌های شماره A-8 و B-8       |
| ۱۵۲  | ۴-۲-۱-۱۲- تولیم (Tm)، نقشه‌های شماره A-29 و B-29      |
| ۱۵۲  | ۴-۲-۱-۱۳- ایتریوم (Yb)، نقشه‌های شماره A-34 و B-34    |
| ۱۵۹  | ۴-۲-۱-۱۴- لوتتیم (Lu)، نقشه‌های شماره A-15 و B-15     |
| ۱۶۲  | ۴-۲-۲- عناصر گروه LILE                                |
| ۱۶۲  | ۴-۲-۲-۱- باریم (Ba)، نقشه‌های شماره A-1 و B-1         |
| ۱۶۲  | ۴-۲-۲-۲- سزیم (Cs)، نقشه شماره A-5 و B-5              |
| ۱۶۷  | ۴-۲-۲-۳- روبیدیم (Rb)، نقشه‌های شماره A-22 و B-22     |
| ۱۶۷  | ۴-۲-۲-۴- استراسیم (Sr)، نقشه‌های شماره A-25 و B-25    |
| ۱۷۲  | ۴-۲-۳- عناصر گروه HFSE                                |
| ۱۷۲  | ۴-۲-۳-۱- زیر گروه عناصر نیوبوم - تانتالیم             |
| ۱۷۲  | ۴-۲-۳-۱-۱- نیوبوم (Nb)، نقشه‌های شماره A-17 و B-17    |
| ۱۷۲  | ۴-۲-۳-۱-۲- تانتالیوم (Ta)، نقشه‌های شماره A-26 و B-26 |
| ۱۷۷  | ۴-۲-۳-۲- زیر گروه عناصر زیر کونیم - هافنیوم           |
| ۱۷۷  | ۴-۲-۳-۲-۱- زیر کنیم (Zr)، نقشه‌های شماره A-36 و B-36  |
| ۱۸۰  | ۴-۲-۳-۲-۲- هافنیم (Hf)، نقشه‌های شماره A-12 و B-12    |
| ۱۸۳  | ۴-۲-۴- سایر عناصر                                     |
| ۱۸۳  | ۴-۲-۴-۱- کبالت (Co)، نقشه‌های شماره A-3 و B-3         |
| ۱۸۶  | ۴-۲-۴-۲- کروم (Cr)، نقشه‌های شماره A-4 و B-4          |
| ۱۸۶  | ۴-۲-۴-۳- مس (Cu)، نقشه‌های شماره A-6 و B-6            |
| ۱۹۱  | ۴-۲-۴-۴- مولیبدن (Mo)، نقشه‌های شماره A-16 و B-16     |
| ۱۹۱  | ۴-۲-۴-۵- گالیم (Ga)، نقشه‌های شماره A-10 و B-10       |
| ۱۹۶  | ۴-۲-۴-۶- نیکل (Ni)، نقشه شماره A-19 و B-19            |
| ۱۹۶  | ۴-۲-۴-۷- سرب (Pb)، نقشه‌های شماره A-20 و B-20         |
| ۲۰۱  | ۴-۲-۴-۸- قلع (Sn)، نقشه‌های شماره A-24 و B-24         |
| ۲۰۱  | ۴-۲-۴-۹- توریم (Th)، نقشه‌های شماره A-28 و B-28       |





## فهرست مطالب

| صفحه | موضوع                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------|
| ۲۰۶  | ۴-۲-۱۰-اورانیم (U)، نقشه‌های شماره A-30 و B-30                      |
| ۲۰۶  | ۴-۲-۱۱-وانادیم (V)، نقشه‌های شماره A-31 و B-31                      |
| ۲۱۱  | ۴-۲-۱۲-تنگستن (W)، نقشه‌های شماره A-32 و B-32                       |
| ۲۱۱  | ۴-۲-۱۳-یتریم (Y)، نقشه‌های شماره A-33 و B-33                        |
| ۲۱۶  | ۴-۲-۱۴-روی (Zn)، نقشه‌های شماره A-35 و B-35                         |
| ۲۱۹  | ۴-۲-۵-آنومالی‌های حامل آنالیز فاکتوری                               |
| ۲۱۹  | ۴-۲-۱-آنومالی‌های حاصل از فاکتور اول، نقشه‌های شماره A-37 و B-37    |
| ۲۲۲  | ۴-۲-۲-آنومالی‌های حاصل از فاکتور دوم، نقشه‌های شماره A-38 و B-38    |
| ۲۲۲  | ۴-۲-۳-آنومالی‌های حاصل از فاکتور سوم، نقشه‌های شماره A-39 و B-39    |
| ۲۲۲  | ۴-۲-۴-ناهنجاری‌های حاصل از فاکتور چهارم، نقشه‌های شماره A-40 و B-40 |
| ۲۲۹  | ۴-۲-۵-ناهنجاری‌های حاصل از فاکتور پنجم، نقشه‌های شماره A-41 و B-41  |
| ۲۲۹  | ۴-۲-۶-ناهنجاری‌های حاصل از فاکتور ششم، نقشه‌های شماره A-42 و B-42   |
| ۲۳۴  | ۴-۲-۶-ناهنجاری‌های حاصل از حاصلضرب P.N                              |

## فصل پنجم: فاز کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۲۳۷ | ۵-۱-نمونه‌برداری کانی سنگین                   |
| ۲۳۸ | ۵-۱-۱-عملیات مطالعه نمونه‌های کانی سنگین      |
| ۲۴۳ | ۵-۲-برداشت نمونه‌های مینرالیزه و آلتره        |
| ۲۴۴ | ۵-۱-۲-آنالیز نمونه‌های سنگی                   |
| ۲۴۷ | ۵-۲-۲-مطالعات پتروگرافی بر روی نمونه‌های سنگی |
| ۲۵۴ | ۵-۳-آنالیز کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین      |

## بخش ششم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۲۶۰ | منابع                                         |
| ۲۶۲ | پیوست فصل اول: کانی‌های دارای عناصر نادر خاکی |
| ۲۶۸ | پیوست فصل دوم                                 |
| ۳۱۳ | پیوست: نتایج آنالیز ژئوشیمیایی                |



# فصل اول

## طبقه بندی و اهمیت

### اکتشافی عناصر کمیاب



## پیشگفتار

براساس قرارداد شماره ۹۵۵۰-۱۰۵ مورخ ۸۳/۴/۵ اکتشاف عناصر کمیاب و نادر خاکی در شهرستانهای کلیبر و سراب توسط سازمان صنایع و معادن استان آذربایجان شرقی به شرکت مهندسین مشاور تهران پادیر واگذار گردید.

منطقه مطالعاتی در دو بخش: یکی در جنوب شهرستان کلیبر به وسعت ۱۱۰ کیلومترمربع در برگیرنده توده نفوذی نفلین سینیت کلیبر و دیگری در جنوب غربی شهرستان سراب در بخش شمالی کوههای بزقوش در برگیرنده توده نفلین سینیت بزقوش به وسعت ۳۰ کیلومترمربع می باشد.

نمونه برداری، آنالیز و تجزیه و تحلیل آماری نتایج آنالیز نمونه ها به روشهای گوناگون منجر به تهیه نقشه های آنومالی عناصر مختلف شده است.

این گزارش در دو فصل تهیه گردیده است: فصل اول شامل مجموعه اطلاعات مربوط به عناصر کمیاب، اکتشاف، استخراج، بازار و کاربرد آنها است. فصل دوم در برگیرنده نتایج خاص این مطالعات در دو ناحیه اکتشافی است.

در نهایت با توجه به نتایج مطالعات مختلف جمع بندی و نتیجه گیری انجام گرفته و پیشنهادها برای بررسیهای آینده ارائه گردیده است.

در اینجا لازم است از ریاست محترم سازمان صنایع و معادن استان آذربایجان شرقی جناب آقای مهندس نجاتی و سایر متخصصین ذیربط در این پروژه که در مراحل مختلف همفکری لازم را به عمل آورده اند کمال تشکر و سپاسگزاری به عمل آید.





## بخش نخست : کلیات

### ۱-۱- مقدمه

با توجه به عوامل مختلف تعیین کننده ارزش منابع و ذخایر معدنی از قبیل رشد روزافزون جمعیت، پیشرفت غیرقابل تصور تکنولوژی، افزایش قیمت مواد معدنی و کاهش ذخایر سطحی با عیار بالا، باید به فکر توسعه روشهای اکتشافی برای کانسارهای عمیق با عیار بالا، کانسارهای سطحی با ذخیره و عیار کم، مواد معدنی تقریباً اقتصادی و روش علمی برای جایگزینی مواد باشیم.

ثروت طبیعی به دلیل ویژگیهای طبیعی و زمین شناسی قاره ها، به طور پراکنده میان کشورها توزیع شده است. پتانسیلهای بالقوه معدنی ایران در گستره صنعت معدنی به دلایل مختلف، بویژه نبود استراتژی در هر کدام از بخشهای اکتشاف، استخراج و فرآوری، تاکنون مرقیت خود را آنچنان که باید بازنیافته است. با توجه به اهداف برنامه توسعه اقتصادی کشور، سیاست توسعه فرآوری مواد معدنی و اکتشاف می بایست بدون هیچ ابهامی محور اصلی بخش معادن قرار گیرد. وزارت صنایع و معادن باید توسعه فرآوری را جهت تکمیل زنجیره تولید و تهیه و تأمین قسمت عمده مواد اولیه مورد نیاز وابسته، صدور تولیدات، جلوگیری از وابستگی به نفت و جلوگیری از خروج ارز به منظور تهیه مواد اولیه صنایع وابسته، در اولویت برنامه تحقیقاتی و اجرایی خود قرار دهد.

در این میان استخراج و تولید فلزات استراتژیک و کمیاب، اساساً با هدفهای گوناگون خاصی در هر کشور تولیدکننده دنبال می شود. در این راه گام نخست آن است که هر یک از این عناصر بر اساس نوع و وسعت معادن، پراکندگی جغرافیائی و میزان عیار قابل استحصال در کارخانه و روشهای مختلف بازیافت و فرآوری مورد بررسی قرار گیرد. در گام دوم باید روشهای عرضه آنها در بازار داخلی و بین المللی مورد مطالعه واقع گردد. پس از این گامها، می توان هر یک از این عناصر را در رابطه با فلزات همراه و یا به صورت تک عنصری در زمره پتانسیلهای خوب، متوسط و یا محدود در سطح کشور طبقه بندی کرده و نهایتاً روند اکتشاف، استخراج و تولید آنها را توجیه کرد.

با نگرش به محدود بودن ذخایر عناصر کمیاب و استفاده روزافزون از آنها در صنایع مختلف و برای استفاده بهینه از این منابع با رعایت مصالح سیاسی و اقتصادی کشور، باید بهترین روش اکتشاف، استخراج و فرآوری هر یک از آنها را با توجه به اولویتها انتخاب شود. البته محدودیتهای زیادی برای تولید این نوع فلزات پایه در کشور ما وجود دارد، لکن می توان استراتژی استخراج آنها را در ارتباط با سایر فلزات با ارزش همراه نظیر مس، طلا، مولیبدن و غیره توجیه نمود.



## ۱-۲- تعریف عناصر کمیاب

برخی عناصر به دلایل گوناگون نظیر کم بودن در طبیعت، عدم تقاضا برای تولید آنها، مشکل بودن استخراج و فرآوری و ناشناخته ماندن تا سده های معاصر فقط در چند دهه واپسین در صنعت مورد استفاده قرار گرفته اند و بدین خاطر به عناصر کمیاب موسوم هستند. عناصر کمیاب بالغ بر ۳۰ عنصر می باشند که به چهار گروه زیر قابل تقسیم هستند:

۱- عناصر گروه  $REE^1$ ۲- عناصر گروه  $LILE^2$ ۳- عناصر گروه  $HFSE^3$ ۴- عناصر گروه  $PGE^4$ 

این عناصر اغلب دارای خصوصیات ژئوشیمیایی متفاوتی در محیطهای گوناگون هستند و بیشتر در متن کانیهای دیگر پراکنده می شوند. تمرکز این عناصر هنگامی امکان پذیر است که عناصر اصلی و فرعی همراه آنها از یکدیگر جدا شوند. معمولاً هر یک از این عناصر دارای یک عنصر اصلی شاخص یا آنالوگ هستند که با آن یافت شده و به جای آن عنصر می نشیند، مثل  $K-Rb$ ،  $Si-Ce$ ،  $Al-Ga$ ،  $Mo-Re$ ،  $Ti-Nb-TaZn-Cd$ . عناصر کمیاب عمدتاً با سنگهای آذرین آلکالین همراه بوده و گاهی همراه با سنگهای متامورفیک، متاسوماتیک و اسکارن نیز دیده می شوند. اغلب این عناصر منبع مشخصی که از آن استخراج شوند ندارند و بیشتر به عنوان محصول فرعی<sup>۵</sup> در کنار محصول اصلی مثل سرب، روی، تیتان، آهن و آلومینیم استخراج می شوند. البته برخی از کانیها نیز صرفاً به خاطر همین عناصر کمیاب استخراج می شوند که در این میان می توان از زیرکن و کانی باستانسیت نام برد که برای استخراج عنصر زیرکنیم و عناصر نادر خاکی مورد بهره برداری قرار می گیرد. پی جوئی و اکتشاف عناصر کمیاب کار مشکلی است زیرا بسیاری از آنها برای جستجوگران به راحتی قابل تشخیص نیست و شناسائی آنها نیاز به افراد بسیار با تجربه دارد. از طرف دیگر مقدار عناصر کمیاب در سنگها و کانیها بسیار ناچیز است و تشخیص آنها با روش معمول زمین شناسی و اکتشافی بسیار مشکل و یا حتی غیرممکن است و باید تکنیکهای مخصوصی نظیر آنالیز نوترونی به کار گرفته شوند.

<sup>1</sup>-Rare Earth Elements.<sup>2</sup>-Large Ion Lithophile Elements.<sup>3</sup>-High Field Strength Elements.<sup>4</sup>-Platinum Group Elements.<sup>5</sup>-Byproduct.



اکتشاف عناصر کمیاب و نادر خاکی، شهرستانهای سراب و کلیبر

## بخش دوم: عناصر نادر خاکی (REE)

تولد شیمی لاتانیدها به کشفی توسط یک ستوان سوئدی به نام کارل آرنیوس در سال ۱۷۸۷ برمی گردد که یک نمونه دستی کانی سیاه رنگ غیر عادی نزدیک معدن فلدسپات تیری در نزدیکی استکهلم بود. در سال ۱۷۹۴ جان گادولین پرفسور دانشگاه آبو از نمونه های این کانی حدود ۳۸ درصد اکسید یا خاکی را که قبلاً تشخیص داده نشده بود جدا کرد. گرچه آرنیوس کانی را تیریت نامیده بود آندره اکبرگ در سال ۱۷۹۷ آن را گادولینیت و تریای خاکی نامید. در سال ۱۸۰۳ دو نفر به نامهای Berzelius I. و Hinzyer H. عنصر سریم را کشف کردند و نهایتاً در اوایل قرن بیستم اکتشاف اساسی عناصر نادر خاکی صورت گرفت. این عناصر به شرح زیر هستند:

1. Lanthanum (لانتانیم) La
2. Cerium (سریم) Ce
3. Praseodymium (پرازئودیمیم) Pr
4. Neodymium (نئودیمیم) Nd
5. Promethium (پرومتیم) Pm
6. Samarium (ساماریم) Sm
7. Europium (یوروپیم) Eu

8. Gadolinium (گادولینیم) Gd
9. Terbium (تربیم) Tb
10. Dysprosium (دیسپروزیم) Dy
11. Holmium (هولمیم) Ho
12. Erbium (اریم) Er
13. Thulium (تولیم) Tm
14. Ytterbium (ایترییم) Yb
15. Lutetium (لوتتیم) Lu

(جدول ۱-۲): جدول تناوبی عناصر شیمیائی

| Group |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |     |     |     |     |     | VIIIB |
|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| IA    | IIA  | Group |      |      |      |      |      |      |      |      |      | IIIB | IVB   | VB    | VIB   | VIIB  |     |     |     |     |     | He    |
| 1H    |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3B   | 4C    | 5N    | 6O    | 7F    | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 2He   |
| 3Li   | 4Be  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 13Al | 14Si  | 15P   | 16S   | 17Cl  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 10Ne  |
| 11Na  | 12Mg | 13Al  | 14Si | 15P  | 16S  | 17Cl | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 31Ga | 32Ge  | 33As  | 34Se  | 35Br  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 18Ar  |
| 19K   | 20Ca | 21Sc  | 22Ti | 23V  | 24Cr | 25Mn | 26Fe | 27Co | 28Ni | 29Cu | 30Zn | 41In | 42Sn  | 43Sb  | 44Te  | 45I   | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 36Kr  |
| 37Rb  | 38Sr | 39Y   | 40Zr | 41Nb | 42Mo | 43Tc | 44Ru | 45Rh | 46Pd | 47Ag | 48Cd | 49In | 50Sn  | 51Sb  | 52Te  | 53I   | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 54Xe  |
| 55Cs  | 56Ba | 57La  | 58Ce | 59Pr | 60Nd | 61Pm | 62Sm | 63Eu | 64Gd | 65Tb | 66Dy | 67Ho | 68Er  | 69Tm  | 70Yb  | 71Lu  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 54Xe  |
| 87Fr  | 88Ra | 89Ac  | 90Th | 91Pa | 92U  | 93Np | 94Pu | 95Am | 96Cm | 97Bk | 98Cf | 99Es | 100Fm | 101Md | 102No | 103Lr | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 86Rn  |

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 58Ce | 59Pr | 60Nd | 61Pm | 62Sm | 63Eu | 64Gd | 65Tb | 66Dy | 67Ho | 68Er  | 69Tm  | 70Yb  | 71Lu  |
| 90Th | 91Pa | 92U  | 93Np | 94Pu | 95Am | 96Cm | 97Bk | 98Cf | 99Es | 100Fm | 101Md | 102No | 103Lr |





(شکل ۲-۱): موقعیت عناصر کمیاب خاکی در جدول تناوبی

(جدول ۲-۲): عدد اتمی، نام و نشانه عناصر کمیاب خاکی

|               | Atomic No. | Symbol | Name         |
|---------------|------------|--------|--------------|
| III<br>α<br>I | 57         | La     | Lanthanum    |
|               | 58         | Ce     | Cerium       |
|               | 59         | Pr     | Praseodymium |
|               | 60         | Nd     | Neodymium    |
|               | 61         | Pm     | Promethium   |
|               | 62         | Sm     | Samarium     |
|               | 63         | Eu     | Europium     |
| III<br>α<br>I | 64         | Gd     | Gadolinium   |
|               | 65         | Tb     | Terbium      |
|               | 66         | Dy     | Dysprosium   |
|               | 67         | Ho     | Holmium      |
|               | 68         | Er     | Erbium       |
|               | 69         | Tm     | Thulium      |
|               | 70         | Yb     | Ytterbium    |
|               | 71         | Lu     | Lutetium     |

با توجه به خصوصیات مشابه عناصر اسکاندیم با عدد اتمی ۲۱ و یتیم با عدد اتمی ۳۹ این عناصر و بویژه عنصر یتیم را در ردیف عناصر نادر خاکی طبقه‌بندی می‌کنند، لذا در این نوشتار وقتی صحبت از عناصر نادر خاکی است عنصر یتیم را نیز شامل می‌شود و فلز اسکاندیم نیز به‌صورت مجزا توضیح داده خواهد شد. عناصر نادر خاکی به دو گروه عناصر نادر خاکی سبک (LRE) و عناصر نادر خاکی سنگین (HRE) تقسیم می‌شوند. گروه اول که به نام گروه سیریم یا ساماریم نیز معروف است شامل عناصر لانتانیم تا یوروپیم و عناصر گروه دوم شامل



گادولینیم تا لوتیتیم می باشد. عنصر پرومیتیم طبیعی نبوده و به صورت مصنوعی تهیه شده است. علیرغم وزن اتمی پایین به دلیل رخنمونها، شعاع یونی و خصوصیات مشخص عنصر یتیم همراه با زیرگروه سنگین در یک گروه قرار دارد.

### اسکاندیم (Sc)

اسکاندیم دارای برخی خصوصیات مشابه عناصر نادر خاکی است و گاهی در بعضی از رده بندیها همراه با عناصر نادر خاکی طبقه بندی می شود. ما نیز به خاطر شباهت این فلز با عناصر نادر خاکی آن را در بخش مربوط به عناصر نادر خاکی توضیح داده ایم:

اسکاندیم با عدد اتمی ۲۱ همگروه با یتیم و عناصر نادر خاکی در جدول مندلیف می باشد. اسکاندیم دارای خصوصیات شیمیائی مشابهی نیز با یر می باشد و برای اولین بار در سال ۱۸۷۱ توسط مندلیف به نام اکابر توصیف شد. این عنصر در سال ۱۸۷۹ توسط نیلسون کشف و اکسید آن از اکینیت و گادولینیت به دست آمد. در سال ۱۹۳۷ اسکاندیم به صورت فلز به دست آمد. اسکاندیم یک عنصر لیتوفیل است که رفتار ژئوشیمیائی آن در میان عناصر شبیه به  $Y^{+3}$  (یتیم) می باشد. شعاع یونی آن به آهن فرو ( $Fe^{+2}$ ) و منیزیم ( $Mg^{+2}$ ) شباهت دارد و لذا انتظار می رود تمایل به پراکنده شدن در متن سنگها را داشته باشد. در کانیهای پروکسن، آمفیبول و بیوتیت جانشین آهن و منیزیم می شود. در صورتی که عنصر یتیم وجود داشته باشد اسکاندیم اسیر این عنصر می شود. اسکاندیم در اولیونها جمع نمی شود زیرا متعادل کردن بار مثبت اضافی از طریق سایر جایگزینهای همزمان مناسب مشکل است. مقدار متوسط آن در پوسته  $6 \times 10^{-4} \%$  و فاکتور تمرکز آن حدود ۱۵۰ است. بیشترین تمرکزهای اسکاندیم به فرآیندهای پسین دما بالای ماگمایی در ماگماهای گرانیتی مربوط می شود، خصوصاً هنگامی که این ماگماهای گرانیتی در ارتباط با سنگهای بازیک باشند. مقدار اسکاندیم در سنگهای اولترابازیک بستگی به کانی شناسی این سنگها دارد. مقدار متوسط اسکاندیم در سنگهای اولترابازیک  $16 \text{ ppm}$  و در دونیت  $10 \text{ ppm}$  است. مقدار اسکاندیم در پروکسن  $40 \text{ ppm}$ ، در شیل  $10 \text{ ppm}$ ، ماسه سنگ  $1 \text{ ppm}$  و سنگهای کربناته  $1 \text{ ppm}$  است. اسکاندیم سازنده دو کانی بسیار نادر Thortveitite با فرمول  $Sc_2(Si_2O_7)$  و Sterrettite با فرمول  $Sc(PO_4) \cdot 2 H_2O$  می باشد. دیگر کانی شناخته شده اسکاندیم دار Bazzote می باشد که قابل قیاس با بریل است. گادولینیت، اکینیت، ارتیت Davidite، Khlopinite به مقدار یک تا دو درصد حاوی اسکاندیم هستند. کانی گزنوتایم، ولفرامیت، زیرکن، کاسیت، برانریت، بریل و فرومسکویت تا کمتر از ۱٪ درصد حاوی اسکاندیم هستند. اسکاندیم به مقدار کم از کانی Thortveitite استخراج می شود. این کانی نادر در گرانیت های پگماتیته، که همراه سنگهای بازیک و حاوی عناصر نادر خاکی می باشند، تشکیل می شود.

اسکاندیم نمی تواند در باقیمانده استخوان حیوانات و همراه با فسفریتها متمرکز شود. بعلاوه تجمع این عنصر در خاکستر ذغال نیز قابل ذکر است. اسکاندیم می تواند به صورت کمپلکس حمل شود (توان مهاجرت آن حتی





بیشتر از عناصر نادر خاکی است) و در حضور یک هیدرولیزات قوی همراه با آلومینیم در بوکسیتها تمرکز پیدا کند. تا کنون استفاده و کاربردهای صنعتی این فلز کم بوده است، اگرچه برخی از خواص آن نشان می دهد که در آینده استفاده های زیادتری از این عنصر به عمل آید. چگالی اسکاندیم مشابه آلومینیم است. نقطه ذوب آن  $2/5$  برابر آلومینیم می باشد و این خاصیت آن را به عنوان یک عنصر مهم در ساخت هواپیما و موشک سوق می دهد. از اکسید آن در ساخت حافظه های کامپیوتری استفاده می شود. از ایزوتوپ رادیواکتیو آن ( $Sc^{46}$ ) به عنوان ردیاب جریانهای سیالی استفاده می شود.

تولید جهانی اسکاندیم براساس استخراج آن از فراآوری و لفرامیت و کاسیتريت به عنوان محصول فرعی است. همچنین این عنصر در طی فراآوری کانیهای تیتانومینیت، زیرکن، بوکسیت و ذغال به دست می آید. تولید اسکاندیم از و لفرامیت زمانی مقرون به صرفه خواهد بود که دلفرامیت دارای  $0.4$  تا  $5$  درصد اسکاندیم باشد. همچنین مقدار اسکاندیم در کاسیتريت بایستی بیشتر از  $0.1$  درصد باشد تا برای استخراج صرفه اقتصادی داشته باشد. آمار مربوط به تولید و استحصال اسکاندیم نشان می دهد که تولید آن در حد چند کیلو گرم در دنیا است. قیمت هر کیلوگرم این فلز در سال  $1976$  نزدیک به  $45$  هزار دلار آمریکا بوده است.

## ۲-۱- ژئوشیمی

پراکندگی و مقدار عناصر نادر خاکی در منظومه شمسی در جدول (۲-۳) نشان داده شده است. جدول (۲-۳): فراوانی عناصر نادر خاکی به ترتیب عدد اتمی در منظومه شمسی که بر حسب  $Si=10^6$  اتم نرمالیزه شد.

| Atomic No. | Element | Abundances                |                           |
|------------|---------|---------------------------|---------------------------|
|            |         | Solar system <sup>a</sup> | Solar system <sup>b</sup> |
| 57         | La      | 0.302                     | 0.445                     |
| 58         | Ce      | 0.794                     | 1.18                      |
| 59         | Pr      | 0.102                     | 0.149                     |
| 60         | Nd      | 0.380                     | 0.78                      |
| 62         | Sm      | 0.12                      | 0.226                     |
| 63         | Eu      | 0.01                      | 0.085                     |
| 64         | Gd      | 0.295                     | 0.297                     |
| 65         | Tb      | n.a                       | 0.055                     |
| 66         | Dy      | 0.257                     | 0.36                      |
| 67         | Ho      | n.a                       | 0.079                     |
| 68         | Er      | 0.13                      | 0.225                     |
| 69         | Tm      | 0.041                     | 0.034                     |
| 70         | Yb      | 0.2                       | 0.216                     |
| 71         | Lu      | 0.13                      | 0.036                     |

n.a: اطلاعات قابل دسترس نبود

a: براساس اطلاعات Aller (1976) و Ross

b: بر اساس اطلاعات کامرون، (۱۹۷۳).

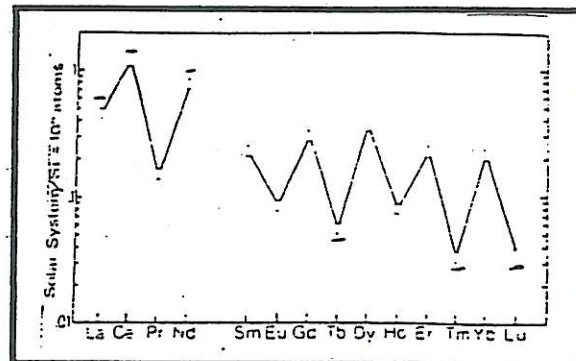
در شکل ۲-۲ نیز فراوانی این عناصر به صورت نموداری نشان داده شده است. در این نمودار محور عمودی به صورت مقدار این عناصر در منظومه شمسی به نسبت  $Si=10^6$  اتم نشان داده شده است. محور افقی نیز نشان دهنده





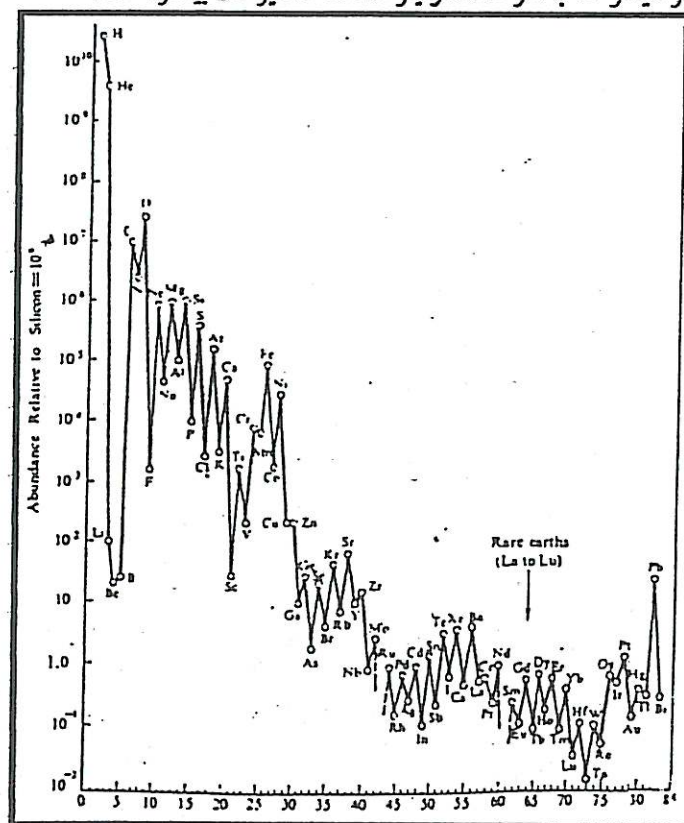
اکتشاف عناصر کمیاب و نادر خاکی، شهرستانهای سراب و کلیبر

عناصر نادر خاکی بر حسب افزایش عدد اتمی آنها است. کمترین مقادیر مربوط به عناصرهای تولیم (Tm)، لوتیم (Lu)، یورویم (Eu) و تریم و بیشترین مقدار مربوط به عناصر سریم و نتودیمیم می باشد.



(شکل ۲-۲): فراوانی عناصر نادر خاکی در منظومه شمسی نسبت به  $Si=106$  اتم که به ترتیب عدد اتمی ردیف شده اند، (کامرون، ۱۹۷۳).

در شکل ۲-۳ فراوانی عناصر کمیاب خاکی نسبت به سایر عناصر مقایسه شده است. روی هم رفته می بینم که این عناصر از خیلی از عناصر دیگر که به نظر ما معمولیتر هستند مقادیرشان بیشتر است.

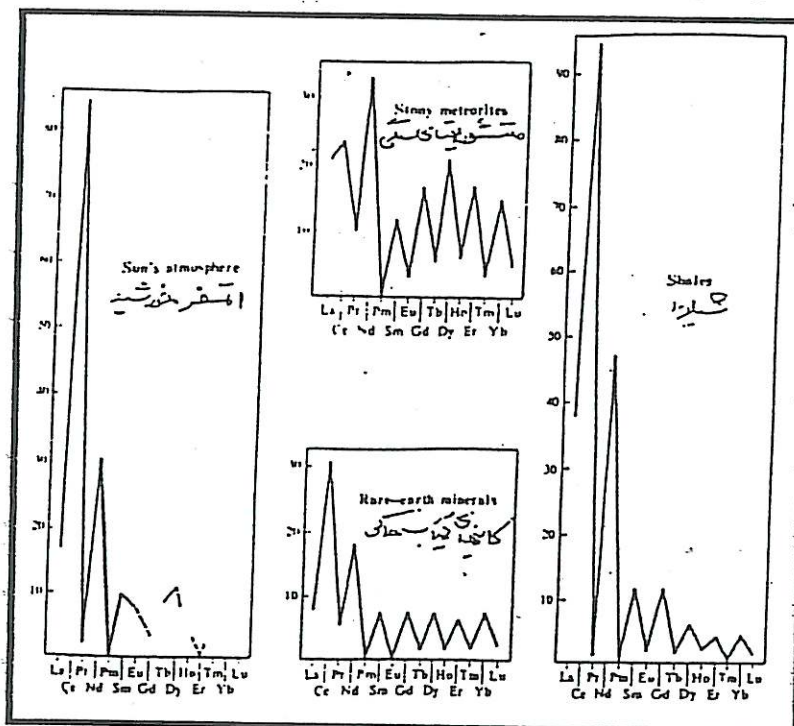


(شکل ۲-۳): فراوانیهای کیهانی تخمین زده شده عناصر نسبت به  $Si=10^6$  (کامرون، ۱۹۷۳).



شکل ۲-۴ فراوانی اتمی لاتانیدها در اتمسفر خورشیدی، متئوریت‌های سنگی، کانیهای کمیاب خاکی و شیلها

را نشان دهد.



شکل ۲-۴: فراوانی اتمی لاتانیدها در اتمسفر خورشیدی، متئوریت‌های سنگی، کانیهای کمیاب خاکی و شیلها (کامرون، ۱۹۷۳).

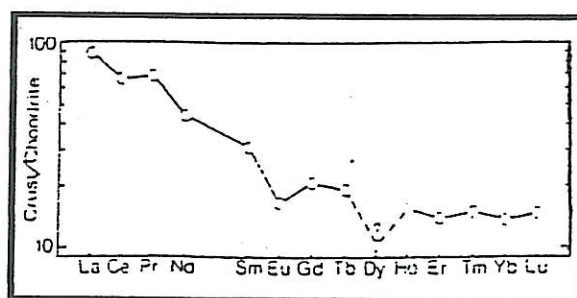
در جدول ۲-۴ و در شکل ۲-۵ مقادیر این عناصر به ترتیب در کل حجم زمین و در پوسته زمین نشان داده شده است. بیشترین مقدار این عناصر در کل حجم زمین به ترتیب مربوط به عناصر سریم (Ce)، نئودیمیم (Nd) و لاتانیم (La) می باشد و کمترین مقدار مربوط به عناصر تولیم (Tm)، لوتیم (Lu) و تریم است.

جدول ۲-۴: فراوانی تقریبی عناصر نادر خاکی بر حسب ppm در حجم کل زمین و در پوسته زمین.

| Element | Bulk Earth                  |              | Crust         |
|---------|-----------------------------|--------------|---------------|
|         | Ganapathy and Anders (1974) | Smith (1977) | Taylor (1964) |
| La      | 0.48                        | 0.78         | 30            |
| Ce      | 1.28                        | 2.2          | 60            |
| Pr      | 0.162                       |              | 8.2           |
| Nd      | 0.87                        | 1.2          | 28            |
| Sm      | 0.26                        | 0.22         | 6             |
| Eu      | 0.100                       | 0.066        | 1.2           |
| Gd      | 0.37                        | 0.35         | 5.4           |
| Tb      | 0.067                       |              | 0.9           |
| Dy      | 0.45                        | 0.21         | 3             |
| Ho      | 0.101                       |              | 1.2           |
| Er      | 0.29                        | 0.093        | 2.8           |
| Tm      | 0.044                       |              | 0.48          |
| Yb      | 0.29                        |              | 3             |
| Lu      | 0.049                       | 0.015        | 0.5           |

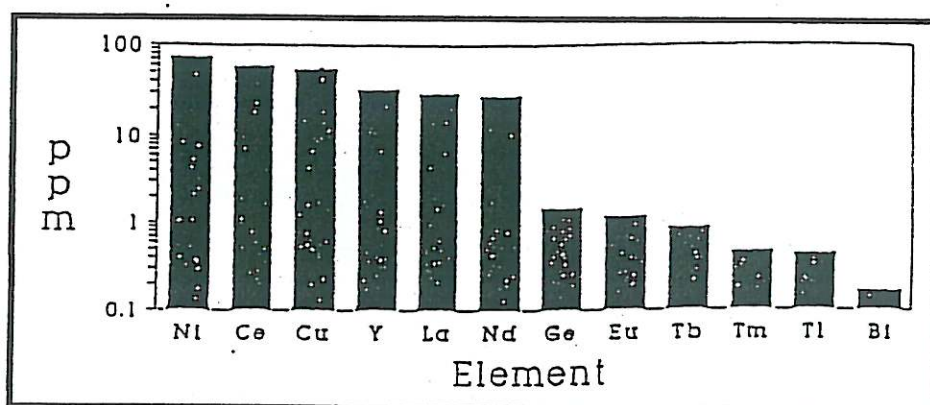






شکل ۲-۵: فراوانی عناصر نادر خاکی نرمالیزه شده پوسته نسبت به کندریت در مقابل عدد اتمی.

شکل ۲-۶، که محور عمودی آن بر حسب مقدار این عناصر نسبت به مقدار استاندارد (مقادیر این عناصر در شهابسنگهای کندریتی) تنظیم شده است، نشان می‌دهد که در حالت کلی مقادیر این عناصر از اعداد اتمی کمتر به طرف اعداد اتمی بیشتر کاهش پیدا می‌کند و بویژه مقادیر عناصر نادر خاکی سبک (LRE) بیشتر از مقدار عناصر نادر خاکی سنگین (HRE) در پوسته زمین می‌باشد.



شکل ۲-۶: فراوانی عناصر نادر خاکی نرمالیزه شده پوسته نسبت به کندریت در مقابل عدد اتمی این عناصر براساس اطلاعات Taylor (1964). احتمالاً مقدار عنصر دیسپروزیوم صحیح نمی‌باشد.

این شکلها نشان می‌دهند که صفت نادر یا کمیاب صفت مناسبی نیست و نام خاک (خاکها) نیز در حدود توصیفات شیمیائی سده ۱۷۰۰ می‌باشد. به عنوان مثال عناصر نئودیمیم، لانتانیم و تولیم و ... فراوانتر از بیسموت و سریم فراوانتر از مس می‌باشد، (شکل ۲-۶).

#### ۲-۱-۱-۱-۲- کمپلکس سازی عناصر نادر خاکی

این عناصر با  $(SO_4)^{=}$ ،  $(PO_4)^{=}$ ،  $(CO_3)^{=}$ ،  $F^{=}$  تشکیل کمپلکسی را می‌دهند که به آسانی در دماهای مختلف قابل حل است. کمپلکسهای HRE خیلی پایدارتر از کمپلکسهای LRE هستند و لذا عناصر گروه اول





به مسافتهای بیشتری از مشاء خود حمل شده و بویژه در فرآیندهای متاسوماتیکی بسیار پراکنده می‌شوند. عناصر نادر خاکی سنگین در کانیهای اورانیم و عناصر نادر خاکی سبک در کانیهای توریم‌دار داخل می‌شوند. شعاع یونی این عناصر از طرف لانتانیم به طرف لوتیم کاهش پیدا می‌کند، لذا از نظر ژئوشیمیائی عناصر نادر خاکی سنگین در ارتباط با عناصر اسکاندیم، آلومینیم، منگنز و زیرکیم و عناصر نادر خاکی سبک در ارتباط با عناصر استرانسیم، باریم و توریم هستند.

تیلور و فریر الگوی توزیع Ln را در اثنای آلتراسیون پتاسیک و پروپلیتیزاسیون یک توده گرانودیوریت پورفیری مورد بررسی قرار می‌دهند. در اثنای آلتراسیون پتاسیک در دمای بالا تمرکز Lnهای سبک تا متوسط افزایش می‌یابد و Lnهای سنگین به دلیل کمپلکس‌سازی پایدارتر حرکت کرده و در نهایت با کاهش دما، pH و نسبت سنگ و سیال تقریباً همه Lnها در اثنای پروپلیتیزاسیون جدا می‌شوند.

## ۲-۲- کانی‌شناسی عناصر نادر خاکی

بر اساس اصول اول و دوم گلد/شمیت مهمترین نکته در چگونگی پخش عناصر در کانیهای مختلف در ارتباط با شعاع یونی و مقدار بار الکتریکی این عناصر می‌باشد. گلد/شمیت سه دسته متفاوت از کانیهای لانتانیدها را تشخیص داده است:

۱- کانیهایی چون باستانسیت، مونازیت، گزنوتیم، گادولینیت و سامارسکیت که یونهای لانتانیدهای سه ظرفیتی ( $Ln^{3+}$ ) تشکیل می‌دهند. این کانیهی از نظر تجاری اهمیت زیادی دارند و بواسطه تبلور از مایعات ماگمایی از نوع پگماتیتهی به‌وسعت تشکیل می‌شوند.

۲- کانیهایی که در آنها یونهای  $Ln^{3+}$  به‌طور گسترده جانشین یونهای دوظرفیتی شده‌اند که دارای شعاعهای بلورهای قابل مقایسه هستند، مثل ( $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ). در این رابطه از کانیهای کلسیت، فلوریت، آپاتیت و شلیت می‌توان نام برد. گرچه هیچکدام از این کانیهی در حال حاضر به‌عنوان منبع لانتانیدها ارزش اقتصادی ندارند، تبدیل گسترده بعضی از اینها به‌مواد حاصلخیز کننده و سایر تولیدات، پتانسیل مطلوبی را برای به‌دست آوردن لانتانیدها از آنها به‌وجود آورده است.

۳- کانیهایی که در آنها یونهای  $Ln^{3+}$  مثل ( $Eu^{3+}$ ) به‌جای کاتیونهای یک ظرفیتی یا دوظرفیتی با اندازه قابل مقایسه مثل ( $K^+$ ,  $Sr^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ) جانشین شده‌اند. پس استرونتیانیت، تیتانیت، فلدسپات پتاسیم و آپاتیت‌های سرب‌دار می‌توانند از Eu غنی شوند. در بهترین حالات نیز تمرکز اینها اندک می‌باشد. از میان کانیهای عناصر کمیاب خاکی به‌ترتیب کانیهای زیر را ذکر می‌نمائیم:



۱- مونازیت<sup>۱</sup>  $[(Ce, La, Y, Th)PO_4]$ : اساساً یک ارتوفسفات سریم و لانتانیم است که حاوی مقادیر کمتری از دیگر خاکهای سریم و مقادیر نسبتاً کمی از خاکهای گروه یتریم است. توریم در مقادیر نسبتاً کوچک معمولاً وجود دارد اما مقدار  $ThO_2$  ممکن است ۲۰ تا ۳۰ درصد باشد. ثابت شده است که یونهای  $Th^{+4}$  به جای  $Ce^{3+}$  یا  $La^{3+}$  در شبکه بلوری قرار می گیرد و به صورت فاز جداگانه  $ThSiO_4$  دیده نشده است. مدار کی وجود دارد که سیلیس موجود به عنوان جانشین فسفر در گروه ارتوفسفات قرار دارد. اندکی از عناصر  $Mg, Ca, U, Sn, Be, Mn, Zr, Al, Fe$  نیز وجود دارند. بلورهای منوکلینیک که به خوبی تشکیل شده اند بی رنگ تا قهوه ای مایل به زرد هستند و ممکن است نسبتاً بزرگ باشند. چگالی و غلظت مونازیت باعث می شود که کانی توسط هواز دگی پگماتیتها آزاد شده و در ماسه های آلویومی تمرکز یابد. کانیهای سنگین دیگر چون زیرکن و ایلمنیت اغلب در این ماسه ها یافت می شوند. این کانیها همراه مونازیت معمولاً جنبه و کشش زیادی برای استخراج دارند و به همین دلیل هم مونازیت تقریباً به عنوان یک محصول فرعی استخراج می شود. از نظر تئوری می تواند حاوی ۷۰ درصد اکسیدهای کمیاب خاکی باشد. اما بیشترین کنسانتره هایش حاوی ۵۵ تا ۶۵ درصد اکسید کمیاب خاکی (REO) هستند.

در سده ۱۹ مونازیت بیشتر به صورت شن و ماسه در کیسه به اروپا حمل می گردیده و در ابتدا بیشتر به عنوان منبع توریم و سریم برای کارهای به خصوص در نظر بود. مونازیت در واقع کانی منبع توریم است. ارزش اقتصادی اش بین لانتانید بودن یا منبع توریم بودن متغیر است. ذخایر قابل استخراج محدود به هند، برزیل، استرالیا، آفریقای جنوبی و به مقدار کم آمریکا هستند.

۲- باستاناسیت<sup>۲</sup>  $[(Ce, La)(CO_3)F]$ : یک فلوئوروکربنات است که به طور گسترده در طبیعت پخش شده است. این کانی در اصل در باستاناس سوئد همراه با سریت تشخیص داده شده است. کریستالهای همگراگونال این کانی اساساً مخلوطی از فلوئوروکربناتهای سریم-لانتانیم هستند. حاوی مقادیر کمتری از دیگر عناصر خاکهای سریم و مقادیر اندکی توریم است (توریم ممکن است وجود نداشته باشد). باستاناسیت اغلب به عنوان محصول تیسمونیت ( $CeF_3$ ) دیده می شود. این کانی پس از کشف یک ذخیره قابل توجه در مونتن پس<sup>۳</sup> کالیفرنیا در نزدیکی یک معدن طلای متروک اهمیت خود را به دست آورد و به اندازه کافی بزرگ است تا همه نیازهای در حال افزایش لانتانیدها را حداقل در آمریکا تأمین نماید. از نظر تئوری حاوی حدود ۷۵ درصد REO است و مقدار خیلی کمی (حدود ۵ درصد) یتریم دارد. البته کنسانتره های به دست آمده باستاناسیت (روش فلوئوتاسیون) به طور متوسط حدود ۶۰ درصد REO

<sup>1</sup> Monazite<sup>2</sup> Bastnaesite<sup>3</sup> Mountain Pass



دارند. با روش شستشوی اسیدی کنستانتره حاوی ۷۰ درصد و با روش شستشوی اسیدی و تکلیر حدود ۸۵ درصد REO خواهیم داشت. این کانی در نوعی از سنگهای غنی کربناته همراه با نفوذیه‌های آذرین آلکالین یافت شده است. اگرچه ذخایری در چند کشور تشخیص داده شده است اما ذخایر تجارتي به‌طور عمده در دو معدن هستند که هر دو معدن هم جزء معادن روباز می‌باشند. یکی در مونت‌پس کالیفرنیا و دیگری در پائوتو در مغولستان داخلی. در اینجا چینها این کانی را به‌عنوان یکی از محصولات فرعی سنگ آهن بازیابی کرده‌اند.

۳- گزنوتیم<sup>۱</sup>  $[(Y)PO_4]$ : مثل مونازیت یک فسفات است اما ساختمان متفاوتی دارد و آن اینکه حاوی لانتانیدهای سنگینتر بعلاوه یتیم است. کریستالهای تراگونال این کانی در پگماتیتها نسبتاً معمول هستند اما نه به‌فراوانی مونازیت. در ذخایر پلاسری یافت می‌گردد و به‌عنوان محصول فرعی از دیگر کانیها ارزیابی می‌شود و بویژه از بقایای معادن قلع به‌دست می‌آید. این کانی حاوی ۶۷ درصد  $Y_2O_3$  است. به‌هر حال کنسانتره‌های گزنوتیم به‌طور میانگین حاوی ۲۵ درصد  $Y_2O_3$  می‌باشد و ممکن است بتوان پیش از فروش این کنسانتره‌ها را غنی کرد. مالزی، چین، تایلند و استرالیا منابع این کانی هستند. شوروی سابق هم تا حدی تولید می‌کرده است.

۴- سریت (Cerite)  $M=(Ca,Fe), Ce_3MH_3Si_3O_{13}$ : فقط اهمیت تاریخی دارد و ترکیش به‌صورت گسترده متغیر و رخنمونهایش محدود است.

۵- اگزینیت (Euxenite)  $[(Y,Nb,Ta)TiO_6.xH_2O]$ : به‌وسعت پراکنده است و کانی است که می‌تواند به‌عنوان منبع خاکهای یتیم باشد. این کانی به‌خاطر مقادیری نیویم و تانتالیم مورد توجه است. هنگامی که نسبت  $TiO_2 : (Nb,Ta)_2O_5$  ۱:۴ یا بیشتر باشد نام کانی اگزینیت است و اگر این نسبت ۱:۳ یا کمتر باشد نام کانی پلی‌کراز است.

۶- گادولینیت (Gadolinite)  $M=Fe,Be, Y_2M_3Si_2O_{10}$ : اغلب به‌عنوان بلورهای ماسیو اپاک (سیاه متمایل به سبز) و پگماتیتها دیده می‌شود.

۷- آشنیت (Aeschelite) یک تانتالیت-تیتانیت سریم است که در نروژ و اورال یافت شده است.

۸- آلانیت (Allanite) سیلیکات آلومینیم، آهن، کلسیم و سریم می‌باشد که در اسکاندیناوی و روسیه دیده شده است.

۹- فرگوسنیت (Fergusonite) یک تانتالیت، نیوبیت یتیم حاوی Th و U است که در نروژ و تکزاس

<sup>۱</sup>-Xenotime.





یافت شده است.

۱۰- سامارسکیت (Samarskite) یک تانتالیت، نیوبیت، اورانیل، کلسیم، آهن و یتریم است که در کارولینای شمالی - اورال یافت شده است.

۱۱- کانیهای تیرو که شامل تیروسریت، تیروتانتالیت و تیروتیتانیت می باشد که در اسکاندیناوی و آمریکا دیده شده اند.

۱۲- تالنیت (Thalenite)  $Y_3Si_3O_{10}(OH)$

۱۳- اودیالیت (Eudialyte)  $Na_4(Ce,Ca)_2(Fe,Mn,Y)ZrSi_8O_{22}(OH,Cl)_2$

۱۴- تنجریت (Tengerite)  $CaY_3(CO_3)_4(OH)_3 \cdot 3H_2O$

۱۵- پاریزیت (Parisite)  $Ca(Ce,La)_2(CO_3)_3F_2$

۱۶- سینچیسیت (Synchysite)  $Ca(Ce,La)(CO_3)_2F$

۱۷- یتریمیت (Yttriumite)  $(Y,Ce)(CO_3)F$

از بین تمام کانیهای دو کانی مونازیت (قبلاً) و باستانسیت (فعلاً) مهمترین منابع عناصر نادر خاکی هستند. مونازیت از کانیهای فسفاتهای است که به دلیل مقاومت زیاد در برابر عوامل هوازدگی و وزن مخصوص بالا می تواند به صورت پلاستی دیده شود. این کانی می تواند ۵۵ تا ۶۰ درصد عناصر نادر خاکی همراه با یتریم و توریم داشته باشد. باستانسیت از کانیهای کربناته با رنگ زرد روشن تا قهوه ای است. سیستم تبلور آن هگزاگونال، سختی آن ۴/۵ و چگالی آن ۵ است. مهمترین جایگاه پیدایش این کانی کمپلکس کربناتی است. مقدار عناصر نادر خاکی در کانی باستانسیت بیشتر از مونازیت است ولی باستانسیت مقدار یتریم و توریم کمتری نسبت به مونازیت دارد، (جدولهای ۲-۵ و ۲-۶).

تا سال ۱۹۶۵ پلاسرها با کانی مونازیت مهمترین تولید کننده عناصر نادر خاکی بودند ولی با اکتشاف کانسارهای کربناتی، مثل کانسار مونت پس کالیفرنیا، باستانسیت این کانسارها جای پلاسرها را گرفتند و به نظر می رسد در آینده کربناتیتها بهترین منابع اکتشافی عناصر نادر خاکی خواهند بود.



جدول ۲-۵: مهمترین کانیهای اقتصادی عناصر خاکی نادر (برحسب درصد و گرم در تن یا ppm)

| عناصر<br>(اکسید)               | مونازیت<br>RE(Th,Y)PO <sub>4</sub> | باستناست<br>RE(CO <sub>3</sub> )F | زینوئیم<br>(Y,RE)PO <sub>4</sub> | آپاتیت<br>(Ca/RE) <sub>5</sub> [(P,Si)O <sub>4</sub> ] <sub>3</sub> (O,F) |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 23.7                               | 33.2                              | 0.5                              | 25.1                                                                      |
| CeO <sub>2</sub>               | 45.6                               | 49.1                              | 5                                | 45.4                                                                      |
| Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5                                  | 4.3                               | 0.7                              | 3.9                                                                       |
| Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17.2                               | 12                                | 2.2                              | 14                                                                        |
| Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.5                                | 0.78                              | 1.9                              | 1.6                                                                       |
| Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05                               | 0.11                              | 0.2                              | 0.5                                                                       |
| کل                             | 95.05                              | 99.49                             | 10.5                             | 90.1                                                                      |
| Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.5                                | 0.17                              | 4                                | 1.5                                                                       |
| Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.04                               | 0.016                             | 1                                | 1                                                                         |
| Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.68                               | 0.031                             | 8.7                              | 1                                                                         |
| Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.05                               | 50 ppm                            | 2.1                              | 0.1                                                                       |
| Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.21                               | 35 ppm                            | 5.4                              | 0.15                                                                      |
| Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.02                               | 8 ppm                             | 0.9                              | 0.02                                                                      |
| Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.12                               | 13 ppm                            | 6.2                              | 0.08                                                                      |
| Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.04                               | 1 ppm                             | 0.4                              | —                                                                         |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 2.4                                | 0.09                              | 60.8                             | 4.3                                                                       |
| کل                             | 4.06                               | 0.318                             | 89.5                             | 7.25                                                                      |

جدول ۲-۶: مهمترین کانیهای اقتصادی، ترکیب و منابع عمده آنها

| Mineral     | Composition                                                                                                   |                                                                                                                                                                      | Main Resources                                                                                                             |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | Ideal                                                                                                         | Analysis                                                                                                                                                             |                                                                                                                            |
| Bastnaesite | (Ce)CO <sub>3</sub> F                                                                                         | 65-70% Ce earths<br>< 1% Y earths<br>Ca, Ba, SO <sub>4</sub> , SiO <sub>2</sub>                                                                                      | California, Colorado, New Mexico,<br>Sweden, USSR, Madagascar                                                              |
| Monazite    | (Ce)PO <sub>4</sub>                                                                                           | 49-74% Ce earths<br>1-4% Y earths<br>5-12% ThO <sub>2</sub><br>1-2% SiO <sub>2</sub><br>tr. U                                                                        | Travancore, India, Union of South<br>Africa, Brazil, Australia, USSR,<br>Sweden, Idaho, North & South<br>Carolina, Florida |
| Cerite      | (Ce) <sub>3</sub> M <sup>II</sup> H <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>13</sub><br>(M <sup>II</sup> =Ca, Fe) | 51-72% Ce earths<br>tr. 7.6% Y earths<br>tr. Th, U, Zr                                                                                                               | Sweden, Caucasus                                                                                                           |
| Euxenite    | (Y)(Nb,Ta)TiO <sub>6</sub> · x H <sub>2</sub> O                                                               | 13-35% Y earths<br>2-8% Ce earths<br>20-23% TiO <sub>2</sub><br>25-35% (Nb,Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                                           | Australia, Idaho, Canada,<br>Scandinavia, Madagascar                                                                       |
| Xenotime    | (Y)PO <sub>4</sub>                                                                                            | 54-65% Y earths<br>ca. 0.1% Ce earths<br>up to 3% ThO <sub>2</sub><br>up to 3.5% U <sub>3</sub> O <sub>8</sub><br>2-3% ZrO <sub>2</sub><br>up to 4% SiO <sub>2</sub> | Norway, Sweden, Madagascar,<br>Brazil, North Carolina, Colorado                                                            |
| Gadolinite  | (Y) <sub>2</sub> M <sup>II</sup> <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub><br>(M <sup>II</sup> =Fe, Be)    | 35-48% Y earths<br>2-17% Ce earths<br>up to 11.6% BeO<br>tr. Th                                                                                                      | Sweden, Norway, Texas, Colorado                                                                                            |

Ce و Y به ترتیب نماینده مخلوط عناصر گروه سریم و گروه یتریم هستند.

هنگامی که  $(Nb,Ta)_2O_5 : TiO_2$  ۱:۴ و بیشتر باشد کانی اگزینیت و اگر این نسبت ۱:۳ یا کمتر باشد

پلی کراز است.





اكتشاف عناصر كمياب و نادر خاكي، شهرستانهاي سراب و كليبر

جدول ۷-۲: مشخصات کانیهای عناصر کمیاب خاکی

| ردیف | نام                | فرمول                            | سیستم تبلور       | کلوآز               | حالا                   | سختی    | رنگ                                         | وزن مخصوص | ترکیب                                          | واحد زمین شناسی مستعد                                       | کشورهای تولید کننده عمده                   |
|------|--------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|------------------------|---------|---------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| ۱    | مولاریت            | $(Ca,La,Y,Th)PO_4$               | مونوکلینیک<br>2/m | در جهت 001<br>ضعیف  | صفی                    | ۵/۵-۵   | زرد تا قهوه‌ای<br>مایل به قرمز              | ۹/۶-۵/۴   | فسفات لوز<br>کمیاب خاکی                        | گراتیتها، گنيسها، آلپیتها و پلاسرها                         | برزیل، هند، اتریش، جنوبی، استرالیا، آمریکا |
| ۲    | توریت              | $ThSiO_4$                        | تتراگونال         | در جهت 001<br>واضح  | شیعیای و<br>صفی تا چرب | ۴/۵     | زرد مایل<br>به قهوه‌ای زرد<br>نارنجی و سیاه | ۶/۷-۱/۴   | سیلیکات توریم                                  | رگمهای<br>هیدروترمال،<br>رسوبات تخریبی،<br>رویهای متاسومات  | آمریکا، نروژ، کانادا، اسکاتلند، ایتالیا    |
| ۳    | آلپیت              | $(Ca,Fe)_2(Al,Fe)_2Si_3O_{12}OH$ | مونوکلینیک        | ندارد               | صفی یا قیری            | ۶-۵/۵   | قهوه‌ای تا<br>سیاه                          | ۳/۹-۴/۰   | سیلیکات ایدار<br>آهن-آلومینیم و<br>عناصر کمیاب | گراتیتها،<br>پگماتیتها،<br>گراتیتی، گنيسها،<br>رسوبات مختلف | آمریکا، روسیه، کانادا، چین، آلمان، نروژ    |
| ۴    | باستناسیت          | $(Ce,La)CO_3F$                   | هکزاگونال         | در جهت 0001<br>واضح | شیعیای تا چرب          | ۴/۰-۴/۵ | زرد واکسی تا<br>قهوه‌ای مایل<br>به زرد      | ۳/۷-۵/۲   | فلوئور کربنات-<br>عناصر کمیاب<br>خاکی          | نفوذیه‌های سینیت،<br>پگماتیتها، اسکاتریتها                  | آمریکا، سوئد                               |
| ۵    | پیریم<br>باستناسیت | $(Y,Ce)CO_3F$                    | هکزاگونال         | ندارد               | -                      | ۴-۴/۵   | قرمز آجری                                   | ۳/۹-۴/۰   | فلوئور کربنات-<br>عناصر کمیاب<br>خاکی          | پگماتیتها،<br>میکروکلینی<br>کوارتزدار                       | قزاقستان                                   |
| ۶    | بارزیت             | $Ca(Ce,La)_2(CO_3)_2F_2$         | هکزاگونال         | در جهت 0001<br>واضح | شیعیای تا<br>صفی       | ۴/۵     | زرد مایل<br>به قهوه‌ای تا<br>خاکستری        | ۳/۰-۴/۲   | فلوئور کربنات-<br>عناصر کمیاب<br>خاکی          | شیلای کربناته،<br>پگماتیتها،<br>گراتیتها                    | کلمبیا، مالدیو، آمریکا، چین                |





## ۳-۲- سنگ شناسی عناصر نادر خاکی

سنگهای آذرین نخستین جایگاه عناصر نادر خاکی اند ولی مقدار آنها در سنگهای اسیدی به مراتب بیشتر از سنگهای بازیک است، (جدول ۲-۸). عناصر نادر خاکی به خاطر شعاع یونی بزرگ و بار الکتریکی کم تمایل دارند که در سنگهای اسیدی متمرکز شوند.

جدول ۲-۸: مقدار عناصر نادر خاکی در سنگهای آذرین اسیدی و حد واسط

| نوع سنگ                              | REE (ppm) | LREE / HREE |
|--------------------------------------|-----------|-------------|
| اندزیت اقیانوسی                      | ۲۵-۱۷۸    | ۱-۸/۶       |
| آندزیت قاره‌ای                       | ۶۷-۳۴۱    | ۱/۵-۲۱/۵    |
| آندزیت و شارنوکی                     | ۳۴/۵-۳۱۲  | ۳/۴-۱۴/۹    |
| کوارتز دیوریت، تونالیت و گرانودیوریت | ۱۰/۵-۴۴۹  | ۰/۳۴-۴۱۳    |
| سونزو گرانیت و سینو گرانیت           | ۸-۱۹۹۷    | ۰/۵۴-۱۳۷    |

با استفاده از این عناصر و تعیین مقدار آنها و یا نسبت LREE/HREE در سنگها می‌توان به مسائل پترولوژیکی سنگها و نحوه تشکیل و عمق ماگماهای به وجود آورنده سنگها پی برد.

جدول (۲-۹) میزان عناصر نادر خاکی را در چند نوع سنگ آذرین پوسته قاره‌ای و شهابسنگها نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان عناصر کمیاب (نادر خاکی) پوسته‌های قاره‌ای بیشتر از شهابسنگها است. سریم با ۳۳ گرم در تن بیشترین میزان را در مجموع عناصر نادر خاکی در پوسته قاره‌ای دارد، (جدول ۲-۱۰). کربناتیتها و سنگهای آذرین آلوکالین و فوق آلوکالین حاوی بیشترین میزان عناصر نادر خاکی است.



جدول ۲-۹: میزان عناصر کمیاب در چند نوع سنگ آذرین (ppm)

| نام         | عنصر | شهابسنگها | پوسته قاره‌ای | کیمبرلیت | لامپروئیت | لامپروئیت | فونولیت | کربناتیت | تفلیتیت |
|-------------|------|-----------|---------------|----------|-----------|-----------|---------|----------|---------|
| یتریم       | Y    | ۱/۷       | ۲۰            | ۲۲       | ۲۷        | ۳۶        | ۳۳      | ۳۰-۱۰    | --      |
| لانتانیم    | La   | ۰/۳۴      | ۱۶            | ۱۵۰      | ۲۴۰       | ۱۰۵       | ۱۰۷     | ۱۰۹۰-۱۶۰ | ۸۹      |
| سرم         | Ce   | ۰/۹۱      | ۳۳            | ۲۰۰      | ۴۰۰       | ۱۹۵       | ۱۶۷     | ۲۳۲۰-۳۰۰ | ۱۷۱     |
| پروترودیمیم | Pr   | ۰/۱۲۱     | ۳/۹           | --       | --        | --        | --      | --       | ۱۸      |
| نئودیمیم    | Nd   | ۰/۶۴      | ۱۶            | ۸۵       | ۲۰۷       | ۱۰۰       | --      | --       | ۶۶      |
| ساماریوم    | Sm   | ۰/۱۹۵     | ۳/۵           | ۱۳       | ۲۴        | ۲۲        | --      | --       | ۱۴/۵    |
| یوروپیم     | Eu   | ۰/۰۷۳     | ۱/۱           | ۳        | ۴/۸       | ۴/۹       | --      | --       | ۴       |
| گادولیمیم   | Gd   | ۰/۲۶      | ۳/۳           | ۸        | ۱۳        | ۱۴/۳      | --      | --       | ۱۲/۱    |
| تربیم       | Tb   | ۰/۰۴۷     | ۰/۶۰          | ۱        | ۱/۴       | ۱/۸       | --      | --       | ۱/۷     |
| دیسپروزیوم  | Dy   | ۰/۳       | ۳/۷           | --       | ۶/۳       | ۵/۷       | --      | --       | ۷/۳     |
| هولمیم      | Ho   | ۰/۰۷۸     | ۰/۷۸          | --       | --        | --        | --      | --       | ۱/۷     |
| اریم        | Er   | ۰/۲       | ۲/۲           | --       | --        | --        | --      | --       | ۳/۳     |
| تولیم       | Tm   | ۰/۰۳۲     | ۰/۳۲          | --       | --        | --        | --      | --       | ۰/۸۸    |
| ایتربیم     | Yb   | ۰/۲۲      | ۲/۲           | ۱/۲      | ۱/۷       | ۱/۹       | --      | --       | ۲/۳     |
| لوئیم       | Lu   | ۰/۰۳۴     | ۰/۳۰          | ۰/۱۶     | ۰/۲۳      | ۰/۳۷      | --      | --       | ۰/۳۹    |

## ۴-۲- انواع کانسارهای عناصر نادر خاکی

کانسارهای مهم عناصر نادر خاکی، که پراکندگی آنها در سطح دنیا در شکل (۲-۷) نشان داده شده است،

عبارتند از:

۱- سنگهای آکالین و فوق آکالین.

۲- کربناتیتها.

۳- پلاسرها.

۴- کانسارهای رگه‌ای.

۵- کانسارهای آپاتیت.

۶- کانسارهای پگماتیتی.

۷- کانسار فلوئورین- باستانسیت همراه سازندهای آهن.

۸- سایر کانسارهای عناصر نادر خاکی.





## ۲-۴-۱- سنگهای آلکالین و فوق آلکالین

نفلین سینیت، سینیتها، نفلینیتها، لوستیتها، کمبرلیتها و فئولیتها مهمترین منابع اقتصادی عناصر نادر خاکی می باشند. مهمترین کانیهای اقتصادی در این سنگها گروه آپاتیتهای رادیواکتیو و پیروکلر با فرمول  $[(Na, Ca, Ce)_2Nb_2O_6F]$  می باشند.

عناصر نادر خاکی ایالت شمال غربی کانادا : کمپلکس فوق آلکالین در اوایل پروتروزوئیک در منطقه ای به شعاع ۲۳ کیلومتر نفوذ کرده است. مجموعه سنگهای این کمپلکس از حاشیه به طرف مرکز شامل گابرو، کوآرتزسینیت، آلکالی گرانیت، هورنبلند بیوتیت گرانیت و گرانیت است. گرانیت و سینیت از نوع فوق آلکالین هستند. عناصر نادر خاکی عمدتاً در حاشیه سینیت متمرکز شده است. میزان فراوانی عناصر نادر خاکی در این کمپلکس شامل  $BeO$  ۱/۱۱ درصد،  $Y_2O_3$  ۰/۱۷ درصد،  $RE_2O_3$  ۰/۲۸ درصد،  $Nb_2O_5$  ۰/۵۸ درصد و ذخیره ۰/۵۱ میلیون تن است. در زون شمالی شامل  $BeO$  ۰/۶۲ درصد،  $Y_2O_3$  ۰/۱ درصد،  $RE_2O_3$  ۰/۸ درصد،  $Nb_2O_5$  ۰/۴۶ درصد و ذخیره ۱/۲۵ میلیون تن است، (جونز و دیگران، ۱۹۹۶).

## ۲-۴-۲- کربناتیتها

گروه خاصی از سنگهای قلیائی- فوق بازی و آذرین هستند که شدیداً غنی از عناصر نادر خاکی می باشند. این گروه از سنگها دارای اقتصادترین کانی عناصر نادر خاکی باستاناسیت می باشد. همچنین کانیهای دیگری مانند پیروکلر مونازیت و باریت در این نوع کانسارها دیده می شوند. عیار باستاناسیت در این گروه از کانسارها به بیشتر از ۱۲ درصد می رسد که به خوبی اقتصادی می باشد. فراوانترین عنصر نادر خاکی در این نوع کانسارها اکسید سریم می باشد ( $Ce_2O_3=31.1\%$ ). دو کمپلکس مهم کربناتیت که حاوی عناصر نادر خاکی هستند عبارتند از:

- کربناتیت مونتن پس در کالیفرنیا و

- منطقه منگولی در چین

کربناتیت کانگان کوند واقع در مالاوی بزرگترین کربناتیت محدوده آلکالین چیلوا است. کانی سازی عناصر کمیاب در مرحله نهائی کربناتیت تشکیل شده است. کربناتیت مرحله پایانی غالباً غنی از آهن است (آنکریت و دولومیت غنی از آهن). کربناتیتها باستاناسیت دار در آفریقا در کشورهای برونیدی (جنوب شرق بوجومبارا)، کنیا (جنوب غرب سومباسا) تانزانیا و زامبیا می باشد. در آمریکای لاتین کانسازهای کربناتیتی حاوی عناصر نادر خاکی در کشور برزیل (بزرگترین کانسار نیویم) گزارش شده است. عناصر نادر خاکی در این کشور در کانیهای باستاناسیت، آلانیت، مونازیت و آپاتیت دیده می شود.

## ۲-۴-۳- پلاسرها

کانسارهای پلاسی از نوع آبرفتی، دریاچه ای و دلتایی مهمترین منبع اقتصادی مونازیت می باشند. این کانی



به علت وزن مخصوص بالا (5) بیشتر در مواد تخریبی متمرکز می شود. عیار معدنی کانسارهای پلاسری باید بیشتر از ۰/۳۴ درصد بر حسب موزانیت باشد. مقدار کمی عناصر نادر خاکی را می توان از کانیهای سنگین دیگر مانند زیرکن و پیروکلر استخراج نمود. غیر از یک مورد (کانسار Blind River در ایالت انتاریو، کانادا) از پلاسرها که در رسوبات متراکم و سنگ شده پرکامبرین می باشد، بقیه انواع این کانسارها در رسوبات جوان و ناپیوسته هولوسن می باشد. استرالیا مهمترین تولید کننده این عناصر از کانسارهای پلاسری است و هند و برزیل در ردیفهای بعدی قرار دارند. این پلاسرها برای استخراج ایلمنیت، روتیل، لوکوکسن و زیرکن مورد استفاده قرار گرفته و موزانیت محصول فرعی این کانسارها است. کانسارهای پلاسری عناصر نادر خاکی آمریکا در ایالت کارولینای شمالی، فلوریدا و جورجیاست که موزانیت به عنوان کانی فرعی از کانیهای ایلمنیت، لوکوکسن و زیرکن استخراج می شود. در کشورهای آسیای جنوب شرقی و از جمله در مالزی، تایلند، اندونزی، کره جنوبی و تایوان کانی موزانیت از پلاسرهایی قلع دار استخراج می شود. کانیهای همراه موزانیت کانی کاسیتريت و ایلمنیت می باشد. در سریلانکا و چین نیز پلاسرهایی موزانیت دار استخراج می گردد. در آفریقا در شمال نیجریه، شرق زئیر، جنوب شرق ماداگاسکار و سواحل غربی و شرقی افریقای جنوبی پلاسرهایی موزانیت وجود دارد و مورد بهره برداری قرار می گیرد. بزرگترین ذخیره توریم در منطقه های کبک و انتاریو در کانادا به صورت پلاسر موزانیت و برانریت تشکیل شده است.

#### ۲-۴-۴- کانسارهای رگه ای

این گروه از کانسارهای گرمابی رگه ای به علت دارا بودن موزانیت، باستانسیت و آپاتیت های دیگر دارای ارزش اقتصادی می باشند. درصد موزانیت و باستانسیت در این گروه از کانسارها به بیشتر از ۲ درصد می رسد. عیار کل عناصر نادر خاکی در این گروه از کانسارها به بیشتر از ۰/۹۱ درصد می رسد. به عنوان مثال می توان از معدن Sreenkam Pskra در آفریقای جنوبی نام برد. این کانسار در یک منطقه زون برشی قرار گرفته و ۳۰۰ متر طول و ۴ متر پهنا دارد. سنگ درونگیر کانسار گرانیت-گنیس است. کانسارها به وسیله فراوانی کانیهای دارای عناصر LREE شناخته می شوند. موزانیت به صورت محصول فرعی در کنار کانی گالن از معدن Korsnas در فنلاند نیز استخراج می شود.

#### ۲-۴-۵- کانسارهای آپاتیت

آپاتیت از جمله کانیهای فسفاته ای است که می تواند از عناصر نادر خاکی غنی شود. مقدار اکسید عناصر نادر خاکی (REO) در آپاتیت های با منشأ دریائی حدود ۱۱۰ تا ۱۵۵۰ ppm است. این آپاتیتها می توانند حداکثر دارای ۱۵۰۰ ppm از عناصر یتریم و سریم باشند. آپاتیت های موجود در سنگهای آلکالین کانسار Khibini روسیه دارای ۴/۹ درصد REO می باشند. آپاتیت های موجود در کانسارهای سینیت-آپاتیت، مثل کانسار کایرونای سوئد، منبع دیگری برای عناصر نادر خاکی هستند.





## ۲-۴-۶- کانسارهای پگماتیتی

این نوع کانسارها به علت دارا بودن کانیهای مانند ایتروانتاسیت، گادولینیت ( $Y_2Fe^{+2}Be_2Si_2O_{10}$ ) و باستانیت دارای ارزش اقتصادی مهمی می باشند. همچنین کانیهای مانند زیرکن، آلانیت و ارانیت نیز می توانند دارای مقادیر قابل ملاحظه ای عناصر نادر خاکی باشند. عیار کانیهای اقتصادی معمولاً بیشتر از ۰/۲۴ درصد می باشد و بیشتر غنی از سریم (Ce) هستند.

عناصر کمیاب منطقه اسلو (نروژ) : در منطقه اسلو در پرمین ریفت قاره ای به طول ۲۰۰ کیلومتر شکل گرفته و سنگهای لارویکیت در این منطقه نفوذ کرده اند. دایکهای پگماتیتی با ترکیب نفیلین سینیت در لارویکیتها نفوذ نموده و در نتیجه کانیهای حاوی عناصر کمیاب در پگماتیتهای تشکیل شده اند.

## ۲-۴-۷- کانسارهای فلوئورین- باستانیت همراه سازندهای آهن

این کانسارها همراه با کانسارهای رسوبی و آذرین آهن دار مثل کانسارهای آهن لایه ای دیده می شود. از شناخته شده ترین این نوع کانسار، که در سالهای اخیر اکتشاف شده است، کانسار Bayanobo است. این کانسار در کشور چین و در منطقه مغولستان داخلی (شمال غرب پکن) قرار دارد و به صورت کانسار عدسی شکلی است که بیشتر از یک کیلومتر طول دارد. کانسار دارای کانی سازی سینیت و هماتیت است و در کنار آنها فلوئورین همراه با باستانیت و مونازیت و باریت دیده می شود. در مورد نوع کانی سازی این کانسار اتفاق آراء وجود ندارد. برخی آن را با منشاء هیدروترمالی و برخی هیدروترمالی متامورفیک می دانند. برخی نیز اعتقاد دارند که این کانی سازی آهن به صورت متامورفیک به وجود آمده و غنی شدن عناصر نادر خاکی در اثر پدیده هیدروترمالی بوده است.

## ۲-۴-۸- سایر کانسارهای عناصر نادر خاکی

عناصر نادر خاکی ممکن است از داخل کانی آلانیت، که در اسکارنها دیده می شود، استخراج گردد. در کشور سوئد این اسکارنها در کنتاکت گرانیت های آلکالین یا پگماتیتهای با آهکها تشکیل می شوند و به وسیله آندرادیت، سینیت اسفندار، ترمولیت و اکتینولیت مشخص می شوند.

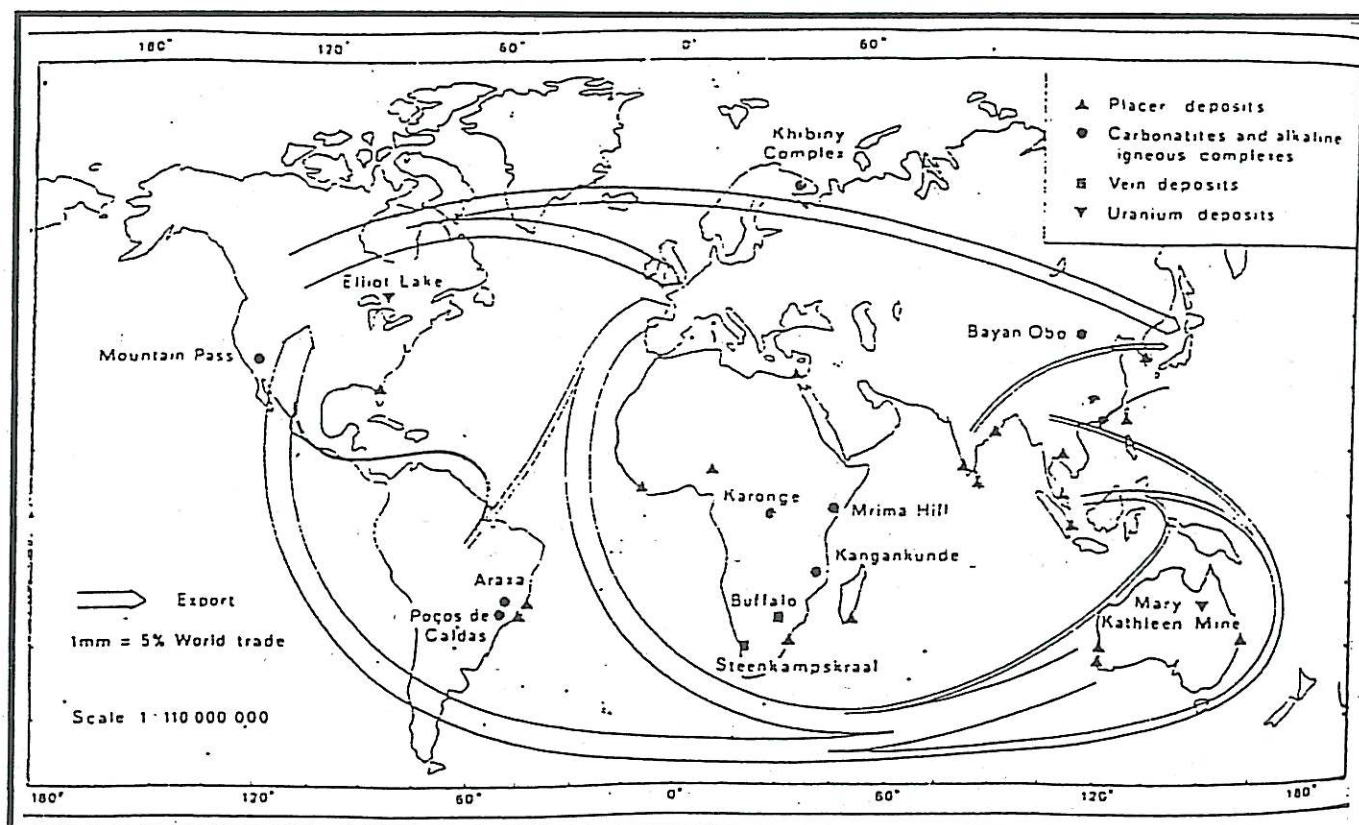
در کانسارهای استراتاباند طلا، نقره و مس نیز عناصر نادر خاکی می توانند متمرکز شوند. این عناصر بیشتر به صورت لاتانیم و سدیم هستند که همراه با مس و اورانیم می باشد. عیار REO در این کانسارها ۰/۴۵ درصد تا ۰/۲۵ درصد می باشد.

یکی از منابع نادر خاکی انباشته های استخوانهای فسفا ته ماهی است که در مناطق پلاتفرمی دریاهای کربونیفر و پرمین وجود داشته است. در رسهای سیاه و مارنهای این حوضه ها عناصر نادر خاکی با عیار ۰/۳ تا ۲ درصد دیده می شود. این عناصر در داخل گنیسها و اکتینولیت شیشه های در ارتباط با کراتوفیرهای موجود در کنار گسلهای عمیق نیز کانی سازی نشان می دهند. ذخیره مهم عناصر نادر خاکی چین در جدول ۲-۱۰ گزارش شده است.



جدول ۱-۲: ذخایر حاوی عناصر کمیاب چین (جونز و دیگران، ۱۹۹۶)

| نوع کانسار                        | عیان                                                                   |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| کربناتیت                          | $\text{REO} = 0.15 - 0.13\%$ و $\text{P}_2\text{O}_5 = 1$ تا $1.8\%$   |
| کربناتیت سیت                      | $\text{REO} = 0.1\%$ و $\text{Nb}_2\text{O}_5 = 0.12\%$                |
| کمپلکسهای آلکالین (تراکیت فرولیت) | $\text{REO} = 0.1\%$ و $\text{Nb}_2\text{O}_5 = 0.12\%$                |
| آلکالی گرانیت                     | $\text{REO} = 0.05\%$                                                  |
| آلکالی بگماتیت                    | $\text{REO} = 0.1\%$ و $\text{P}_2\text{O}_5 = 4$ تا $10\%$            |
| بوکسیت                            | $\text{REO} = 0.1$ تا $0.2\%$ و $\text{Al}_2\text{O}_3 = 50$ تا $88\%$ |
| لازیرت                            | $\text{REO} = 0.05$ تا $0.2\%$                                         |
| پلاسر                             | ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم در مترمکعب                                             |
| فسفریتها                          | $\text{REO} = 0.2\%$ در بعضی از فسفاتها                                |



شکل ۲-۷: موقعیت ذخایر اصلی عناصر کمیاب خاکی بعلاوه محدوده‌های صادراتی کانیهای کمیاب خاکی بعد از ۱۹۷۰ به صورت سنگ معدن، کلرید، میش متال از کشورهای اصلی تولید کننده (مقادیر در داخل اروپا از یکدیگر تفکیک نشده‌اند).





## ۲-۵- اکتشاف عناصر نادر خاکی

تکنیکهای استاندارد شده معمولی مثل روشهای ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، ژئوبوتانی، ترانسه‌زنی و حفاری برای اکتشاف کانسارهای باستانسیت‌دار استفاده می‌شود. از همین روشها به‌اضافه روش کانی سنگین برای اکتشاف موناژیت استفاده می‌گردد. روش کانی سنگین یک روش صحرایی و مقدماتی خوب برای اکتشاف موناژیت می‌باشد. وجود عناصر اورانیم و توریم اکتشاف این عناصر را آسان می‌سازد و لذا روش رادیومتری هوایی و زمینی دو روش کارآمد برای اکتشاف عناصر نادر خاکی هستند. با توجه به‌اینکه این کانیها اغلب همراه کانیهای منیتیت و ایلمنیت هستند از روش اکتشاف مغناطیس هوایی نیز می‌توان برای اکتشاف عناصر نادر خاکی استفاده کرد. یکی دیگر از روشهای اکتشاف این عناصر روش ژئوبوتانی است. عناصر خانواده لانتانیم و یتریم اغلب در افق B خاک متمرکز می‌شوند.

## ۲-۶- استخراج و فراآوری عناصر نادر خاکی

نحوه استخراج عناصر کمیاب به‌صورت روباز و زیرزمینی می‌باشد. هنگامی که بعضی از عناصر کمیاب در ماسه‌های ساحلی و یا در سطح زمین واقع شده باشند، استخراج آنها به‌صورت روباز و سطحی صورت می‌گیرد. در صورتی که این عناصر در سنگهای آتشفشانی و در عمق زمین وجود داشته باشد، استخراج آنها به‌صورت زیرزمینی انجام می‌گیرد. البته در حال حاضر هیچ معدنی در دنیا فقط برای به‌دست آوردن عناصر کمیاب به‌روش زیرزمینی استخراج نمی‌شود و در صورتی که این عناصر به‌صورت فلز فرعی و با فلزات اصلی و با ارزش دیگر نظیر طلا، نقره، روی و مس همراه باشند، استخراج آنها مورد توجه قرار گرفته است.

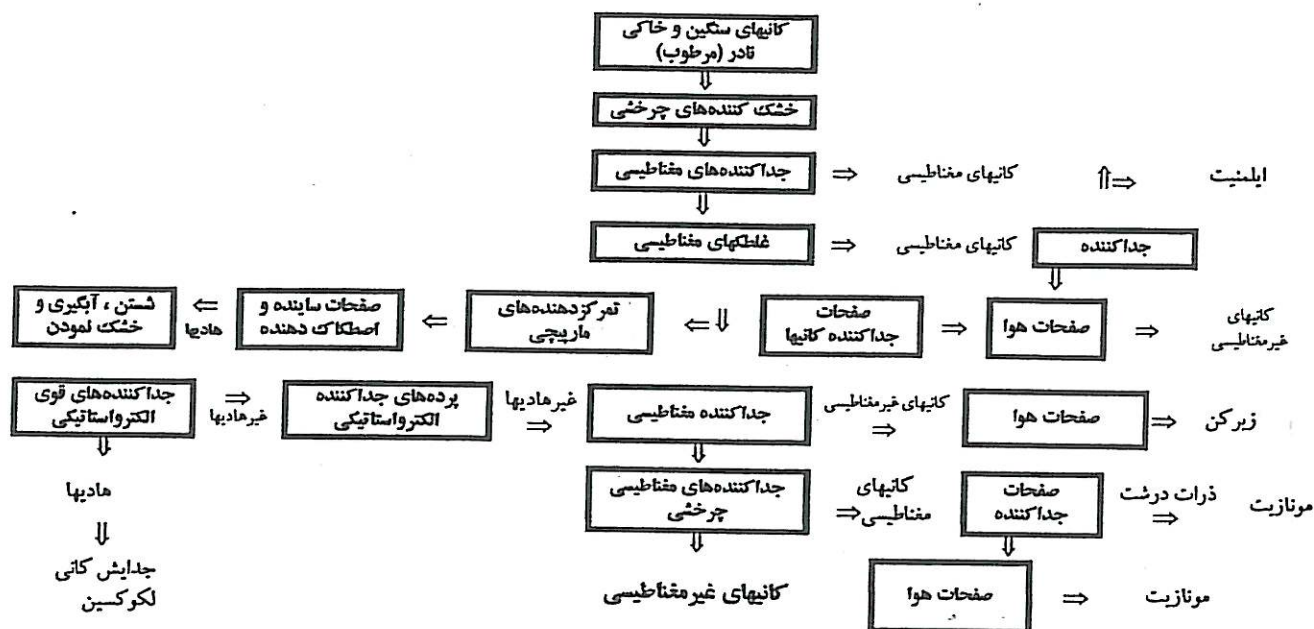
برای جدایش مواد با ارزش از سنگ معدنی نیز از روشهای مختلف کانه‌آرایی و فلوتاسیون استفاده می‌شود. مثلاً برای ذخایر "برجا" که معمولاً در میان ماسه‌های ساحلی تشکیل می‌شود ابتدا از طریق وسایل مخصوص جدایش ثقلی، عیار ماده معدنی را بالا می‌برند و سپس با استفاده از جداکننده‌های الکترونیکی و مغناطیسی درجه خلوص کانی یا ماده معدنی را تا حد قابل قبولی افزایش می‌دهند. در مواردی نیز سنگ معدن را ابتدا در آسیابهای مختلف خرد می‌کنند و پس از خردایش ماده معدنی عناصر کمیاب آن را با استفاده از روشهای مخصوص فلوتاسیون جدا می‌کنند. جهت جدایش عناصر کمیاب با تناژ کم روشهای با استفاده از رزین ارائه شده که مقرون به‌صرفه است.

روشهای استخراجی و فراآوری برای پلاسرها بسیار متفاوت از کانسارهای ماگمایی حاوی باستانسیت است. روش جدایش کانی باستانسیت از سنگهای باطله به‌وسیله خردکردن و فلوتاسیون و استفاده از روشهای ترکیبات شیمیایی است. عناصر نادر خاکی موجود در آپاتیت در اسید نیتریک حل می‌شوند و سپس از محلول جدا شده و بازیافت می‌شوند. یکی از روشهای استخراج عنصر یتریم و اسکاندیم استفاده از نمکهای آمونیاک است.

مطالعات اقتصادی و تجربی نشان می‌دهد که برای عناصر نادر خاکی مواد جایگزین شونده‌ای که اقتصادی باشد وجود ندارد. برای بازیابی این عناصر می‌توان از قراضه‌های آهنرباهای دائمی نیز استفاده نمود، (شکل ۲-۸).



Tehran Padir



شکل ۲-۸: مراحل کانه‌آرایی کانیهای سنگین و خاکی نادر

### ۲-۶-۱- تولید و ذخایر جهانی

تولید جهانی عناصر نادر خاکی در سال ۱۹۹۷ میلادی در حدود ۷۹۵۰۰ تن بوده است. مهمترین کشورهای تولیدکننده عناصر نادر خاکی در جهان عبارتند از: شوروی سابق، چین و آمریکا که تقریباً ۹۰ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده‌اند. کل ذخایر جهانی عناصر نادر خاکی در سال ۱۹۹۹ برابر صد میلیون تن گزارش شده است که ۴۳ درصد آن در چین، ۱۹ درصد در بلوک شرق، ۱۳ درصد در آمریکا، ۵ درصد در استرالیا، ۱ درصد در زئیر، ۱ درصد در کانادا، ۱ درصد در هندوستان و ۱۷ درصد در سایر کشورها (توره، ۱۹۹۹) بوده است.

جدول ۲- ۱۱: تولید معادن و میزان ذخایر جهانی عناصر خاکهای نادر (برحسب تن)

| کشور          | تولید معادن (۱۹۹۷) | ذخایر     | ذخایر پامه |
|---------------|--------------------|-----------|------------|
| آمریکا        | ۲۰۰۰               | ۱۳۰۰۰۰    | ۱۴۰۰۰۰۰    |
| استرالیا      | --                 | ۵۲۰۰۰۰    | ۵۸۰۰۰۰۰    |
| برزیل         | ۴۰۰                | ۲۸۰۰۰۰    | ۳۱۰۰۰۰۰    |
| کانادا        | --                 | ۹۴۰۰۰۰    | ۱۰۰۰۰۰۰    |
| چین           | ۵۰۰۰۰۰             | ۴۳۰۰۰۰۰   | ۴۸۰۰۰۰۰۰   |
| کنتگو         | ۵                  | ۱۰۰۰      | ۱۰۰۰       |
| هند           | ۲۷۰۰               | ۱۱۰۰۰۰۰   | ۱۳۰۰۰۰۰۰   |
| مالزی         | ۳۰۰                | ۳۰۰۰۰۰    | ۳۵۰۰۰۰۰    |
| آفریقای جنوبی | --                 | ۳۹۰۰۰۰۰   | ۴۰۰۰۰۰۰۰   |
| سویلاتیکا     | ۱۲۰                | ۱۲۰۰۰۰۰   | ۱۳۰۰۰۰۰۰   |
| شوروی سابق    | ۶۰۰۰               | ۱۹۰۰۰۰۰۰  | ۲۱۰۰۰۰۰۰۰  |
| سایر کشورها   | ۵                  | ۲۱۰۰۰۰۰۰  | ۲۱۰۰۰۰۰۰۰  |
| کل جهان       | ۷۹۵۰۰              | ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ | ۱۱۰۰۰۰۰۰۰۰ |



جدول ۲-۱۲ نیز براساس اطلاعات موجود تا سال ۱۹۸۵ تنظیم شده است. کل محصول استخراجی کانی سنگین در سال ۱۹۸۰ حدود ۱,۶۰۰,۰۰۰ تن بوده که ۰/۸ درصد آن به صورت موناژیت بوده است. در همین سال مقدار کل تولید موناژیت حدود ۵۲۰,۰۰۰ تن و باستانسیت حدود ۳۴۰,۰۰۰ تن بوده است.

جدول ۲-۱۲: منابع عناصر نادر خاکی دنیا به صورت تن و شامل اکسیدهای عناصر نادر

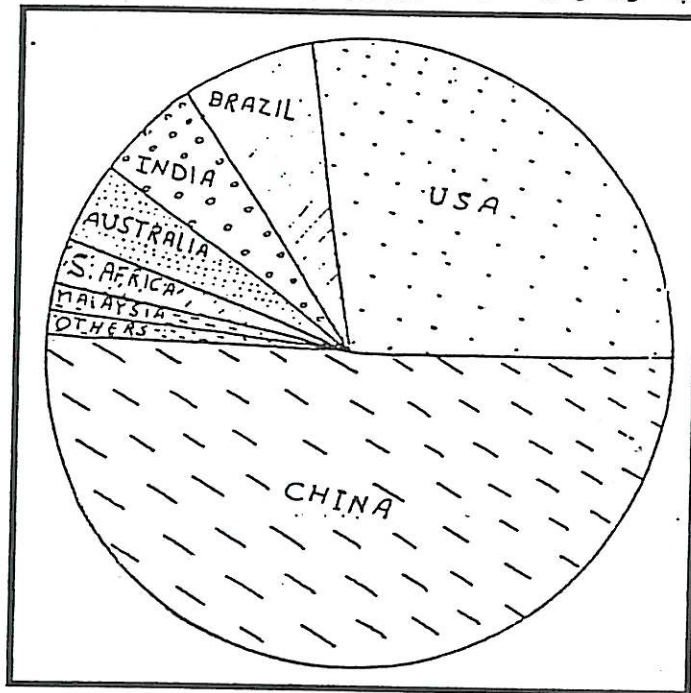
| Country              | Continent | Lanthanide Oxides | Yttrium      |
|----------------------|-----------|-------------------|--------------|
| Egypt                |           | 10000             |              |
| Malagasy Republic    |           | 20000             |              |
| Malawi               |           | 15000             |              |
| Nigeria              |           |                   |              |
| South Africa         |           | 5000              |              |
| Other                |           | 20000             |              |
| <b>Africa</b>        |           | <b>70000</b>      |              |
| China                |           | 10000000          |              |
| India                |           | 1000000           | 20000        |
| Korea                |           | 50000             | 1000         |
| Malaysia             |           | 30000             | 600          |
| Sri Lanka            |           | 10000             | 200          |
| Other                |           | 10000             | 200          |
| <b>Asia</b>          |           | <b>11100000</b>   | <b>22000</b> |
| Australia            |           | 400000            | 6000         |
|                      |           |                   |              |
| Russia               |           | 500000            | 1600         |
| Scandinavia          |           | 60000             | 200          |
| <b>Europe</b>        |           | <b>560000</b>     | <b>1800</b>  |
| Canada               |           | 250000            | 2400         |
| United States        |           | 5000000           | 3500         |
| <b>North America</b> |           | <b>5250000</b>    | <b>5900</b>  |
| Brazil               |           | 350000            | 2500         |
| Other                |           |                   |              |
| <b>South America</b> |           | <b>350000</b>     | <b>2500</b>  |
| <b>World</b>         |           | <b>17730000</b>   | <b>38200</b> |

در شکل ۲-۹ میزان تولید کشورهای مهم تولیدکننده عناصر نادر خاکی نشان داده شده است. در این شکل کانسارهای جدیداً کشف شده استرالیا و چین نشان داده نشده است. در آمریکا این عناصر عمدتاً از کانسار مونتن پس و در استرالیا، برزیل و هند این عناصر از موناژیت موجود در پلاسراهای ساحلی استخراج می گردد. تولید لامپهای الکتریکی پس از جنگ جهانی اول باعث رکود تقاضای توریم و موناژیت شد. تا قبل از جنگ

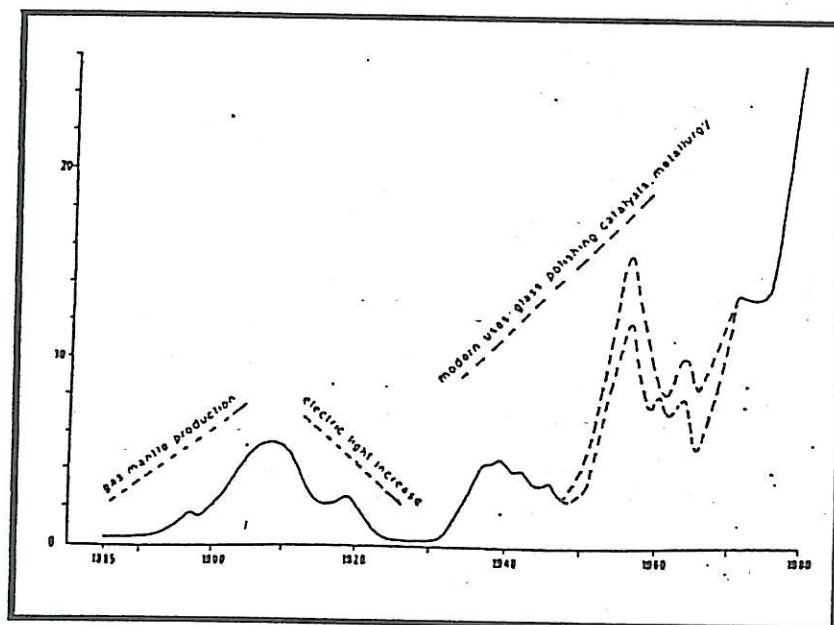


اکتشاف عناصر کمیاب و نادر خاکی، شهرستانهای سراب و کلیبر

جهانی دوم عناصر نادر خاکی فقط برای تهیه لامپهای الکتریکی، شیشه‌های رنگی و لامپهای کربنی مورد استفاده قرار می‌گرفت. با امکان استفاده از عنصر توریم برای سوخت نیروگاه‌های هسته‌ای تقاضا برای این عنصر بیشتر شد و منجر به کشف کانسارهای پلاسمی موناژیت در هند و برزیل گردید، (شکل ۲-۱۰).



شکل ۲-۹: میزان تولید کشورهای مهم تولید کننده عناصر نادر خاکی از سال ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۰.



شکل (۲-۱۰): تولید موناژیت کنسانتره در دنیای غرب بین سالهای ۱۸۸۵ تا ۱۹۷۹ به صورت  $10^2$  تن، خط چینها نشانه تخمین حداکثر و حداقل است.





## ۲-۶-۲- کاربرد و مصارف عناصر نادر خاکی

تاریخ استفاده از عناصر نادر خاکی به سالهای ۱۸۸۳ بر می گردد. قدیمیترین استفاده ای که از این عناصر شده است در ارتباط با تصفیه نفت خام بوده است. همچنین موارد کاربردی جدیدی از این عناصر در سالهای اخیر کشف گردیده که باعث شده تا موارد استفاده آنها فزونی یابد. موارد استفاده از این عناصر بیشتر در آلیاژهای مخصوص، شیشه ها، کاتالیزورها، تجزیه و تهیه ئیدروکربورها، ایجاد خاصیت فسفری در شیشه تلوزیونهای رنگی، ایجاد آلیاژهای فوق مغناطیسی لیزرها و موارد متنوع دیگر صنعتی می باشد. از دیگر موارد صنعتی این عناصر استفاده در راکتورهای هسته ای و تولید اشعه رادیواکتیو می باشد. صنایع نفت، متالورژی و سرامیک از عمده ترین استفاده کنندگان از این عناصر هستند. اکسیدهای مختلف عناصر خاکی کمیاب نیز در موارد زیر در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند:

- به عنوان کاتالیزور در صنعت تصفیه و فرآوری مواد مختلف از نفت.
  - به عنوان فسفر (نورانی کننده) در صفحات تلوزیون و دیگر سطوح فلوئورسنت.
  - در صنعت تولید شیشه و سرامیک.
  - استفاده عناصر خاکی کمیاب (لانتانیدها) در صنایع الکترونیک به عنوان ابررساناها در دمای زیاد.
  - یکی از مهمترین کاربردهای عناصر کمیاب فرومتالورژی (فولاد) است. در این صنعت آهن و فولاد با آلیاژی (از عناصر کمیاب از جمله لانتانیم و سریم) پوشش داده می شود که افزایش بسیار زیاد مقاومت و کارایی فولاد را در پی دارد.
  - در صنایع هواپیمائی و تهیه آلیاژ منگنزدار.
  - در فندکها به عنوان ایجاد کننده جرقه آلیاژ سریم و آهن
  - برای تولید آهنرباهای دائمی که این صنعت نیز در حال حاضر در حال رشد است و استفاده زیادی در تولیدات مختلف صنعتی دارد.
- به طور کلی می توان چهار مورد استفاده مهم برای این عناصر را در نظر گرفت:

- ۱- کاتالیزورهای نفتی و پتروشیمی ۴۱ تا ۴۵ درصد
- ۲- متالورژی ۳۳ تا ۳۷ درصد
- ۳- سرامیک و شیشه ۱۶ تا ۱۹ درصد
- ۴- صنایع الکترونیک و استفاده های تحقیقاتی ۴ تا ۸ درصد

تاکنون برای این عناصر در ایران مورد مصرفی گزارش نشده است.

میزان مصرف عناصر کمیاب در سال ۱۹۷۰ برابر با ۱۵۰۰۰ تن، در سال ۱۹۸۳ برابر با ۲۶۰۰۰ تن، در سال

۱۹۹۰ برابر ۳۵۰۰۰ تن و در سال ۱۹۹۷ بالغ بر ۴۵۰۰۰ تن بوده است، (تور، ۱۹۹۹).



عناصر نادر خاکی با سه عیار مختلف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد :

۱. در همان شکل استخراج شده در متن کانیها و بدون تغلیظ آنها از کانی حاوی این عناصر. این نوع عناصر نادر خاکی بیشتر در صنایع فولادسازی به‌عنوان کاتالیزور و برای صیقل دادن شیشه‌ها استفاده می‌شود.
  ۲. پس از یک جداسازی شیمیائی ساده با ۶۰ تا ۹۰ درصد از عناصر نادر خاکی. این حالت هنگامی استفاده می‌شود که عناصر فرعی همراه این عناصر زیانی برای استفاده کردن نداشته باشد، مثل ساخت مغناطیسهای دائمی.
  ۳. استفاده از عناصر نادر خاکی به‌صورت کاملاً تغلیظ یافته با عیار  $REO = 99.9\% - 99.98\%$  که این حالت فقط در برخی از موارد خاص مثل ساخت وسایل الکترونیکی مورد استفاده دارد.
- در جدول ۲-۱۳ کاربرد صنعتی هر یک از عناصر خاکی کمیاب به تفکیک مشخص شده است.





جدول (۲-۱۳): کاربرد صنعتی عناصر خاکی کمیاب

| کاربرد             | مستوع<br>چند عنصر کمیاب | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Y |
|--------------------|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| متالورژی           | *                       | *  | *  | *  | *  |    |    | *  |    |    |    |    |    |    | * |
| فولاد              | *                       | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| فولاد ضد زنگ       | *                       | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | * |
| دیگر فولادها       | *                       | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| فولاد نرم          | *                       | *  | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | * |
| آلیاژهای منگنز     | *                       | *  |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| آلیاژهای آلومینیم  | *                       | *  |    | *  |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| آلیاژهای تیتانیوم  | *                       | *  |    | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| آلیاژ مس           | *                       | *  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | * |
| سوپر آلیاژها       | *                       | *  |    | *  |    | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| به عنوان کاتالیزور | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| نفت                | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| پتروشیمی           | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| مواد متفرقه        | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| سرامیک             | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| لباس و پوشش        | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| دیگر گدازها        | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| شیشه کری           | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| سایر گدازها        | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| شیشه چشمی          | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| رنگ و دانی         | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| رنگ آمیزی          | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| کنترل اشعه         | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| فلوئورسانس         | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| آهن و بای دانه     | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| نور افشان          | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| لیزر               | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| لامپهای فلوئورسانس | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| تولید اشعه X       | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| لامپهای کاندی      | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| استفاده هسته‌ای    | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| جاذبهای نوترونی    | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| رادیوگرافی         | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| سلاحهای جنگی       | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| رنگدانه            | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| سنگسوردهای اکسژنی  | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| جواهرات            | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| اهداف پزشکی        | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| سیستمهای خورشیدی   | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| میکروبی            | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| لیزرهای شیمیایی    | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| میکروسکوپ          | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| تولید الیاف مصنوعی | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |
| کودهای شیمیایی     | *                       | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | * |





## ۲-۶-۳- قیمت عناصر نادر خاکی در جهان

قیمت هر یک از این عناصر بسیار متنوع و متفاوت از یکدیگر است. به طوری که قیمت یک کیلو توریم بالغ بر ۳۳۰۰ دلار آمریکا است و در حالی که قیمت یک کیلو گرم سریم یا لانتانیم به ترتیب در حدود ۴۵ و ۲۵ دلار می باشد. قیمت هر کیلو اکسیدهای خالص عناصر کمیاب خاکی لانتانیدها با درصد خلوص بیش از ۹۹/۹ درصد به استناد کتاب سال کانیهای ایالات متحده در جدول ۲-۱۴ نشان داده شده است.

جدول (۲-۱۴): قیمت هر کیلو اکسید خالص عناصر کمیاب به دلار آمریکا

| نام فلز   | نشانه | ۱۹۷۹ | ۱۹۸۰ | ۱۹۸۱ | ۱۹۸۲ | ۱۹۸۳ | ۱۹۸۴ | ۱۹۸۵ | ۱۹۸۶ |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| کروم      | Cr    | ۱۸   | ۲۰   | ۲۰   | ۲۰   | ۲۰   | ۲۰   | ۲۰   | ۲۰   |
| لانتانیم  | La    | ۱۷   | ۱۹   | ۱۹   | ۱۹   | ۱۹   | ۱۹   | ۱۹   | ۲۰   |
| پرازئودیم | Pr    | ۱۱۰  | ۱۲۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  |
| نئودیم    | Nd    | ۶۵   | ۷۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۸۰   | ۸۰   |
| ساماریوم  | Sm    | ۱۱۰  | ۱۲۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۲۰۰  |
| یورپیم    | Eu    | ۱۶۵۰ | ۱۹۰۰ | ۱۹۰۰ | ۱۹۰۰ | ۱۹۰۰ | ۱۹۰۰ | ۱۹۰۰ | ۱۹۰۰ |
| گادولینیم | Gd    | ۱۲۰  | ۱۲۵  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  | ۱۳۰  |
| تربیم     | Tb    | ۸۲۵  | ۱۰۵۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ | ۱۲۰۰ |
| دیسپروسیم | Dy    | ۱۰۰  | ۱۱۰  | ۱۱۰  | ۱۱۰  | ۱۱۰  | ۱۱۰  | ۱۱۰  | ۲۰۰  |
| هولمیم    | Ho    | ۳۷۵  | ۵۷۵  | ۶۵۰  | ۶۵۰  | ۶۵۰  | ۶۵۰  | ۶۵۰  | ۶۰۰  |
| اریتم     | Er    | ۱۲۰  | ۱۶۰  | ۲۰۰  | ۲۰۰  | ۲۰۰  | ۲۰۰  | ۲۰۰  | ۲۵۰  |
| توریم     | Th    | ۲۶۵۰ | ۳۰۰۰ | ۳۳۰۰ | ۳۳۰۰ | ۳۳۰۰ | ۳۳۰۰ | ۳۳۰۰ | ۳۳۰۰ |
| یتریم     | Yb    | ۱۸۰  | ۲۰۰  | ۲۲۵  | ۲۲۵  | ۲۲۵  | ۲۲۵  | ۲۲۵  | ۲۲۵  |
| لوئیسیم   | Lu    | ۲۲۰۰ | ۳۸۰۰ | ۵۲۰۰ | ۵۲۰۰ | ۵۲۰۰ | ۵۲۰۰ | ۵۲۰۰ | ۴۹۰۰ |
| یوتربیم   | Y     | ۷۳   | ۸۴   | ۹۳   | ۹۳   | ۹۳   | ۹۳   | ۹۸   | ۱۱۸  |

## ۲-۷-۱- کانسارهای عناصر نادر خاکی در ایران

طبق اطلاعات موجود که این گزارش بر مبنای آن تهیه شده در ایران هنوز مورد مصرف و وارداتی از این کانیها گزارش نشده است. ولی احتمال وجود منابع و ذخایر معدنی این گونه عناصر را نباید از نظر دور داشت. در همین راستا بررسیهای مقدماتی انجام شده در ایران طبق گزارشهایی که این مشاور در اختیار داشته است در زیر آورده می شود.

## ۲-۷-۱-۱- کانسارهای آپاتیت

درویش زاده (۱۳۶۱) بر اساس مطالعاتی که بر روی کانساز آهن آپاتیت اسفوردی بافق انجام داده است عامل کانی سازی در این منطقه را ماگمائی با روند کربناتی عنوان نموده و کانی سازی را به صورت متاسوماتیتی ذکر کرده است. آپاتیت این کانساز از نوع فلوئور آپاتیت بوده که دارای ۳۳ تا ۳۸ درصد اکسید فسفر ( $P_2O_4$ ) می باشد. ارتباط مستقیمی بین مقدار اکسید فسفر و مقدار عناصر نادر خاکی کانیها در این کانساز دیده می شود. نتایج





بررسیهای مقدماتی که در آپاتیتهای منطقه بافق انجام شده است در جدول (۲-۱۵) آمده است :

جدول (۲-۱۵) : عیار و ذخایر عناصر خاکی نادر کانسارهای آپاتیتهی منطقه بافق یزد

| عناصر    | عیار (گرم در تن) | ذخیره قطعی (تن) | ذخیره احتمالی (تن) |
|----------|------------------|-----------------|--------------------|
| کربن     | ۱۰۰۰             | ۵۶۰۰            | ۸۵۰۰۰              |
| تیتانیوم | ۳۲۵              | ۱۷۰۰            | ۲۶۰۰               |
| لانتانید | ۸۳۲              | ۵۶۰۰            | ۸۵۰۰               |
| اسریم    | ۲۱۴۹             | ۱۴۰۰۰           | ۲۲۰۰۰              |

علاوه بر این در منطقه یزد آثار فراوان، کوچک و بزرگی از تودههای آهنی، ترمولیتی و پروکسنی آپاتیتدار وجود دارد که با توجه به ارتباط بسیار نزدیک عناصر خاکی نادر با آپاتیت و اورانیم می توان به این منطقه امیدوار بود. استحصال عناصر نادر خاکی در معدن فسفات اسفوردی ارتباط به نوع مصرف از سنگ فسفات مزبور دارد که باید مورد توجه قرار گیرد.

#### ۲-۷-۲- کربناتیت

در ایران به صورت مشکوکی به وجود کربناتیت در سه نقطه اشاره شده است. واترز و علوی (۱۹۷۳) بر اساس شواهد پتروگرافی به وجود کربناتیت احتمالی در جزیره زراکوه خلیج فارس اشاره نموده اند. درویش زاده (۱۳۶۱) نیز به صورت احتمالی به کانی سازی کربناتیت در کانسار اسفوردی بافق اشاره کرده است. از کربناتیتهای دیگر می توان به منطقه قلعه حسن علی راین اشاره کرد (سبزه ئی، م، ۱۳۶۳).

#### ۲-۷-۳- کانسار پلاسری

مطالعاتی که تا کنون در مورد ماسه های ساحلی ایران در جنوب و شمال صورت گرفته هیچگونه آنومالی از کانی موناژیت نشان نداده است.

#### ۲-۷-۴- کانسار رگه ای

در گنیس گرانیتهی منطقه چاه کلب در شمال ده سلم در جنوب خاوری ایران آنومالیهایی از کانی موناژیت توسط گروه ژئوشیمی سازمان زمین شناسی کشور گرفته شده است. علاوه بر مورد فوق در ایران برنامه ریزیهای اکتشافی و استخراجی باید در سنگهای قلیائی، مخصوصاً نفلین سینیتیهای بزگوش، کلیبر و رزگاه (در آذربایجان شرقی) و سنگهای آلکالین در جنوب ایران (جزیره هرمز و ...) و همچنین سنگهای پگماتیتهی، کانیهای سنگین و فسفاتنها انجام گردد. جدول (۲-۱۶) و نمودارهای ۱-۲ تا ۷-۲ مجموع ترکیبات اکسیدی عناصر نادر خاکی در نمونه هایی از جاهای مختلف ایران را نشان می دهند.



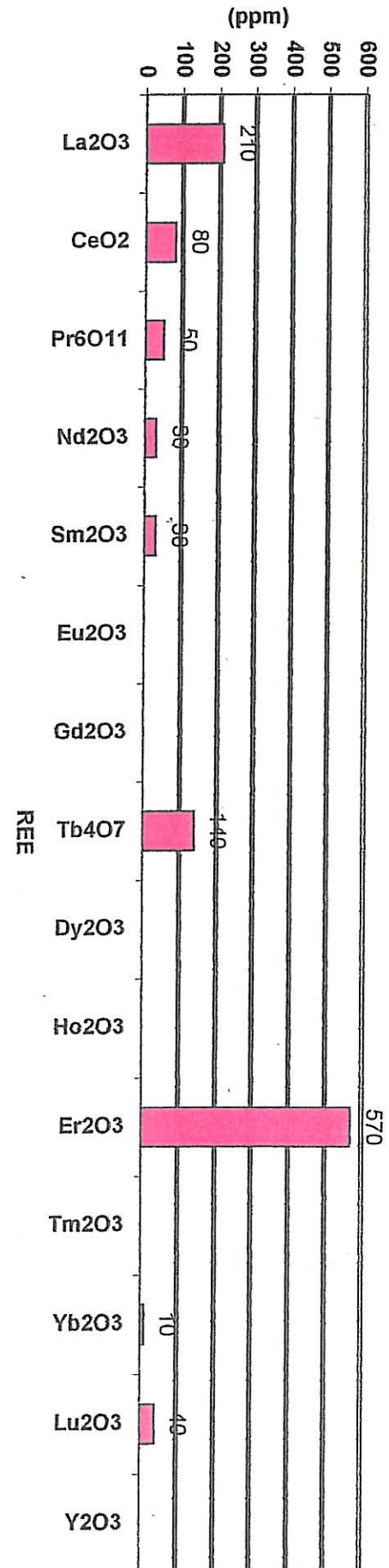
جدول (۲-۱۶): مجموع ترکیبات اکسیدی عناصر نادر خاکی در نمونه‌هایی از جاهای مختلف ایران

|                            | گل گهر | گل گهر | منگان | هرمز - بندر خمیر | جقارت | بندر خمیر | هرمز |
|----------------------------|--------|--------|-------|------------------|-------|-----------|------|
| $\text{La}_2\text{O}_3$    | 210    | 105    | 119   | 61               | 520   | 184       | 246  |
| $\text{CeO}_2$             | 80     | 80     |       | 113              | 1700  | 340       | 340  |
| $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$ | 50     | 50     |       | 20               | 140   |           | 20   |
| $\text{Nd}_2\text{O}_3$    | 30     | 30     |       |                  | 480   |           |      |
| $\text{Sm}_2\text{O}_3$    | 30     | 30     |       | 70               |       |           | 210  |
| $\text{Eu}_2\text{O}_3$    |        |        |       |                  |       |           |      |
| $\text{Gd}_2\text{O}_3$    |        |        |       |                  |       |           |      |
| $\text{Tb}_4\text{O}_7$    | 140    | 70     |       | 30               | 30    |           | 60   |
| $\text{Dy}_2\text{O}_3$    |        |        |       |                  |       |           |      |
| $\text{Ho}_2\text{O}_3$    |        |        |       |                  |       |           |      |
| $\text{Er}_2\text{O}_3$    | 570    | 280    | 260   | 157              | 60    | 660       | 440  |
| $\text{Tm}_2\text{O}_3$    |        |        |       |                  |       |           |      |
| $\text{Yb}_2\text{O}_3$    | 10     | 10     |       | 20               |       |           | 40   |
| $\text{Lu}_2\text{O}_3$    | 40     | 20     |       |                  |       |           |      |
| $\text{Y}_2\text{O}_3$     |        |        |       | 57               | 60    | 160       | 124  |

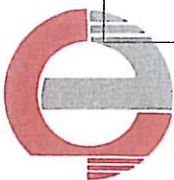
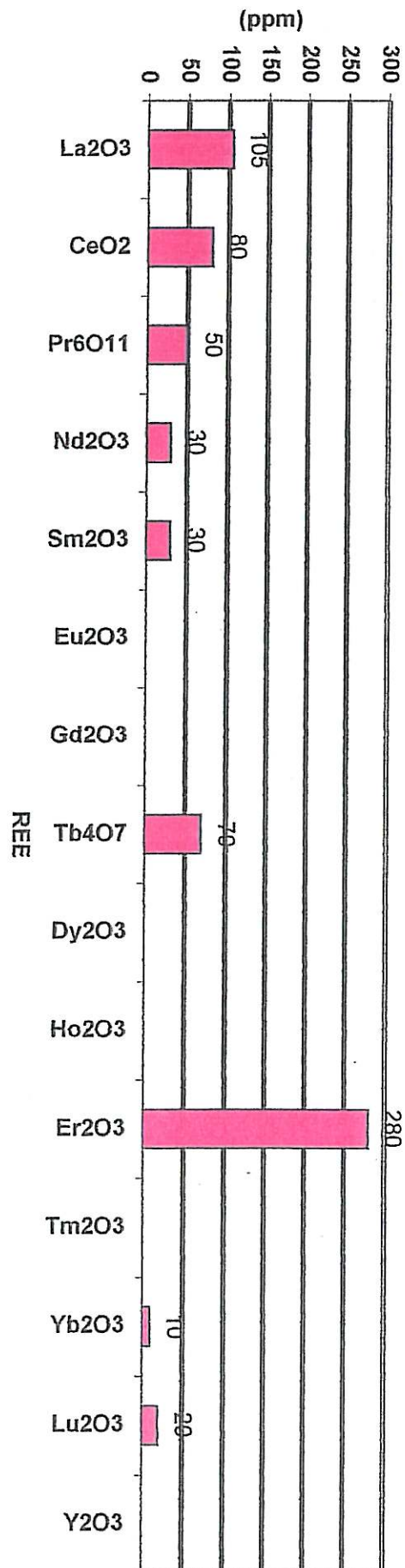


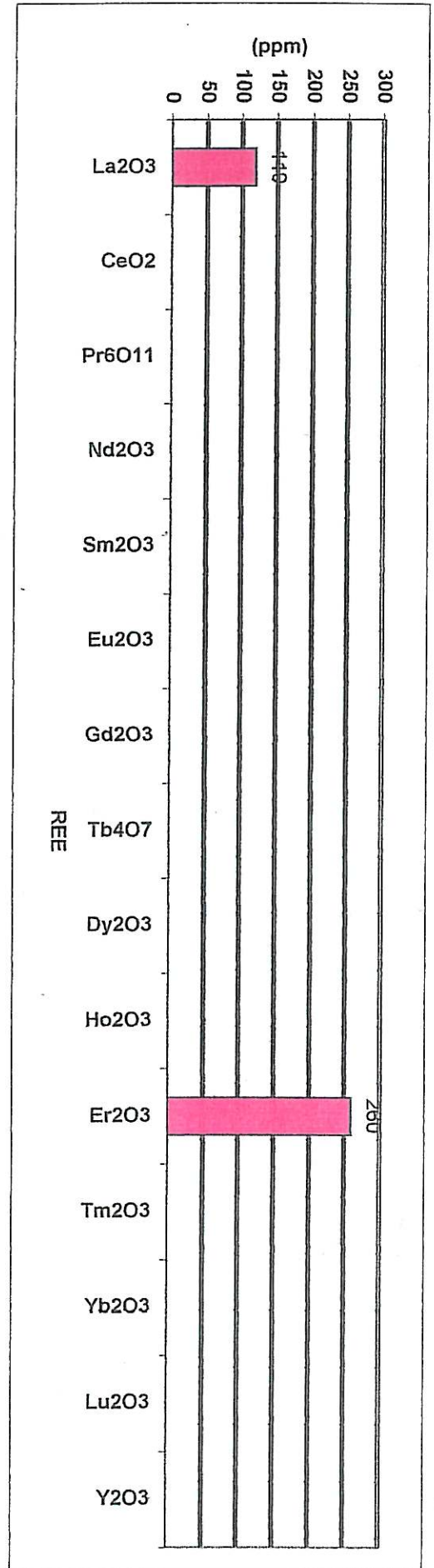


نمودار (۱): مجموع ترکیبات اکسیدی عناصر کمیاب خاکی در نمونه‌های معدنی سنگ آهن گل گهر بر حسب (ppm).

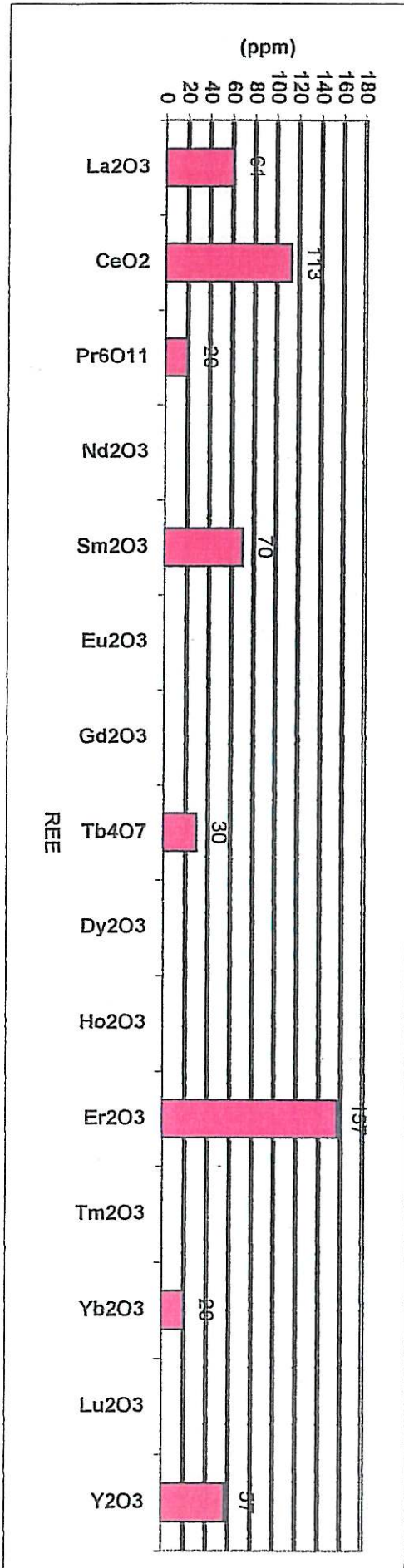


نمودار (۲): میانگین مجموع ترکیبات اکسیدی و عناصر کمیاب خاکی در نمونه‌های معدنی سنگ آهن گل گهر بر حسب (ppm).





نمودار (۳): مقدار كل تركيبات اكسیدی عناصر كمياب خاكي در سنگ آهن سنگان.

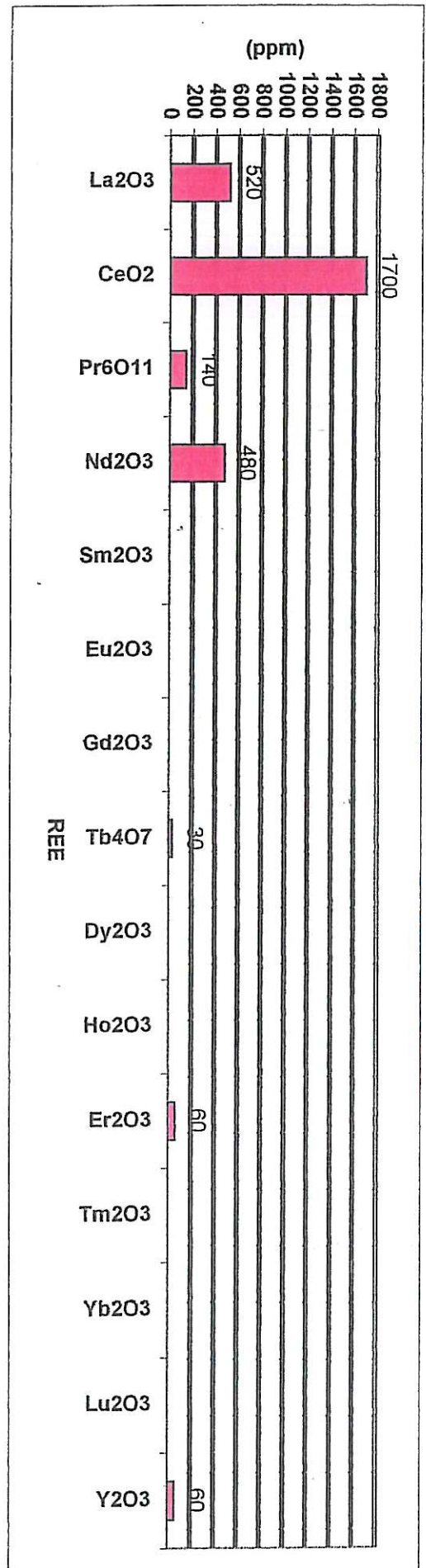


نمودار (۴): ميانگين مجموع هر کدام از تركيبات اكسیدی عناصر كمياب خاكي در نمونه هاي جنوب ايران (هرمز - بندر خمير) بر حسب (ppm).

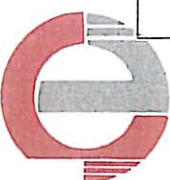
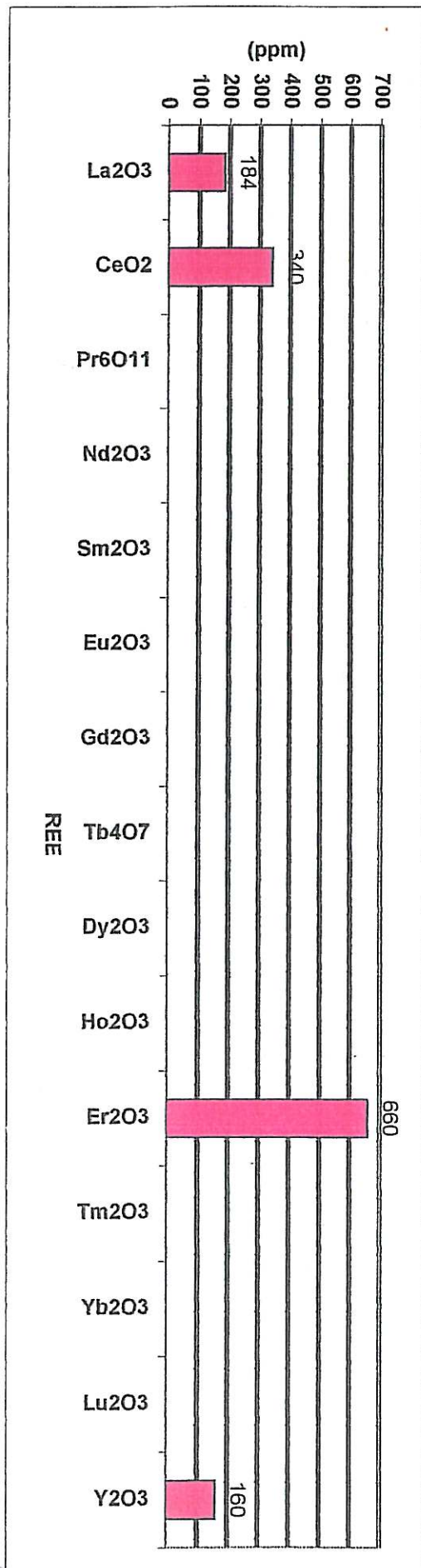


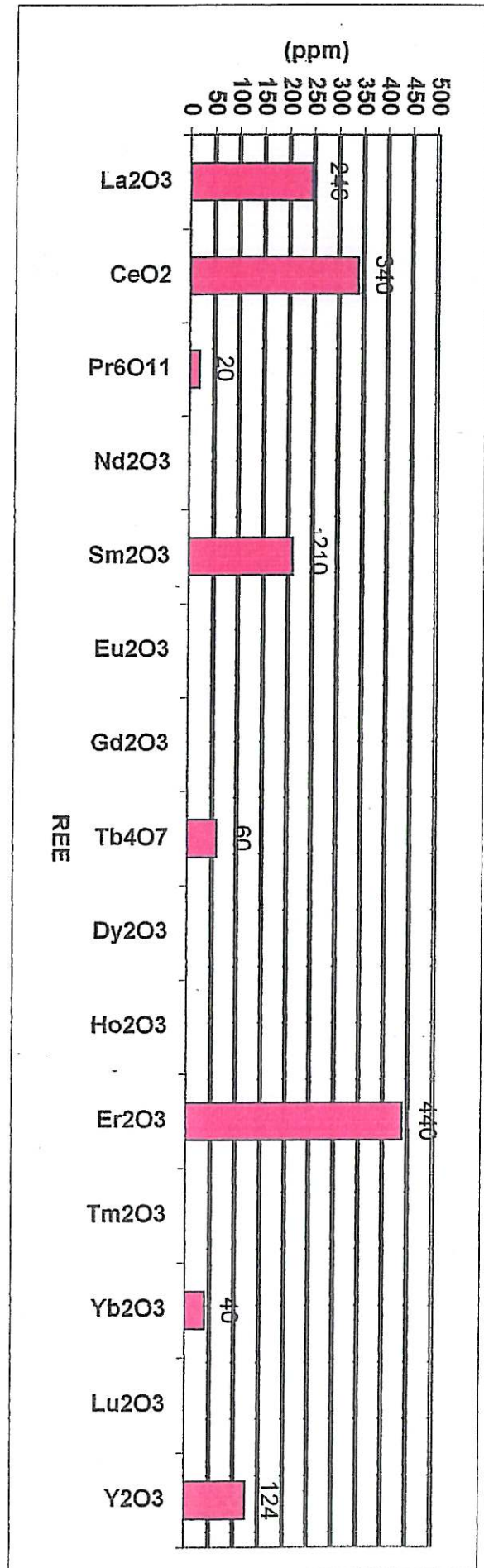


نمودار (۵): مقدار کل ترکیبات اکسیدی عناصر کمیاب خاکی در نمونه سنگ آهن چغارت.



نمودار (۶): مجموع هر کدام از ترکیبات اکسیدی عناصر کمیاب خاکی نمونه‌های جنوب ایران (بندر خمیر) بر حسب (ppm).





نمودار (۷): مجموع مقدار هر یک از ترکیبات عناصر کمیاب خاکی در نمونه سنگی جزیره هرمز.





## ۲-۸- پیشنهادات

بدون تردید صنایع و واحدهای تحقیقاتی برای انجام ماموریتهای خود، به پاره‌ای از عناصر و فلزات کمیاب احتیاج دارند. برنامه‌ریزی در جهت پاسخگویی به این نیازها مستلزم آن است که گامهای زیر برداشته شود:

۱- به علت تنوع زیاد این نوع عناصر، نخست نوع و میزان نیاز سالانه هر صنعت به آنها (چه در حال حاضر و چه در بلند مدت) برآورد شود تا اقدامات مطالعاتی و اجرایی بعدی، به صورت هدایت شده بر نیازها و اولویتهای متمرکز گردد.

۲- پس از برآورد نیاز و اولویت‌بندی آنها مطالعات و بررسیهای جهت‌داری درباره بود و یا نبود منابع معدنی آنها در کشور انجام گیرد.

۳- در مورد آن دسته از عناصری که منابع آنها به هر میزان در کشور وجود دارد مطالعاتی در خصوص نحوه استخراج و فرآوری و جنبه‌های اقتصادی و فنی آن انجام شود تا اتخاذ استراتژی تولید در کدام مورد امکان‌پذیر و مقرون به صرفه می‌باشد و در کدام زمینه‌ها باید به خرید و تهیه از خارج متوسل شد؟



## بخش سوم : عناصر گروه (LILE)

این عناصر دارای شعاع یونی بزرگ بوده و در گروه یک و دو جدول تناوبی قرار می گیرند و شامل عناصر لیتیم، باریوم، استرانسیم، برلییم، رویبیم و سزیم می باشند و در سنگهای مختلف حضور دارند، (جدول ۳-۱).

### ۳-۱- لیتیم

لیتیم عنصری لیتوفیل بوده و از لحاظ ژئوشیمیایی مشابه عناصر Na، Fe و Mg می باشد و به همین دلیل در کانیهای این عناصر به وفور یافت می شود. برای مثال پیروکسن، آمفیبول، میکا و کلریت می تواند حاوی مقادیر بالائی از این عنصر باشد. واحدهای سنگی حاوی لیتیم شامل سنگهای اسیدی و سنگهای رسی است. ضمناً فازهای تأخیری و به خصوص پگماتیتها یکی از مهمترین منابع لیتیم می باشند، به طوری که پگماتیتهای اسپودومن دار و لیدولیت دار دارای بیشترین مقدار این عنصر می باشد و کانیهای دیگر (جدول ۳-۲) می توانند آن را همراهی کنند، (ودپل، ۱۹۶۹).

### ۳-۱-۱- انواع کانسارهای لیتیم دار

#### ۳-۱-۱-۱- کانسارهای پگماتیتی

- پگماتیتهای پرشیب: این کانسارها شامل البیت، کوارتز و اسپودومن می باشد.
- پگماتیتهای با شیب ملایم: در این کانسارها میکروکلین، اسپودومن، البیت و پتالیت به وفور یافت می شود.
- پگماتیتهای کم شیب: این گروه از پگماتیتها به شکل عدسی بوده و دارای ترکیب البیت، اسپودومن و میکروکلین است.

### ۳-۱-۲- کانسارهای رسوبی

این کانسارها در شرایط خاص آب و هوایی و بیشتر در محیطهای دریاچه ای و شورابها، لاگونها و ... تشکیل می گردند.





|                      | $\text{Sr}(n^*10p-2)$ | $\text{Be}(n^*10p-4)$ | $\text{Li}(n^*10p-3)$ | $\text{Ba}(n^*10p-2)$ | $\text{Rb}(n^*10p-3)$ | $\text{Cs}(n^*10p-4)$ |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| پوسته (لایه سف)      | 3.8                   | 1.5                   | 2                     | 4.5                   | 9                     | 2                     |
| سنگهای گرانیتی       | 1.1                   | 3.5                   | 3.8                   | 8.4                   | 21                    | 5                     |
| سنگ های حد واسط      | 4.5                   | 1.8                   | 2.5                   | 3.8                   | 11                    | 1.5                   |
| سنگ های بازیک        | 4.7                   | 0.4                   | 1.5                   | 3.3                   | 5                     | 1.1                   |
| سنگ های اولترا بازیک | 0.1                   | 0.2                   | 0.2                   | 0.4                   | 0.5                   | 0.1                   |
| سنگ های شیلی         | 3                     | 0.3                   | 6.6                   | 5.8                   | 14                    | 5                     |
| ماسه سنگ             | 0.2                   | 0.1                   | 1.5                   | n                     | 6                     | 0.1                   |
| سنگ های نریبنائی     | 6.1                   | 0.1                   | 0.5                   | 1                     | 0.3                   | 0.1                   |

جدول ۱-۳: فراوانی عناصر گروه LILE در سنگهای مختلف (حسنی پاک، ۱۳۷۰) / اسمیرنوف، ۱۹۸۳.



Table 3-D-1. Minerals containing lithium (most important minerals italicized)

| <i>Silicates</i>                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Tourmaline</i> (elbaite)<br>(sorosilicate)                              | $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Li}, \text{Al}, \text{Fe})_3(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_6$<br>$((\text{OH})_4   (\text{BO}_3)_3   \text{Si}_6\text{O}_{18})$                                                                                          |
| Spodumene (inosilicate)                                                    | $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$                                                                                                                                                                                                                                 |
| Neptunite (inosilicate?)                                                   | $\text{LiKNa}_2\text{Fe}_2\text{Ti}_2\text{O}_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})$                                                                                                                                                                                           |
| <i>Holmquistite</i> (inosilicate)                                          | $\text{Li}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}_2((\text{OH})_2   \text{Si}_8\text{O}_{22})$                                                                                                                                                                           |
| Polyolithionite (phyllosilicate, trioctahedral mica)                       | $\text{KLi}_2\text{AlSi}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$                                                                                                                                                                                                                   |
| <i>Li-mica</i> (lepidolite, zinnwaldite) (phyllosilicate, general formula) | $(\text{K}, \text{Na}, \text{Rb}, \text{Cs})(\text{Li}_k(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn})_n$<br>$(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_m(\text{Si}_p\text{Al}_{4-p}\text{O}_{10})(\text{OH}, \text{F})_2$<br>$k = 1-2; n = \text{up to } 3; m = \text{up to } 2; p = 3-4$ |
| Bityite (phyllosilicate)                                                   | $\text{CaLiAl}_2(\text{Si}_2\text{AlBcO}_{10})(\text{OH})_2$                                                                                                                                                                                                         |
| Cookeite (phyllosilicate)                                                  | $\text{LiAl}_4((\text{OH})_8   \text{AlSi}_3\text{O}_{10})$                                                                                                                                                                                                          |
| <i>Eukryptite</i> (tektosilicate)                                          | $\text{Li}(\text{AlSiO}_4)$                                                                                                                                                                                                                                          |
| <i>Petalite</i> (tektosilicate)                                            | $(\text{Li}, \text{Na})(\text{AlSi}_4\text{O}_{10})$                                                                                                                                                                                                                 |
| Bikitaite (tektosilicate)                                                  | $\text{Li}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                                                                                        |
| <i>Phosphates</i>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Amblygonite</i>                                                         | $(\text{Li}, \text{Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{F}, \text{OH})$                                                                                                                                                                                                  |
| <i>Lithiophilite</i>                                                       | $\text{LiMn}(\text{PO}_4)$                                                                                                                                                                                                                                           |
| Lithiophosphatite                                                          | $\text{Li}_3\text{PO}_4$                                                                                                                                                                                                                                             |
| Montebrasite                                                               | $(\text{Li}, \text{Na})\text{Al}(\text{PO}_4)(\text{OH}, \text{F})$                                                                                                                                                                                                  |
| Palermoite                                                                 | $(\text{Li}, \text{Na})_4\text{SrAl}_2(\text{PO}_4)_8(\text{OH})_8$                                                                                                                                                                                                  |
| Sicklerite (ferrisicklerite)                                               | $(\text{Li}, \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{3+})(\text{PO}_4)$                                                                                                                                                                                                           |
| Tavorite                                                                   | $\text{LiFe}(\text{PO}_4)(\text{OH})$                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Triphylite</i>                                                          | $\text{LiFe}(\text{PO}_4)$                                                                                                                                                                                                                                           |

جدول ۲-۳: کانیهای مختلف لیتیم دار (ویدیل، ۱۹۶۹).

## ۲-۳- برلیم

این عنصر نیز جزء عناصر لیتوفیل می باشد و در گروه دوم جدول تناوبی قرار می گیرد. شعاع یونی نسبتاً بزرگی را دارا می باشد و از لحاظ ژئوشیمیائی دارای قرابت نزدیکی با پتاسیم است؛ به همین علت در کانیهای این عنصر به وفور دیده می شود و تجمع آن در گرانیت های پالین ژنتیک، آکالی گرانیت ها و ... قابل توجه است.





## ۳-۲-۱- انواع کانسارهای بریلیم دار

## ۳-۲-۱-۱- کانسارهای پگماتیتی

این کانسارها دارای ارتباط نزدیکی با گرانیتها می باشد که معمولاً "غنی از مسکویت، کوارتز و آلکالی فلدسپاتها است، که کانیهای حاوی بریلیم و به خصوص بریل نیز در آنها دیده می شود. لازم به ذکر است کانیهای دیگری نیز می توانند آنها را همراهی کنند، (جدول ۳-۳).

## ۳-۲-۱-۲- کانسارهای حاصل از دگرسانی فلدسپاتی

همانگونه که در بالا تشریح گردید، معمولاً گرانیتها و سنگهای با ترکیب گرانیتی می توانند حاوی کانی زائی بریلیم باشند. اگر این واحدهای سنگی، گسل خوردگی را تحمل نماید دگرسانی گریزنی-آلیتی و میکروکلینی نیز قابل انتظار است. اما اگر واحدهای گابروئی و دیابازی دگرسان گردند این دگرسانی از نوع کوارتز-آمفیبول-آلیت و یا کوارتز-بیوتیت-آلیت خواهد بود که کانیهای مانند لوکوفان، فناکیت، هلویت و هرتراندیت در آنها تشکیل خواهد شد. اما اگر آلکالی گرانیت و یا آلکالی سینت در داخل اسلیت و یا سنگهای ولکانیکی با بافت پورفیری نفوذ نماید در نتیجه قسمت خارجی توده نفوذی دگرسانی فیتی-فلدسپاتی را تحمل می کند. به همین علت کانیهای اژرین، آلیت، کربناتها و ارفدزونیت در آن افزایش چشمگیری می یابد و کانیهای همچون بارلیت و اورمالیت مقدار بالائی  $\text{BeO}$  را منتقل خواهند کرد.



Table 4-D-13 (Continued)

|                   |                                                                                                                                        |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bertrandite       | $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$                                                                                        |
| Beryl             | $\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$                                                                                       |
| Beryllite         | $\text{Be}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}?$                                                             |
| Beryllonite       | $\text{NaBePO}_4$                                                                                                                      |
| Beryllsodalite    | $\text{Na}_4\text{BeAlSi}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$                                                                                     |
| Bityite           | $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K})(\text{Al}, \text{Li}, \text{Mg})_{2-3}(\text{Si}, \text{Al}, \text{Be})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ |
| Bromellite        | $\text{BeO}$                                                                                                                           |
| Chkalovite        | $\text{Na}_2(\text{BeSi}_2\text{O}_6)$                                                                                                 |
| Chrysoberyl       | $\text{Al}_2\text{BeO}_4$                                                                                                              |
| Danalite          | $\text{Fe}_3\text{Be}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot \text{S}$                                                                        |
| Epididymite       | $\text{NaBeSi}_3\text{O}_7(\text{OH})$                                                                                                 |
| Euclase           | $\text{AlBeSiO}_4(\text{OH})$                                                                                                          |
| Eudidymite        | $\text{NaBeSi}_3\text{O}_7(\text{OH})$                                                                                                 |
| Faheyite          | $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Na})\text{Be}_2\text{Fe}_2^{3+}(\text{PO}_4)_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$                                |
| Gadolinite        | $\text{Fe}_{1/2}\text{YBeSiO}_4 \cdot \text{O}$                                                                                        |
| Gelbertrandite    | $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                                                              |
| Genthelvit        | $\text{Zn}_4\text{Be}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot \text{S}$                                                                        |
| Gugiaite          | $\text{Ca}_2\text{BeSi}_2\text{O}_7$                                                                                                   |
| Hamborgite        | $\text{Be}_2(\text{BO}_3)(\text{OH})$                                                                                                  |
| Harstigit         | $(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{Mg})_7\text{Be}_4\text{Si}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_{23-24}$                                     |
| Helvite           | $\text{Mn}_4\text{Be}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot \text{S}$                                                                        |
| Herderite         | $\text{CaBePO}_4(\text{F}, \text{OH})$                                                                                                 |
| Hsianghualite     | $\text{Li}_2\text{Ca}_2\text{Be}_3(\text{SiO}_4)_3\text{F}_2$                                                                          |
| Hurlbutite        | $\text{CaBe}_2(\text{PO}_4)_2$                                                                                                         |
| Karpinskyite      | $\text{Na}_2(\text{Be}, \text{Zn}, \text{Mg})\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2$                                         |
| Leucophanite      | $(\text{CaNa})_2\text{Be}(\text{Si}, \text{Al})_2(\text{O}, \text{F}, \text{OH})_7$                                                    |
| Meliphanite       | $(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{Be}(\text{Si}, \text{Al})_2(\text{O}, \text{F}, \text{OH})_7$                                           |
| Milarite          | $\text{KCa}_2(\text{Be}_2\text{Al})(\text{Si}_{12}\text{O}_{30}) \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$                                          |
| Moraesite         | $\text{Be}_3(\text{PO}_4)(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                                                                        |
| Phenakite         | $\text{Be}_3\text{SiO}_4$                                                                                                              |
| Rhodizite         | $\text{NaKLi}_4\text{Al}_4\text{Be}_3\text{B}_{10}\text{O}_{47}$                                                                       |
| Roscherite        | $(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{Fe})_3\text{Be}_3(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                 |
| Spherobertrandite | $\text{Be}_5(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_4$                                                                                      |
| Swedenborgite     | $\text{NaBe}_4\text{SbO}_7$                                                                                                            |
| Taaffeite         | $(\text{Be}, \text{Mg})(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$                                                                             |
| Tengerite         | $(\text{Y}, \text{Ce})\text{BeCO}_3(\text{OH})_3$                                                                                      |
| Trimerite         | $\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{BeSiO}_4)_3$                                                                       |
| Väyrynenite       | $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{BePO}_4(\text{OH})$                                                                                       |

جدول ۳-۳: کانیهای مختلف بریلیم دار (ویدی، ۱۹۶۹).





## Beryllium

4-D-8

Table 4-D-11. *Beryllium in minerals of nepheline syenite pegmatites* (GOLDSCHMIDT, 1958)

| Mineral                      | Locality                  | Beryllium in ppm |
|------------------------------|---------------------------|------------------|
| 4 samples of nepheline       | Langesundsfjord           | 120—240 (S)      |
| 2 samples of soda-microcline | Langesundsfjord           | 12 (S)           |
| Aegirine                     | Langesundsfjord           | 400 (S)          |
| Barkevikite                  | Langesundsfjord           | 220 (S)          |
| Lepidomelane                 | Langesundsfjord           | 24 (S)           |
| Nepheline                    | Chibina Tundra            | 40 (S)           |
| Arfvedsonite                 | Kangerdluarsuk, Greenland | 24 (S)           |

Table 4-D-12. *Beryllium in minerals of alkalic pegmatites. Names with superscript c are cited from BEUS (1966)*

| Mineral                   | Locality and reference                    | Beryllium in ppm |
|---------------------------|-------------------------------------------|------------------|
| Potassic feldspar         | M. Punkaruaiv, SHILIN (1957)              | 11—83 (C)        |
| Potassic feldspar         | Khibiny, Tikhonenkov <sup>c</sup>         | 1—5 (S)          |
| Potassium-sodium feldspar | Khibiny, SHILIN (1957)                    | 1.4 (C)          |
| Nepheline                 | Khibiny, Tikhonenkov <sup>c</sup>         | 10—30 (S)        |
| Nepheline                 | Lovozero, Kuz'menko <sup>c</sup>          | 10—30 (S)        |
| Sodalite                  | M. Punkaruaiv, SHILIN (1957)              | 11—83 (C)        |
| Analcime                  | Khibiny, SHILIN (1957)                    | 32 (C)           |
| Lepidomelane              | Knivchorr, SHILIN (1957)                  | 50 (C)           |
| Lepidolite                | Nepkhe, Karnasurt, (SHILIN, 1957)         | 280—860 (C)      |
| Hornblende                | SHILIN (1957)                             | 50 (C)           |
| Arfvedsonite              | Tikhonenkov*, Khibiny                     | 30 (S)           |
| Aegirine                  | Khibiny, SHILIN (1957)                    | 79—500 (C)       |
| Green aegirine            | Khibiny, Tikhonenkov <sup>c</sup>         | 10—20 (S)        |
| Aegirine                  | Lovozero, GERASIMOVSKIY and others (1965) | 7.9 (S)          |
| Eudialyte                 | Khibiny, SHILIN (1957)                    | 1.4—5.0 (C)      |
| Sphene                    | Lovozero, GERASIMOVSKIY and others (1965) | 4.0 (S)          |
| Apatite                   | Lovozero, SHILIN (1957)                   | 5.0 (C)          |

The Russian scientists investigated pegmatite dikes from the Chibina and Lovozero tundras, related to lujavrites, chibinites, foyaïtes, and similar rock types.

As shown in Table 4-D-12, beryllium is irregularly distributed among minerals of these rocks. From Table 4-D-12 one may conclude that beryllium is more abundant in lepidolite, hornblende, and aegirine than in other minerals. With the exception of nepheline the values of SHILIN and TSAREVA (1957) and BEUS (1966) correspond to those reported by GOLDSCHMIDT (1958).

## VII. Beryllium minerals

Table 4-D-13. *List of beryllium minerals* (Ross, 1964)

|            |                                                                                                |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aminoffite | $\text{Ca}_2(\text{Be}, \text{Al})\text{Si}_2\text{O}_6(\text{OH})_2$                          |
| Berylite   | $\text{BaBe}_2\text{Si}_2\text{O}_7$                                                           |
| Bavenite   | $\text{Ca}_4(\text{Be}, \text{Al})_4(\text{Si}, \text{Al})_9\text{O}_{20}(\text{OH})_2?$       |
| Bazzite    | $\text{R}^+(\text{Sc}, \text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg})_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}?$ |
| Bearsite   | $\text{Be}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}?$                              |

ادامه جدول ۳-۳: کانیهای مختلف بریلیم دار (ودیل، ۱۹۶۹).



## ۳-۱-۲-۳- کانسارهای گریزنی

معمولاً در هنگام جایگزینی توده‌های گرانیتی کم تا متوسط عمق و سرد شدن قسمتهای فوقانی آن و در نتیجه خروج مقدار زیادی گاز و محلولها از آن، شکستگیهای فراوانی ایجاد می‌گردد که در صورت تشکیل کانسار، ساخت رگه‌ای تا استوک‌ورکی از خود نشان می‌دهند. کانیهای موجود در این قسمت شامل تورمالین، کوارتز و سربست می‌باشد.

## ۳-۱-۲-۴- کانسارهای گرمابی مرتبط با فعالیتهای آذرین درونی

در این گونه از کانسارها معمولاً دگرسانی آلیتی، فلئوریتی و فناکیتی دارای گسترش زیادی است و سنگ همبر آن شامل گندهای کوارتزسینیتی، آلکالی گرانیتی و گرانوسینیتی است که در داخل واحدهای کربناتی (به‌خصوص آهک) نفوذ می‌کند و به‌همراه آن دایکهای دیوریتی و میکروسینیتی نیز دیده می‌شود.

## ۳-۱-۲-۵- کانسارهای گرمابی مرتبط با فعالیتهای آذرین بیرونی

این کانسارها در زونهای سربستی-سیلیسی موجود در ریولیت، توف ریولیتی و لاواهای نزدیک استوکهای گرانیتی و... دیده می‌شوند و به‌طور کامل در ارتباط با گسلهای حاشیه فرورفتگیها می‌باشند.

## ۳-۳- باریم-استرانسیم

این عناصر جزء عناصر لیتوفیل بوده و در گروه دوم جدول تناوبی قرار می‌گیرند. از لحاظ ژئوشیمیائی کاملاً مشابه پتاسیم عمل می‌نمایند و به‌همین علت در کانیهای پتاسیم‌دار وارد می‌گردند و به‌تنهایی نیز می‌توانند کانیهای فراوانی را تشکیل دهند، (جدولهای ۳-۴ و ۳-۵).

## ۳-۱-۳- کانسارهای ماگمایی

این گونه کانسارها به‌همراه شیلای سیاه پیریت‌دار، چرت، توفهای آندزیتی، توفهای فلسیک و توفهای بازالتی تشکیل می‌گردند و معمولاً به‌وسیله فازهای گسلی کنترل می‌گردند.





Table 56-D-6. Barium minerals

| Mineral                                 | Formula                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Oxides</i>                           |                                                                                                                         |
| Billietite                              | $(\text{BaO} \cdot 6\text{UO}_3) \cdot 11\text{H}_2\text{O}$                                                            |
| Hollandite                              | $\text{Ba}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$                                                                                   |
| Pandaite                                | $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ti}, \text{Ta})_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$               |
| Priderite                               | $(\text{K}, \text{Ba})_{1.5}(\text{Ti}, \text{Fe})_8\text{O}_{16}$                                                      |
| Psilomelane                             | $(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})\text{Mn}_5\text{O}_{10}$                                                               |
| Rijkeboerite                            | $\text{Ba}_{1-x}(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6(\text{H}_2\text{O})$                                                 |
| Todorokite                              | $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{Na}, \text{K})_2\text{Mn}_5\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ |
| <i>Carbonates</i>                       |                                                                                                                         |
| Alstonite (Ba-aragonite)                | $\text{BaCa}[\text{CO}_3]_2$                                                                                            |
| Barytocalcite                           | $\text{BaCa}[\text{CO}_3]_2$                                                                                            |
| Benstonite                              | $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Mn})_7(\text{Ba}, \text{Sr})_6[\text{CO}_3]_{13}$                                         |
| Burbankite                              | $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ce})_6[\text{CO}_3]_5$                                              |
| Carbocernaite                           | $(\text{Ca}, \text{RE}, \text{Na}, \text{Sr}, \text{Ba})[\text{CO}_3]$                                                  |
| Ewaldite                                | $\text{Ba}(\text{Ca}, \text{RE}, \text{Na}, \text{K}, \text{Sr}, \text{U}, \square)[\text{CO}_3]_2$                     |
| Huanghoite                              | $\text{BaCe}[\text{CO}_3]_2\text{F}$                                                                                    |
| Kordylite                               | $\text{Ba}(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})_2\text{F}_2/[\text{CO}_3]_3$                                                |
| Mckelveyite                             | $\text{Na}_2\text{Ba}_4\text{CaY}_2[\text{CO}_3]_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$                                            |
| Norsethite                              | $\text{BaMg}[\text{CO}_3]_2$                                                                                            |
| Stenonite                               | $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Na})_2\text{Al}[\text{CO}_3]\text{F}$                                                     |
| Witherite                               | $\text{BaCO}_3$                                                                                                         |
| <i>Nitrate</i>                          |                                                                                                                         |
| Nitrobarite                             | $\text{Ba}[\text{NO}_3]_2$                                                                                              |
| <i>Sulfate<sup>a</sup></i>              |                                                                                                                         |
| Barite                                  | $\text{BaSO}_4$                                                                                                         |
| <i>Selenite</i>                         |                                                                                                                         |
| Guilleminite                            | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_3[\text{SeO}_3]_2(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                                       |
| <i>Phosphates, Arsenates, Vanadates</i> |                                                                                                                         |
| Babefphite                              | $\text{Be}_5\text{Ba}_4[\text{PO}_4]_4\text{O F}_4 \cdot 0.35\text{H}_2\text{O}$                                        |
| Bergenite <sup>b</sup>                  | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_4[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                                        |
| Dussertite                              | $\text{BaFe}^{3+}_3\text{H}[\text{AsO}_4]_2(\text{OH})_6$                                                               |
| Ferrazite <sup>c</sup>                  | $(\text{Pb}, \text{Ba})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                                                     |
| Francevillite                           | $(\text{Ba}, \text{Pb})(\text{UO}_2)_2[\text{VO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                                        |
| Gamagarite                              | $\text{Ba}_4(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{U}_4\text{O}_{18}(\text{OH})_2$                                               |
| Gorceixite                              | $\text{BaAl}_3(\text{OH})_6[\text{PO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$                                                    |
| Heinrichite                             | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2[\text{AsO}_4]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$                                                   |
| Metaankoleite                           | $(\text{K}, \text{Ba})(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$                                         |
| Metaheinrichite                         | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                                                    |
| Metauranocircite I                      | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                                                     |
| Metauranocircite II                     | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$                                                     |
| Strontiumapatite <sup>b</sup>           | $(\text{Sr}, \text{Ba})_6(\text{Ca}, \text{RE}, \text{Mg}, \text{Na})_4[\text{PO}_4]_6(\text{F}, \text{OH})_2$          |
| Uranocircite I                          | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$                                                    |
| Uranocircite II                         | $\text{Ba}(\text{UO}_2)_2[\text{PO}_4]_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$                                                    |
| Vesignietite                            | $\text{BaCu}_3[\text{VO}_4]_2(\text{OH})_2$                                                                             |
| Weilerite <sup>d</sup>                  | $\text{BaAl}_3\text{H}_{6-1}[\text{AsO}_4, \text{SO}_4]_2(\text{OH})_{7-6}$                                             |

جدول ۳-۴: کانیهای مختلف باریم دار (ویدیل، ۱۹۶۹).



Table 56-D-6. (Continued)

| Mineral                                  | Formula                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Nesosilicates</i>                     |                                                                                                                                                                              |
| Bariumuranophane                         | $\text{BaH}[\text{UO}_2/\text{SiO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$                                                                                                           |
| Garrelsite                               | $(\text{Ba}, \text{Ca})_4\text{H}_6\text{Si}_2\text{B}_6\text{O}_{20}$                                                                                                       |
| <i>Sorosilicates</i>                     |                                                                                                                                                                              |
| Bafertisite                              | $\text{BaFe}_2\text{TiSi}_2\text{O}_9$                                                                                                                                       |
| Barylite                                 | $\text{BaBe}_2\text{Si}_2\text{O}_7$                                                                                                                                         |
| Hyalotektite                             | $(\text{Pb}, \text{Ca}, \text{Ba})_4\text{B}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{F}, \text{OH})$                                                                                  |
| Innelite                                 | $\text{Ba}_2(\text{Na}, \text{K}, \text{Mn}, \text{Ti})_2\text{Ti}(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_2(\text{S}, \text{Si})\text{O}_4/\text{Si}_2\text{O}_7$                    |
| Labuntsovite                             | $(\text{K}, \text{Ba}, \text{Na})(\text{Ti}, \text{Nb})(\text{Si}, \text{Al})_2(\text{O}, \text{OH})_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$                                             |
| Nenandkevichite                          | $(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca}, \text{Ba})(\text{Nb}, \text{Ti})[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                                         |
| Shcherbakovite                           | $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ba})_3(\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$                                                                                        |
| Yoshimuraite                             | $(\text{Ba}, \text{Sr})_2(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{Ti}, \text{Fe})(\text{OH}, \text{Cl})_2[(\text{S}, \text{P}, \text{Si})\text{O}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$ |
| <i>Ring silicates</i>                    |                                                                                                                                                                              |
| Armenite                                 | $\text{BaCa}_2\text{Al}_6\text{Si}_8\text{O}_{28} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                                                                                 |
| Baotite                                  | $\text{Ba}_4(\text{Ti}, \text{Nb})_8\text{Si}_4\text{O}_{28}\text{Cl}$                                                                                                       |
| Benitoite                                | $\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$                                                                                                                                                  |
| Cappelenite                              | $(\text{Ba}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{Na})_3(\text{Y}, \text{Ce}, \text{La})_6[\text{BO}_3]_6[\text{Si}_3\text{O}_9]$                                                     |
| Muirite                                  | $\text{Ba}_{10}\text{Ca}_2\text{MnTiSi}_{10}\text{O}_{30}(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})_{10}$                                                                              |
| Papstite                                 | $\text{Ba}(\text{Sn}, \text{Ti})\text{Si}_3\text{O}_9$                                                                                                                       |
| Taramellite                              | $\text{Ba}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Ti}, \text{Fe}^{2+})_2(\text{OH})_2[\text{Si}_4\text{O}_{12}]$                                                                            |
| Traskite                                 | $\text{Ba}_3\text{Fe}_2\text{Ti}_2\text{Si}_{12}\text{O}_{36}(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$                                                   |
| Verplanckite                             | $\text{Ba}_2(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ti})\text{Si}_2\text{O}_6(\text{O}, \text{OH}, \text{Cl}, \text{F})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                                    |
| <i>Chain silicates</i>                   |                                                                                                                                                                              |
| Batisite                                 | $\text{Na}_2\text{BaTi}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]_2$                                                                                                                          |
| Krauskopfite                             | $\text{BaSi}_2\text{O}_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                          |
| Walstromite                              | $\text{BaCa}_2\text{Si}_3\text{O}_9$                                                                                                                                         |
| <i>Sheet silicates</i>                   |                                                                                                                                                                              |
| Anandite                                 | $(\text{Ba}, \text{K})(\text{Fe}, \text{Mg})_3(\text{Si}, \text{Al}, \text{Fe})_4\text{O}_{10}(\text{O}, \text{OH})_2$                                                       |
| Bariumphlogopite                         | $(\text{K}, \text{Ba})\text{Mg}_3(\text{F}, \text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$                                                                                        |
| Barium-vanadium-muscovite                | $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ba})(\text{Al}, \text{Ti}, \text{V}, \text{Mg})_2(\text{OH})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$                                                     |
| Gillespite                               | $\text{BaFe}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$                                                                                                                                      |
| Oellacherite                             | $(\text{K}, \text{Ba})(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{OH}, \text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$                                                                           |
| Sanbornite                               | $\text{Ba}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$                                                                                                                                      |
| <i>Tectosilicates (without zeolites)</i> |                                                                                                                                                                              |
| Banalsite                                | $\text{BaNa}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$                                                                                                                            |
| Celsian                                  | $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$                                                                                                                                |
| Paracelsian                              | $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$                                                                                                                                |
| Bariumalbite                             | solid solution Ab-Or-Ce                                                                                                                                                      |
| Bariumplagioclase                        | solid solution Ab-An-Ce                                                                                                                                                      |
| Calcioelsian                             | solid solution Ce-An                                                                                                                                                         |
| Hyalophane                               | solid solution Or-Ce                                                                                                                                                         |
| Bariumsanidine                           | solid solution                                                                                                                                                               |
| Cymrite                                  | $\text{BaAlSi}_3\text{O}_8(\text{OH})$                                                                                                                                       |
| Wenkite                                  | $(\text{Ba}, \text{Ca})_9[\text{SO}_4]_2\text{Al}_9\text{Si}_{12}\text{O}_{42}(\text{OH})_5$                                                                                 |

ادامه جدول ۳-۴: کانیهای مختلف باریم دار (ودیل، ۱۹۶۹).





56-D-18

Barium

Table 56-D-6. (Continued)

| Mineral                       | Formula                                         |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|
| <i>Zeolites</i>               |                                                 |
| Barium heulandite             | $(Ca, Ba)[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 6H_2O$          |
| Brewsterite                   | $(Sr, Ba, Ca)_2 Al_4Si_{12}O_{32} \cdot 10H_2O$ |
| Edingtonite                   | $Ba Al_2Si_3O_{10} \cdot 3H_2O$                 |
| Harmotome                     | $Ba_2 Al_4Si_{12}O_{32} \cdot 12H_2O$           |
| Wellsite                      | solid solution phillipsite-harmotome            |
| <i>Unclassified silicates</i> |                                                 |
| Fresnoite                     | $Ba_2TiSi_2O_8$                                 |
| Joaquinite                    | $NaBa(Ti, Fe)_3Si_4O_{15}$                      |
| Leukosphenite                 | $BaNa_4(TiO)_2[Si_2O_5]_5$                      |
| Macdonaldite                  | $BaCa_4Si_{15}O_{35} \cdot 11H_2O$              |
| Tien Shanite                  | $Na_2BaMnTiB_2Si_6O_{20}$                       |

Calcioarite (Ca), Baritoccelestite, Celestobarite (Sr), Baritoanglesite, Anglesobarite, Hokutolite, Weisbachite (Pb), Radiobarite (Ra). Reviews on composition, occurrence, and crystallographic and physical properties are given by DANA (1951), HINTZE (1930, 1938, 1960). X-ray evidence for the existence of a barite-celestite isomorphous series has been obtained by SABINE and YOUNG (1954).

BOSTRÖM *et al.* (1968) studied subsolidus phase relations and lattice constants in the system  $BaSO_4$ - $SrSO_4$ - $PbSO_4$ .

<sup>a</sup> Barite forms more or less continuously, solid solutions with Ca, Sr, Ra, and Pb sulfates. In keeping with respective compositions, different names are used for the members of the series:

- <sup>b</sup> No decisive vote of the IMA new mineral commission.
- <sup>c</sup> Doubtful mineral species.
- <sup>d</sup> Not yet approved by IMA new mineral commission.

ادامه جدول ۳-۴: کانیهای مختلف باریم دار (ویدیل، ۱۹۶۹).



## Strontium

38-D-2

Table 38-D-1. *Strontium minerals*

|                                                      |                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Halides</i>                                       |                                                                                                                             |
| Tikhonenkovite                                       | $\text{SrAlF}_4(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$                                                                        |
| Jarlite                                              | $\text{NaSr}_3\text{Al}_3\text{F}_{10}$                                                                                     |
| <i>Oxide</i>                                         |                                                                                                                             |
| Pandaite                                             | $(\text{Ba}, \text{Sr})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2[\text{O}, \text{OH}]_7$                                                   |
| <i>Carbonates</i>                                    |                                                                                                                             |
| Strontianite                                         | $\text{Sr}[\text{CO}_3]$                                                                                                    |
| Carbocernaite                                        | $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ce})[\text{CO}_3]$                                                                 |
| Burbankite                                           | $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ce})_6[\text{CO}_3]_5$                                                  |
| Ambatoarinite                                        | $\text{Sr}(\text{Ce}, \text{La}, \text{Nd})\text{O}[\text{CO}_3]_2 (?)$                                                     |
| Stenonite                                            | $\text{Sr}_2\text{Al}[\text{CO}_3]\text{F}_3$                                                                               |
| Benstonite                                           | $\text{MgCa}_6(\text{Ba}, \text{Sr})_6[\text{CO}_3]_{13}$                                                                   |
| Ancylite                                             | $(\text{Ce}, \text{La})_4(\text{Sr}, \text{Ca})_3[\text{CO}_3]_7(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                    |
| Weloganite                                           | $\text{Sr}_5\text{Zr}_2[\text{CO}_3]_9 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                                                           |
| <i>Borates</i>                                       |                                                                                                                             |
| Tunellite                                            | $\text{Sr}[\text{B}_6\text{O}_{10}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                                                              |
| Kurgantaite                                          | $(\text{Sr}, \text{Ca})_2[\text{B}_4\text{O}_8] \cdot \text{H}_2\text{O}$                                                   |
| Veatchite                                            | $\text{Sr}_2[\text{B}_{11}\text{O}_{16}](\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (monocl.: Aa)                               |
| p-Veatchite                                          | $(\text{Sr}, \text{Ca})_2[\text{B}_{11}\text{O}_{16}](\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (monocl.: P2 <sub>1</sub> /m)  |
| Strontioginorite                                     | $(\text{Sr}, \text{Ca})_2[\text{B}_{14}\text{O}_{23}] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$                                            |
| Strontiohilgardite                                   | $(\text{Sr}, \text{Ca})_2[\text{B}_5\text{O}_8](\text{OH})_2\text{Cl}$                                                      |
| Strontiohorite                                       | $(\text{Sr}, \text{Ca})_4\text{Mg}_2[\text{B}_{24}\text{O}_{42}] \cdot 9\text{H}_2\text{O} (?)$                             |
| <i>Sulfates, phosphates, arsenates and vanadates</i> |                                                                                                                             |
| Celestite                                            | $\text{Sr}[\text{SO}_4]$                                                                                                    |
| Kalistrontite                                        | $\text{K}_2\text{Sr}[\text{SO}_4]_2$                                                                                        |
| Svanbergite                                          | $\text{SrAl}_3[\text{SO}_4][\text{PO}_4](\text{OH})_6$                                                                      |
| Strontium-apatite                                    | $(\text{Sr}, \text{Ca})_5[\text{PO}_4]_3(\text{OH}, \text{F})$                                                              |
| Böggildite                                           | $\text{Na}_2\text{Sr}_2\text{Al}_2[\text{PO}_4]\text{F}_9$                                                                  |
| Palermoite                                           | $(\text{Li}, \text{Na})_2(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Al}_4[\text{PO}_4]_4(\text{OH})_4$                                     |
| Goyazite                                             | $\text{SrAl}_3[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$                                                        |
| Lusungite                                            | $(\text{Sr}, \text{Pb})\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$                                    |
| Belovite                                             | $(\text{Sr}, \text{Ce}, \text{Na}, \text{Ca})_5[\text{PO}_4]_3(\text{OH})$                                                  |
| Fermorite                                            | $(\text{Ca}, \text{Sr})_5[(\text{As}, \text{P})\text{O}_4]_3(\text{F}, \text{OH})$                                          |
| Delrioite                                            | $\text{CaSr}[\text{V}_2\text{O}_6](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                                  |
| Santafeite                                           | $\text{Na}_2(\text{Mn}, \text{Ca}, \text{Sr})_6\text{Mn}_3[(\text{V}, \text{As})_6\text{O}_{28}] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ |
| <i>Silicates</i>                                     |                                                                                                                             |
| Lamprophyllite                                       | $\text{Na}_2(\text{Sr}, \text{Ba})_2\text{Ti}_3[\text{SiO}_4]_4(\text{OH}, \text{F})_2$                                     |
| Nordite                                              | $\text{Na}_2(\text{Sr}, \text{Ca})\text{Ce}(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Zn})_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$        |
| Brewsterite                                          | $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$                                    |
| Haradaite                                            | $\text{SrV}[\text{Si}_2\text{O}_7]$                                                                                         |
| Yoshimuraite                                         | $(\text{Ba}, \text{Sr})_2\text{TiMn}_2[\text{SiO}_4]_2[\text{PO}_4, \text{SO}_4](\text{OH}, \text{Cl})$                     |

Trends of decreasing Sr contents with decreasing anorthite contents for plagioclases from granitic rocks have been observed by SEN *et al.* (1959) and by HALL (1967). HALL pointed out that these plagioclases contain less than about 20% An, and that the rocks contain large amounts of alkali feldspar which take up some of the Sr which would otherwise go into the plagioclase.

جدول ۳-۵: کانیهای مختلف استراتسیم (ودیل، ۱۹۶۹).





## ۳-۳-۲- کانسارهای رسوبی

این گونه کانسارها که صفحه‌ای شکل<sup>۱</sup> هستند، در حوضه‌های رسوبی دریایی و به‌خصوص همراه آهک تشکیل می‌شوند. البته کانسارهای رسوبی سرب و روی<sup>۲</sup> که در نتیجه خروج گاز از کف حوضه تشکیل شده‌اند می‌توانند حاوی این عناصر باشند.

## ۳-۴- روبیدیم- سزیم

این دو عنصر نیز جزء عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بزرگ می‌باشند که بیشتر در مراحل پایانی گرانیتهای پالینژنتیک حضور می‌یابند و به‌لحاظ ژئوشیمیایی قابل مقایسه با پتاسیم می‌باشند. از اینرو در کانسارهای پتاسیم‌دار به‌وفور یافت می‌شوند. به‌طوری که در مراحل پایانی تبلور گرانیتهای و در فازهای پگماتیتهای، عناصر نادر به‌همراه روبیدیم و سزیم می‌توانند وارد شبکه کانیتهای مانند مسکوویت، میکروکلین، لپیدولیت، بریل و... گردند. اما اگر مقدار سزیم در گرانیتهای افزایش یابد در نتیجه کانی پلوسیت تشکیل خواهد شد.

## ۳-۴-۱- کانسارهای روبیدیم- سزیم

## ۳-۴-۱-۱- کانسارهای پگماتیتهای

این نوع کانسارها به‌طور مختصر در بالا تشریح گردید.

## ۳-۴-۱-۲- کانسارهای دگرسانی

اگر ماگمای گرانیتهای به‌داخل سنگ همبر آمفیبولی نفوذ نماید امکان تشکیل دگرسانی تورمالینی و بیوتیتی زیاد خواهد بود و در چنین حالتی سزیم در کانی بیوتیت تجمع می‌یابد.

## ۳-۴-۱-۳- کانسارهای رسوبی

به‌خاطر تشابه ویژگیهای ژئوشیمیایی سزیم، روبیدیم و پتاسیم واحدهای تبخیری پتاسیم‌دار می‌توانند مقدار زیادی کانیتهای سزیم- روبیدیم را در خود جای دهند.

<sup>۱</sup> -Stratiform.

<sup>۲</sup> -MVT. Sedex.

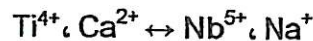


## بخش چهارم: عناصر گروه HFSE

عناصر این گروه، که همگی جزء عناصر لیتوفیل هستند، دارای نقطه ذوب بالایی بوده و در برابر اسید از خود مقاومت نشان می‌دهند. مقاومت مکانیکی و شیمیایی آنها نیز بالا بوده و به همین دلیل در قسمتهای مختلف دنیا، کانسارهای پلاستی آن نیز معرفی شده است. این عناصر شامل نیوبیم، تانتالیم، زیرکونیم و هافنیم است که در سنگهای اسیدی تجمع بیشتری حاصل می‌کنند، (جدول ۴-۱). با توجه به ویژگیهای ژئوشیمیایی این عناصر دو زیرگروه قابل تشخیص است:

### ۴-۱- زیرگروه نیوبیم - تانتالیم

عناصر این گروه در برابر اسید مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند و در سنگهای گرانیتی (به خصوص عنصر تانتالیم)، گرانیتهای آلکالین، نفلین سینیت و سنگهای آلکالین بازیکی و اولترابازیکی و کربناتیت حضور دارند. البته دگرسانی آلکالین نیز در تشکیل کانیهای این گروه مؤثر است. این دو عنصر، با توجه به تشابهی که از لحاظ ژئوشیمیایی با عنصر Ti از خود نشان می‌دهند، به راحتی به وسیله آن جانشین می‌گردند و یا بالعکس. به طوری که در کانیهای حاوی Ti می‌توان بیشترین تمرکز این عناصر را انتظار داشت.



با توجه به مطالعات پترولوژیکی انجام شده بر روی انواع مختلف سنگها، مشخص شده است که این عناصر تمایل شدیدی به تمرکز در مایع باقیمانده و فازهای تأخیری توده‌های نفوذی چندمرحله‌ای<sup>۱</sup> دارند که از تفریق کریستالی یک ماگمای گرانیتی پالین ژنتیک حاصل شده است. نکته قابل توجه این است که طبیعت فلئوروفیل<sup>۲</sup> بودن این عناصر باعث می‌گردد که قسمتی از این عناصر توسط کمپلکسهای فلئوریدی خارج شده و در کانسارهای قلع (به خصوص کانسارهایی که حاوی کاسیتريت می‌باشند) وارد گردد. آنچه مسلم است این که انکلوژیونهای بسیار ریزی را در داخل کاسیتريت تشکیل می‌دهند.

از طرف دیگر در واحدهای کربناتی و دگرسانیهای آلکالین<sup>۳</sup> نیز این دو عنصر و به خصوص نیوبیم تشکیل می‌گردند، (دیر، هوی، زوسمن، ۱۹۹۱).

<sup>۱</sup>- Polyphase.

<sup>۲</sup>- Fluorophile.

<sup>۳</sup>- Feldspathic Metasomatism.





اکتشاف عناصر کمیاب و نادر خاکی، شهرستانهای سراب و کلیبر

|                      | Zr( $n^*10p-2$ ) | Hf( $n^*10p-4$ ) | Nb( $n^*10p-3$ ) | Ta( $n^*10p-4$ ) |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| پرسته (لیتیوم)       | 1.3              | 2.6              | 1.9              | 1                |
| سنگهای گرانیتی       | 1.8              | 3.9              | 2.1              | 2.5              |
| سنگ های حد واسطه     | 1.4              | 2.8              | 2                | 1.2              |
| سنگ های بازیک        | 1.1              | 2.2              | 1.9              | 0.5              |
| سنگ های اولترا بازیک | 0.45             | 0.5              | 1.6              | 0.02             |
| سنگ های شیلی         | 1.6              | 2.8              | 1.1              | 0.8              |
| ماسه سنگ             | 2.2              | 3.9              | n                | 0.00n            |
| سنگ های کربناتی      | 0.2              | 0.3              | 0.3              | 0.00n            |

جدول ۱-۴: فراوانی عناصر گروه HFSE در سنگهای مختلف، (حسینی پاک، ۱۳۷۰) (اسمیرنوف، ۱۹۸۳).



در واحدهای سنگی گرانیتی و گنیسی با ترکیب گرانیت، نسبت Nb/Ta معمولاً بین ۵:۱ تا ۱۰:۳ تغییر می کند. از ویژگیهای این گونه سنگها، حضور مقدار بالائی از عناصر Rb، Li، F، Cs، Be، Sn و W می باشد. اما در زونهای دگرسانی آلکالین و آلکالی گرانیت تا ساب-آلکالین گرانیت این نسبت تغییر نموده و معمولاً بین ۸:۱ تا ۱۴:۱ متغیر است. از اینرو در این گونه سنگها عناصر F، Zn، REE، Th، U، Li، Be، Sn و Mo افزایش می یابند. اما در نفلین سینیتها، این نسبت بین ۵۰:۱ تا ۲۰۰:۱ تغییر می کند. بنابراین حضور عناصری مانند REE، Ti، Zn و Th محتمل است. در نهایت در سنگهای اگپائیتیک<sup>۱</sup> این نسبت بین ۱۴:۱ تا ۱۶:۱ تغییر می کند و دقیقاً همانند سنگهای آلکالی گرانیت و گرانیت های ساب-آلکالین عمل می کند. از طرف دیگر در سنگهای کربناتی می توانستیم این نسبت ۱۰۰:۱ تا ۲۵۰:۱ تغییر نماید که موجبات تمرکز عناصر Ba، Fe، Ti، Zr، P، REE، U، Th، Sr را فراهم می نماید، (کلین و دیگران، ۱۹۸۵).

#### ۴-۱-۱- کانیه های حاوی Nb-Ta

اگرچه این عناصر دارای فراوانی کمی در طبیعت می باشند اما قادر به تشکیل تعداد فراوانی کانی مستقل می باشند. لیکن کانیهای اقتصادی آن محدوده به دو کانی کلمیت و تانتالیت می باشد، (جدول ۴-۲).

#### ۴-۱-۱-۱- کانسارهای ماگمائی

این گونه کانسارها در سنگهای نفلین سینیت و آلکالی گرانیت و سنگهای اگپائیتیک تشکیل می گردد.

<sup>۱</sup> -Agpaitic. (گروهی از سنگها که حاوی فلدسپا تولید می باشند)





41-D-10

Niobium

Table 41-D-7 (continued)

|               |                                                                                                                                              |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Epistolite    | $(\text{Na}, \text{Ca})_{2-3}(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{Si}_2\text{O}_9(\text{OH})_x \cdot n(\text{H}_2\text{O}, \text{Na}_3\text{PO}_4)$ |
| Fersmanite    | $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Ti}, \text{Nb})(\text{SiO}_3)(\text{F}, \text{OH})$                                                          |
| Baotite       | $\text{Ba}_4(\text{Ti}, \text{Nb})_8(\text{Si}_4\text{O}_{12})\text{ClO}_{16}$                                                               |
| Niobophyllite | $(\text{K}, \text{Na})_3(\text{Fe}, \text{Mn})_6(\text{Nb}, \text{Ti})_2(\text{Si}, \text{Al})_8(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_{21}$        |
| Ilimaussite   | $\text{Na}_4\text{Ba}_2\text{CeFeNb}_2\text{Si}_8\text{O}_{28} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$                                                    |

Table 41-D-8. Minerals reported to contain at certain localities 1-5 percent niobium and tantalum. (According to PARKER and FLEISCHER, 1968)

|                         |                                                                                                                                             |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Astrophyllite           | $(\text{K}, \text{Na})_3(\text{Fe}, \text{Mn})_7(\text{Ti}, \text{Zr})_2\text{Si}_8\text{O}_{24}(\text{OH})_7$                              |
| Baddeleyite             | $\text{ZrO}_2$                                                                                                                              |
| Brookite                | $\text{TiO}_2$                                                                                                                              |
| Cassiterite             | $\text{SnO}_2$                                                                                                                              |
| Catapleiite             | $(\text{Na}_2, \text{Ca})\text{ZrSi}_2\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                                                 |
| Chevkinite              | $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{Th})_4(\text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{Ti}, \text{Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{22}$                               |
| Chlorite                | $(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$                                                       |
| Elpidite                | $\text{Na}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{12}(\text{OH})_6$                                                                                        |
| Eudialyte               | $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Ce})_8(\text{Zr}, \text{Fe})_2\text{Si}_6(\text{O}_3\text{OH}, \text{Cl})_{20}$                               |
| Freudenbergite          | $\text{Na}_4(\text{Fe}, \text{Ti})_8\text{O}_{16}$                                                                                          |
| Hematite                | $\text{Fe}_2\text{O}_3$                                                                                                                     |
| Hiortdahlite            | $(\text{Ca}, \text{Na})_3\text{ZrSi}_2\text{O}_7(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_2$                                                          |
| Ilmenite                | $\text{FeTiO}_3$                                                                                                                            |
| Keilhauite              | Yttrian sphene.                                                                                                                             |
| Kimzeyite               | $\text{Ca}_2(\text{Zr}, \text{Ti})_2(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Si})_3\text{O}_{12}$                                                       |
| Kupletskite             | $(\text{K}, \text{Na})_2(\text{Mn}, \text{Fe})_4\text{TiSi}_4\text{O}_{14}(\text{OH})_2$                                                    |
| Labuntsovite            | $(\text{K}, \text{Na}, \text{Ba})\text{TiSi}_2(\text{O}, \text{OH})_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$                                             |
| Lävenite                | $(\text{Na}, \text{Ca})_2\text{ZrSi}_2\text{O}_7(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_2$                                                          |
| Lorenzenite             | $\text{Na}_2(\text{Ti}, \text{Zr})_2\text{Si}_2\text{O}_9$                                                                                  |
| Manganosteenstrupine    | $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Na}, \text{Mn})_6(\text{Si}, \text{P})_6\text{O}_{18}(\text{OH})$                                             |
| Mosandrite              | $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Ce})_3\text{TiSi}_2\text{O}_8(\text{O}, \text{F})$                                                            |
| Perovskite              | $\text{CaTiO}_3$                                                                                                                            |
| Rutile                  | $\text{TiO}_2$                                                                                                                              |
| Sphene                  | $\text{CaTiSiO}_5$                                                                                                                          |
| Thortveitite            | $(\text{Sc}, \text{Y})_2\text{Si}_2\text{O}_7$                                                                                              |
| Titanolävenite          | $(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Ti}, \text{Zr})\text{Si}_2\text{O}_7(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_2$                                      |
| Triplite                | $(\text{Mn}, \text{Fe})_2(\text{PO}_4)\text{F}$                                                                                             |
| Tritomite               | $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Th})_3(\text{Si}, \text{B})_3(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_{12} (?)$                              |
| Tundrite                | $\text{Na}_3(\text{Ce}, \text{La})_4(\text{Ti}, \text{Nb})_2[\text{SiO}_4]_2[\text{CO}_3]_2\text{O}_4(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |
| Vernadite               | $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} (?)$                                                                                                |
| Vinogradovite           | $\text{Na}_5\text{Ti}_4\text{AlSi}_9\text{O}_{24} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                                                                |
| Wolframite              | $(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4$                                                                                                         |
| Yttrotitanite           | Yttrian sphene                                                                                                                              |
| Zircon                  | $\text{ZrSiO}_4$                                                                                                                            |
| Zirkelite (zirconolite) | $(\text{Ca}, \text{Th}, \text{Ce})\text{Zr}(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_7$                                                              |

According to the data reported by KUKHARENKO *et al.* (1965), the Nb/Ta ratio in pyrochlore from different carbonatites of the Kola Peninsula varies between 21.8, 20.5, and 7.0 to 6.0. Baddeleyite from the same deposits has a much smaller range of Nb/Ta: 2.6 to 3.9.

جدول ۴-۲: کانیهای نیوبیم و تانتالیم دار، (ودیل، ۱۹۶۹).



## Niobium

41-D-9

Table 41-D-7 (continued)

|                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|
| Pyrochlore-betafite-microlite series $A_{2-x}B_2X_7$                    |
| Pyrochlore $(Na, Ca, Ce)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$                   |
| Koppite=cerian-ferrian pyrochlore                                       |
| Marignacite $(Ce, Ca, Na)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$                  |
| Niobozirconolite $CaZr(Ti, Nb)_2O_7$                                    |
| Obruchevite $(Y, U, Ca)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$                    |
| Pandaite $(Ba, Sr)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$                         |
| Priazovite=uranian-yttrian pyrochlore                                   |
| Scheteligite $=(Ca, Y, Sb, Mn)_2(Ti, Ta, Nb, W)_2O_6(O, OH)$            |
| Yttrobetafite=intermediate between obruchevite and pyrochlore           |
| Yttrohatchettolite $(Ca, Y, U)_2(Nb, Ta, Ti)_2(O, OH, F)_7$             |
| Betafite $(U, Ca)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$                          |
| Hatchettolite $(Ca, U)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$                     |
| Rare-earth betafite $(RE, U, Ca)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$           |
| Samiresite $(U, Pb)_2(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH, F)_7$                        |
| Titanobetafite $(U, Ca)_2(Ti, Nb, Ta)_2(O, OH, F)_7$                    |
| Zirconium betafite $(U, Ca)_2(Ti, Nb, Zr)_2(O, OH, F)_7$                |
| Microlite $(Ca, Na)_2(Ta, Nb, Ti)_2(O, OH, F)_7$                        |
| Bismutomicrolite=bismuthian microlite                                   |
| Djalmaite=microlite                                                     |
| Plumbomicrolite $(Pb, Ca)(Ta, Nb)_2(O, OH, F)_7$                        |
| Rijkeboerite $(Ba, Fe, Pb, U)(Ta, Nb, Ti, Sn)_2(O, OH, H_2O)_7$         |
| Westgrenite $(Bi, Ca)(Ta, Nb)_2O_6(OH)$                                 |
| Sukulaite $Sn_2Ta_2O_7$                                                 |
| Samaraskite series $AB_2X_6$                                            |
| Samaraskite $(Y, Fe, U)(Nb, Ti, Ta)_2(O, OH)_6$                         |
| Calciosamaraskite=calcian samaraskite                                   |
| Victinghofite $(Fe, U, Y)(Nb, Ti, Ta)_2O_6$                             |
| Khlopinite $(Fe, Y, U)_2(Ti, Nb, Ta)_2O_6$                              |
| Ishikawaite $(U, Fe, Y)(Nb, Ta, Ti)_2O_6$                               |
| Plumboniobite $(Ca, Pb, Fe, Y, U)Nb_2O_6$                               |
| Yttrotantalite $(Y, Fe)(Nb, Ta)O_4$ (approximately)                     |
| Hjelmite=doubtful Mn-Ca yttrotantalite                                  |
| Other tantaloniobates                                                   |
| Thoreaulite $Sn(Ta, Nb)_2O_7$                                           |
| Pisckite=complex multiple oxide                                         |
| Belyankinite $Ca(Ti, Zr, Si, Nb)_6O_{13} \cdot 14H_2O$                  |
| Gerasimovskite $(Mn, Ca)_2(Nb, Ti)_5O_{12} \cdot 9H_2O$                 |
| Simpsonite $Al_4(Ta, Nb)_3(O, OH, F)_{14}$                              |
| Rankamaite $(Na, K, Pb, Li)_{5.88}(Ta, Nb, Al)_{22.16}(O, OH)_{80}$     |
| <b>Borate</b>                                                           |
| Bchierite $(Ta, Nb)BO_4$                                                |
| <b>Silicates</b>                                                        |
| Nenadkevichite $(Na, Ca)(Nb, Ti)(Si_2O_7) \cdot 2H_2O$                  |
| Niobolabuntsovite $(Ca, Ba)(Ti, Nb)(Si_2O_7) \cdot 2H_2O$               |
| Shcherbakovite $(K, Na, Ba)_2(Ti, Nb)_2(Si_2O_7)_2$                     |
| Wöhlerite $NaCa_2(Zr, Nb)(Si_2O_7)(O, F)$                               |
| Karnasurtite $(Ce, La, Th)(Al, Fe)(Ti, Nb)(SiP)_2O_7(OH)_4 \cdot 3H_2O$ |
| Niocalite $Ca_4NbSi_2O_{10}(OH, F)$                                     |
| Lomonosovite $Na_2(Ti, Nb)_2Si_2O_9 \cdot Na_3PO_4$                     |
| Beta-lomonosovite=hydrous variety of lomonosovite                       |
| Murmanite $Na_2(Ti, Nb)_2Si_2O_9 \cdot nH_2O$                           |
| Betamurmanite=weathered beta lomonosovite                               |

ادامه جدول ۴-۲: کانیهای نیوبیم و تانتالیم دار (دویل، ۱۹۶۹).





41-D-8

## Niobium

Table 41-D-7. Minerals of niobium and tantalum (Mainly according to PARKER and FLEISCHER, 1968, but supplemented)

|                                                     |
|-----------------------------------------------------|
| <i>Oxides, hydroxides</i>                           |
| Ilmenorutile-strüverite series, $BX_2$ , $B_2X_4$   |
| Ilmenorutile $(Ti, Nb, Ta, Fe)_2O_4$                |
| Strüverite $(Ti, Ta, Nb, Fe)_2O_4$                  |
| Tapiolite-mossite series, $AB_2X_6$                 |
| Tapiolite $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$                   |
| Mossite $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$                     |
| Perovskite series $ABX_3$                           |
| Dysanallyte $(Ca, Ce, Na)(Ti, Nb, Ta)O_3$           |
| Latrappite $(Ca, Na)(Nb, Ti, Fe)O_3$                |
| Loparite $(Na, Ce, Ca)(Ti, Nb)O_3$                  |
| Metaloparite = hydrated loparite                    |
| Nioboloparite = niobian loparite                    |
| Irinite = thorian loparite                          |
| Lucshite $NaNbO_3$                                  |
| Igdloite $NaNbO_3$                                  |
| Natroniobite $NaNbO_3$ or $NaNb_2O_5 \cdot OH$      |
| Fergusonite-formanite series $ABX_4$                |
| Fergusonite $(Y, Er, Ce, Fe)(Nb, Ta, Ti)O_4$        |
| Risörite $(Y, Er, Ce, Fe)(Nb, Ti, Ta)O_4$           |
| Beta-fergusonite = polymorph of fergusonite         |
| Formanite $(Y, Er, U, Th, Ca)(Ta, Nb, Ti)O_4$       |
| Stibiotantalite-stibiocolumbite series, $ABX_4$     |
| Stibiotantalite $Sb(Ta, Nb)O_4$                     |
| Stibiobismutotantalite = bismuthian stibiotantalite |
| Stibiocolumbite $Sb(Nb, Ta)O_4$                     |
| Bismutotantalite $Bi(Ta, Nb)O_4$                    |
| Columbite-tantalite series, $AB_2X_6$               |
| Columbite $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$                   |
| Ferrocolumbite $(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$              |
| Manganocolumbite $(Mn, Fe)(Nb, Ta)_2O_6$            |
| Magnocolumbite $(Mg, Fe)(Nb, Ta)_2O_6$              |
| Tantalite $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$                   |
| Ferrotantalite $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$              |
| Manganotantalite $(Mn, Fe)(Ta, Nb)_2O_6$            |
| Ixiolite $(Ta, Fe, Sn, Nb, Mn)_4O_8$                |
| Pseudo-ixiolite $(Ta, Nb, Mn, Fe, Sn, Ti)_2O_4$     |
| Wodginite $(Ta, Sn, Mn, Nb, Fe, Ti)_{16}O_{32}$     |
| Olovotantalite = Sn-Mn tantalate = wodginite?       |
| Euxenite-polycrase series, $AB_2X_6$                |
| Euxenite $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Nb, Ti, Ta)_2O_6$      |
| Tanteuxenite $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Ta, Ti, Nb)_2O_6$  |
| Polycrase $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Ti, Nb, Ta)_2O_6$     |
| Tantpolycrase $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Ti, Ta, Nb)_2O_6$ |
| Kobeite $(Y, Fe, U)(Ti, Nb, Ta)_2(O, OH)_6$         |
| Fersmite $(Ca, Ce)(Nb, Ti)_2(O, F)_6$               |
| Aeschynite-priorite series $AB_2X_6$                |
| Aeschynite $(Ce, Ca, Fe, Th)(Ti, Nb)_2O_6$          |
| Sinicite $(Ce, Nd, Th, U)(Ti, Nb)_2O_6$             |
| Niobo-aeschynite $(Ce, Ca, Th)(Nb, Ti)_2O_6$        |
| Lyndochite = niobian-thorian aeschynite(?)          |
| Polymignyte $(Ca, Fe, Ce)(Zr, Ti, Nb, Ta)_2O_6$     |
| Priorite $(Y, Er, Ca, U, Th)(Ti, Nb)_2O_6$          |

ادامه جدول ۴-۲: کانیهای نیوبیم و تانتالیم دار (ویدیل، ۱۹۶۹).



## ۴-۱-۱-۲- کانسارهای پگماتیتی

این کانسارها در نتیجه تبلور یک محلول باقیمانده از ماگمای گرانیتی حاصل می‌شوند و دارای ترکیب اسپودومن‌دار و یا پلوسیت‌دار می‌باشند.

## ۴-۱-۱-۳- کانسارهای آلبیتی

این کانسارها، که بیشتر در مناطق چین‌خورده ایجاد می‌شود، دارای مقادیر بالائی آلپیت و میکروکلین می‌باشند و همراه گرانیتها دیده می‌شوند. در این گونه کانسارها کوارتز حاوی ذراتی از آلپیت، لپیدولیت، کاسیتريت، کلمیت، تانتالیت، میکروولیت، ولفرامیت و اسفالریت می‌باشد. گاهی می‌توان رگه‌هایی با ترکیب کوارتز و آمازونیت را نیز در این سنگها ملاحظه نمود. حال اگر چنین گرانیتی در داخل توده‌های ماسه سنگی و شیلی نفوذ نماید در نتیجه نوعی گریزن زینوالدیت‌دار تشکیل می‌گردد. اما نفوذ آن در آهک باعث تشکیل زون اسکارنی با ترکیب کانیهای فلئوریت‌دار می‌شود که در نتیجه کانیهای بریلیم‌دار نیز ایجاد خواهد شد.

## ۴-۱-۱-۴- کانسارهای دگرسانی فلدسپاتی

محل تقاطع گسلها، گسلهای عمیق و سنگهای دگرگونی پیشرونده به‌راحتی دگرسانی آلپیتی شدن، فلدسپاتی شدن و سیلیسی شدن را تحمل می‌کنند. در چنین شرایطی سنگهای کوارتز سینیتی، سینیت و آلکالی گرانیت نیز می‌توانند دگرسان گردند. البته بیوتیت موجود در گرانیت و گنیس به‌ریبیکیت و ارفدسونیت و نهایتاً ازیرین تبدیل خواهد شد.

## ۴-۱-۱-۵- کانسارهای کربناتی

- یکی دیگر از سنگهایی که حاوی این عناصر است کربناتیت می‌باشد که به‌صورت‌های زیر دیده می‌شود.
- کربناتیت‌های دایره‌ای و حلقوی که معمولاً در بالای نقاط داغ داخل قاره‌ها تشکیل می‌شوند.
  - کربناتیت‌های خطی که معمولاً در امتداد گسلهای خیلی عمیق دیده می‌شوند.
  - کانسارهای هوازده و پلاسیر حاصل از هوازده‌گی کربناتیت‌های خطی و حلقوی.

## ۴-۱-۱-۶- کانسارهای هوازده و پلاسیر

در صورتی که کانسارهای ذکر شده در بالا تحت تأثیر هوازده‌گی مکانیکی قرار گیرند، به‌علت مقاومت مکانیکی کانیهای نیویم و تانتالیم، به‌راحتی حذف نمی‌شوند و در شرایط مناسب می‌توانند تجمع یابند و کانسارهای پلاسیری را به‌وجود آورند.





## ۴-۲- زیرگروه زیرکنیم - هافنیم

هافنیم به عنوان عنصر ایزومورف زیرکنیم شناخته می گردد و به همراه یکدیگر تمایل شدیدی به تمرکز در سنگهای آلکالین از خود نشان می دهند. به همین علت تمرکز آنها در گرانیتهای معمولاً ۲ برابر دیگر سنگها است.

## ۴-۲-۱- کانیهای زیرکنیم - هافنیم

این دو عنصر بیشتر کانیهایی از نوع اکسیدی و سیلیکاتی تشکیل می دهند، اما با این حال کانی اقتصادی آن منحصر به زیرکن می شود، (جدول ۴-۳).

## ۴-۲-۱-۱- کانسارهای ماگمائی

عناصر فوق در هنگام تفریق کریستالی، تمایل به تجمع در محصولات انتهائی تبلور را دارند. البته مقدار  $Zr$  به طور شدیدی به نسبت  $K_2O+Na_2O/Al_2O_3$  بستگی دارد. اگر نسبت  $K_2O+Na_2O$  در یک سنگ بالا باشد در نتیجه مقدار  $Zr$  نیز افزایش می یابد. بالطبع عنصر  $Hf$ ، که ارتباط ژنتیکی نزدیکی با  $Zr$  دارد، نیز افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر آلکالینیتی و اسیدیتی محیط تشکیل کانسار در مقیاس  $Zr$  و  $Hf$  مؤثر است.

## ۴-۲-۱-۲- کانسارهای رسوبی

کانیهای حاوی  $Zr$  و  $Hf$  جزء مقاومترین کانیهای در برابر هوازدگی مکانیکی و شیمیایی می باشند. در نتیجه، در صورت مساعد بودن شرایط هوازدگی سنگ همبر و انتقال مناسب مواد هوازده، می توانند تجمع حاصل نموده و پلاسرهایی  $Zr$  را ایجاد کنند.



40-D-8

## Zirconium

DIETRICH (1968) on synthetic quartz-albite-orthoclase rich gels spiked with  $ZrO_2$  shows that the addition of small amounts of  $Na_2Si_2O_5$  or NaF to the mixtures suppressed, in part or completely, the crystallization of zircon in short-term runs.

Synthetic zirconium and titanium garnets have been made by ITO and FRONDEL (1967) who have demonstrated nearly complete solid solubility at  $1,050^\circ C$  in the system  $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$  (andradite)— $Ca_3Zr_2Fe_2SiO_{12}$  (kimzeyite)— $Ca_3Ti_2Fe_2SiO_{12}$  (schorlomite).

Further data relating to the phase equilibria between zirconium and other elements (or oxides) may be obtained in the useful compilation provided by LEVIN *et al.* (1964); specifically Zr-O (Fig. 25),  $ZrO_2-Nb_2O_5$  and  $ZrO_2-Ta_2O_5$  (Figs. 373 and 374) and  $TiO_2-ZrO_2$  (Figs. 369 and 370).

## III. Zirconium Minerals

The compilation of zirconium minerals, given in Table 40-D-2, shows that most occur as oxides and silicates. Zirconium oxides are usually found in nepheline syenites and in carbonatites of alkali-rich ultramafic massifs, where they are formed by the reaction of the ultramafic rock with carbonate solutions in a silica deficient medium (VLASOV, 1966). Amongst the silicates, the commonest mineral zircon is found in nearly all rock clans. Data for 40 minor elements in zircons have been compiled by GÖRZ (1974) who notes that some of these may occur in minerals included within the zircons. With respect to Nb, Hf, Th, U, Ti, Y, REE and Al, he indicates that it is possible to recognize characteristic ranges of concentration for zircons of different origin. The other zirconium silicates, as previously discussed, occur mainly in alkali-rich and agpaitic rocks and are not normally found in rocks which contain zircon. The most famous example is perhaps the Lovozero alkali massif in the U. S. S. R. which contains a wide variety of zirconium silicates, such as eudialyte, catapleite, elpidite, zirfesite etc. (VLASOV *et al.* 1966).

From a geological viewpoint, the mineral zircon has received particular attention, especially with regard to its use for Th-U-Pb radiometric dating (see Sect. 82-B) and as indicator (utilizing crystal shape and morphology) of a magmatic or metamorphic origin for granitic rocks (POLDERVAART, 1950).

Table 40-D-2. Zirconium minerals (for sources see footnote)

|                                |                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Oxides</i>                  |                                           |
| Baddeleyite                    | $ZrO_2$                                   |
| Belyankinite                   | $Ca(Ti, Zr, Nb)_6O_{13} \cdot 14H_2O$     |
| Calzirtite                     | $Ca(Zr, Ca)_2Zr_4(Ti, Nb, Fe)_2O_{10}$    |
| Oliveirite                     | $Zr_3Ti_2O_{10} \cdot 2H_2O$              |
| Pseudo-armalcolite             | $(Ti, Zr, Fe, Cr, Mg, Al, Ca, Si)_3O_5$   |
| Tazheranite                    | $(Zr, Ca, Ti^{3+}, Ti^{4+}, Al, Fe)_4O_6$ |
| Uhligit                        | $Ca_3(Ti, Al, Zr)_3O_{20}$                |
| Zirconolite                    | $CaZrTi_2O_7$                             |
| Zirkelite                      | $(Zr, Ca, Ti, Fe, Mg, REE, U, Th)_2O_5$   |
| <i>Carbonates and sulfates</i> |                                           |
| Weloganite                     | $Sr_5Zr_2[CO_3]_9 \cdot 4H_2O$            |
| Zircosulfate                   | $Zr[SO_4]_2 \cdot 4H_2O$                  |

جدول ۳-۴: کانیهای زیرکونیم و هافنیم دار (ویدل، ۱۹۶۹).





## Zirconium

40-D-9

Table 40-D-2 (continued)

*Silicates*

|                       |                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Armstrongite          | $\text{CaZrSi}_6\text{O}_{15} \cdot (2.5\text{H}_2\text{O})$                                                                                                                            |
| Calcium catapleite    | $\text{CaZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                                   |
| Catapleite            | $\text{Na}_2\text{ZrSi}_3\text{O}_9 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                          |
| Dalyite               | $\text{K}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{15}$                                                                                                                                                  |
| Elpidite              | $\text{Na}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{15} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$                                                                                                                       |
| Eudialyte             | $(\text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Zr}, \text{Fe}, \text{Mn})[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{O}, \text{OH}, \text{Cl})$                                                                   |
| Giannetite            | $\text{Na}, \text{Ca}, \text{Mn}, \text{Ti}, \text{Zr silicate}$                                                                                                                        |
| Hiortdahlite          | $\text{NaCa}_2\text{ZrO}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{F}$                                                                                                                                |
| Keldyshite            | $(\text{Na}, \text{H})_2\text{Zr}[\text{Si}_2\text{O}_7]$                                                                                                                               |
| Kimzeyite             | $\text{Ca}_3(\text{Zr}, \text{Ti})_2(\text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_{12}$                                                                                                              |
| Lavenite              | $(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Mn})_3(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Fe})\text{O}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{F}$                                                                           |
| Lemoynite             | $(\text{Na}, \text{Ca})_3\text{Zr}_2\text{Si}_3\text{O}_{22}$                                                                                                                           |
| Lorenzenite           | $\text{Na}_2(\text{Ti}, \text{Zr})_2\text{O}_3[\text{Si}_2\text{O}_6]$                                                                                                                  |
| Lovozerite            | $(\text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Zr}, \text{Ti})\text{Si}_6(\text{O}, \text{OH})_{18}$                                                                                                   |
| Pennaite              | $\text{Na}, \text{Ca}, \text{Ti}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Zr silicate}$                                                                                                             |
| Rosenbuschite         | $(\text{Na}, \text{Ca})_3(\text{Zr}, \text{Fe}, \text{Ti})\text{O}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{F}$                                                                                      |
| Seidozerite           | $\text{Na}_2(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Mn})_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{F}$                                                                                                           |
| Sogdianovite          | $(\text{K}, \text{Na})_2\text{Li}_2(\text{Li}, \text{Fe}, \text{Al}, \text{Ti})_{1.8}(\text{Zr}, \text{Ti})[\text{Si}_2\text{O}_5]_6$                                                   |
| Tranquillityite       | $\text{Fe}_2(\text{Zr}, \text{Y})_2\text{Ti}_3\text{Si}_3\text{O}_{24}$                                                                                                                 |
| Vlasovite             | $\text{Na}_2\text{Zr}[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$                                                                                                                                        |
| Wadeite               | $\text{K}_2\text{CaZrSi}_4\text{O}_{12}$                                                                                                                                                |
| Wöhlerite             | $\text{NaCa}_2(\text{Zr}, \text{Nb})\text{O}[\text{Si}_2\text{O}_7]\text{F}$                                                                                                            |
| Zektzerite            | $\text{LiNa}(\text{Zr}, \text{Ti}, \text{Hf})\text{Si}_6\text{O}_{15}$                                                                                                                  |
| Zircon                | $\text{ZrSiO}_4$                                                                                                                                                                        |
| Zircophyllite         | $(\text{K}, \text{Na}, \text{Mn})_2(\text{Mn}, \text{Fe})_2(\text{Zr}, \text{Nb}, \text{Ti})_2(\text{Si}, \text{Ti})_3 \cdot (\text{O}(\text{OH})\text{F})_{31}(0.9\text{H}_2\text{O})$ |
| Zirconium schorlomite | $\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Zr})_2(\text{Si}, \text{Ti})_3\text{O}_{12}$                                                                                                              |
| Zirfesite             | Hydrous silicate of Zr and $\text{Fe}^{3+}$                                                                                                                                             |

Main references: 1. PALACHE *et al.* (1958); 2. VLASOV (1966); 3. FLEISCHER (1966); 4. AMERICAN MINERALOGIST 51, 529 (1966); 54, 576, 1221 (1969); 55, 318 (1970); 57, 1913 (1972); 58, 140, 966, 967 (1973); 59, 208, 633 (1974); 62, 416 (1977).

ادامه جدول ۴-۳: کانیهای زیرکیم و هافنیم دار (ودیل، ۱۹۶۹).



محیط تکنیکی تشکیل عناصر HFSE (میشل و گارسون، ۱۹۷۶-۱۹۸۱)، (ساوکیئر، ۱۹۸۴)

- کربناتهای حاوی فسفر، تیتانیم، نیوبیم

- انورتوزیت های حاوی تیتانیم، نیوبیم و...

- سنگهای گرانیتی حاوی قلع، نیوبیم و...

نقاط داغ

حاشیه همگرا

کربناتهای خطی

کافت های درون قاره ای

کانسارهای مرتبط با گسل های ترانسفورم (دگرشکل) | امتداد گسل به درون قاره کشیده شده است | کربناتهای حاوی نیوبیم و...





## بخش پنجم : عناصر گروه پلاتین (PGE)

این عناصر، که شامل Pt, Pd, Rh, Ru, Ir و Os هستند، عموماً جزء عناصر اتموفیل می باشند. مقادیر این عناصر در واحدهای سنگی آذرین فلسیک، دگرگونی و سنگهای رسوبی پائین می باشد، در حالی که در واحدهای اولترابازیکی و بازیکی بیشترین مقدار را نشان می دهند. لازم به ذکر است که مقدار این عناصر در کانسارهایی که دارای ارزش اقتصادی هستند بین ۵ تا ۱۰ ppm تغییر می کند. با توجه به این که عناصر این گروه بیشتر به صورت کانسارهای ماگمایی تشکیل می گردند، در نتیجه به همراه آنها کانیهای سولفیدی نیز وجود دارد. لذا می توان ته نشینی فازهای سولفیدی را در تشکیل این گونه از کانسارها مؤثر دانست، (شهاب پور، ۱۳۸۰ و کریم پور، ۱۳۷۸). بنابراین یکی از فرایندهای زیر در تشکیل این گونه از کانسارها دخالت دارد:

الف) سرد شدن ماگما.

ب) هضم گوگرد موجود در یک منبع خارجی.

ج) هضم سیلیکا.

د) امتزاج دو یا چند ماگمای مختلف.

مطالعات پترولوژیکی نشان می دهد که این گروه عناصر تبیک ماگمای اولیه بازالتی است که در خلال تفریق کریستالی و حالت مایع گون ماگمای اولترابازیک عمیق و یا ماگمای بازیکی حاصل می شود. لازم به ذکر است که به ندرت کانسارهای اسکارن از این عناصر شناسائی شده است. از ویژگیهای دیگر این گروه مقاومت بسیار بالای آنها در برابر هوازدگی شیمیائی و مکانیکی است و همین مسئله در تشکیل کانسارهای پلاسری آنها کاملاً مؤثر است، (جدول ۵-۱).



اکتشاف عناصر کمیاب و نادر خاکی، شهرستانهای سراب و کبیر

|                      | Pt(n*10p-5) | Pd(n*10p-7) | Rh(n*10p-8) | Ir(n*10p-8) | Os(n*10p-3) | Ru |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|
| پوشته (لیتی سفر)     | -           | n           | 7           | 2           | -           | -  |
| سنگهای گرانیتی       | -           | 0.1n        | 6.7         | 1           | -           | -  |
| سنگ های حد واسط      | -           | n           |             | -           | -           | -  |
| سنگ های بازیک        | 1           | 2           | 21          | 2.2         | -           | -  |
| سنگ های اولترا بازیک | 2           | 0.5         | -           | -           | -           | -  |
| سنگ های شیلی         | -           | -           | -           | -           | -           | -  |
| ماسه سنگ             | -           | -           | -           | -           | -           | -  |
| سنگ های کربناتی      | -           | -           | -           | -           | -           | -  |

جدول ۱-۵: فراوانی عناصر گروه PGE در سنگهای مختلف (حسنی، پاک، ۱۳۷۰) / اسمیرنوف، ۱۹۸۳.





## ۵-۱-۱- کانیهای گروه پلاتین

عناصر این گروه به صورت های مختلف، از قبیل محلول جامد پلاتین در سولفید و آرسنید های گروه پلاتین در مراحل اولیه تبلور ماگمای اولترابازیکی حاصل می شوند، اما عموماً "به صورت خالص دیده می شوند.

## ۵-۱-۱-۱- انواع کانسارهای گروه پلاتین

۵-۱-۱-۱-۱- کانسارهای مایع گون<sup>۱</sup>

کانسارهای موجود در این گروه بیشتر در سولفید های مس- نیکل ایجاد می شوند. مقدار این عناصر از یک نقطه به نقطه دیگر بین ۰/۱ تا ۰/۱ گرم در تن متغیر است، اما مقدار آن می تواند بیشتر شده و حداکثر به ۱۰ گرم در تن برسد. آنچه مسلم است ماگمای اولیه این نوع کانسارها از نوع اولترامافیکی است که تفریق کریستالی آن موجب تشکیل کانیهای سولفیدی به همراه عناصر PGE شده است.

۵-۱-۱-۲- کانسارهای ماگمایی اولیه<sup>۲</sup>

در این گروه از کانسارها عناصر گروه پلاتین در کروم- اسپینل های حاصل شده از دونیت، که از تفریق کریستالی ماگمای اولترامافیکی ایجاد شده اند، وارد می گردند. البته باید دقت نمود که توده های نوریتی و کرناتییتی نیز می توانند عناصر این گروه را در خود جای دهند ولی به ندرت دارای ارزش اقتصادی می باشند.

۵-۱-۱-۳- کانسارهای ماگمایی تأخیری<sup>۳</sup>

در صورتی که یک ماگمای اولترابازیکی تفریق زیادی را تحمل کند، در نتیجه یک ماگمای بازیکی حاصل خواهد شد که کروم- اسپینل می تواند در دونیت های حاصل شده از آن تجمع یابد و بالطبع مقداری از عناصر PGE در شبکه آن وارد گشته و به یکی از صور زیر دیده شود:

۱- عناصر گروه پلاتین به صورت پراکنده و کم عیار در واحد دونیتی تشکیل می گردد.

۲- عناصر گروه پلاتین در کرومیت حضور دارد که پیروکسن با مقادیر بالای ایریدوپلاتین از دیگر ویژگیهای آن است. این گروه از کانسارها همواره لایه های اصلی را قطع می کنند.

<sup>۱</sup> -Liquation.

<sup>۲</sup> -Early Magmatic Deposits.

<sup>۳</sup> -Late Magmatic Deposits.



## ۵-۱-۱-۴- کانسارهای هوازده و پلاسری

همانگونه که در قسمتهای قبلی تشریح گردید، یکی از ویژگیهای مهم این عناصر مقاومت شیمیائی و مکانیکی آنها در برابر هوازدگی است و در نتیجه به راحتی از چرخه عناصر خارج نمی شوند. پس اگر یک توده حاوی عناصر این گروه تحت تأثیر هوازدگی مکانیکی قرار گیرد و کانیهای حاوی پلاتین از آن خارج گردند، این عناصر در شرایط مناسب تجمع حاصل نموده و می توانند کانسارهای پلاسری را تشکیل دهند.

محیطهای تکتونیکی عناصر PGE (شیل ۱۹۷۶-۱۹۸۱) و (ساوکنیر، ۱۹۸۴)

|                                   |                                               |                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| کانسارهای مرتبط با کراتونها       | کانسارهای موجود بر روی قاره ها                | کانسارهای پلاسری رودخانه ای                   |
| نقاط داغ                          | الف-کربناتیت های حاوی فسفر به مقدار کمتر PGE  |                                               |
|                                   | ب-توده های مافیکی لایه ای حاوی PGE (برش فیلد) |                                               |
| حاشیه های واگرا و همگرا           | کافت های درون قاره ای                         | کربناتیت های حاوی مقدار PGE (لاند نیونگای)    |
| پشته های میان اقیانوسی            | سنگ های حاوی کرومیت و مقداری PGE              |                                               |
|                                   | کانسارهای پلاسری حاوی PGE                     |                                               |
| کانسارهای مرتبط با گسل های دگرشکل | ادامه گسل به درون قاره کشیده می شود           | الف-کربناتیت های خطی حاوی مقداری PGE (آنگولا) |
|                                   |                                               | ب-توده های نفوذی فراابازی (مصر)               |





## فصل دوم

# اکتشافات ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در منطقه کلیبر و سراب



## بخش اول : ویژگیهای زمین شناسی مناطق معرفی شده جهت اکتشاف مقدماتی عناصر کمیاب

### ۱-۱- مقدمه

ویژگی توزیع عناصر کمیاب در سنگ ممکن است نخست براساس افزایش و یا کاهش قابل ملاحظه مقدار یک عنصر خاص (یا گروهی از عناصر) در مقایسه با میانگین ناحیه‌ای یا جهانی آن و یا براساس افزایش و یا کاهش قابل ملاحظه مقدار پراش توزیع آن عناصر شناسائی شود. چنین شناختی می‌تواند برای مثال در حل مسائل زیر مفید واقع شود:

۱- مسائل زمین شناسی که غالباً در خلال مطالعات ژئوشیمیائی سنگها در چارچوب تهیه نقشه زمین شناسی پیش می‌آید، مانند طبقه‌بندی زیرگروهی سربهای آذرین که از لحاظ سنگ شناسی همگن می‌باشند و تعیین روابط ژنتیکی آنها.

۲- طبقه‌بندی زیرگروهی و شناخت سربهای رسوبی عقیم.

۳- ارزیابی توسعه فرایندهای دگرگونی و متاسوماتوز در کمپلکسهای دگرگونی و آذرین.

میزان غیرعادی زیاد یک عنصر کانساری یا افزایش مقدار پراکنش توزیع آن ممکن است به عنوان شاخص مناسبی برای ارزیابی قدرت تولید کانسار در توده‌ها یا سنگها مورد استفاده قرار گیرد.

### ۱-۲- گردآوری اطلاعات

در این مرحله اسناد و مدارک مربوط به منطقه اکتشافی تحت پوشش به شرح زیر تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت:

- نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه شامل بزگه‌های مرز رود، کلیبر، ابرغان، سراب
- نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ اهر و میانه.
- مطالعات انجام گرفته در محدوده مورد مطالعه شامل گزارش مقدماتی و گزارشهای نقشه‌های یکصد هزارم.
- نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ قره‌چمن، سراب، کلیبر و ورزقان.
- عکس‌های هوایی با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ منطقه

با توجه به اطلاعات حاصل از مدارک فوق و در نظر گرفتن محدوده اکتشافی برنامه عملیات نمونه‌برداری پی‌ریزی گردید و در هر مورد نقشه پارامترهای مؤثر در برنامه‌ریزی اکتشافی مورد بررسی قرار گرفت.





## ۱-۳- محدوده‌های اکتشافی پیشنهادی

با توجه به آنچه که در بخش قبل عنوان شد محیط تمرکز عناصر کمیاب اغلب سنگهای قلیائی بوده و در هنگام تفریق کریستالی، تمایل به تجمع در محصولات انتهایی تبلور را دارند. همچنین سنگهایی شامل پگماتیتها، گرانیتها و مجموعه‌های قلیائی از قبیل سینیت ازبرین دار، نفلین سینیت، میاسکیت، لوجاریت، تراکیت و فنولیت می‌باشد.

در محدوده شهرستانهای کلیبر و سراب مهمترین زون اکتشافی عناصر کمیاب واحدهای نفلین سینیت به انضمام واحدهای ولکانیکی و آهکی اطراف آنها بوده که در اثر نفوذ این توده‌ها متحمل دگرگونی و متاسوماتوز شده‌اند. لازم به ذکر است، علاوه بر واحدهای نفلین سینیت، واحدهای گرانیتی الیگو-میوسن نیز از پتانسیل بالائی از عناصر کمیاب برخوردارند.

باید توجه کرد در میان عناصر کمیاب، عناصر PGE در واحدهای اولترامافیکی تشکیل می‌گردند و عدم وجود این گونه واحدها در منطقه اکتشاف آنها را توجیه‌ناپذیر می‌نماید. بنابراین سنگ بستر مناسب برای پی‌جویی عناصر کمیاب در محدوده مورد مطالعه واحدهای نفلین سینیت و گرانیتی می‌باشند.

با توجه به گسترش واحدهای نفلین سینیت در محدوده شهرستانهای کلیبر و سراب و گسترش محدود توده‌های گرانیتی، محدوده‌های پیشنهادی به شرح زیر می‌باشند، (توده‌های گرانیتی در محدوده شهرستان اهر گسترش دارند):

۱. بخش جنوبی شهرستان کلیبر به وسعت ۱۱۰ کیلومتر مربع در برگیرنده توده نفوذی نفلین سینیت کلیبر می‌باشد. این محدوده به شکل چندضلعی در مختصات UTM ۴۲۹۰۸۵۹ تا ۴۳۰۵۶۹۹ و ۶۶۵۲۴۶ تا ۶۸۶۵۲۴ قرار گرفته است.

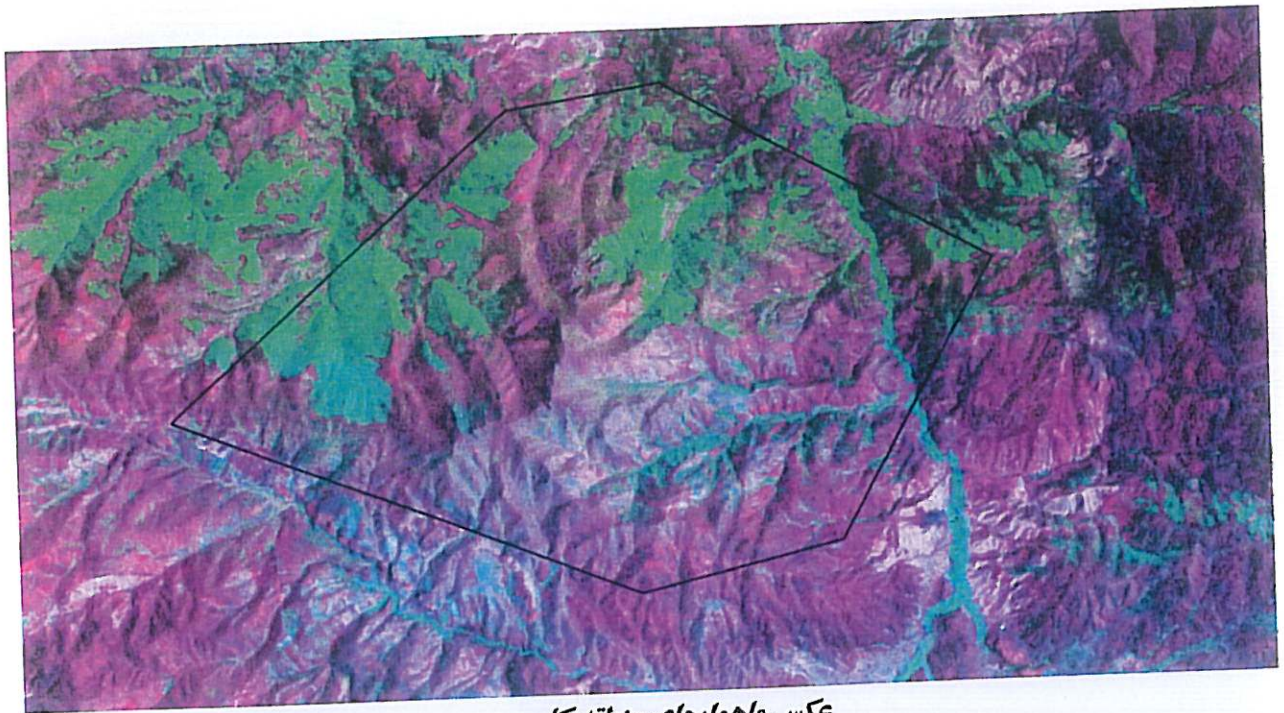
۲. بخش جنوب غربی شهرستان سراب در بخش شمالی بلندیهای بزقوش در برگیرنده توده نفلین سینیت بزقوش به وسعت ۳۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این محدوده به شکل مستطیلی بین مختصات UTM ۷۰۹۲۴ تا ۷۲۷۲۱۷ و ۴۱۸۰۷۴۱ تا ۴۱۹۰۴۳۸ واقع شده است.

از تصاویر ماهواره‌ای مذکور جهت تهیه نقشه زمین‌شناسی و طراحی شبکه نمونه‌برداری استفاده شده است.

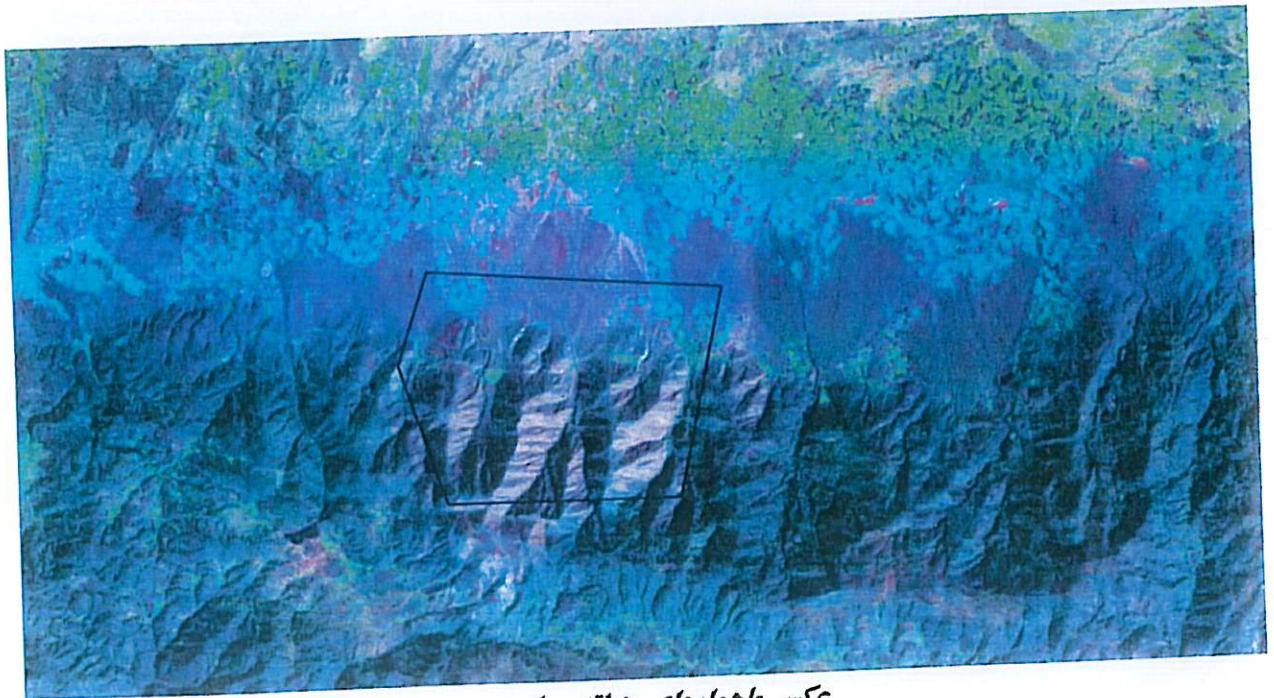




اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستانهای کلیبر و سراب



عکس ماهواره‌ای منطقه کلیبر



عکس ماهواره‌ای منطقه سراب



## ۴-۱- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری البرز- آذربایجان قرار دارد که اصطلاحاً به کوههای قره داغ ارسباران موسوم است. در این زون ساختاری دو منطقه قابل تشخیص و تفکیک است که عبارتند از: حوضه رسوبی فعال و فلات ولکانیکی اهر-کلیر.

• حوضه رسوبی فعال با ضخامت زیادی از نهشته‌های تخریبی همچون کنگلومرا، ماسه سنگ و نهشته‌های گچ‌دار و نیز فقدان فعالیت ماگمایی قابل توجه مشخص می‌گردد. این حوضه در واقع بخشی از زون چین‌خورده‌ای است که با روند تقریبی خاوری-باختری در انتهای شرقی خود به‌چینه‌های شمال غربی-جنوب شرقی طالش می‌پیوندد. چین‌خوردگی در این حوضه شدید و چین‌ها در عین حال نامتقارن نیز می‌باشند. گذر از حوضه رسوبی مغان به حوضه فعالیت ولکانیکی کلیر- اهر با کاهش شدید چین‌خوردگی، تغییر ویژگی‌های سنگ‌شناسی و روند غالب ساختاری همراه است.

• فلات ولکانیکی کلیر- اهر با مجموعه‌ای گسترده از سنگهای آتشفشانی- نفوذی و فرآیندهای وابسته به آنها همچون دگرسانی گرمابی و دگرگونی مشخص می‌گردد. واحدهای سنگی در این منطقه به‌صورت ملایم چین‌خورده و با چینهایی با دامنه زیاد مشخص می‌شود. علاوه بر این به‌دلیل ماهیت فیزیکی واحدهای سنگی موجود در این منطقه ساختار گسلش نیز بسیار چشمگیرتر از حوضه مغان است. روند ساختاری عموماً شمال باختر- جنوب خاور است که حاصل فازهای تکتونیکی پیش از نئوژن می‌باشد.

ناحیه سراب: گسترده‌ترین واحدهای لیتولوژی در منطقه سراب واحدهای ولکانیکی آندزیتی با بافت پورفیری می‌باشد. این واحدها، با سن ائوسن، دوسوم ارتفاعات بزقوش را پوشانده‌اند. از مهمترین ویژگی‌های آن وجود لایه‌های فراوان توفیت و هایلوالکلاستیت می‌باشد که نشانی از بیرون‌ریزی گدازه در ژرفای کم دریاست.

در شمال شرق منطقه سراب و شرق توده نقلین سینیت بزقوش، بر روی روانه‌های مگاپورفیر آندزیتی، گدازه‌های آندزی بازالتی و تراکی آندزیتی همراه با توفهای ماسه‌ای به‌گونه‌ای همساز قرار گرفته‌اند. این گدازه‌ها در زیر میکروسکوپ بافت پورفیری با زمینه اینترسرتال دارند. پورفیرهای درشت آنها پلاژیوکلاز، پیروکسن و الوین در زمینه‌ای از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز قرار گرفته‌اند. فواصل میکروولیت‌ها را سرسیت و کانیهای کدر پرمی‌کند. در زمینه برخی از این گدازه‌ها کانی آنالسیم به‌فراوانی دیده می‌شود.

فعالیت‌های ماگمایی پس از ائوسن در منطقه سراب با نفوذ توده‌های کوچک و بزرگ در سنگهای ولکانیکی ائوسن مشخص می‌گردد. توده نفوذی نقلین سینیت به‌وسعت ۲۱ کیلومترمربع بعد از ائوسن در سنگهای چین‌خورده ائوسن نفوذ کرده است. در زیر میکروسکوپ دارای بافت درشت بلور فلدسپات پتاسیم، فلدسپاتوئید به‌صورت نقلین و



ندرتاً آنالسیم می باشد. بلورهای ریز پلاژیو کلاز، پیروکسن، بیوتیت و آمفیبول فضاهاى بین بلورها را پر کرده اند. کانیهای فرعى این سنگها اغلب اکسید آهن، آپاتیت، اسفن و زیرکن است.

واحد ولکانیکی ائوسن : این واحد با ضخامت به بیش از ۱۰۰۰ متر منطقه وسیعی از کوههای بزقوش را به خود اختصاص داده و به طور عمده شامل گدازه های مگاپورفیری با ترکیب آندزى بازالت، تراکیتی آندزیت، لاتیت با میان لایه های توفی و توف ماسه ای می باشد. این واحد در برخی از جاها از پهلوی به توف، توف ماسه ای و گدازه تبدیل شده است.

بررسیهای ژئوشیمیائی سنگهای آتشفشانی این واحد نشان می دهد که سنگها بیشتر در حد بازالت تراکی آندزیت و تراکی بازالت وابسته به سری آلکالن بوده و گاهی نیز در آن سنگهای اسیدی وجود دارند. رشد کانیهای پلاژیو کلاز در سنگهای این واحد درخور توجه می باشد. چنانچه در بیشتر موارد نزدیک به نصف حجم سنگ را کانیهای پلاژیو کلاز تشکیل داده است. بزرگی کانیهای پلاژیو کلاز در برخی مناطق به بیش از ۲ سانتیمتر هم می رسد. این واحد به صورت یک تاقدیس ملایم با امتداد تقریبی شرقی - غربی است که در دامنه شمالی کوه بزقوش به طرف شمال شیب دارد.

توده آلکالی سینیت (نفلین سینیت) با وسعت درخور ملاحظه در جنوب سراب و رشته کوه بزقوش قرار دارد. این سنگ دارای بافت درشت دانه می باشد و رنگ آن در متن تازه سنگ خاکستری و در سطح هوازده صورتی می باشد.

رگه های آپلیتی و پگماتیته ناشی از فاز نهائی گرانیتی و سینیتی است که توده های سینیتی را هم در چند محل قطع کرده است. تأثیراتی که سنگهای نفوذی بر سنگهای پیرامون کهن تر از خود بر جای نهاده یک سری دگرسانیهای ضعیف در کناره نفوذی و در حد اپیدوتی شدن و سیلیسی شدن می باشد.

از لحاظ تکتونیکی منطقه سراب در بخش غربی رشته کوههای البرز قرار گرفته و بدین جهت اشکال ساختمانی خاص آن ناحیه را نشان می دهد. در این ناحیه روند عمومی شرقی - غربی در چین خوردگیها و گسلها دیده می شود.

فاز کوهزائی لارامید تنها فاز مشخص در ناحیه سراب می باشد. کنگلومرای قاعده ائوسن با دگرشیبی زاویه داری روی سنگهای قدیمی، به خصوص کرتاسه فوقانی، قرار گرفته است. به دنبال این رخداد گسترده ترین فعالیت ولکانیکی که نتیجه فاز انبساطی در زمین بوده به وقوع پیوسته و سبب بیرون رختن گدازه های آتشفشانی از شکافهای متعدد گردیده است. پس از این رخداد فعالیت ماگمائی از نوع سینیت در الیگوسن به وقوع پیوسته است

نفلین سینیت بزقوش : این توده مربوط به ماگماتیسم بعد از ائوسن می باشد (جوانترین تشکیلاتی را که قطع کرده ولکانیک آن سنگهای ولکانیکی آندزیت پورفیریک می باشد که کم و بیش با درجه دگرگونی خیلی پایین دگرگون شده اند. در بخش شرقی توده در ولکانیک ها آلتراسیون هیدروترمال (آلونیتزاسیون و کائولینیتزاسیون) دیده می شود که مقدار آن خیلی کم است این آلتراسیون ها احتمالاً با رگه های میکروگرانیتی ارتباط دارد. دو گسل با امتداد تقریباً





شرقی-غربی مرز شمالی و جنوبی توده نفیلین سینیت بزقوش را شکل می‌دهند. در داخل این توده نفوذی رگه‌های میکروگرانیتی و آپلیتی با روند شمالی-جنوبی و شمال غرب جنوب شرق و شمال شرق-جنوب غرب دیده می‌شوند. در جاهایی که رگه‌های پگماتیتی در آن نفوذ کرده نفیلین زیادتر و درشت بلورتر است و حاوی فلدسپات آلکالن، بیوتیت، پیروکسن و نفیلین است و رگه‌های میکروگرانیتی زیادی آن را قطع کرده است. بخش حاشیه ای بافت پورفیری دارد و به صورت باند باریکی در بخش اصلی را احاطه کرده به نظر می‌رسد که فنوکرستها بقایای بخش اصلی باشند. که تحت تأثیر بقایای خود ماگمای نفیلین سینیتی در شرایط نیمه عمیق بوده قرار گرفته اند در ضمن در بعضی جاها ماگمای هایپر سیلیس که در ارتباط با رگه‌های میکروگرانیتی است بر روی آن اثر کرده در بعضی جاها شدیداً آلتزه شده و رنگ آن صورتی است ولی نمونه سالم آن خاکستری روشن و لوکوکرات می‌باشد و حد آن با بخش مرکزی تدریجی است.

رگه‌های نفیلین-فلدسپاتی: این رگه‌ها متشکل از آلپیت-نفیلین و کانی‌های فرومنیزین بوده و رنگ آنها روشن است. رشد بلورهای کانی‌ها در آنها زیاد است و در چند نقطه توده نفوذی، نفوذ کرده اند. این رگه‌ها باقی مانده ماگمای نفیلین سینیتی هستند که آلکالن زیادی دارند. رگه‌های پگماتیتی بیشتر موازی گسل‌های اصلی است.

رگه‌های میکروگرانیتی: ضخامت این رگه‌ها ۱ تا ۳ متر بوده رنگ زرد آجری دارند و کانی‌های فرومنیزین در آنها اغلب کم می‌باشد، بلورهای کوارتز در آنها با چشم غیر مسلح دیده می‌شوند این رگه‌ها احتمالاً محصول یک ماگمایی هیپر سیلیس بوده و با ماگمای نفیلین سینیتی ارتباط ندارد و احتمالاً با توده‌های نفوذی گرانیتی و مونزونیتی منطقه در ارتباط می‌باشد (عکس-۱).

ولکانیکهای آندزیت پورفیری: گسترش این ولکانیکها زیاد و ضخامت آنها بیش از ۱۰۰۰ متر است دارای بافت پورفیریتیک بوده و توسط توده نفوذی نفیلین سینیتی قطع شده اند. اثر متامورفسم کم و بیش در آنها دیده می‌شود کانی‌های فرومنیزین آنها تهویه شده و فنوکرست‌های پلاژیوکلاز آنها نیز صورتی شده اند در این مجموعه اثوسن میانی-بالائی می‌باشد.

ناحیه کلپیر: توده نفوذی کلپیر در غرب شهرستان کلپیر و کوه‌های قره داغ قرار گرفته است این توده بخشی از نوار ماگمایی البرز غربی آذربایجان محسوب می‌شود که در فاز تکتونیک پیرنه در پوسته آذربایجان نفوذ کرده است با نفوذ توده مذکور در نهشته‌های رسوبی (رسی، آهکی و پیروکلاستیک و سنگهای بازیک کرتاسه فوقانی) هاله دگرگونی به ضخامت یک کیلومتر در اطراف آن ایجاد شده است. سنگهای حاصل از دگرگونی شامل مرمرهای دولومیتی، مرمرهای کرناته، هورنفلس‌های رسی، هورنفلس‌های آهکی، هورنفلس‌های بازیک و توفهای دگرگون شده می‌باشد (مؤذن، م؛ حاجی علی اوغلی، ۱۳۸۱). این توده نفوذی که به توده نفوذی نفیلین سینیت کلپیر معروف شده، به طور



کلی متشکل از رخساره‌های نفوذی است که عبارتند از:

۱- سنگهای سینیتی

۲- نفلین سینیت

۳- نفلین گابرو

ماگما در این توده نفوذی، ماگمای آلکالن تحت اشباعی است که به نظر می‌رسد دارای منشاء عمیق است. در واقع این ماگما ادامه فعالیت ماگمایی آلکالن ائوسن و الیگوسن می‌باشد.

نفلین سینیت دارای بافت دانه‌ای نسبتاً درشت با رنگ هوازده خاکستری است و در آن فلدسپات آلکالن به‌وفور یافت می‌شود و کانیهای مافیک آن نیز کوچکتر از کانیهای فلسیک می‌باشد. کانیهای تیره آن عبارتند از: اوزیت، آمفیبول و مقدار کمی بیوتیت. نفلین در اشکال اتومورف و در اندازه‌های درشت نیز در زمینه سنگ دیده می‌شود. در حاشیه جنوبی، این توده نفوذی در نواری به‌پهنای ۳ کیلومتر به‌شکل گابروی نفلین‌دار (عکس-۵) مشاهده می‌شود که دارای روند خاوری-باختری است. این واحد بخش گسترده‌ای از جنوب توده را اشغال نموده است. وجود سیستمهای درزه که معمولاً عمود بر هم نیستند و حجمهایی به‌شکل متوازی‌السطح تولید می‌نماید اشکال منظمی را به‌سنگ داده است. به‌نظر می‌رسد سیستم درزه‌های فوق تکتونیکی نبوده و از نحوه سرد شدن و فرسایش بعدی حاصل شده باشد. بلورهای درشت فلدسپات و کانیهای تیره همراه با بلورهای صورتی رنگ نفلین با چشم غیرمسلح دیده می‌شود. بافت سنگ گرانولار و کانیهای موجود در سنگ عبارتند از:

۱- پلاژیوکلاز با ترکیب آندزیتی تا لابرادور که به‌طور اندکی سوسوریتی شده است.

۲- آمفیبول سبز که تا اندازه‌ای کلریتی شده است.

۳- پیروکسن از نوع اوزیت که بعضاً در حواشی به آمفیبول تبدیل شده است.

۴- نفلین به‌مقدار اندک در اشکال بی‌شکل بین بلورهای پلاژیوکلاز را پر کرده است.

۵- کانیهای فرعی آپاتیت، اسفن و اکسید آهن است که مقدار اکسید آهن ۵٪ کل سنگ است.

آپاتیت در اندازه بلورهای کوچک و سالم در متن سنگ و هم به‌صورت انکلوژیون در آمفیبول دیده می‌شود. کانیهای آمفیبول به‌صورت ثانوی به‌وسیله مانیتیت جانشین شده و کانیهای اسفن، اپیدوت و آپاتیت نیز به‌عنوان کانیهای فرعی در متن سنگ دیده می‌شود.

به‌علت نفوذ توده نفلین سینیتی در سنگهای کرتاسه بالایی هاله دگرگونی مجاورتی ضعیفی در سنگهای کرتاسه ظاهر شده که سبب تبلور مجدد سنگ آهک و میکروفسیل‌های آن شده است. نفوذ محلولهای گرمابی در امتداد این هاله سبب دگرسان شدن سنگ مادر و ظهور کانی‌سازی ضعیف دگرگونی (مانند پیریت) شده است.

در داخل توده‌های نفوذی نفلین سینیت رخساره آپلیتی به‌صورت محلی نفوذ کرده است (عکس-۴ و ۹). این





رخساره دارای بافت دانه ریز بوده و در زمینه ۵۵-۵۰ درصد فلدسپات آلکالن، ۱۰٪ پلاژیوکلاز سدیک و ۳۵٪ کوارتز می باشد. کانیهای دیگر شامل کلریت، مانیتیت و کانیهای رسی است.

توده نفلین سینیت کلیبر به دلیل دارا بودن توان معدن آلومینیم از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این سنگ از نظر بافت متغیر بوده و از نظر مقدار سیلیس تحت اشباع می باشد. در عین حال فلدسپاتوئید آن شامل نفلین، آنالسیم و سودالیت می باشد. با توجه به حضور آلومینیم فراوان در شبکه کانیهای فلدسپاتوئید توان این سنگها از نظر اقتصادی بالاست. بخشهای پرعیار این توده بیشتر در شمال، جنوب و غرب توده می باشد. ترکیبات مس نیز به صورت رگه و رگچه ها در مناطق دگرسان به صورت گسترده قابل ملاحظه است.



اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستانهای کلیبر و سراب



1



2



3



4



5



6



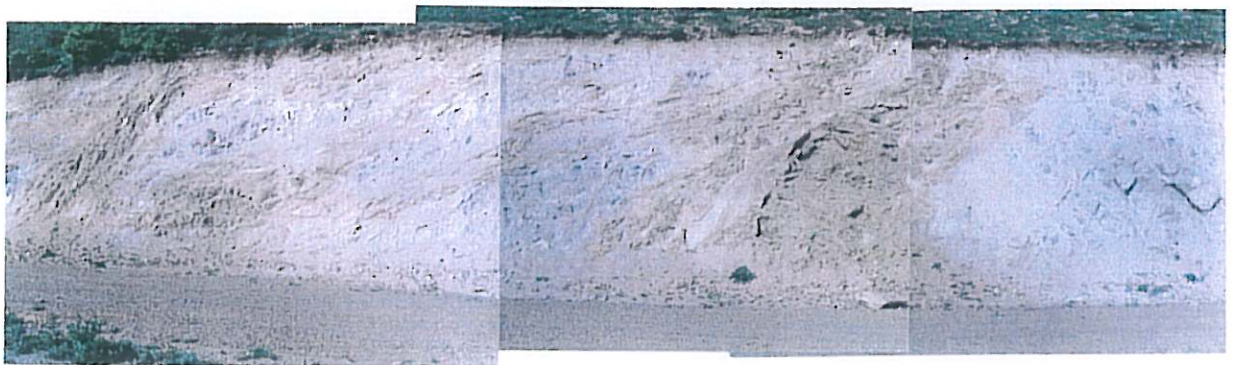
اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستانهای کلیبر و سراب



7



8



9

- ۱- نفوذ دایکهای آپلیتی بداخل توده نفلین سینیت بزقوش (دید به سمت شرق)
- ۲- نمای کلی از توده نفلین سینیت بزقوش (دید به سمت جنوب)
- ۳- نفوذ توده نفلین سینیت کلیبر به داخل سنگهای ولکانیکی در شمال کلیبر
- ۴- نفوذ دایکهای آپلیتی بداخل توده نفلین سینیت کلیبر
- ۵- نفوذ دایکهای آپلیتی بداخل توده نفلین گابرو در بخش جنوبی کلیبر
- ۶- خرد شدگی و نفوذ سیالات گرمابی بداخل توده نفلین سینیت کلیبر
- ۷- نمونه‌ای از مجموعه پگماتیتی در معدن پیغان
- ۸- زلولیت‌هایی از هورنفلس داخل توده نفلین سینیت
- ۹- دگرسانی مجموعه سینیتی در اثر نفوذ دایکهای آپلیتی



## بخش دوم: نمونه برداری

هر روش اکتشافی مجموعه علوم و فنی است که به منظور حل یک یا چند مشکل اکتشافی ابداع و توسعه یافته است. این روشها عبارتند از: دوزسنجی، نقشه برداری ژئوفیزیکی (هوائی و زمینی)، تهیه نقشه های ژئوشیمیائی، حفاری و ... هر یک از این روشها برتريها و کاستیهاي دارند. به عبارت دیگر هر یک دارای توانائیا و محدودیتهاي می باشد. در برنامه ریزی اکتشافی لازم است متناسب با ماهیت پیچیدگی و مشکلات اکتشافی روش بهینه ای، که حداکثر توانائی و حداقل محدودیت را ایجاد کند، به کار گرفته شود. اکتشافات ژئوشیمیایی به روش آبراهه ای در مقیاس ۱:۲۰,۰۰۰ در زمره اکتشافهای زیربنائی و گاهی نیمه تفصیلی محسوب می شود که طی آن نواحی با پتانسیل معدنی شناخته شده و برای مرحله بعد پیشنهاد می شود.

### ۲-۱- اهداف اکتشافات ژئوشیمیائی به روش آبراهه ای

به تجربه ثابت شده که نهشته های آبراهه ای (عموماً جزء ۸۰-مش) در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش آبراهه ای (۱/۱۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰) بسیار سودمند واقع می شود. نتایج حاصل از این گونه بررسیهای اکتشافی می تواند در تحلیل ایالت های ژئوشیمیائی و شناخت الگوهای ژئوشیمیائی به روش آبراهه ای و همچنین نواحی که در آنها احتمال کشف نهشته های کانساری بیشتر می باشد، بسیار مؤثر واقع شود. علاوه بر کاربردهای مستقیم ذکر شده نقشه های ژئوشیمیائی نهشته های آبراهه ای می تواند کاربردهائی در زمینه کشاورزی و محیط زیست نیز داشته باشد. روشن است که اهداف اکتشافی این نوع بررسیها با اهدافی نظیر تشخیص الگوهای ژئوشیمیایی به روش آبراهه ای برای توزیع عناصر، متفاوت است و به این جهت باید برای هر منظوری از روش مناسب آن استفاده کرد.

در مورد اول، چون هدف اکتشاف آنومالی درهاله های ثانوی است باید از تکنیکهای آماری، که اختلاف بین مقادیر آنومالی و روندهای ناحیه ای را به حداکثر مقدار خود برساند، بهره گرفت تا از طریق شدت بخشی آنومالیا شناسائی هرچه دقیقتر آنها را ممکن سازد.

در حالت دوم، چون هدف دستیابی به روندهای ناحیه ای است، باید از تکنیکهای آماری استفاده کرد که تأثیر آنومالیا را در روندهای ناحیه ای به حداقل خود می رسانند. به عبارت دیگر به دلیل خاصیت برداری داده های ژئوشیمیایی حاصل از رسوبات آبراهه ای بررسی روندهای ژئوشیمیایی حائز اهمیت می باشد.

در ژئوشیمی اکتشافی سه بخش اساسی وجود دارد که شامل نمونه برداری، تجزیه نمونه ها و تفسیر نتایج می باشد. در صورتی که خطائی در نمونه برداری صورت گرفته باشد نه تنها باید بار دیگر آن را تکرار کرد، بلکه باید تجزیه نمونه ها و تفسیر داده ها را نیز دوباره انجام داد که در مجموع مخارج زیادی را دربرمی گیرد. بنابراین نمونه برداری صحیح





از اهمیت خاصی برخوردار است. در نمونه برداری حداقل سه پارامتر را بایستی در نظر داشت که عبارتند از:

۱- تعیین بهترین و مناسبترین محیط نمونه برداری برای عناصر مورد جستجو.

۲- رعایت نکات فنی نمونه برداری به منظور برداشت معرفترین آنها.

۳- طراحی شبکه نمونه برداری بهینه.

نمونه ها باید دقیقاً معرف مواد مورد نظر برای آزمایش بوده و تعداد نمونه ها باید در حدی باشد که متناسب با کلیه تغییرات ترکیبی منطقه مورد مطالعه باشد. انتخاب نمونه مناسب مستلزم داشتن اطلاعات کافی از ماده مورد بررسی و محیط دربرگیرنده آنها است.

در انجام پروژه اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده کلیبر و سراب، اهداف زیر مد نظر بوده است:

۱- بررسیهای آماری تک متغیره، دو متغیره و چند متغیره برای تمام عناصر ژئوشیمیایی

۲- تخمین مقدار زمینه از آنومالی (جداسازی جوامع زمینه از آنومالی)

۳- ترسیم نقشه های ژئوشیمیائی پراکنش برای عناصر:

**Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Mo, Nb,  
Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr**

۴- مشخص نمودن مناطق امیدبخش از میان آنومالیهای فوق و با توجه به اطلاعات حاصل از مشاهدات صحرایی

۵- کنترل آنومالیهای فوق با برداشت نمونه های مینرالیزه و کانی سنگین و شناسایی فاز کانی شناسی عناصر کمیاب.

۶- تهیه نقشه زمین شناسی - معدنی با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ برای محدوده توده های نفیلین سینیت کلیبر و بزقوش

## ۲-۲- طراحی شبکه نمونه برداری

یکی از مراحل مهم و اساسی هر فاز اکتشافی طراحی نقاط نمونه برداری است که به عنوان اساس و پایه کار بایستی بدون خطا و یا با کمترین خطا صورت گیرد. طراحی یاد شده با بررسی و شناخت حوضه های آبریز و شبکه آبراهه ها با هدف نمونه برداری از رسوبات رودخانه ای انجام می گیرد. قبل از طراحی شبکه نمونه برداری ابتدا بایستی نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۰۰/۰۰۰ مناطق پیشنهادی تهیه شود. سپس با قرار دادن نقشه آبراهه ای ۱:۲۰۰/۰۰۰ بر روی نقشه زمین شناسی اقدام به طراحی شبکه نمونه برداری با اهداف زیر شود:

۱- دستیابی به بیشترین توزیع یکنواخت نمونه ها در کل نقشه.

۲- رعایت چگالی نمونه برداری ژئوشیمیائی بر اساس دو نمونه در هر کیلومتر مربع.

۲- قرار دادن نمونه ها در پایین دست گسلها، کتاکتهای مهم زمین شناسی و رگه های پگماتیتی.

در نهایت در این مرحله تعداد ۲۸۰ نمونه ژئوشیمیائی طراحی خواهد شد.



## ۳-۲- انتخاب محیط نمونه برداری

همانطور که قبلاً نیز عنوان شد، هدف از بررسیهای اکتشافی ژئوشیمیایی به روش آبراهه‌ای و نیمه تفصیلی مشخص کردن مناطق امیدبخش برای مراحل بعدی اکتشاف می‌باشد. با توجه به وسعت محدوده اکتشافی، روش بررسی هاله‌های لیتوژئوشیمیائی نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد چرا که آنقدر هزینه اکتشافی بالائی دارد که از لحاظ اقتصادی قابل توجه نمی‌باشد. لذا محیطهای در برگیرنده هاله‌های ثانوی عناصر در محیطهای سطحی نظیر خاکها، آبرفتها، رسوبات رودخانه‌ای، یخرفتها، شیب‌رفتها و غیره، که ضمن هوازگی سوپرژن کانسارها تشکیل می‌شوند، می‌تواند در این مرحله اکتشافی مورد توجه قرار گیرد.

در بررسیهای مقدماتی اکتشافی در حوضه‌های آبریز تحت شرایط آبراهه‌ای گوناگون، بویژه با بارندگی متوسط، اغلب و یا حتی به‌طور انحصاری روش بررسی رسوبات رودخانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع بررسی مواد هر نمونه می‌تواند معرفی از ترکیب شیمیائی مواد بالادست خود باشد. به‌طور خلاصه پوشش وسیع یک نمونه، آسانی نمونه‌برداری و آماده‌سازی، وجود هاله‌های پراکندگی وسیع و سادگی اجرا از امتیازات مثبت این روش می‌باشد. بالا بودن احتمال آلودگی، تغییر وضعیت مورفولوژیکی و فعال بودن پدیده رسوبگذاری مجدد رودخانه‌ای و در نتیجه مشکل شدن تفسیر داده‌ها و روابط آنها با منبع تولید آنومالی از امتیازات منفی این روش می‌باشد.

## ۴-۲- نمونه برداری

عملیات صحرائی و نمونه‌برداری به‌عنوان مهمترین گام از یک گزارش اکتشافی است. روشن است همه نتایج گرفته شده بر پایه داده‌هایی به‌دست خواهد آمد که خود از تجزیه نمونه‌ها به‌دست آمده‌اند. بنابراین اهمیت این مرحله و درستی و صحت آن تأثیر به‌سزائی در دقت یک گزارش ژئوشیمیائی دارد. داده‌پردازی و محاسبات آماری و بررسی فراگیر نمی‌تواند خطای نمونه‌برداری را به‌گونه‌ای روشن و مشخص سازد و بی‌دقتی در نمونه‌برداری باعث بروز دشواریهای پرشماری خواهد شد، که افزون بر هدر رفتن هزینه‌ها، باعث به‌دست آمدن نتایج نادرست و ناهماهنگ با واقعیت خواهد شد. از این رو اهمیت این کار همچون سازه‌ای است که بایستی بر تکیه‌گاهی استوار و به‌دور از هرگونه کاستی و سستی نهاده شود.

پس از تعیین نقاط نمونه‌برداری بر روی نقشه و مشخص شدن شبکه نمونه‌برداری، پس از یافتن محل نمونه‌ها با استفاده از نقشه توپوگرافی و دستگاه جایاب<sup>۱</sup> از نقاط از قبل تعیین شده بر روی نقشه، از جدیدترین رسوبات آبراهه‌ای نمونه برداشت گردید. در طی نمونه‌برداری برخی از معیارها به‌شرح زیر اعمال گردید.

<sup>۱</sup>-Global Positioning System, GPS.





- ۱- در محل هر نمونه پس از کنار زدن مواد سطحی بستر آبراهه توسط بیلچه اقدام به نمونه برداری شد.
  - ۲- به منظور کاهش خطای نمونه برداری سعی شد تا حد امکان طول مسیر برداشت نمونه ها در آبراهه افزایش پیدا کند، مشروط بر آن که در طول مسیر شاخه فرعی جدیدی آبراهه را قطع نکند. با توجه به عرض کم آبراهه ها امکان نمونه برداری دایره ای وجود نداشت. لذا اقدام به جمع آوری نمونه ها به صورت یک سری جزء نمونه از نقاط مناسب برای تجمع رسوبات در فواصل چند متری تا چند ده متری در طول آبراهه با رعایت شرایط بالا گردید.
  - ۳- از برداشت مواد آلی اجتناب شد، چرا که اغلب به دلیل ارتباط با پدیده جذب، غلظت فلزات در آنها بالا است. تجربه نشان داده است که در مواردی آنومالی در این مواد از نوع بی اهمیت بوده و ارتباطی با کانی سازی ندارد.
  - ۴- در جاهائی که عرض آبراهه ها کم بوده، سعی شد تا حد امکان نمونه ها از وسط آبراهه ها برداشت شود. در این زمینه کوشش زیادی برای اجتناب از برداشت واریزه های کنار آبراهه ها شد، زیرا این اجزاء معرف ترکیب میانگین رسوبات حوضه آبریز نیستند.
- در نهایت در این مرحله تعداد ۲۸۰ نمونه ژئوشیمی (۱۹۶ نمونه مربوط به کلیبر و ۸۴ نمونه مربوط به سراب) از محدوده منطقه مورد مطالعه برداشت شد.

## ۲-۵- آماده سازی نمونه ها

اهمیت مراحل اکتشافی و صحت هر کدام از آنها در اخذ نتایج همچون دانه های زنجیری هستند که سرانجام منجر به کشف نهشته های پنهان می شود. گسیختگی هر یک از این حلقه ها می تواند تأثیری نامطلوب در نتیجه نهائی داشته باشد. آماده سازی و آنالیز نمونه ها نیز دانه های از این زنجیر هستند که دقت در حسن اجرای آنها متضمن حصول نتایج واقعی است.

پس از تعیین دقیق محل نمونه ها و نمونه برداری صحیح از رسوبات آبراهه ای بر اساس طرح از پیش تعیین شده، نمونه ها به محل کمپ منتقل شده و همزمان با کنترل نهائی نمونه ها سعی بر آن بود که از هر گونه آلودگی جلوگیری بعمل آید. نمونه های که به صورت خیس برداشت شده، نخست در دمای محیط خشک شده و سپس با الک ۸۰- مش دانه بندی و شماره گذاری شده و به آزمایشگاه ارسال شدند. مرحله آماده سازی در آزمایشگاه شامل پودر کردن و همگن سازی می باشد. در این مرحله نمونه آبراهه ای به وسیله پودر کننده حلقوی تا زیر ۲۰۰- مش پودر گردیده و از بخش پودر شده یک نمونه برای تجزیه انتخاب و بقیه بایگانی گردید.



## ۲-۶- آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی و حد حساسیت دستگاهها

نمونه‌ها در آزمایشگاه بین‌المللی ALS CHEMEX کانادا پس از آماده‌سازی به روشهای ICP-OES و ICP-MS مورد آنالیز قرار گرفته‌اند و مقادیر ۳۸ عنصر در آنها اندازه‌گیری شده است.

مهمترین پارامتر در انتخاب روش آنالیز حد حساسیت آن می‌باشد. اصولاً وجود مقادیر سنسورد برای یک عنصر در تجزیه و تحلیل‌های آماری اختلال ایجاد می‌کند. علاوه بر این، از آنجا که در اکتشافات ژئوشیمیایی اهمیت و کاربرد مقادیر عددی مربوط به هر یک از عناصر صرفاً به منظور مقایسه نسبی آنها با یکدیگر برای تعیین مقادیر آنومالی می‌باشد، لذا حصول مقادیر غیر سنسورد برای یک عنصر در ارتباط با مقدار زمینه آن انتخاب و باید کوچکتر از آن باشد. با توجه به توضیحات فوق مقادیر حد حساسیت برای عناصر مورد نظر با توجه به تکنیکهای آزمایشگاهی موجود و مقدار زمینه عناصر تعیین شده تا با توجه به فراوانی کم عناصر در برخی از سنگها تا حد امکان مقادیر غیر سنسورد حاصل شود.

در آنالیز نمونه‌های محدوده مورد مطالعه حد حساسیت دستگاهها برای هر یک از عناصر در جدول ۱-۲ آورده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود تعداد ۳۸ عنصر مورد آنالیز قرار گرفت که از این میان عناصر Ag, TI به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد سنسورد از پردازش حذف شدند.

عناصر مذکور برای ۱۹۶ نمونه مربوط به منطقه کلپیر و ۸۴ نمونه مربوط به منطقه سراب و ۲۰ نمونه تکراری آنالیز شده‌اند. به این ترتیب در این محدوده ۳۰۰ نمونه مورد آنالیز قرار گرفتند.





اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستانهای کلیبر و سراب

جدول ۲-۱: حد حساسیت دستگاهها برای هر یک از عناصر مورد بررسی (بر حسب ppm)

| Var | Detection Limit | Var | Detection Limit |
|-----|-----------------|-----|-----------------|
| Ba  | 0.2             | Ni  | 2               |
| Ce  | 0.5             | Pb  | 5               |
| Co  | 0.2             | Pr  | 0.2             |
| Cr  | 10              | Rb  | 0.1             |
| Cs  | 0.1             | Sm  | 0.5             |
| Cu  | 0.2             | Sn  | 0.2             |
| Dy  | 0.1             | Sr  | 0.1             |
| Er  | 0.1             | Ta  | 0.2             |
| Eu  | 0.1             | Tb  | 0.2             |
| Ga  | 1               | Th  | 0.02            |
| Gd  | 0.1             | Tm  | 0.1             |
| Hf  | 1               | U   | 0.02            |
| Ho  | 0.2             | V   | 2               |
| La  | 10              | W   | 0.1             |
| Lu  | 0.1             | Y   | 0.05            |
| Mo  | 2               | Yb  | 0.1             |
| Ag  | 1               | Tl  | 0.1             |
| Nb  | 1               | Zn  | 0.2             |
| Nd  | 1               | Zr  | 5               |

## ۲-۷- دقت آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیائی

یکی از سه مؤلفه اصلی در عملیات اکتشاف ژئوشیمیائی، خطای آزمایشگاهی است و به دست آوردن این خطا برای اطلاع از میزان دقت آنالیز حائز اهمیت است. از آنجا که در پروژه ژئوشیمیائی در مقیاس ناحیه‌ای هدف سنجش نسبی مقادیر هر عنصر نسبت به یکدیگر به منظور معرفی مناطق امیدبخش می‌باشد، لذا دقت اندازه‌گیریها در مقایسه با صحت آنها از درجه اهمیت بیشتری برخوردار است. به همین دلیل با آنالیز تکراری نمونه‌های ژئوشیمیائی دقت عملیات مورد بررسی قرار گرفت. در این پروژه ۲۰ نمونه به صورت تکراری و کاملاً تصادفی در کل محدوده مورد بررسی انتخاب گردیدند. در مرحله نخست جهت بررسی وضعیت دقت عملیات از دیاگرام کنترلی طراحی شده برای ۱۰٪ خطاها، که توسط تامپسون و هوارث (۱۹۷۸) ارائه شده، استفاده گردید. بدین منظور ابتدا در جدول ۲-۲ مقادیر میانگین و اختلاف دو مقدار نمونه تکراری محاسبه شدند. در این جدولها در ستونهای اول و دوم شماره سریال نمونه‌های تکراری و جفت مربوط به هر یک، در ستونهای سوم و چهارم مقادیر اندازه‌گیری شده برای هر جفت نمونه، در ستون پنجم مقدار میانگین و در ستون ششم قدر مطلق تفاضل هر زوج نمونه آورده شده است. در دیاگرام کنترلی



تامپسون محورهای افقی و قائم به ترتیب مقادیر میانگین و قدر مطلق تفاضل هر دو اندازه گیری را نشان می دهند. پس از پیاده کردن نقاط مربوط به جفت نمونه های آنالیز شده در صورتی که ۹۰٪ داده ها زیر خط معادل ۱۰٪ (خط سبز) و ۹۹٪ داده ها زیر خط معادل ۱٪ (خط قرمز) قرار گیرند، خطا در حد ۱۰٪ خواهد بود. لذا بر اساس داده های موجود در جدول ۲-۲ ضمیمه فصل دوم دیاگرامهای کنترلی هر یک از عناصر ترسیم گردید. شکل ۱-۲ (پیوست فصل دوم) دیاگرام کنترلی عناصر مورد نظر را نشان می دهند. با بررسی این دیاگرامها دیده می شود که برای تمام عناصر دقت آنالیز از شرایط قابل قبولی برخوردار است. شکلها و جدولها در ضمیمه فصل دوم آورده شده است. علاوه بر روش فوق روش ساده دیگری برای محاسبه خطای نسبی اندازه گیریها وجود دارد که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$e = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^n \frac{|x_i - y_i|}{x_i + y_i}$$

که در آن  $n$  تعداد نمونه های تکراری و  $x_i$  و  $y_i$  مقادیر اندازه گیری در نمونه های تکراری متناظر می باشد. روش دیگر محاسبه تغییر پذیری نمونه های تکراری محاسبه پراش دو سری اندازه گیری است:

$$s^2 = \frac{\pi}{4} \left[ \frac{\sum (x_1 - x_2)}{N} \right]^2$$

در این رابطه  $s^2$  پراش دو سری اندازه گیری،  $N$  تعداد جفت تکراری و  $x_1$  و  $x_2$  مقادیر اندازه گیری شده یک جفت نمونه تکراری است. اگر بخواهیم دقت اندازه گیری را محاسبه کنیم می توان از رابطه  $CI = Z \cdot s$  استفاده کرد که در آن  $CI$  حدود اطمینان (نماینده دقت) و  $Z$  ضریب سطح اعتماد مطلوب است که در سطح اعتماد ۹۵٪ برابر ۱/۹۶ است. با توجه به جدول ۲-۳ مقادیر ضریب تغییر پذیری ( $CI$ ) و خطای نسبی ( $E\%$ ) در سطح اعتماد ۹۵٪ محاسبه شده است. همانگونه که در شکل ۲-۲ مشاهده می شود، بالاترین میزان خطا در عناصر قلع، تنگستن و یوروم مشاهده می شود.





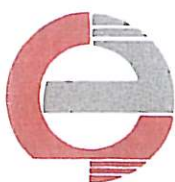
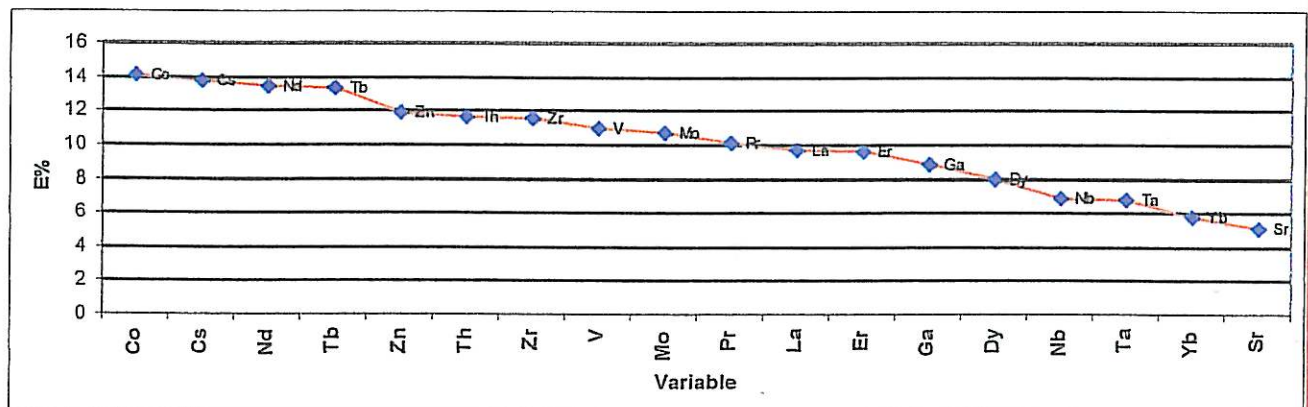
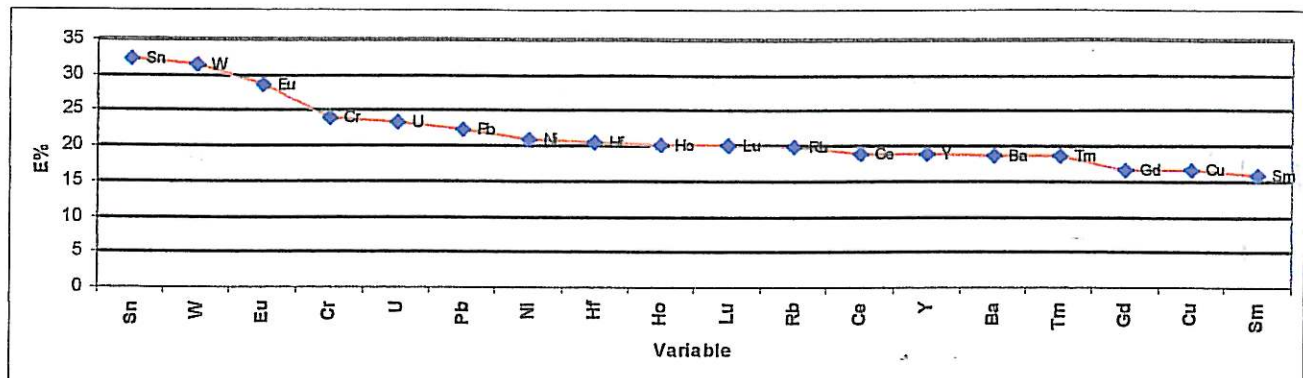
جدول ۲-۳- مقادیر خطای نسبی (E%) و ضریب تغییرات (Cl) محاسبه شده برای عناصر مختلف

| VARIABLE | E           | E%          | S           | Cl          |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ba       | 0.186381013 | 18.63810126 | 105.2570682 | 206.3038536 |
| Ce       | 0.188576131 | 18.85761315 | 12.65654225 | 24.8068228  |
| Co       | 0.140265714 | 14.02657144 | 2.826347201 | 5.539640514 |
| Cr       | 0.239275599 | 23.92755988 | 16.39104176 | 32.12644185 |
| Cs       | 0.137140583 | 13.71405835 | 0.438571117 | 0.85959939  |
| Cu       | 0.165844671 | 16.58446714 | 11.42942912 | 22.40168107 |
| Dy       | 0.079435882 | 7.943588163 | 0.34554088  | 0.677260126 |
| Er       | 0.095987498 | 9.598749828 | 0.239220609 | 0.468872395 |
| Eu       | 0.284971863 | 28.4971863  | 0.314530801 | 0.616480371 |
| Ga       | 0.087804218 | 8.78042185  | 1.461903725 | 2.8653313   |
| Gd       | 0.166025706 | 16.60257063 | 0.890432269 | 1.745247246 |
| Hf       | 0.204445554 | 20.44455544 | 0.797402032 | 1.562907982 |
| Hg       | 0.200719959 | 20.0719959  | 0.163910418 | 0.321264419 |
| La       | 0.096096253 | 9.609625346 | 2.870647314 | 5.626468735 |
| Lu       | 0.200558788 | 20.05587876 | 0.070880181 | 0.138925154 |
| Mo       | 0.106753247 | 10.67532468 | 0.31010079  | 0.607797549 |
| Nb       | 0.068742255 | 6.874225461 | 0.93030237  | 1.823392646 |
| Nd       | 0.133704219 | 13.37042187 | 3.654759312 | 7.163328251 |
| Ni       | 0.207435739 | 20.74357386 | 5.183113205 | 10.15890188 |
| Pb       | 0.223055677 | 22.30556767 | 4.341411061 | 8.509165679 |
| Pr       | 0.100654854 | 10.06548542 | 0.713231817 | 1.397934362 |
| Rb       | 0.19843089  | 19.843089   | 16.41319182 | 32.16985596 |
| Sr       | 0.158135482 | 15.81354819 | 0.987892517 | 1.936269333 |
| Sn       | 0.321904762 | 32.19047619 | 0.531601354 | 1.041938655 |
| Sr       | 0.051030266 | 5.103026635 | 22.70380784 | 44.49946337 |
| Ta       | 0.067803795 | 6.780379535 | 0.070880181 | 0.138925154 |
| Tb       | 0.133013608 | 13.30136076 | 0.106320271 | 0.208387731 |
| Th       | 0.115967469 | 11.59674694 | 0.974602483 | 1.910220867 |
| Tm       | 0.186236998 | 18.62369983 | 0.062020158 | 0.12155951  |
| U        | 0.233590205 | 23.35902053 | 0.593621512 | 1.163498164 |
| V        | 0.108813823 | 10.8813823  | 23.96636106 | 46.97406768 |
| W        | 0.313549784 | 31.35497835 | 0.841702144 | 1.649736203 |
| Y        | 0.188271456 | 18.82714555 | 4.71796202  | 9.24720556  |
| Yb       | 0.057212627 | 5.721262658 | 0.146190372 | 0.28653313  |
| Zn       | 0.118477409 | 11.84774087 | 11.65092968 | 22.83582218 |
| Zr       | 0.115166123 | 11.51661231 | 22.00829607 | 43.1362603  |



اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستانهای کلبر و سراب

شکل ۲-۲: نمودار تغییرات خطای نسبی





## بخش سوم: پردازش داده‌ها

اجرای هر پروژه اکتشافی از آغاز تا پایان به‌طور خلاصه شامل مراحل کلی زیر است، (حسنی‌پاک، شرف‌الدین، ۱۳۸۰):

۱- فاز طراحی.

۲- نمونه‌برداری و اندازه‌گیری (فاز تولید داده‌ها).

۳- تحلیل داده‌ها و رسم نقشه‌های کاربردی.

۴- بررسی امکان‌سنجی (فنی و اقتصادی).

در بخش پیشین راجع به طراحی شبکه نمونه‌برداری، نحوه نمونه‌برداری، آماده‌سازی و اندازه‌گیری داده‌ها بحث شد. در این بخش به تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌پردازیم:

پردازش داده‌ها، طبقه‌بندی و تبدیل آنها به شکلی قابل تفسیر است. این کار با تنظیم اطلاعات در بانکهای اطلاعاتی آغاز و با اعمال محاسبات مختلف ریاضی، آماری یا زمین‌آماري و یا رسم انواع نمودارها و نقشه‌ها اطلاعات قابل فهم تولید می‌کند. نکته خیلی مهم در اینجا این است که در هر مرحله باید با کنترل‌های مداوم از میزان خطاهای احتمالی کاست.

در این پروژه پس از دریافت نتایج آنالیز به‌صورت داده‌های خام ابتدا مقادیر سنسورد شناسائی شد. پس از آن نمونه‌های خارج از رده شناسائی شده و با مقادیری جایگزین گردیدند و بالاخره نرمال‌سازی داده‌های خام انجام شد. در این مرحله بانک اطلاعاتی متشکل از مختصات هر نمونه، مقادیر خام داده‌ها، لگاریتم مقادیر داده‌های خام و مقادیر نرمال شده داده‌های خام می‌باشد.

در مرحله نهائی با استفاده از داده‌های نرمال شده ضرایب همبستگی تعیین، آنالیز خوشه‌ای و تجزیه عاملی انجام شد و سرانجام با استفاده از پارامترهای آماری جوامع زمینه از آنومالی جدا شده و به کمک روش P.N آنومالیهای واقعی شناسائی شدند.

### ۳-۱- برآورد مقادیر سنسورد

داده‌های سنسورد به‌داده‌هایی گفته می‌شود که در بین آنها، به‌علت بالا بودن حد حساسیت دستگاههای اندازه‌گیری، تعدادی از داده‌ها به‌صورت مقادیر کوچکتر از حد حساسیت دستگاه یافت می‌شوند. چنین اعدادی



می تواند بررسیهای آماری را دچار اختلال کند. زیرا اولاً روشهای آماری نیاز به مجموعه کاملی از داده های غیرسنسورد دارد و ثانیاً در مواردی، نظیر جداسازی زمینه از آنومالی که سنجشهای نسبی صورت می گیرد، وجود داده های سنسورد موجب ارزیابیهای غیردقیق می شود. اگر داده های سنسورد تخمین زده شده و جایگزین گردند مقدار زمینه و شدت آنومالیاها دقیقتر محاسبه خواهد شد.

پس از کنترل دقت آنالیز نمونه ها و بررسی خطاهای آنالیز در این مرحله ابتدا داده های خام مربوط به عناصری که دارای بیش از ۵۰٪ مقادیر سنسورد بودند کنار گذاشته شدند. هرچند پردازش این عناصر به علت بالا بودن مقادیر سنسورد حائز اهمیت نمی باشد، اما بررسی مقادیر غیرسنسورد این عناصر از لحاظ اکتشافی می تواند مفید باشد. عناصری که در این مرحله به علت بالا بودن تعداد داده های سنسورد کنار گذاشته شدند، شامل عناصر نقره و تالیم می باشند. عنصر تالیم ۱۰۰٪ دارای مقادیر سنسورد می باشد و ۹۷/۵٪ مقادیر نقره سنسورد می باشند.

به هر صورت با بررسی همه جانبه داده های سنسورد و روشهای مختلف جایگزینی آنها، تصمیم بر آن شد که به جای مقادیر کمتر از حد تشخیص، مقدار  $\frac{3}{4}$  حد آن جایگزین گردد (جدول ۳-۱). این روش جایگزینی مورد استفاده کارشناسان سازمان زمین شناسی آمریکا و کاربران نرم افزار STATPAC بوده است.

جدول (۳-۱): حد حساسیت و مقادیر جایگزینی هر یک از عناصر در محدوده های کلیبر و سراب

| Element | Total No. | Censored No. | Percent (%) | Detection Limit | Replaced Value |
|---------|-----------|--------------|-------------|-----------------|----------------|
| Ag      | 300       | 287          | 95.7        | 1               | ----           |
| Cr      | 300       | 1            | 0.3         | 10              | 7.5            |
| Mo      | 300       | 107          | 35.7        | 2               | 1.5            |
| Pb      | 300       | 1            | 0.003       | 5               | 0.375          |
| Ta      | 300       | 19           | 6.3         | 0.5             | 0.375          |
| Tl      | 300       | 300          | 100         | 0.5             | ----           |
| W       | 300       | 6            | 2           | 1               | 0.75           |

### ۳-۲- محاسبات آماری داده های خام

اولین گام در شناخت خصوصیات داده های اکتشافی محاسبه پارامترهای آماری داده ها، نظیر میانگین، انحراف معیار، پراش، چولگی و کشیدگی است. این محاسبات در واقع ابتدایی ترین بررسیهای آماری می باشد. پس از کنترل دقت آزمایشگاه و تخمین مقادیر سنسورد و حذف متغیرهایی که بیش از ۵۰٪ سنسورد داشتند، داده ها در چند مرحله برای پردازش و بررسی پارامترهای آماری حاصل از آن تحت مطالعه قرار گرفتند.

داده های تک متغیره با نمایش شماری از آرایه های تک بعدی در راستای یک خط مقیاس بندی شده ارائه





می‌شوند. هدف از نمایش داده‌ها، اخذ نتایج بهتر و ارائه یک روش تفسیر مناسبتر آمارهای توصیفی است که به‌طور خلاصه در یک محیط نرم‌افزاری محاسبه شده و در یک محیط گرافیکی مطلوب به‌تصویر در می‌آیند. سه ویژگی موقعیت<sup>۱</sup>، پراکندگی<sup>۲</sup> و شکل<sup>۳</sup> توسط هیستوگرام قابل بررسی و تفسیراند. این ویژگیها به یک یا چند مقدار ثابت وابسته‌اند که به‌نام پارامترهای جامعه و یا پارامترهای توزیع فراوانی نامیده می‌شوند. محاسبه ریاضی این پارامترها وابسته به میانگین و تغییرپذیری داده‌ها است. در این مرحله با توجه به تعیین ماهیت نرمال یا لاگ-نرمال هر عنصر، پارامترهای آماری دقیقتری برای عناصر به‌دست می‌آید. هیستوگرام فراوانی، منحنی فراوانی تجمعی و جدول مربوط به پارامترهای آماری هر یک از عناصر مورد مطالعه به‌ترتیب در شکل ۳-۱ و جدول ۳-۲ آورده شده است. با توجه به این نمودارها می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

۱- اکثر عناصر دارای توزیع لاگ-نرمال هستند. از این میان عناصر Co, Ga, Ho, Lu, Tm دارای توزیع نرمالتی نسبت به دیگران می‌باشند.

۲- شکل توزیع فراوانی برخی از عناصر مؤید وجود جوامع آماری می‌باشد که این مسئله در ساده‌ترین حالت می‌تواند به‌صورت دو جامعه آنومالی و غیرآنومالی تلقی شود. ولی با توجه به ماهیت نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای می‌توان عوامل لیتولوژی و زمین‌شناسی را نیز در پیدایش چنین جوامعی مؤثر دانست. به عبارت دیگر عوامل مختلفی نظیر سنگ منشأ متنوع در بالادست نمونه آبراهه‌ای، فرآیند کانی‌سازی و غیره می‌توانند موجب بروز شکل غیرنرمال در توزیع فراوانی مقادیر عنصری شوند. عناصری که دارای جوامع دو مدی هستند عبارتند از Rb, U, Th.

۳- با توجه به جدول پارامترهای آماری داده‌های خام (جدول ۳-۲) مقدار چولگی در تمام عناصر نسبتاً پایین می‌باشد. بالاترین مقدار آن ۵/۱ برای عنصر مولیبدن و ۴/۲۴ برای عنصر کرم است. وجود نمونه‌های خارج از ردیف در این عناصر منجر به بالا رفتن میزان چولگی شده است. در عناصر کمیاب و نادر خاکی مقدار چولگی و کشیدگی بسیار پایین می‌باشد.

<sup>1</sup>-Location.

<sup>2</sup>-Dispersion.

<sup>3</sup>-Shape.



| Variable               |         | Y           | Yb          | Zn          | Zr          |
|------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| N                      | Valid   | 280         | 280         | 280         | 280         |
|                        | Missing | 0           | 0           | 0           | 0           |
| Mean                   |         | 28.0575     | 2.700714286 | 104.3142857 | 175.0807143 |
| Std. Error of Mean     |         | 0.621417786 | 0.058002668 | 2.153654484 | 4.240232648 |
| Median                 |         | 24.9        | 2.4         | 97          | 160.5       |
| Mode                   |         | 21.4        | 2.2         | 84          | 147         |
| Std. Deviation         |         | 10.39830842 | 0.970570274 | 36.03753235 | 70.9526632  |
| Variance               |         | 108.1248181 | 0.942006656 | 1298.703738 | 5034.280415 |
| Skewness               |         | 1.402948845 | 1.582626163 | 2.659671387 | 2.296671597 |
| Std. Error of Skewness |         | 0.145608915 | 0.145608915 | 0.145608915 | 0.145608915 |
| Kurtosis               |         | 2.079014754 | 2.698931925 | 11.00852454 | 8.742332083 |
| Std. Error of Kurtosis |         | 0.290209022 | 0.290209022 | 0.290209022 | 0.290209022 |
| Range                  |         | 63          | 6.2         | 307         | 544         |
| Minimum                |         | 7.3         | 0.8         | 33          | 61          |
| Maximum                |         | 70.3        | 7           | 340         | 605         |
| Percentiles            | 25      | 21.525      | 2.1         | 84          | 136         |
|                        | 50      | 24.9        | 2.4         | 97          | 160.5       |
|                        | 75      | 31.95       | 2.9         | 112.75      | 193.625     |
|                        | 90      | 43.48       | 4.3         | 143.8       | 256         |
|                        | 97.5    | 58.22       | 5.2         | 213.55      | 350.65      |

### ۳-۳- بررسی روشهای آماری آزمون مقادیر خارج از ردیف

در مباحث آماری به مقادیری که به طور معنی داری نسبت به سایر مقادیر اختلاف دارند، مقادیر خارج از ردیف گویند. این مقادیر گاهی به دلیل وجود خطاهای تجربی، مانند خطای آنالیز، در داده‌ها وارد می‌شوند، ولی گاهی هم به دلیل ناهمگنیهای موجود در جامعه داده‌های اکتشافی ایجاد می‌شوند. برای مثال در داده‌های اکتشافی ناحیه‌ای مقادیر آنومالی در این رده قرار می‌گیرند.

پرواضح است که چنین توزیعهائی را نمی‌توان توزیع نرمال در نظر گرفت. در این صورت ابتدا مقادیر خارج از ردیف را به کمک نمودارهای جعبه‌ای<sup>۱</sup> (شکل ۳-۱) شناسائی کرده و آنگاه آنها را از میان داده‌ها حذف یا توسط بالاترین مقدار پس از مقادیر خارج از ردیف جایگزین می‌کنیم. چنانچه نمونه‌های خارج از ردیف را حذف کنیم، در مرحله بعد پس از نرمال کردن داده‌ها این مقادیر را اضافه کرده و سپس جوامع آنومالی را جدا می‌کنیم. جدول (۳-۳) فهرست نمونه‌های دارای مقادیر خارج از ردیف را برای متغیرهای مختلف نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup>-Box Plot.





جدول (۳-۳): فهرست نمونه‌های دارای مقادیر خارج از ردیف.

| Var | نمونه‌های خارج از ردیف   | Var | نمونه‌های خارج از ردیف    |
|-----|--------------------------|-----|---------------------------|
| Ba  | 154                      | Ni  | 165,67                    |
| Ce  | 23,63,221,194,240,226,51 | Pb  | 2,8,10                    |
| Co  | 37,127,122,125,38,83     | Pr  | 51                        |
| Cr  | 100,59,180,101,67,99     | Rb  | -----                     |
| Cs  | 5                        | Sm  | 23,63,221,57,51           |
| Cu  | 44                       | Sn  | 4,221                     |
| Dy  | 57,63,221,51,83          | Sr  | 154,145,150,151,134/1,146 |
| Er  | 221,57,63,51,240,23      | Ta  | 51,221,57,63              |
| Eu  | 63,23                    | Tb  | 23                        |
| Ga  | 83,88                    | Th  | 138,44,45,46              |
| Gd  | 23                       | Tm  | 23,64,63,221              |
| Hf  | 5,221                    | U   | 135,221,63                |
| Ho  | 23,221                   | V   | 135,221                   |
| La  | 51,221,63,23             | W   | 44,45,46                  |
| Lu  | 221,280,63,57            | Y   | 221,23,57                 |
| Mo  | 221,87                   | Yb  | 221,57,63,240             |
| Nb  | 63,51,57                 | Zn  | 221,83                    |
| Nd  | 51                       | Zr  | 63,136,221,135,5          |

## ۳-۴- نرمال سازی داده‌های خام

پس از جداسازی مقادیر خارج از ردیف مشاهده می‌شود که هنوز داده‌های برخی از متغیرها به علت وجود خصلت لاگ- نرمال کاملاً نرمال نشده‌اند. از طرفی لازمه استفاده از برخی روشهای آماری، مانند محاسبه ضریب همبستگی پیرسون، نرمال بودن تابع توزیع متغیرهای مورد مطالعه است. به همین دلیل بایستی تابعهای توزیع نرمال شوند. معمولاً روشهای مختلفی جهت نرمال کردن توابع توزیع وجود دارد. مهمترین این روشها عبارتند از: تبدیل لگاریتمی سه پارامتری، تبدیل کاکس و باکس، استفاده از نمودار احتمال لگاریتمی، استفاده از نمودار فینی و...

در این پروژه جهت نرمال سازی داده‌ها از روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری استفاده شده است. در مواردی که با تبدیل لگاریتمی ساده نتوان توزیع داده‌ها را به توزیع نرمال نزدیک کرد با افزودن و یا کاستن عددی آن را می‌توان به توزیع نرمال نزدیک نمود. این روش، که به روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری معروف است، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$p(x) = L_g(ax \pm b)$$

در عمل برای ساده کردن تبدیل، مقدار  $a$  را واحد در نظر می‌گیرند، لذا تنها مسأله تعیین مقدار مثبت یا منفی  $b$  است. معمولاً مقدار این عدد با سعی و خطا به دست می‌آید تا جایی که تابع توزیعی با ویژگی نرمال حاصل شود. برای اثبات نرمال شدن داده‌ها از هیستوگرامها و منحنی توزیع تجمعی و پارامترهای آماری مربوط به تک تک عناصر



استفاده شده است.

با توجه به پارامترهای آماری (جدول-۳-۴) و شکل‌های ۳-۲ هر متغیر می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر چولگی و کشیدگی متغیرها در مقایسه با مقادیر متناظر داده‌های خام تا چه اندازه کاهش یافته و منحنی توزیع تجمعی آنها چطور به یک خط راست، که مبین توزیع نرمال می‌باشد، تبدیل شده است.





## ۳-۵- بررسی آماری دومتغیره (تعیین ضرایب همبستگی)

در بررسیهای تک متغیره روابط بین متغیرها در نظر گرفته نمی شود و عملیات پردازش داده ها تنها روی یک متغیر، بدون در نظر گرفتن ارتباط بین متغیرها، صورت می گیرد. در صورتی که در زمین شناسی اقتصادی روابط و همبستگی ژنتیکی مستقیم و معکوس بین عناصر و کانسارهای مختلف وجود دارد که از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در بررسیهای دومتغیره همبستگی بین متغیرها با عددی به نام ضریب همبستگی نشان داده می شود. ضریب همبستگی می تواند نشانگر ارتباط همسوی دو متغیر a و b (افزایش یا کاهش همسوی دو متغیر a و b) و یا ارتباط غیر همسوی آن دو (افزایش متغیر a همراه با کاهش متغیر b یا برعکس) باشد. در حالت اول همبستگی مستقیم و در حالت دوم همبستگی معکوس است. ضریب همبستگی عددی بین -۱ و +۱ است که عدد +۱ بیانگر همبستگی کامل مستقیم، عدد -۱ بیانگر همبستگی کامل معکوس و عدد صفر بیانگر عدم همبستگی می باشد.

ضرایب همبستگی از درجه اعتبار و سطح معنی دار بودن<sup>۱</sup> معینی برخوردار هستند. این اطلاعات همراه با خود ضرایب همبستگی در جدولی توسط نرم افزار محاسبه می شود. این درجه اعتبار به تعداد نمونه ها بستگی دارد؛ هرچه تعداد نمونه ها بیشتر باشد ضرایب همبستگی از درجه اعتبار بیشتری برخوردار می باشند. سطح اعتماد به صورت درصدی بیان می شوند. روشهای گوناگونی برای محاسبه ضرایب همبستگی وجود دارد؛ روش محاسبه پیرسون، که به نوع تابع توزیع حساس است و روشهای رتبه ای که چندان حساسیتی به تابع توزیع ندارند.

در این پروژه، از میان روشهای گوناگون برای محاسبه ضرایب همبستگی، روش محاسبه ضرایب همبستگی رتبه ای/اسپیرومن، که مستقل از تابع توزیع است، انتخاب شده که در آن  $r_{sp}$  ضریب همبستگی بین دو متغیر  $x$  و  $y$  و  $R_i$ ،  $S_i$  رتبه متناظر آنها می باشد:

$$r_{sp} = \frac{\sum (R_i - \frac{n+1}{2})(S_i - \frac{n+1}{2})}{\frac{n(n^2 - 1)}{12}}$$

در پروژه اکتشاف عناصر کمیاب ضرایب همبستگی در قالب یک ماتریس  $36 \times 36$  به علاوه جدول سطح اعتماد این ضرایب با استفاده از ۲۸۰ داده در جدولهای (۳-۵) و (۳-۶) آورده شده است. مقایسه ضرایب همبستگی پیرسون و اسپیرمن نشان می دهد که مقادیر ضرایب همبستگی اسپیرمن بزرگتر از مقادیر ضرایب پیرسون می باشد. دلیل این امر وجود مقادیر خارج از ردیف در بین داده های خام است که باعث می شود ضریب همبستگی اسپیرمن غیر واقعی ارزیابی گردد. به عنوان مثال اگر مقادیر خارج از ردیف بزرگتر از داده ها باشد، ضریب همبستگی به طور غیر عادی بزرگتر برآورد می شود، بنابراین ضرایب همبستگی واقعیتر، ضرایب پیرسون است که برای داده های نرمال برآورد شده است. با توجه به ضرایب همبستگی اسپیرمن و پیرسون نتایج زیر استنباط می شود:

<sup>1</sup> Significant Level



- ۱- همبستگی عنصر باریوم با اکثر عناصر در حد ضعیف تا بسیار ضعیف می باشد. تنها با عنصر Rb همبستگی خوبی نشان می دهد. باریوم با روبيدیم در گروه عناصر LILE می باشد.
  - ۲- همبستگی متوسطی بین عناصر کروم، کبالت و نیکل دیده می شود. این عناصر با سایر عناصر همبستگی ضعیفی از خود نشان می دهند.
  - ۳- با توجه به جدول همبستگی اسپیرمن عناصر نادر خاکی با یکدیگر همبستگی بالایی از خود نشان می دهند.
  - ۴- زیرکنیم بالاترین میزان همبستگی را با هافنیم از خود نشان می دهد. این در حالی است که این عنصر با عناصری نظیر Ce, Y, Yb و بسیاری از عناصر کمیاب دیگر همبستگی بالایی دارد.
  - ۵- روی همبستگی متوسط تا ضعیفی با عناصر دیگر دارد.
  - ۶- اورانیم با برخی از عناصر کمیاب همبستگی خوبی از خود نشان می دهد. بالاترین میزان همبستگی با عنصر توریم می باشد.
  - ۶- مس و مولیبدن بالاترین همبستگی را با یکدیگر از خود نشان می دهند. همبستگی این عناصر با سایر عناصر در حد ضعیف تا خیلی ضعیف می باشد.
- ضریب همبستگی خطی معیاری از درجه تمایل دو متغیر به داشتن رابطه خطی است و شاید همبستگی کلی دو متغیر را نشان ندهد. پس لازم است برای درک بهتر ضریب همبستگی، آن را همراه با نمودار پراکنش مورد بررسی قرار داد.
- نمودارهای شکل ۳-۳ پراکنش نمونه های ژئوشیمیایی برای عناصر کمیاب به صورت دو به دو مورد بررسی قرار گرفته شده است. نمودارهای شکل ۴-۳ برای عناصر کمیاب به صورت سه بعدی نمایش داده شده است. با استفاده از این نمودارها می توان به دلایل همبستگی برخی عناصر و همبستگی ضعیف برخی دیگر پی برد. این نمودارها پراکنش نمونه های ژئوشیمیایی را برای عناصری به دست می دهند که در جدول ضرایب همبستگی پیروسون بیشترین میزان همبستگی را دارند.
- با توجه به نمودارهای پراکنش می توان نتیجه گرفت بسیاری از عناصر نادر خاکی با یکدیگر و عناصر HFSE با یکدیگر رابطه خطی بهتری از خود نشان می دهند. این مسئله مربوط به بالا بودن سطح معنی دار بودن در عناصر مذکور می باشد.





## ۳-۶- بررسیهای آماری چندمتغیره

## ۳-۶-۱- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

در تحلیل خوشه‌ای هدف دستیابی به ملاکی برای طبقه‌بندی هرچه مناسبتر متغیرها و یا نمونه‌ها<sup>۱</sup> براساس تشابه هرچه بیشتر درون گروهی و اختلاف هرچه بیشتر میان گروهی است. لذا اگر مقدار عیار مس در یک نمونه  $X$  و در نمونه دیگر  $Y$  باشد، ما با  $Y-X$  سروکار داریم. این ویژگی کمک می‌کند تا بتوان متغیرها و نمونه‌ها را به صورت خوشه‌هایی، که بیشینه تشابه ممکن را درون خود و بیشینه اختلاف را میان خود دارند، رده‌بندی کرد.

هنگامی که  $n$  نمونه را برای  $p$  متغیر مختلف مورد اندازه‌گیری قرار می‌دهیم، می‌توانیم برحسب میزان شباهتی که بین مقادیر این زوجها وجود دارد، نمونه‌ها و یا متغیرها را دسته‌بندی کنیم. این عمل می‌تواند منجر به گروه‌بندی واقعی و یا غیرانتظار شود که هم بررسی روابط جدید را به دنبال دارد و هم موجب کاهش داده‌ها و در نتیجه سهولت بررسی آنها می‌گردد. در روش آنالیز خوشه‌ای دو نوع گروه‌بندی وجود دارد (حسنی‌پاک، شرف‌الدین، ۱۳۸۰):

- نوع اول به گروه‌بندی متغیرها می‌پردازد و نوع  $R$  نام دارد.
- نوع دوم به گروه‌بندی نمونه‌ها می‌پردازد و به نوع  $Q$  معروف است. از روش  $Q$  برای گروه‌بندی برخی جوامع سنگی نیز استفاده می‌شود.

روشهای مختلفی برای خوشه‌بندی داده‌ها وجود دارد. یکی از این روشها، روش اتصال<sup>۲</sup> است که در آن به ترتیب اشیاء (نمونه‌ها و متغیرها) با شباهت بیشتر با استفاده از روش بازگشتی به هم متصل می‌شوند. تمامی روشهای خوشه‌بندی مبتنی بر ماتریس شباهتها می‌باشد که با یکی از روشهای مندرج در بند قبل محاسبه می‌شود. در مرحله اول دو نمونه و یا دو متغیری که بیشترین شباهت را دارند به هم وصل می‌شوند. در هر تکرار شبیه‌ترین زوج خوشه‌ها و یا اشیاء به هم وصل می‌شوند. الگوریتمهای مختلفی برای محاسبه شباهتهای بین خوشه‌ای و بین خوشه و شیء وجود دارد. این روشها عبارتند از: روش اتصال نزدیکترین همسایگی، روش دورترین همسایگی، روش وارد و روش اتصال عامل.

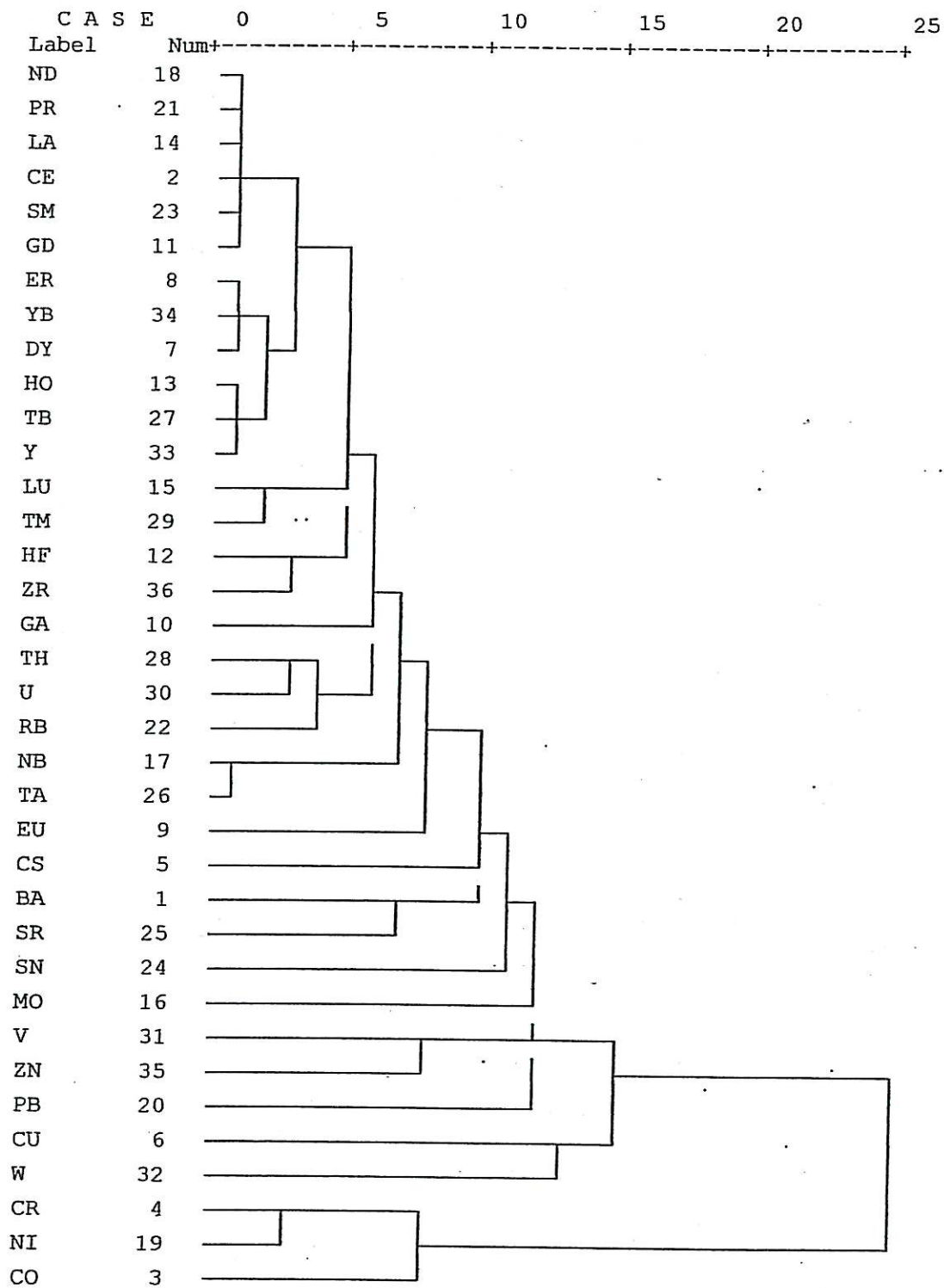
شکل ۳-۵ دیاگرام خوشه‌ای مربوط به متغیرهای ژئوشیمیایی مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل نتایج زیر استنباط می‌شود.

<sup>۱</sup>-Variables and Cases.

<sup>۲</sup>-Linkage.



Fig (3-5): Dendrogram Using Complete Linkage Rescaled Distance Cluster Combine for Normal Data.





- ۱- عناصر نادر خاکی با همبستگی بسیار خوب در چهار گروه در بالای نمودار خوشه‌ای قرار گرفته‌اند. در میان این عناصر کمترین میزان همبستگی بین عناصر Lu-Tm می‌باشد.
- ۲- در میان عناصر گروه HFSE نیوبیوم با عنصر تانتالیم و زیرکنیم با عنصر هافنیم همبستگی خوبی از خود نشان می‌دهند.
- ۳- عناصر کروم- نیکل و کبالت با همبستگی متوسط در یک گروه قرار دارند.
- ۴- در میان عناصر گروه LILE باریم- سزیم و استرانسیم با همبستگی متوسط تا ضعیفی در کنار یکدیگر واقع شده‌اند.



## ۳-۶-۲- تجزیه عاملی (آنالیز فاکتوری)

یکی از مسائل پیچیده و مهم در اکتشافات ژئوشیمیائی بررسی همزمان عناصر مورد مطالعه است. یکی از روشهای بسیار قوی در این زمینه تجزیه و تحلیل فاکتوری است. این روش دو مزیت بسیار بزرگ دارد:

- کاهش ابعاد داده‌ها
- بیان ارتباط موجود بین عناصر گوناگون

نقش تجزیه و تحلیل فاکتوری به‌خصوص با تعداد زیاد عناصر مورد بررسی و تعداد زیاد نمونه‌ها بیش از پیش نمایان می‌شود، به‌طوری که فهم و درک تغییرپذیری داده‌ها را بسیار ساده‌تر می‌کند. تجزیه و تحلیل فاکتوری براساس روش PCA<sup>۱</sup> استوار است. این روش تکنیکی برای پیدا کردن ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هم‌بستر است که تشکیل یک دستگاه محور مختصات جدید بدهند. این ترکیبات خطی را مؤلفه‌های اصلی می‌نامند و دارای خواص زیر هستند:

- ۱- بخش اعظمی از تغییرپذیری توسط تعداد محدودی از متغیرهای جدید قابل توجیه است.
  - ۲- متغیرهای جدید، که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند، بین خود همبستگی نشان نمی‌دهند. قبل از استفاده از روش PCA توجه به دو نکته ضروری است:
  - اگر متغیرهای اولیه همبسته نباشند (ضریب همبستگی کوچکی داشته باشند)، دلیلی برای کاربرد این روش وجود ندارد، چرا که نتایج قابل قبولی از آنها به‌دست نمی‌آید.
  - تجزیه و تحلیل فاکتوری زمانی صورت می‌گیرد که تعداد متغیرهای اولیه به‌حد کافی باشد.
- تجزیه و تحلیل فاکتوری در چهار مرحله انجام می‌گیرد:

- ۱- محاسبه ضرایب همبستگی.
- ۲- استخراج عاملها که شامل تعیین تعداد و روش محاسبه عاملها است.
- ۳- دوران و اعمال تبدیلاتی خاص بر روی عاملها، برای آنکه روابط میان داده‌ها بهتر تفسیر شود.
- ۴- محاسبه امتیاز هر عامل برای تک‌تک نمونه‌ها.

لازم به‌ذکر است که تجزیه و تحلیل فاکتوری ۲۸۰ نمونه برای ۳۶ عنصر کار بسیار طولانی و زمان‌بری است، ولی محاسبات کامپیوتری این مشکل را برطرف کرده و با سرعت بسیار تمام محاسبات انجام می‌گیرد. نتایج حاصل از آنالیز فاکتوری با استفاده از لگاریتم داده‌های خام در جدولهای (۷-۳) تا (۱۱-۳) آورده شده است. این جدولها حاصل مراحل گوناگون آنالیز فاکتوری است که در زیر توضیح داده می‌شوند:

<sup>۱</sup>-Principal Component Analysis.





جدول آزمون KMO و بارتلت<sup>۱</sup> (جدول ۳-۷)

این جدول مربوط به آزمون KMO است که جهت بررسی میزان اعتبار آنالیز فاکتوری صورت می گیرد. در واقع این جدول جهت تأیید یا رد آنالیز فاکتوری کاربرد دارد. مقادیر KMO بزرگتر از ۰/۹۱ بیانگر این است که انجام آنالیز فاکتوری از اعتبار بالائی برخوردار است. به همین ترتیب مقادیر ۰/۸ از اعتبار بالا، ۰/۷ متعادل، ۰/۶ اعتبار متوسط، ۰/۵ از اعتبار ناچیز و مقادیر KMO کمتر از ۰/۵ جهت انجام آنالیز فاکتوری بدون اعتبار هستند. مقدار KMO محاسبه شده برای داده‌های مربوط به این پروژه برابر ۰/۹۲۳۲ می باشد. این میزان بیانگر اعتبار بسیار بالای آنالیز فاکتوری برای این داده‌ها است.

جدول ۳-۷: آزمون KMO و بارتلت جهت انجام آنالیز فاکتوری

|                                                  |                    |             |
|--------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. |                    | 0.923217245 |
| Bartlett's Test of Sphericity                    | Approx. Chi-Square | 20845.4234  |
|                                                  | df                 | 630         |
|                                                  | Sig.               | 0           |

جدول مشارکتها<sup>۲</sup> (جدول ۳-۸)

این جدول نشان دهنده برآورد اولیه عاملها و بیانگر میزان مشارکت عناصر در این روش است. همانطور که مشاهده می شود اکثر عناصر میزان Extraction بالا داشته که نشانه بالابودن میزان مشارکت آنها است. بیشترین درصد مشارکت با ضرایب بالای ۰/۷ مربوط به اکثر عناصر کمیاب و نادر خاکی می باشد. در این میان عناصر Pb, Mo, Sn, Zn دارای کمترین میزان مشارکت می باشند. بنابراین فاکتورهایی که این عناصر در شکل گیری آنها نقش دارند از اعتبار پائینی برخوردارند.

<sup>۱</sup> -KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) and Bartlett's Test.

<sup>۲</sup> -Communalities.



جدول ۳-۸: میزان مشارکت هر یک از متغیرها در آنالیز فاکتوری

| Var | Extraction | Var | Extraction |
|-----|------------|-----|------------|
| Ba  | 0.861598   | Ni  | 0.909317   |
| Ce  | 0.975295   | Pb  | 0.288792   |
| Co  | 0.819289   | Pr  | 0.960441   |
| Cr  | 0.977086   | Rb  | 0.918026   |
| Cs  | 0.816345   | Sm  | 0.962446   |
| Cu  | 0.875659   | Sn  | 0.412352   |
| Dy  | 0.905118   | Sr  | 0.591121   |
| Er  | 0.899933   | Ta  | 0.798557   |
| Eu  | 0.730592   | Tb  | 0.96464    |
| Ga  | 0.732268   | Ti  | 0.844607   |
| Gd  | 0.954736   | Tm  | 0.904682   |
| Hf  | 0.817804   | U   | 0.862867   |
| Ho  | 0.939951   | V   | 0.828331   |
| La  | 0.953844   | W   | 0.924913   |
| Li  | 0.857615   | Y   | 0.911247   |
| Mo  | 0.421985   | Yb  | 0.888302   |
| Nb  | 0.814998   | Zn  | 0.63839    |
| Nd  | 0.95334    | Zr  | 0.821637   |

جدول توجیه تغییرپذیری کل<sup>۱</sup> (جدول ۳-۹)

از این مرحله به بعد مرحله اصلی توصیف آنالیز فاکتوری آغاز می گردد. تفسیر صحیح این جدول نقش مهمی در تجزیه و تحلیل فاکتوری دارد، چرا که یکی از معیارهای اصلی انتخاب تعداد فاکتورها توجیه میزان تغییرپذیری داده ها است، به طوری که داده های جدید باید حداقل تعداد ابعاد را داشته باشند و بتوانند حداکثر میزان تغییرپذیری کل داده ها را توجیه کنند. تعداد ابعاد جدید با استفاده از این جدول تعیین می شود. در این جدول پارامترهای آماری شامل مقادیر ویژه واریانس و واریانس تجمعی هر مؤلفه همراه با مقادیر مشارکت هر مؤلفه محاسبه گردیده است. بیشترین مقدار ویژه در ارتباط با مؤلفه اول (فاکتور-۱) و برابر ۵۲/۶ و کمترین مقدار مربوط به مؤلفه ششم (فاکتور-۶) و برابر ۲/۸ است. همانطور که گفته شد واریانس تجمعی معیاری جهت تعیین تعداد فاکتورها می باشد.

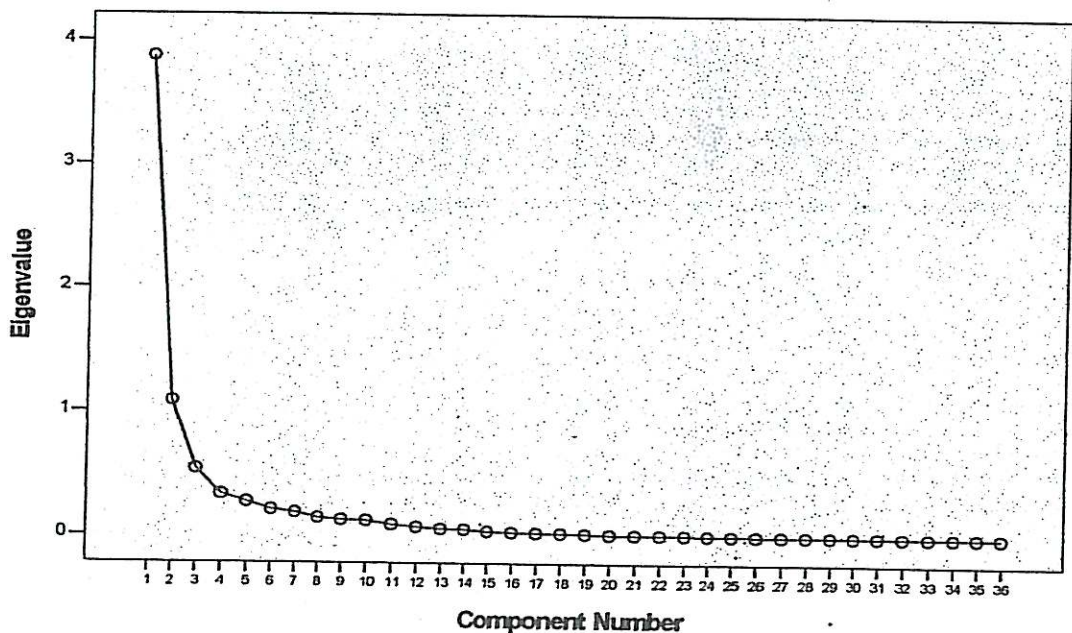
<sup>۱</sup>-Total Variance Explained.



با توجه به جدول مذکور مشاهده می شود که تعداد ۶ فاکتور می توانند تقریباً ۸۶٪ کل تغییرپذیری را توجیه کنند که با توجه به این تعداد فاکتور، مقدار قابل قبولی است. بنابراین براساس آنالیز فاکتوری برای داده های این پروژه ۶ فاکتور معرفی شده است. این تعداد فاکتور از روی نمودار صخره ای<sup>۱</sup> نیز قابل تأیید است، (شکل ۳-۶). از بین ۶ فاکتور انتخاب شده، دو فاکتور اول و دوم بیشترین واریانس را دارا می باشند و بخش زیادی از تغییرپذیری را به تنهایی توجیه می کنند، به طوری که میزان واریانس فاکتور اول تقریباً ۵۲/۶ و فاکتور دوم تقریباً ۱۴/۷٪ کل تغییرپذیری می باشد. بعد از انتخاب ۶ مؤلفه اول، مقادیر خام هر مؤلفه نسبت به هر عنصر و مقادیر تبدیل یافته و ضریب امتیازی هر مؤلفه محاسبه شده است. مقادیر خام تحت بردار خاص VARIMAX قرار گرفته اند. این بردار در اثر چرخش محورها بیشترین واریانس را برای هر مؤلفه محاسبه می نماید. همانطور که ملاحظه می شود بعد از چرخش فاکتورها از میزان واریانس فاکتور اول کاسته شده و بر میزان واریانس سایر فاکتورها افزوده شده است. این نشان دهنده تأثیر بیشتر این فاکتورها در چرخش است.

شکل ۳-۶: نمودار صخره ای جهت نشان دادن تعداد فاکتورهای آنالیز فاکتوری

Scree Plot



<sup>1</sup> Scree Plot



جدولهای ماتریس مؤلفه<sup>۱</sup> و ماتریس مؤلفه چرخش یافته<sup>۲</sup> (جدولهای ۳-۱۰ و ۳-۱۱)

فاکتورهای مذکور بیانگر جمع واریانس هر مؤلفه با واریانس مؤلفه قبلی است. با توجه به جدولهای مذکور و نمودار صخره‌ای ۴ مؤلفه (فاکتور) انتخاب شده است. علت انتخاب این مؤلفه‌ها به دو پارامتر زیر بستگی دارد:

**پارامتر نخست:** شامل درصد تجمعی واریانس حدود ۶۰٪ از یک جامعه ژئوشیمیایی که می‌تواند معرف تقریبی جامعه باشد. حال با در نظر گرفتن ۶ مؤلفه، تقریباً ۸۶٪ واریانس تجمعی جامعه پوشش داده می‌شود که برای تجزیه و تحلیل مؤلفه‌ها مناسب به نظر می‌رسد. دلیل پایین بودن میزان واریانس تجمعی، پایین بودن میزان مشارکت اکثر عناصر در انجام آنالیز فاکتوری می‌باشد.

**پارامتر دوم:** در بررسیهای آماری ژئوشیمیایی از نمودار صخره‌ای استفاده می‌شود که در آن مقادیر ویژه برحسب اهمیت آنها از بزرگترین تا کوچکترین مقدار ردیف شده‌اند. با توجه به این نمودار مقادیر بالای دومین شکست (مقادیر ویژه بالای ۰/۵) معتبر برای انتخاب مؤلفه مورد استفاده قرار می‌گیرند. پس از این که مؤلفه‌ها انتخاب شدند، باید در نظر داشت که مؤلفه‌های خام (غیر چرخشی) نمی‌توانند تمام تغییرپذیری واقعی جامعه را نشان دهند. چون در بسیاری از موارد تعدادی از متغیرها به یک عامل ویژه یا حتی به تعدادی از عاملها بستگی دارد و در نتیجه تعبیر عوامل را با مشکل روبرو خواهد کرد. از این رو روشهایی به وجود آمده است که بدون تغییر میزان اشتراک باعث تعبیر ساده عوامل می‌شود. این روشها همان دوران عاملها است. بنابراین مؤلفه‌های خام بایستی تحت تابع مشخصی چرخش داده شوند تا بهترین واریانس جامعه عمومی به دست آید. در بررسیهای ژئوشیمیایی بیشتر از تابع VARIMAX استفاده می‌شود. با انتخاب این تابع دورانی متعامد بر روی ضرایب عامل صورت می‌گیرد. با این دوران تغییرات مربعات عناصر ستونی، برآورد ضرایب عاملها را ماکزیمم می‌کند.

این روش مقادیری نسبتاً بزرگ یا صفر به ستونهای ماتریس ضرایب عاملها اختصاص می‌دهد. در نتیجه عواملی ایجاد می‌شوند که یا به شدت به متغیرها وابسته‌اند و یا مستقل از آنها هستند. این امر سبب ساده‌تر شدن تعبیر عاملها خواهد شد. مؤلفه‌های چرخش یافته جدید که به این ترتیب به دست می‌آیند مؤلفه‌های اصلی برای محاسبه امتیازات می‌باشند. مؤلفه‌های خام و چرخش یافته به ترتیب در جدولهای ۳-۱۰ و ۳-۱۱ آورده شده‌اند.

<sup>۱</sup>-Component Matrix.

<sup>۲</sup>-Rotate Component Matrix.





در نهایت پس از انجام آنالیز فاکتوری تعداد ۶ فاکتور به شرح زیر شکل گرفته‌اند. جداسازی این فاکتورها بر اساس جدول ۳-۱۲ می‌باشد.

فاکتور-۱: در این فاکتور بیشتر عناصر گروه نادر خاکی (REE) به همراه عناصر Zn, Ga مشارکت دارند. از این میان بیشترین میزان مشارکت مربوط به عناصر Tm, Ho, Tb, Lu می‌باشد.

فاکتور-۲: در این فاکتور به شکل جالبی عناصر گروه HFSE و عناصر W, Th مشارکت دارند. بیشترین میزان مشارکت مربوط به عناصر W, Ta, Nb می‌باشد.

فاکتور-۳: در این فاکتور شاهد مشارکت و همبستگی عناصر LILE به همراه عنصر اورانیم و یوروپیم از میان عناصر نادر خاکی هستیم. بیشترین میزان مشارکت مربوط به عنصر باریوم می‌باشد.

فاکتور-۴: این فاکتور متشکل از عناصر کروم، نیکل و کبالت می‌باشد. این عناصر در فاکتور مذکور دارای مقدار منفی بالایی بوده و نقش سایر عناصر بسیار ناچیز می‌باشد.

فاکتور-۵: این فاکتور متشکل از دو عنصر مس و مولیبدن می‌باشد. سهم عنصر مس در این فاکتور بسیار بالا می‌باشد. ولی در مقابل عنصر مولیبدن به دلیل پایین بودن سهم مشارکت این عنصر در آنالیز فاکتوری دارای سهم پایین‌تری می‌باشد.

فاکتور-۶: این فاکتور متشکل از عناصر سزیم، وانادیم و روبیدیم می‌باشد. وانادیم دارای مقدار منفی بالا می‌باشد. در این میان سزیم دارای بالاترین مقدار می‌باشد.

در اکتشافات ژئوشیمیایی فاکتورها ممکن است بیانگر آثار ترکیبی فرآیندهای ژئوشیمیایی متعددی مانند هوازدگی، توزیع ثانوی، جذب سطحی و یا حتی کانی‌سازی باشند. بنابراین فاکتور آنالیز می‌تواند منعکس کننده همراهیهای ژئوشیمیایی، که در خلال فرآیندهای یاد شده ایجاد می‌شوند، باشد. بنابراین فاکتور آنالیز یکی از بهترین روشها جهت آشکار سازی روابط پنهانی بین نمونه‌ها، متغیرها و فاکتورها است.



جدول ۳-۱۲: میزان مشارکت عناصر تعیین کننده و مهم در هر فاکتور

|    | 1        | 2        | 3        | 4      | 5        | 6        |
|----|----------|----------|----------|--------|----------|----------|
| Ba | —        | —        | 0.713348 | —      | —        | —        |
| Ce | 0.693225 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Co | —        | —        | —        | -0.653 | —        | —        |
| Cr | —        | —        | —        | -0.925 | —        | —        |
| Cs | —        | —        | —        | —      | —        | 0.696685 |
| Cu | —        | —        | —        | —      | 0.885771 | —        |
| Dy | 0.817642 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Er | 0.837349 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Eu | 0.528044 | —        | 0.640501 | —      | —        | —        |
| Ga | 0.58273  | —        | —        | —      | —        | —        |
| Gd | 0.822362 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Hf | 0.596153 | 0.656264 | —        | —      | —        | —        |
| Ho | 0.938185 | —        | —        | —      | —        | —        |
| La | 0.66316  | —        | —        | —      | —        | —        |
| Lu | 0.918514 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Mo | —        | —        | —        | —      | 0.43946  | —        |
| Nb | —        | 0.713371 | —        | —      | —        | —        |
| Nd | 0.742581 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Ni | —        | —        | —        | -0.873 | —        | —        |
| Pb | —        | —        | —        | —      | —        | —        |
| Pr | 0.72049  | —        | —        | —      | —        | —        |
| Rb | —        | —        | 0.544502 | —      | —        | 0.440394 |
| Sm | 0.764459 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Sb | —        | —        | —        | —      | —        | —        |
| Sc | —        | —        | 0.584076 | —      | —        | —        |
| Ta | —        | 0.737547 | —        | —      | —        | —        |
| Tb | 0.918369 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Ti | —        | 0.526975 | —        | —      | —        | —        |
| Tm | 0.944551 | —        | —        | —      | —        | —        |
| U  | —        | —        | 0.574705 | —      | —        | —        |
| V  | —        | —        | —        | —      | —        | -0.66419 |
| W  | —        | 0.802612 | —        | —      | —        | —        |
| Y  | 0.877212 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Yb | 0.822908 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Zn | 0.633501 | —        | —        | —      | —        | —        |
| Zr | —        | 0.558011 | —        | —      | —        | —        |





## ۷-۳- تخمین مقدار زمینه و آنومالی (جداسازی جامعه آنومالی از زمینه)

معمولاً در این زمینه روشهای آماری مختلفی برای جداسازی و تشخیص مناطق آنومال از زمینه توسعه یافته است. این روشها از انواع ساده (غیر ساختاری) تا پیچیده (براساس ساختار فضایی دادهها) تغییر می کنند. مهمترین این روشها عبارتند از:

- ❖ برآورد حد آستانه‌ای براساس میانه و انحراف معیار.
- ❖ جداسازی آنومالیه‌ها براساس حاصل ضرب P.N.
- ❖ جداسازی آنومالیه‌ها براساس فواصل ماله‌لاتوبیس.
- ❖ جداسازی آنومالیه‌ها با استفاده از نمودار احتمال.
- ❖ روش آماری انفصال.
- ❖ استفاده از تحلیل تمایز.
- ❖ استفاده از تحلیل فاکتوری.

در این پروژه جامعه آنومالی از زمینه به کمک روش اول (براساس میانه و انحراف معیار) شناسائی شده است. اگر فقط تعداد کمی نمونه آنومالی در منطقه تحت پوشش مورد انتظار باشد، آنگاه می توان آنومالیهای احتمالی را با استفاده از پارامترهای آماری جامعه کل مشخص کرد. وجود تعداد زیادی مقادیر زمینه و تعداد کمی مقادیر آنومالی ممکن، به طور معمول در اکتشافات ناحیه‌ای با برداشت رسوبات آبراهه‌ای مشاهده می شود که در آن وجود یک نمونه آنومالی معرف وجود یک محدوده کانی سازی است.

از مقادیر زمینه برای تشخیص حد آستانه‌ای استفاده می شود. در اکتشافات ناحیه‌ای مقدار میانه داده‌های ژئوشیمیائی می تواند به عنوان حد زمینه در نظر گرفته شود. به طوری که نیمی از اعضای جامعه پایتتر (در محدوده زمینه) و نیم دیگر بالاتر از آن می باشد.

برای تعیین حد آستانه‌ای نیاز به پارامتر دیگری به نام انحراف معیار است. با توجه به آن که قسمت انتهائی تابع توزیع تحت تأثیر مقادیر آنومال می باشد، لذا توصیه می شود در تعیین انحراف معیار داده‌ها فقط از داده‌های موجود بین ۱۶ تا ۸۴ درصد فراوانی تجمعی استفاده شود. بر طبق تجزیه و تحلیل آماری در یک توزیع نرمال ۶۸/۲۶ درصد از داده‌ها بین  $X \pm S$ ، ۹۵/۴۴ درصد بین  $X \pm 2S$  و بالاخره ۹۹/۷۴ درصد از داده‌ها بین  $X \pm 3S$  قرار می گیرند. این بدان معنی است که در یک سری داده‌های ژئوشیمیائی به طور تئوری ۶۸۳ نمونه از هر ۱۰۰۰ نمونه در فاصله  $X \pm S$  قرار می گیرند. از طرفی چون در برداشتهای اکتشافی، هدف یافتن آنومالیه‌ها است لذا عبارت فوق را می توان به این صورت که ۱۵۹ نمونه از هر ۱۰۰۰ نمونه دارای مقادیر بیش از  $X + S$  می باشند بیان نمود. به همین ترتیب ۲۳ نمونه از هر ۱۰۰۰ نمونه دارای مقادیر بیش از  $X + 2S$  و یک نمونه از هر ۱۰۰۰ نمونه دارای مقداری بیش از  $X + 3S$  خواهد بود. در برداشتهای





ژئوشیمیایی معمولاً  $X+2s$  را برای تعیین حد آستانه‌ای انتخاب می‌کنند. به عبارت دیگر مقادیر بزرگتر از  $X+2s$  به عنوان آنومالی مورد توجه قرار می‌گیرند، به طوری که مقادیر بین  $X+2s$  تا  $X+3s$  به عنوان آنومالی ممکن و مقادیر بزرگتر از  $X+3s$  به عنوان آنومالی احتمالی طبقه‌بندی می‌شود.

به این ترتیب مقادیر میانه و انحراف معیار محاسبه شده و پارامترهای آماری مربوطه به جداسازی آنومالیه‌ها در جدول ۳-۱۳ آورده شده است.

جدول ۳-۱۳: مقادیر میانه و انحراف معیار محاسبه شده برای جداسازی آنومالیه‌های منطقه کلیبر و سراب.

| SAMPLE | X     | S        | X+S      | X+2S     | X+3S     |
|--------|-------|----------|----------|----------|----------|
| Ba     | 630   | 254.4526 | 884.4526 | 1138.905 | 1393.358 |
| Ce     | 61.7  | 37.8452  | 99.5452  | 137.3904 | 175.2356 |
| Co     | 19.7  | 6.79252  | 26.49252 | 33.28504 | 40.07756 |
| Cr     | 80    | 249.2726 | 329.2726 | 578.5452 | 827.8178 |
| Cs     | 3.6   | 1.719865 | 5.319865 | 7.039731 | 8.759596 |
| Cu     | 68    | 46.67812 | 114.6781 | 161.3562 | 208.0344 |
| Dy     | 4.25  | 1.844115 | 6.094115 | 7.93823  | 9.782345 |
| Er     | 2.5   | 1.026143 | 3.526143 | 4.552287 | 5.57843  |
| Eu     | 1.5   | 0.714064 | 2.214064 | 2.928129 | 3.642193 |
| Ga     | 18    | 3.01595  | 21.01595 | 24.0319  | 27.04785 |
| Gd     | 5.5   | 2.731715 | 8.231715 | 10.96343 | 13.69515 |
| Hf     | 4     | 2.056719 | 6.056719 | 8.113439 | 10.17016 |
| Hg     | 0.8   | 0.354326 | 1.154326 | 1.508653 | 1.862979 |
| La     | 33.25 | 19.007   | 52.257   | 71.26401 | 90.27101 |
| Lu     | 0.4   | 0.152734 | 0.552734 | 0.705468 | 0.858202 |
| Mo     | 2     | 1.336646 | 3.336646 | 4.673292 | 6.009939 |
| Nb     | 16    | 7.584309 | 23.58431 | 31.16862 | 38.75293 |
| Nd     | 29    | 16.94822 | 45.94822 | 62.89643 | 79.84465 |
| Ni     | 32    | 32.8412  | 64.8412  | 97.68241 | 130.5236 |
| Pb     | 20    | 14.41407 | 34.41407 | 48.82814 | 63.24222 |
| Pr     | 7.6   | 4.555077 | 12.15508 | 16.71015 | 21.26523 |
| Rb     | 93.7  | 44.45414 | 138.1541 | 182.6083 | 227.0624 |
| Sm     | 5.7   | 3.265564 | 8.965564 | 12.23113 | 15.49669 |
| Sn     | 2     | 0.936023 | 2.936023 | 3.872046 | 4.808069 |
| Sr     | 453.5 | 230.6867 | 684.1867 | 914.8735 | 1145.56  |
| Ta     | 1     | 0.505394 | 1.505394 | 2.010787 | 2.516181 |
| Tb     | 0.8   | 0.35886  | 1.15886  | 1.517719 | 1.876579 |
| Th     | 9     | 4.270165 | 13.27016 | 17.54033 | 21.81049 |
| Tm     | 0.4   | 0.156625 | 0.556625 | 0.71325  | 0.869875 |
| U      | 2.4   | 1.425478 | 3.825478 | 5.250956 | 6.676434 |
| V      | 208.5 | 129.1202 | 337.6202 | 466.7404 | 595.8606 |
| W      | 3     | 2.688307 | 5.688307 | 8.376614 | 11.06492 |
| Y      | 24.9  | 10.39831 | 35.29831 | 45.69662 | 56.09493 |
| Yb     | 2.4   | 0.97057  | 3.37057  | 4.341141 | 5.311711 |
| Zn     | 97    | 36.03753 | 133.0375 | 169.0751 | 205.1126 |
| Zr     | 160.5 | 70.95266 | 231.4527 | 302.4053 | 373.358  |





۳-۸- جداسازی آنومالیه‌ها بر اساس حاصل ضرب  $P.N$ 

منطق روش  $P.N$  در تشخیص مقادیر آنومالی بر دو اصل استوار است. یکی افزایش مقدار متغیر و دیگری افزایش فراوانی نسبی آن. بنابراین شدت هر آنومالی تابع دو عامل است (حسنی‌پاک، شرف‌الدین، ۱۳۸۰):

الف- احتمال پیدایش نمونه‌ای با مقدار مطلوب مورد نظر ( $p$ ): هرچه این احتمال کوچکتر باشد شدت آنومالی در نمونه معرف آن بیشتر خواهد شد. به عنوان مثال اگر احتمال رخداد نمونه‌ای با عیار یک گرم در تن طلا از رسوبات آبراهه‌ای منطقه خاصی  $1/1000$  و احتمال رخداد نمونه‌ای با ۴ گرم در تن طلا از همان رسوبات در همان منطقه  $1/100000$  باشد، رخداد یک مورد از هر یک از این مقادیر دلالت بر قویتر بودن آنومالی دوم یعنی ۴ گرم در تن است.

ب- تعداد نمونه‌های برداشت شده ( $N$ ): هرچه این مقدار کوچکتر باشد شدت آنومالی قویتر است، زیرا به طور متوسط وجود یک مقدار بزرگتر  $X+3s$  در بین ۱۰۰۰ نمونه امری طبیعی است و جزئی از خصوصیات توزیع نرمال است اما اگر یک مقدار بزرگتر از  $X+3s$  در بین ۱۰۰ نمونه یافت شود غیرعادی است و می‌تواند ناشی از وجود مقادیر آنومالی باشد. بنابراین حاصلضرب دو عامل فوق یعنی ( $P.N$ ) می‌تواند به عنوان معیاری برای انتخاب آنومالیه‌ها باشد. هرچه این مقدار کوچکتر از واحد باشد آنومالیه‌ها دارای شدت بیشتری می‌باشند، زیرا در حالت نرمال بودن حاصلضرب تعداد نمونه با عیار مفروض در احتمال وقوع آن عیار واحد خواهد بود. مقدار  $p$  برای هر عنصر در هر نمونه برابر احتمال رخداد عیارهای بزرگتر یا مساوی مقدار متغیر مورد بررسی در نمونه مورد نظر است. بنابراین اگر مقدار متغیر مورد بررسی برای نمونه مورد نظر را  $X_0$  بنامیم از روابط زیر می‌توان مقدار  $p$  را به دست آورد:

$$p = \Phi(Z > Z_0) = 0.5 - \Phi(Z \leq Z_0)$$

$$Z_0 = \frac{X_0 - \bar{X}}{s}$$

که در آن  $Z_0$  مقدار استاندارد شده  $X_0$  و  $\bar{X}$  میانگین داده‌ها،  $s$  انحراف معیار داده‌ها و  $\Phi$  چگالی توزیع نرمال است. معیار انتخاب یک نمونه به عنوان آنومالی آن است که  $p < 1$  باشد، یعنی  $P.N$  خیلی کوچکتر از واحد باشد. بنابراین از روش  $P.N$  می‌توان به عنوان غربالی برای پالایش آنومالیه‌های به دست آمده از روشهای قبلی و مرتب‌سازی آنها به ترتیب اهمیت استفاده کرد. معمولاً برای آنکه با مقادیر عددی خیلی کوچک سروکار نداشته باشیم، به جای  $P.N$  می‌توان از مقدار  $\frac{1}{P.N}$  استفاده کرد. در این صورت هرچه مقدار  $\frac{1}{P.N}$  بزرگتر از واحد باشد، آنومالی مورد نظر با اهمیت‌تر است. نتایج حاصل از این محاسبات در محدوده مورد مطالعه در جدول ۳-۱۴ آورده شده است. با توجه به این جدول می‌توان دریافت تعداد ۶۳ نمونه دارای ناهنجاری هستند.



## بخش چهارم

### تخمین شبکه شاخص ژئوشدگی و

### ترسیم نقشه‌های ژئوشیمیائی

به‌عنوان یک قاعده کلی سنگهای لیتوسفر که به‌گونه خاصی تعلق دارند از طریق ترکیب شیمیائی بسیار مشابه اجزاء اصلیشان مشخص می‌شوند. علاوه بر این امکان تشخیص سری متوالی از عناصر کمیاب براساس فراوانی آنها برای هر گروه از سنگها وجود دارد در این سری هر عنصر کمیاب براساس میانگین فراوانی خود مکان معینی را اشغال می‌کند. البته برخلاف عناصر اصلی، مقدار عناصر کمیاب در هر نوع سنگ احتمالاً تا حدود قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. این تغییرات به‌عوامل متعددی بستگی دارد. دز نتیجه گاهی مقدار میانگین عناصر کمیاب در سنگهایی که عناصر اصلی تشکیل دهنده آنها دارای فراوانی مشابهی هستند، مقداری است که نسبت به یکدیگر تا چندین مرتبه تغییر می‌نمایند این تغییرات مقدار میانگین ممکن است طوری باشد که نسبت به آنچه میانگین ممکن است طوری باشد که نسبت به آنچه در یک سری استاندارد به‌عنوان مقدار زمان شناخته می‌شود انحراف شدیدی را نشان دهد، (Beus. AA and Grigorian, 1977).

این ویژگی ژئوشیمیائی در توزیع عناصر کمیاب، قاعدتاً به‌عنوان صفتی بارز برای هر نوع سنگ خاصی به‌حساب می‌آید. بدین جهت نتایج حاصل از مطالعات توزیع عناصر کمیاب در سنگها امروزه کاربرد وسیعی در بررسیهای اکتشافی پیدا کرده است. در این ارتباط مسئله ویژگیهای ژئوشیمیائی کمپلکسهای زمین‌شناسی بویژه در سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ اهمیت بخصوصی کسب کرده است. به‌طور کلی به‌سیمای خاص توزیع یک یا چند عنصر کمیاب در سنگهای ویژگی ژئوشیمیائی اطلاق می‌شود و بر حسب غلظت زیاده‌تر یا کمتر این عناصر یا مقادیر غیرعادی پراش آنها که برای آن از نوع سنگ خاص نامعمول است بیان می‌شود.

ممکن است در یک سری متوالی از عناصر کمیاب که شاخص یک نوع سنگ معینی است انحراف قابل ملاحظه‌ای دیده شود چنین انحرافات جهت تعیین ارتباط ژنتیکی بین سنگها، تعیین شاخص تشابه یابی تهباهی بین سنگها و تعیین قدرت تولید کانسار چنین سنگهایی به‌کار می‌رود.

وقتی ویژگیهای ژئوشیمیائی به‌عنوان ملاکی برای ارزیابی قدرت تولید کانسار به‌کار رود این اصطلاح معمولاً به‌کلیه اختصاصات ژئوشیمیائی یک کمپلکس کانه‌دار آذرین، و یا رسوبی اطلاق می‌گردد که امکان تشخیص آن





کمپلکس را از سنگهایی که ترکیب شیمیایی و چگونگی پیدایش مشابهی دارند، ولی از نظر کانی‌سازی عقیم می‌باشند فراهم می‌سازد.

ویژگیهای ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در سنگهای آذرین به وسیله تعدادی از عوامل از جمله اختصاصات ژئوشیمیایی ماگمایی مادر، اختصاصات ژئوشیمیایی محیط تبلور و سنگهای درونگیر و خصلت دگرسانی بعد از مرحله ماگمایی سنگ مادر تعیین می‌شود.

تاوسون ۱۹۶۷ نتیجه گرفت که مقادیر عناصر کمیاب در واحدهای آلتره نشده با ژنز مشخص، بدون توجه به سن و وضعیت زمین‌شناسی آن، تا حدود زیادی ثابت است. بنابراین باید پذیرفت که غنی‌شدگی توده‌های نفوذی از عناصر کانساری به فعالیتهای بعد از ماگمایی (Post-Magmatic) مربوط می‌شود.

نحوه توزیع (پراکندگی و تمرکز) عناصر نیز در شرایط مختلف متفاوت می‌باشد و به ترکیب ماگمای اولیه، اندازه و عمق توده نفوذی و شرایط تکتونیکی تبلور و مسیر آن بستگی دارد.

برای نمایش پیوسته تغییرات در کل نقشه‌های ژئوشیمیایی لازم است مقادیر Z در تمام صفحه X-Y معلوم باشد. در عمل برای دستیابی به چنین شرایطی لازم است منطقه تحت پوشش را به شبکه منظمی تقسیم کرد. سپس مقدار متغیر مورد نظر را براساس داده‌های معلوم در نقاط مجهول تخمین زد. در این روش هرچه ابعاد سلول شبکه تخمین کوچکتر باشد حجم محاسبات بیشتر می‌شود. بنابراین شبکه‌بندی دارای محدودیت است و علاوه بر نظر کارشناس وجود امکانات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری نیز در ابعاد شبکه تأثیر دارد.

#### ۴-۱- روش کار

در محدوده مورد مطالعه در مرحله طراحی تعداد ۲۸۰ نمونه ژئوشیمیایی طراحی گردید. همانگونه که در بخش قبل عنوان گردید بر روی داده‌های حاصل از آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی ابتدا یک سری عملیات آماری صورت گرفت.

به این صورت که ابتدا مقادیر سنسورد تخمین زده شدند سپس مقادیر داده‌های خارج از رده شناسایی و جدا شدند و در نهایت به روش لگاریتمی سه پارامتری داده‌های نرمال شدند. در مرحله بعد با استفاده از مقادیر نرمال نقشه‌های پراکنش ژئوشیمیایی عناصر کمیاب با روش تخمین شبکه ترسیم شدند.

قبل از انجام عملیات تخمین شبکه لازم است ابتدا محدوده حوضه آبریز بالادست هر نمونه ژئوشیمیایی جدا شود. این کار به کمک نقشه‌های توپوگرافی انجام شد.

برای هر تخمین لازم است پارامترهایی با توجه به نوع داده‌ها، هدف از تخمین و ساختار فضایی داده‌ها تعیین شود.



کارائی هر روش تخمین تا حدود زیادی بستگی به تعیین صحیح این پارامترها دارد. این پارامترها عبارتند از :

۱- تعیین نقاطی که باید در تخمین یک نقطه مجهول شرکت کنند (نمونه‌هایی که در بخش پایین دست هر نقطه از نقشه وجود دارند).

۲- حداقل و حداکثر تعداد نقاط کنترلی که باید در تخمین یک نقطه مجهول شرکت کنند.

۳- نحوه جستجوی نقاط.

۴- ابعاد شبکه تخمین هرچه کوچکتر در نظر گرفته شود، نمایش نتایج حاصل از درون‌یابی دقیقتر خواهد بود. لازم به ذکر است در صورت کاهش ابعاد شبکه، حجم محاسبات و حافظه مورد نیاز برای نگهداری اطلاعات مربوط به هر سلول شبکه افزایش خواهد یافت.

۵- وزن نقاط کنترلی در تخمین نقطه مورد تخمین.

۶- تخمین مقدار زمینه و آنومالی (جداسازی جامعه آنومالی از زمینه).

#### ۲-۴- شرح آنومالیهای مقدماتی ژئوشیمیائی

اکتشافات ژئوشیمیائی به روش آبراههای در نهایت منجر به هدفدارترین بخش یک گزارش اکتشافی می‌شود که به نام نقشه ناهنجاری مهمترین و کارآمدترین قسمت یک پروژه ژئوشیمیائی است و نقش ویژه و ارزنده‌ای را در تعیین مناطق امیدبخش ایفا می‌نماید. در تعیین دقیق مناطق امیدبخش با پارامترهایی همچون طراحی مناسب و منطقی، نمونه‌برداری دقیق، آماده‌سازی و روش آنالیز مفید و کارساز با حد خطای مجاز و در نهایت داده‌پردازی مناسب انجام شده بر روی نتایج آنالیز، نقش اساسی و پایه را به عهده دارند.

در راستای صحت و درستی نواحی ناهنجاری معرفی شده برای هر عنصر، مراحل بررسی و کنترل آنومالیا نقش انکارناپذیری را ایفا می‌کنند. در این مرحله از عملیات صحرائی مشاهدات اکتشافگران در همسویی با پدیده‌های زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، کانه‌زائی، دگرسانی و... در تعبیر و تفسیر نواحی ناهنجار روشنگر بسیاری از رفتارهای غیرعادی ژئوشیمیائی خواهد بود.

در این بخش به تشریح پراکنش ژئوشیمیایی و ناهنجاری‌های عناصر مورد آنالیز می‌پردازیم و در نهایت نقشه ناهنجاری‌های فاکتوری و ناهنجاری‌های حاصل از روش PN نیز آورده شده است.





## ۴-۲-۱- عناصر نادر خاکی

این عناصر متشکل از ۱۵ عنصر بوده و شامل گروه لانتانیدها و به همراه عنصر لانتانیم در گروه ۳ جدول تناوبی می باشد.

## ۴-۲-۱-۱- لانتانیم (La)، نقشه های شماره A-14 و B-14

این عنصر با عدد اتمی ۵۷ اولین عنصر این گروه می باشد، این عنصر در منطقه کلیبر در شمال روستای حیران علیا حوالی شجاع آباد و جنوب غرب زاویه ناهنجاری نشان می دهد. عنصر لانتانیم در مناطقی که توده نفیلین سینیت رخنمون دارد دارای عیار بالایی می باشد. نمونه های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه های 23, 51, 57 و 63 می باشد. در منطقه سراب نیز عنصر لانتانیم در مناطقی که نفیلین سینیت بزقوش رخنمون دارد دارای عیار بالاتری می باشد. مقادیر زمینه (Back Ground) در واحدهای ولکانیکی مشاهده می شود.

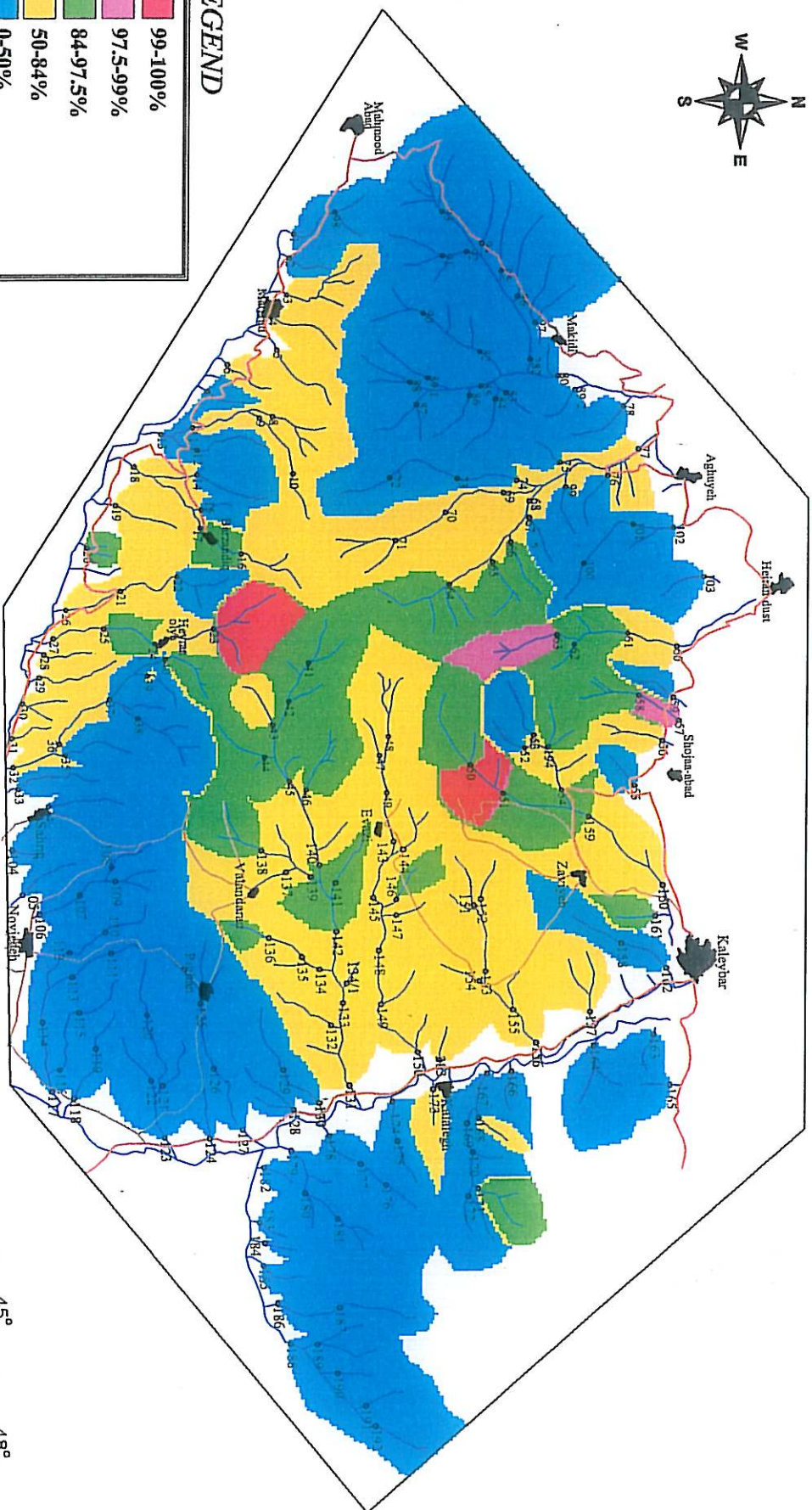
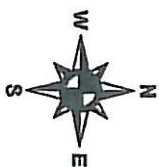
مقادیر دارای ناهنجاری این عنصر در نمونه های 221, 220, 224 و 240 دیده می شود عیار لانتانیم در این

نمونه ها به شرح زیر می باشد:

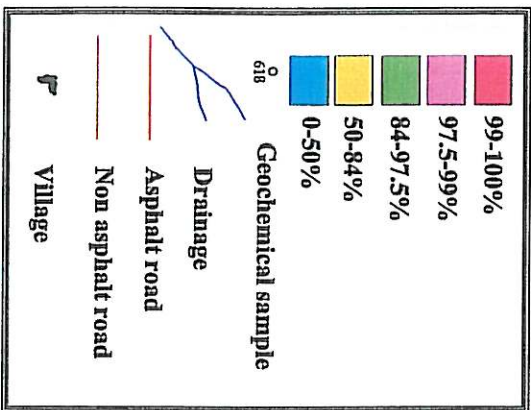
| عیار | شماره نمونه |
|------|-------------|
| 105  | 51          |
| 97.4 | 221         |
| 97.3 | 23          |
| 93.2 | 63          |
| 90.3 | 57          |
| 87   | 64          |
| 85.9 | 62          |
| 85.7 | 194         |
| 84.3 | 61          |
| 82.1 | 240         |
| 77.7 | 66          |
| 77.2 | 226         |
| 76.7 | 224         |
| 76.3 | 25          |
| 73.9 | 236         |
| 71.8 | 222         |
| 71.6 | 161         |



# Kaleybar



## LEGEND



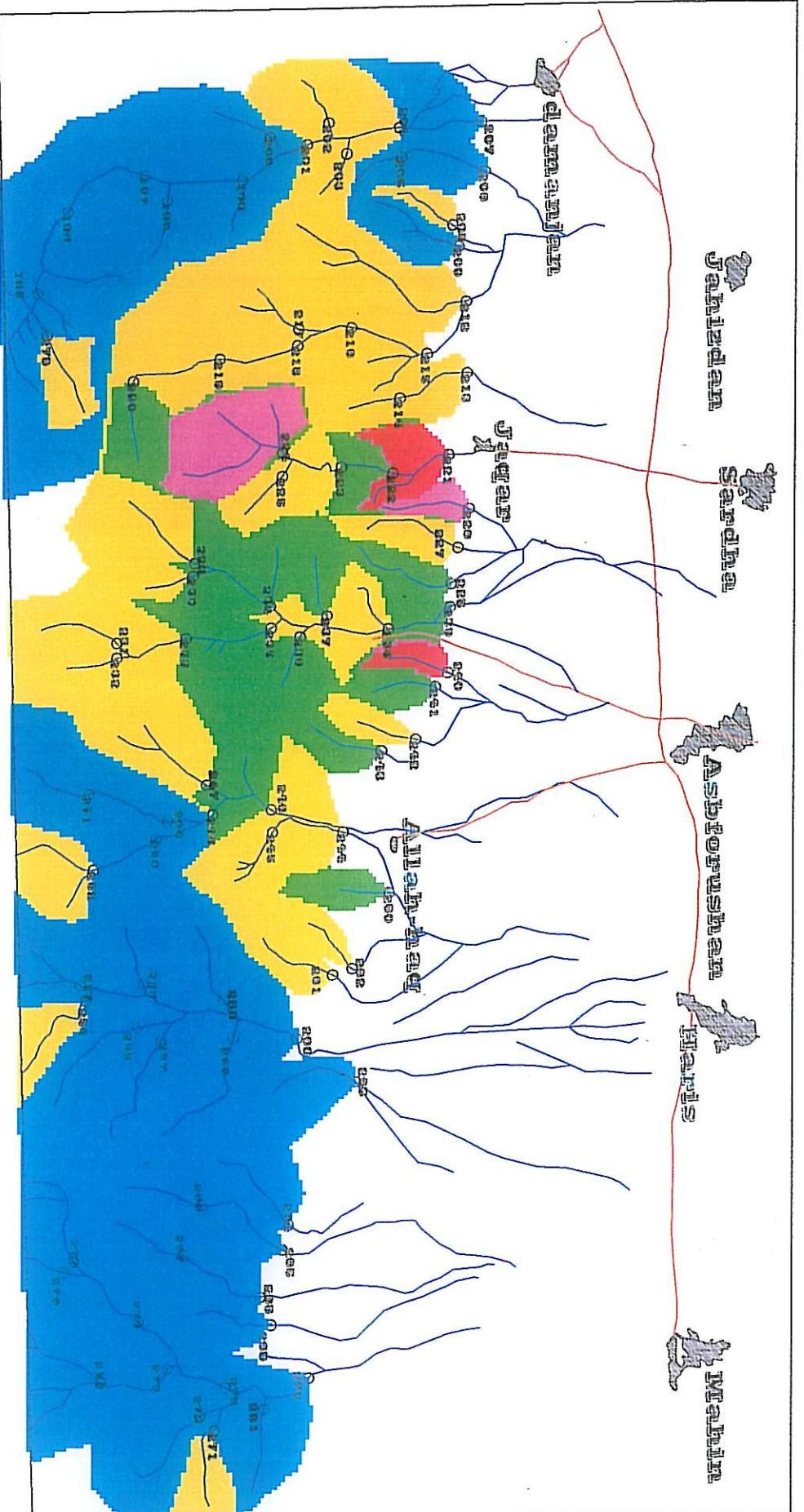
Geochemical Map Of La  
MAP NO:A-14

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saurab



Scale: 1/1,00,000

LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% | Drainage           |
| 84-97.5% | Road               |
| 50-84%   | Village            |
| 0-50%    |                    |



## ۴-۲-۱-۲-۲-۲، نقشه‌های شماره A-2 و B-2

سربیم با دارا بودن عدد اتمی ۵۸ دومین عنصر گروه عناصر نادر خاکی می‌باشد. در منطقه پراکنش این عنصر شباهت زیادی با عنصر لانتانیم دارد. ناهنجاری این عنصر در بخش شمال حیران علیا و جنوب غرب روستای زاویه دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 57, 51, 23, 4, 1 و 63 می‌باشد. در منطقه سراب (بزقوش) نیز پراکنش این عنصر شباهت زیادی با عنصر La دارد. ناهنجاری این عنصر در جنوب روستای جعفر دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری عنصر سربیم شامل 220, 221, 224 و 249 می‌باشد. عیار سربیم در نمونه‌های دارای ناهنجاری به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 23  | 221 | 63  | 57    | 194 | 51    | 240 | 226 | 61    | 224   | 64    | 66    |
|-------------|-----|-----|-----|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| عیار ppm    | 212 | 206 | 206 | 190.5 | 182 | 176.5 | 171 | 162 | 156.5 | 155.5 | 153.5 | 151.5 |
| شماره نمونه | 62  | 280 | 161 | 222   | 239 | 228   | 159 | 25  | 65    | 235   | 234   | 236   |
| عیار ppm    | 150 | 150 | 144 | 142   | 142 | 142   | 141 | 141 | 139.5 | 139   | 138.5 | 151.5 |

## ۴-۳-۱-۲-۲-۲، نقشه‌های شماره A-21 و B-21

این عنصر از لحاظ پراکنش در مناطق مورد مطالعه شباهت زیادی با عناصر قبلی دارد در منطقه کلپیر در جنوب غرب زاویه و شمال حیران بالا ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری شامل نمونه‌های 63, 57, 51, 23 و 194 می‌باشد.

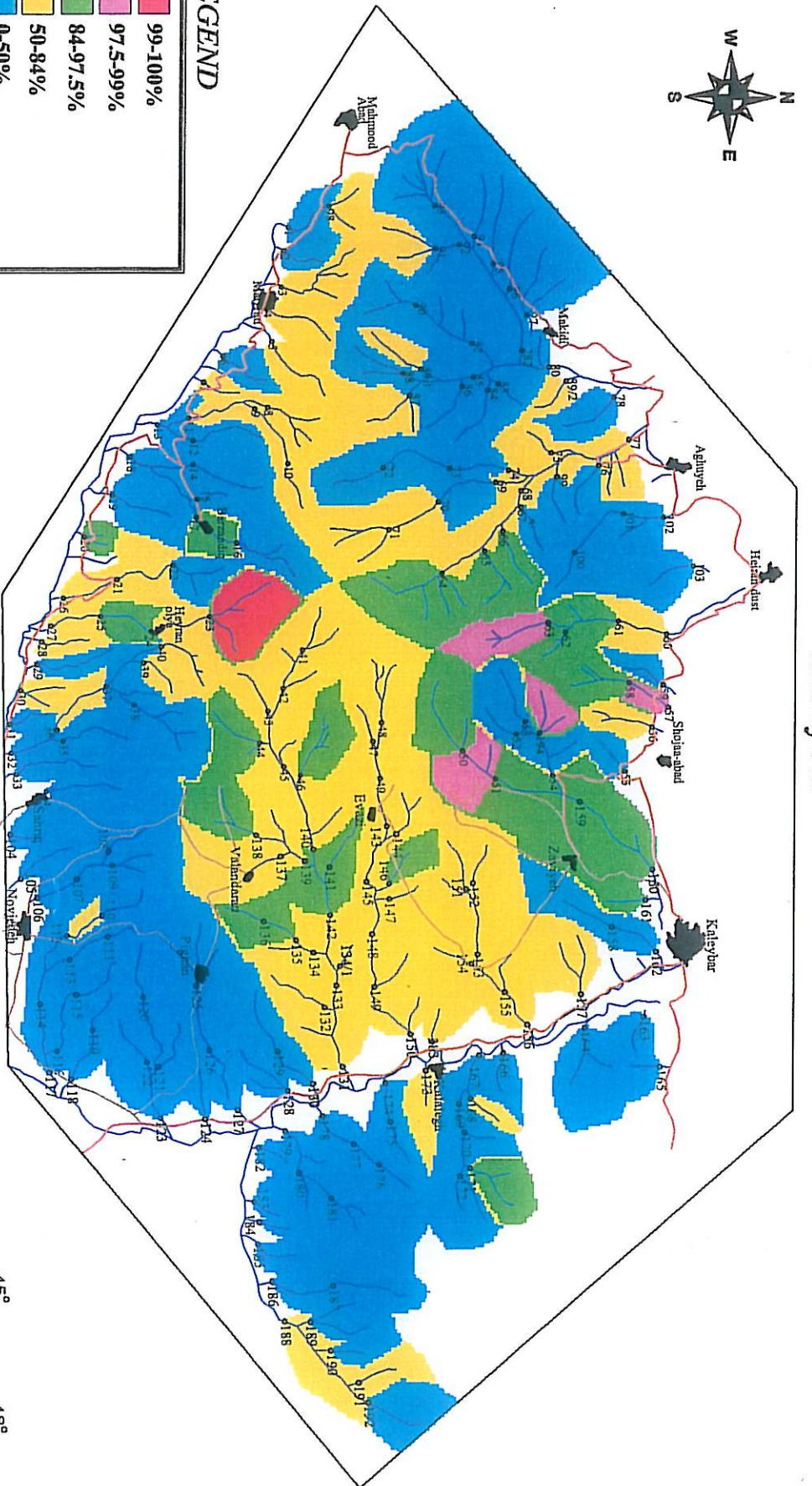
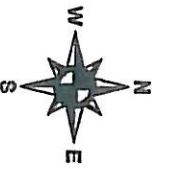
در منطقه سراب مطابق نقشه B-21 عیار عنصر Pr در محدوده نلفین سینیت بزقوش بالاتر از مناطق اطراف می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری شامل 230, 224, 221, 220 و 240 می‌باشد. عیار Pr در نمونه‌های دارای ناهنجاری به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 51   | 23   | 221  | 57   | 63   | 194  | 64   | 240  | 226  | 228  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| عیار ppm    | 28.4 | 25.5 | 24.9 | 22.9 | 22.6 | 22.3 | 21.7 | 20.7 | 19.3 | 16.8 |
| شماره نمونه | 61   | 62   | 224  | 236  | 280  | 66   | 239  | 222  | 25   | 235  |
| عیار ppm    | 19   | 18.7 | 18.7 | 18.7 | 17.9 | 17.4 | 17.2 | 17.2 | 16.8 | 16.8 |

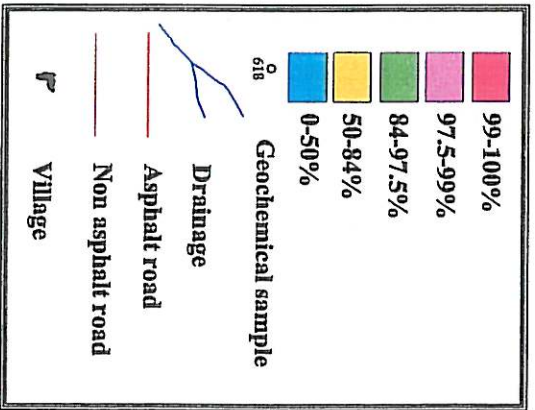




# Kaleybar



## LEGEND



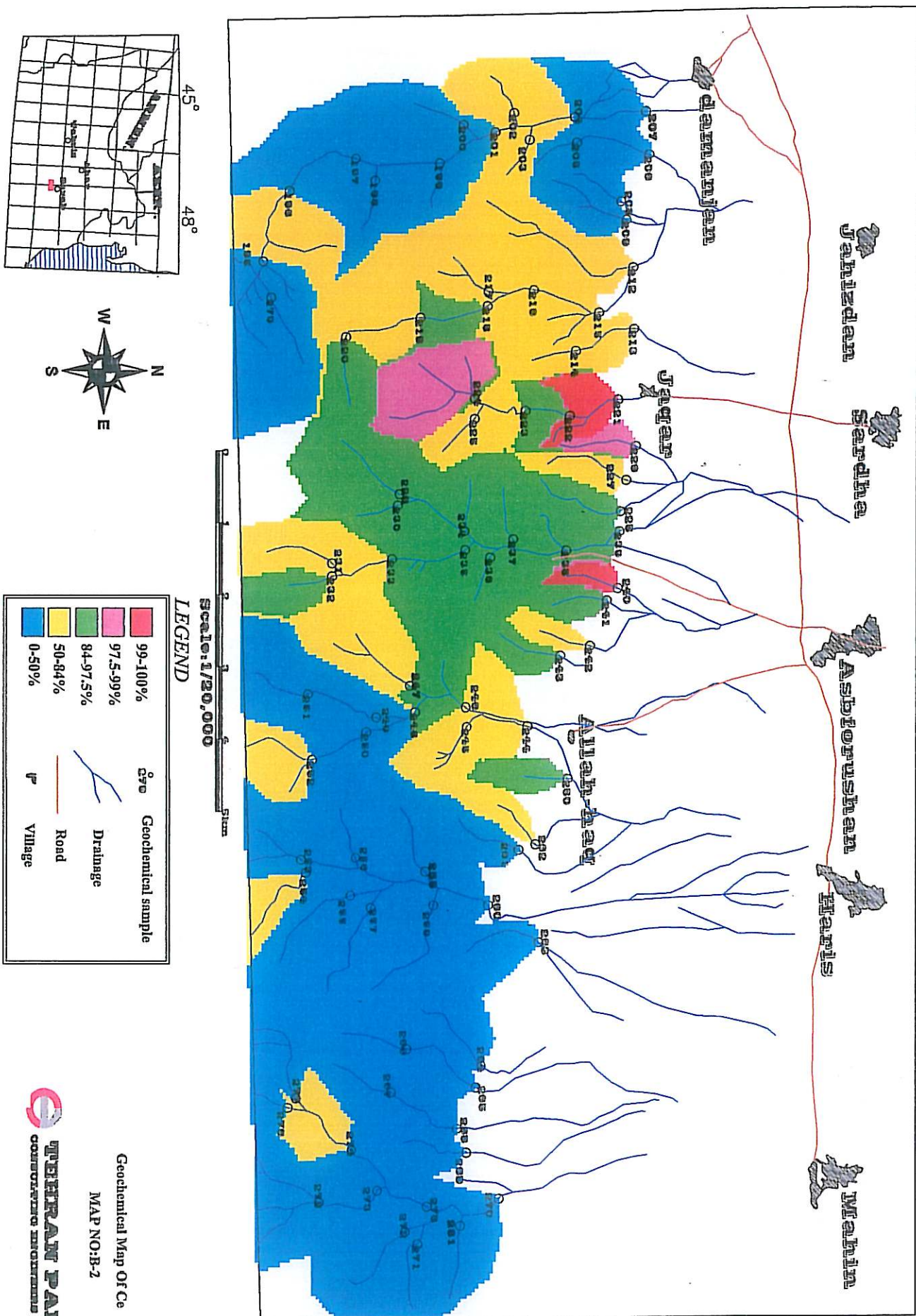
*Geochemical Map Of Ce*  
*MAP NO:4-2*

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# STARS



Geochemical Map Of Ce  
MAP NO:B-2

**TEHRAN PADI**  
CONSULTING ENGINEERING COMPANY

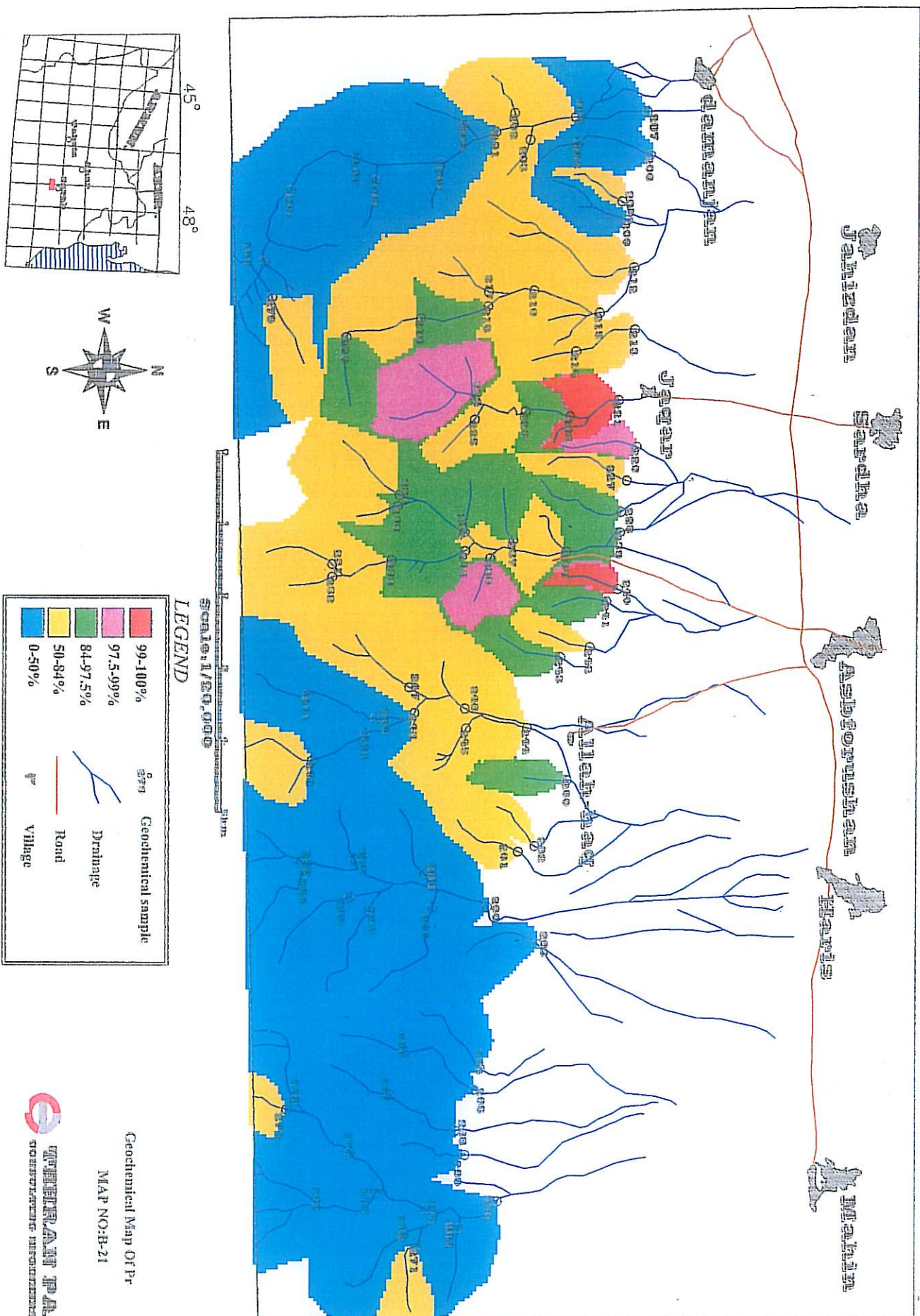




**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



# Saudi Arabia



Geochemical Map Of Pr  
MAP NO:B-21

**GEOPHYSICAL RESEARCH COMPANY**



## ۴-۲-۱-۴- نئودیمیم (Nd)، نقشه‌های شماره A-18 و B-18

نئودیمیم دارای عدد اتمی 60 به عنوان چهارمین عنصر نادر خاکی می‌باشد. در منطقه کلیبر این عنصر در شما حیران علیا و شمال غرب اوزی ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های ناهنجار عبارتند از:

23, 51, 57, 63, 64 و 194 پراکنش این عنصر در منطقه کلیبر مشابه سایر عناصر نادر خاکی در مناطق دارای رخنمون نقلین سینیت می‌باشد.

در منطقه بزقوش این عنصر همانند سایر عناصر نادر خاکی پراکنش مشابهی داشته و رخنمون‌های نقلین سینیت عیار بالاتری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل 221, 228 و 240 می‌باشد. عیار Nd در نمونه‌های دارای ناهنجاری به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 51  | 23   | 221  | 194  | 57   | 63   | 64   | 240  | 226  | 228  |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| عیار ppm    | 102 | 99.7 | 96.6 | 83.6 | 82.3 | 82.1 | 81.3 | 78.3 | 73.5 | 63.1 |
| شماره نمونه | 236 | 224  | 61   | 280  | 62   | 222  | 239  | 235  | 237  | 66   |
| عیار ppm    | 72  | 71.5 | 70.6 | 68.9 | 67.8 | 65.3 | 65.2 | 64.6 | 64.1 | 63.6 |

## ۴-۲-۱-۵- ساماریم (Sm)، نقشه‌های شماره A-23 و B-23

ساماریم دارای عدد اتمی 62 به عنوان ششمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی مطرح می‌باشد. این عنصر دارای ناهنجاری‌های این عنصر بیشتر در شمال حیران علیا و جنوب غرب زاویه ناهنجاری نشان می‌دهد. ناهنجاری‌های این عنصر بیشتر در شمال حیران علیا و جنوب غرب زاویه ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری عنصر Sm در این محدوده شامل نمونه 23, 51, 57 و 63 می‌باشند.

در منطقه سراب این عنصر در محدوده نقلین سینیت بزقوش ناهنجاری نشان می‌دهد. منشاء ناهنجاری‌های این عنصر نمونه‌های 240, 221, 224 و 250 می‌باشد. عیار ساماریم در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 23   | 63   | 57   | 221  | 51   | 194  | 240 | 66   | 61   |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| عیار ppm    | 19.8 | 19.8 | 18.6 | 18.6 | 17.2 | 15.6 | 15  | 14.6 | 14.2 |
| شماره نمونه | 226  | 65   | 280  | 64   | 224  | 236  | 62  | 161  | 25   |
| عیار ppm    | 14.1 | 14.1 | 14   | 13.9 | 13.8 | 13.3 | 13  | 12.6 | 12.4 |





99-100%  
97.5-99%  
84-97.5%  
50-84%  
0-50%

Geochemical sample

## Drainage

Asphalt road

Non asphalt road

**Village**

# Geochemical Map Of Nd

MAP NO:A-18

 **TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# THE







0-50%

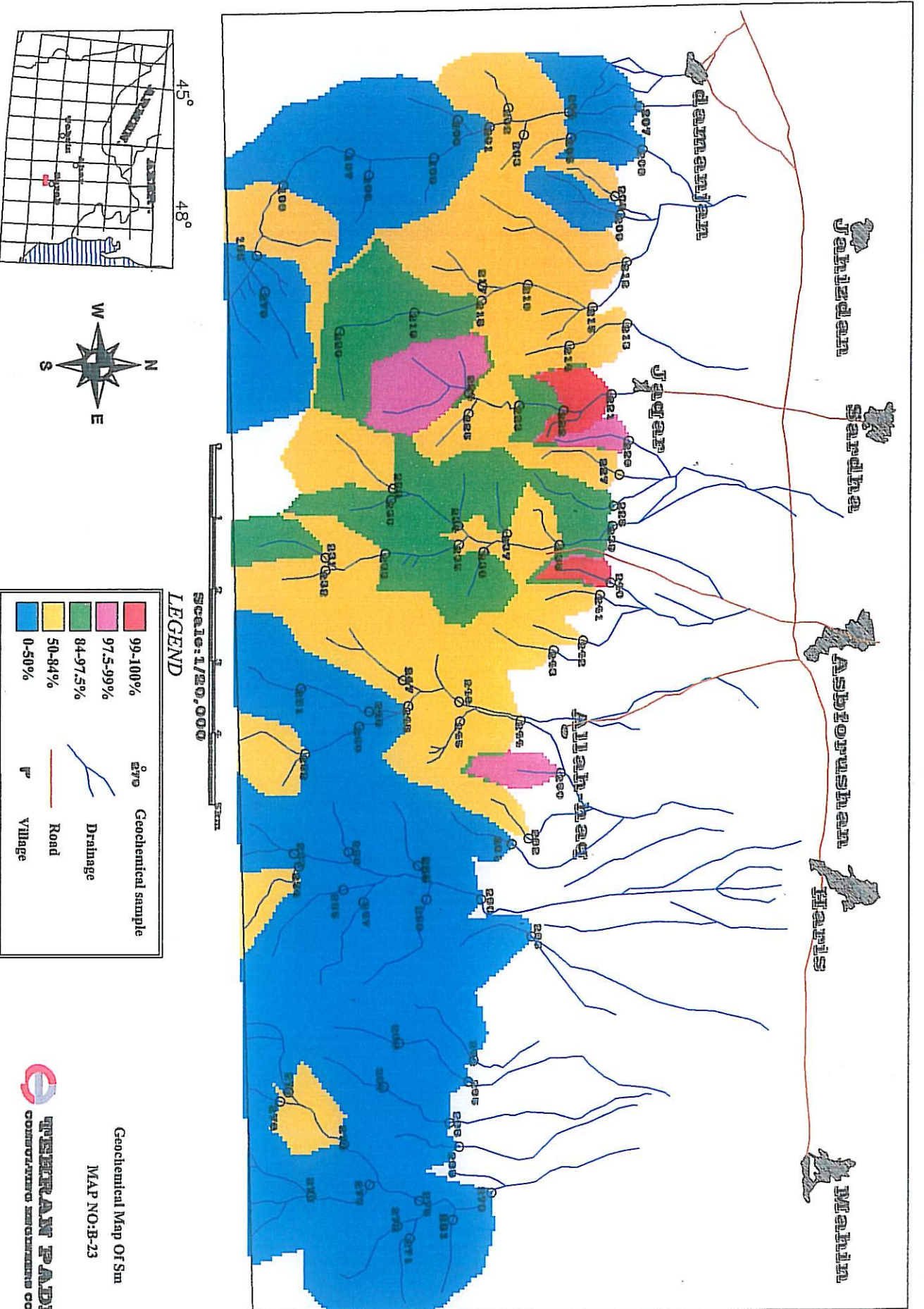
Village

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saqqab



## ۴-۲-۱-۶- یوروپیم (Eu)، نقشه‌های شماره A-9 و B-9

یوروپیم با دارا بودن عدد اتمی 63 هفتمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی می‌باشد. در منطقه کلیر این عنصر در محدوده توده نفیلین سینیت کلیر ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 23, 51, 65, 63, 57 و 66 می‌باشد.

عنصر یوروپیم در محدوده سراب دارای ناهنجاری‌هایی در جنوب شرق الله‌حق می‌باشد. این ناهنجاری‌ها مربوط به حاشیه توده نفیلین سینیت بزقوش می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری‌ها مربوط به حاشیه توده نفیلین سینیت بزقوش می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری شامل نمونه‌های 260 و 280 می‌باشد. عیار Eu در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| نمونه    | 63  | 23  | 57  | 65  | 51  | 66  |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm | 5.3 | 5.1 | 4.3 | 3.8 | 3.5 | 3.5 |
| نمونه    | 61  | 194 | 25  | 64  | 39  | 27  |
| عیار ppm | 3.4 | 3.4 | 3.2 | 3.1 | 3.1 | 3.1 |

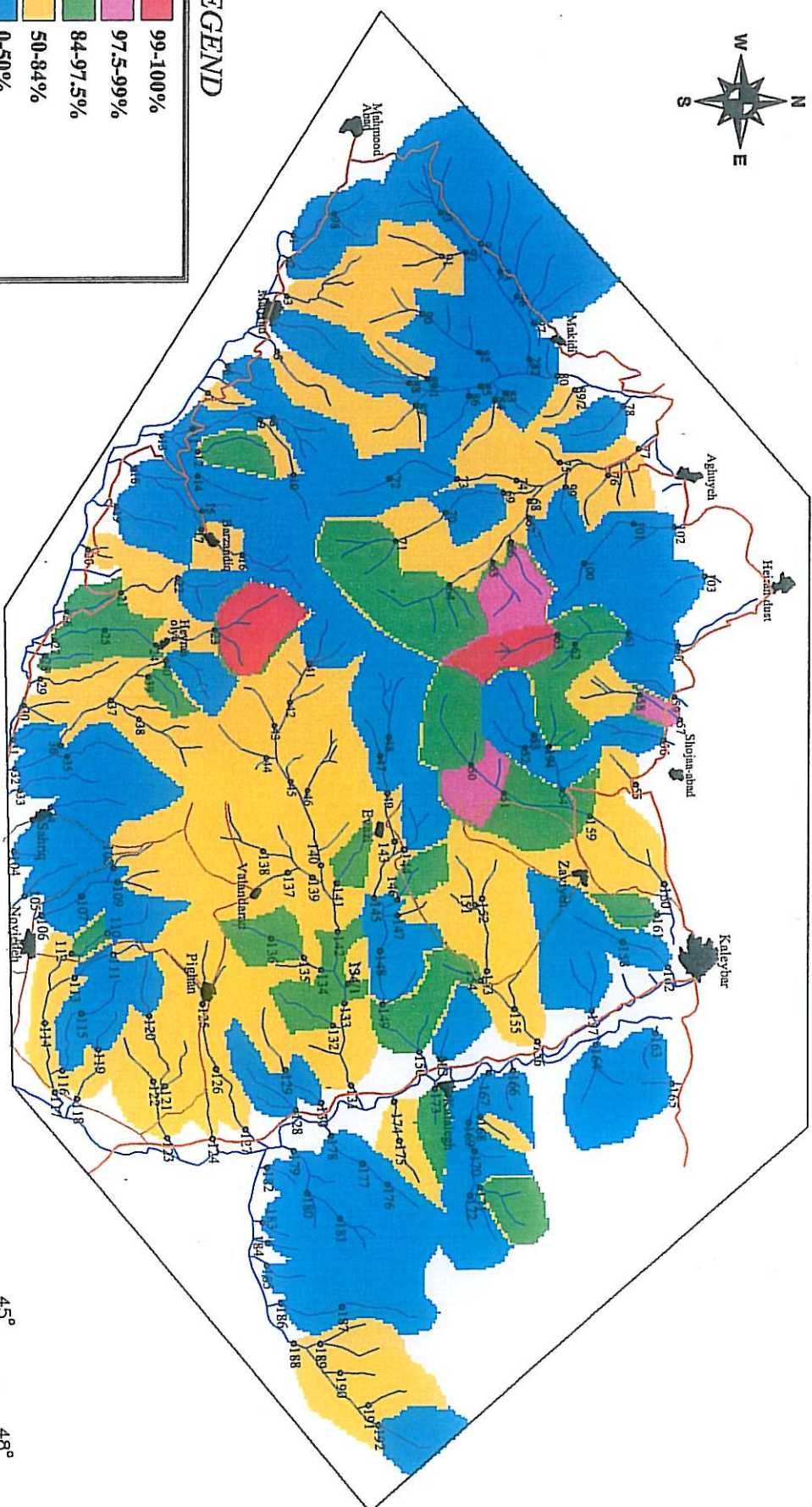
## ۴-۲-۱-۷- گادولینیم (Gd)، نقشه‌های شماره A-11 و B-11

این عنصر به عنوان هشتمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی دارای عدد اتمی 64 می‌باشد. در منطقه کلیر این عناصر در محدوده نفیلین سینیت کلیر ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های منشأ آنومالی این عنصر شامل 23, 51, 63 و 64 می‌باشد. در محدوده سراب عیار عنصر گادولینیم در محدوده توده نفیلین سینیت بزقوش بالاتر از واحدهای ولکانیکی اطراف می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 240, 226, 224, 221 و 280 می‌باشد. عیار Gd در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| نمونه    | 23   | 51   | 221  | 63   | 64   | 57   | 194  | 62   |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| عیار ppm | 17.6 | 16.2 | 16.1 | 15.5 | 14.4 | 14   | 13.5 | 11.2 |
| نمونه    | 240  | 280  | 226  | 224  | 61   | 236  | 161  |      |
| عیار ppm | 13.4 | 12.8 | 12.4 | 12.2 | 12   | 11.7 | 11.4 |      |







| Road Type          | Percentage |
|--------------------|------------|
| Asphalt road       | 99-100%    |
| Non asphalt road   | 97.5-99%   |
| Village            | 84-97.5%   |
| Drainage           | 50-84%     |
| Geochemical sample | 0-50%      |

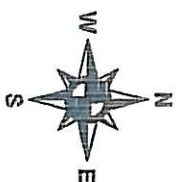
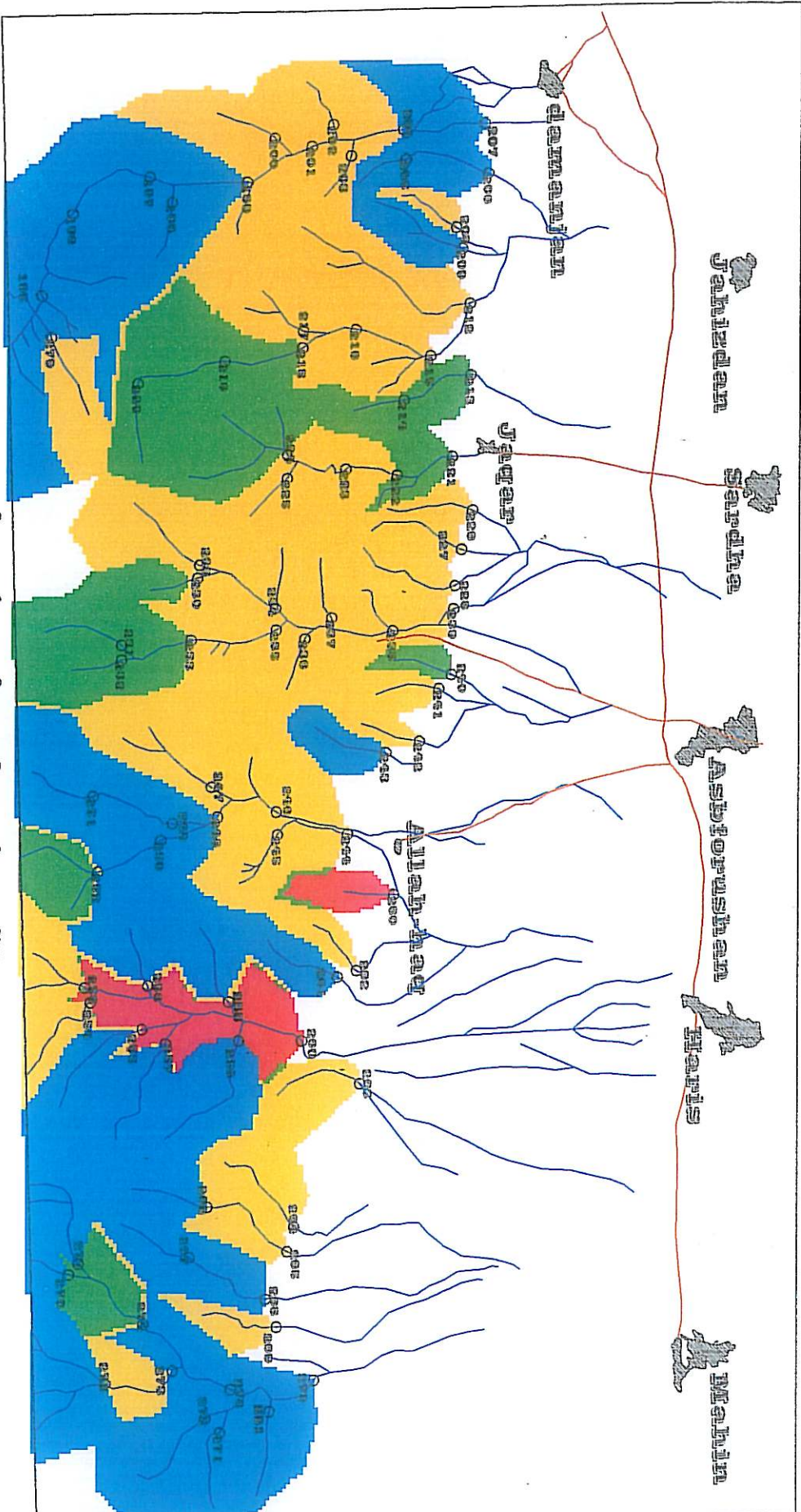


Geochemical Map Of Tundra  
MAP NO:A-9

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



# Sarabho



|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |

## LEGEND

Scale: 1/20,000

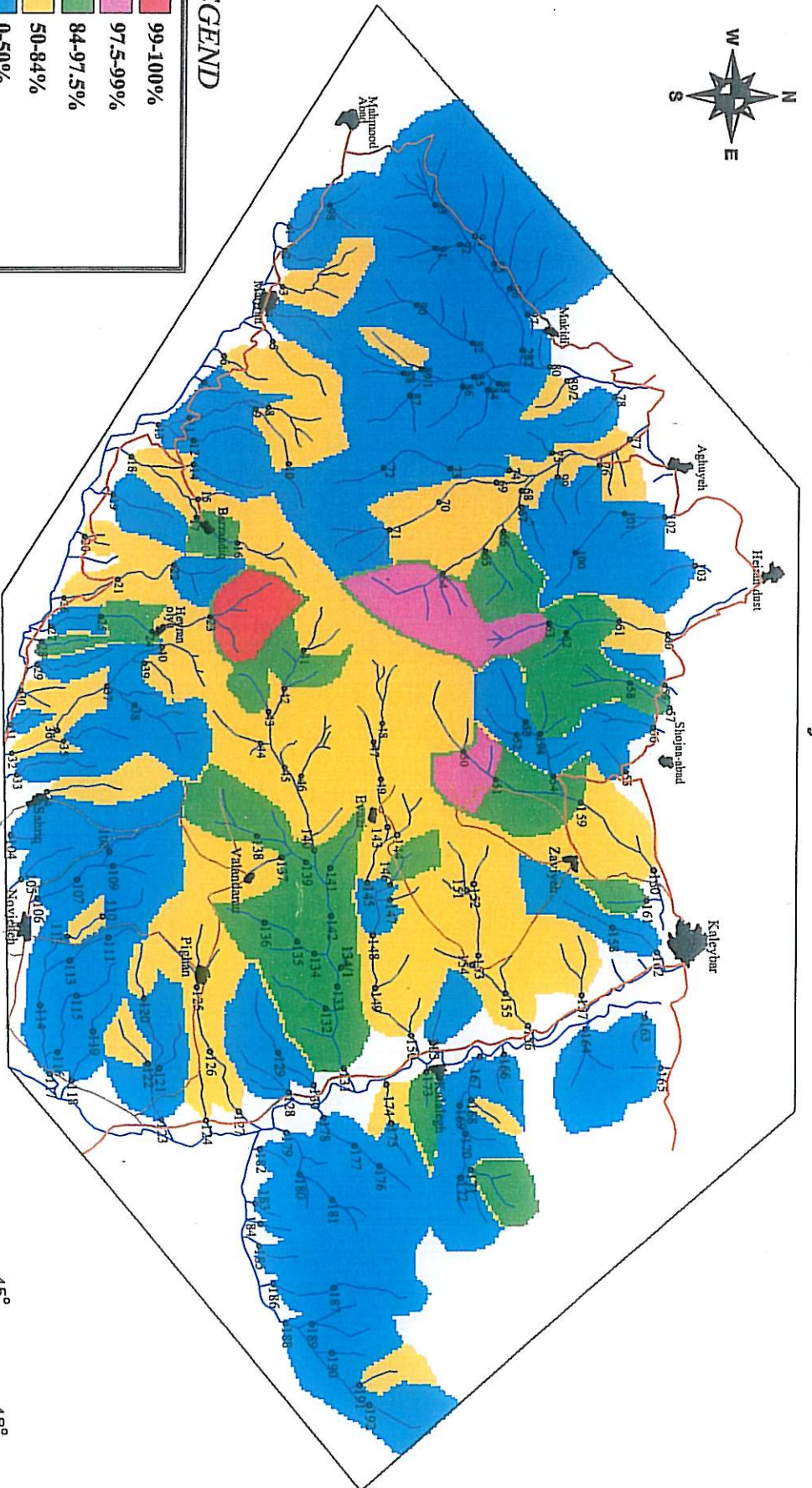
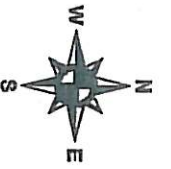


GOVERNMENT OF PUNJAB  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

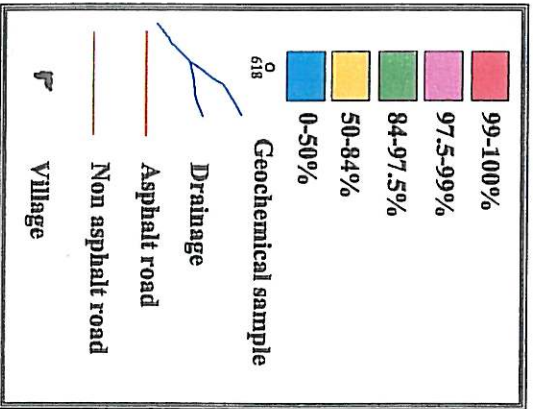
Geochemical Map Of Eu  
MAP NO:B-9



# Kaleybar



## LEGEND



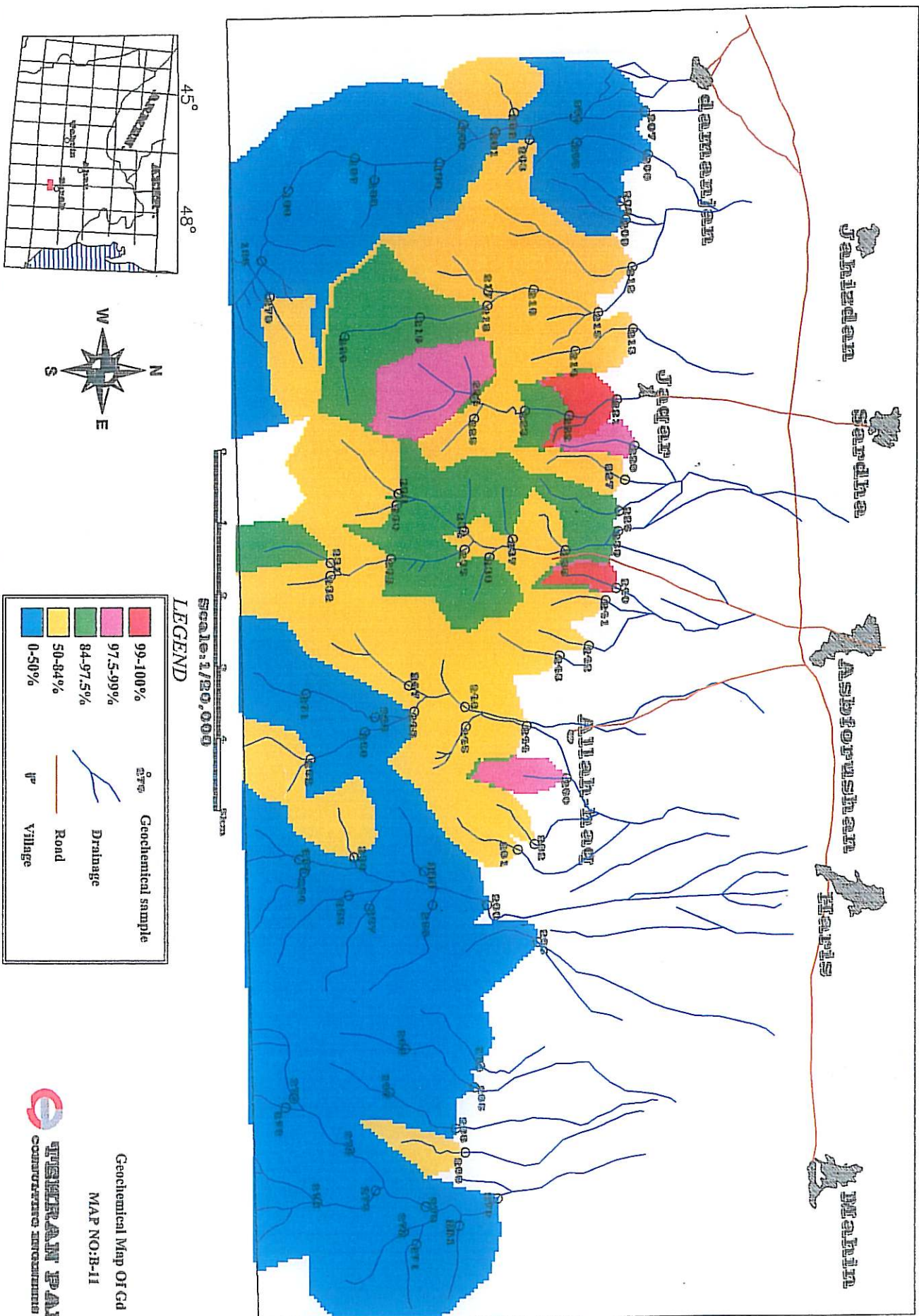
Geochemical Map Of Gd  
MAP NO:A-11

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saltoro





## ۴-۲-۱-۸- تریم (Tb)، نقشه‌های شماره A-27 و B-27

این عنصر با دارا بودن عدد اتمی 65 نهمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی می‌باشد. این عنصر در منطقه کلیبر دارای ناهنجاری‌هایی می‌باشد که منطبق بر ناهنجاری عناصر نادر خاکی دیگر می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه 63, 57, 51, 23 و 64 می‌باشد. در منطقه سراب نمونه‌های دارای ناهنجاری عنصر تریم در محدوده نقلین سینیت بزقوش واقع شده و عبارتند از: 240, 224, 221, 220 و 280. عیار Tb در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 23  | 51  | 221 | 57 | 63  | 64  |
|-------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| عیار ppm    | 2.4 | 2.2 | 2.2 | 2  | 2.1 | 2   |
| شماره نمونه | 194 | 240 | 280 | 61 | 226 | 224 |
| عیار ppm    | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 2  | 1.7 | 1.6 |

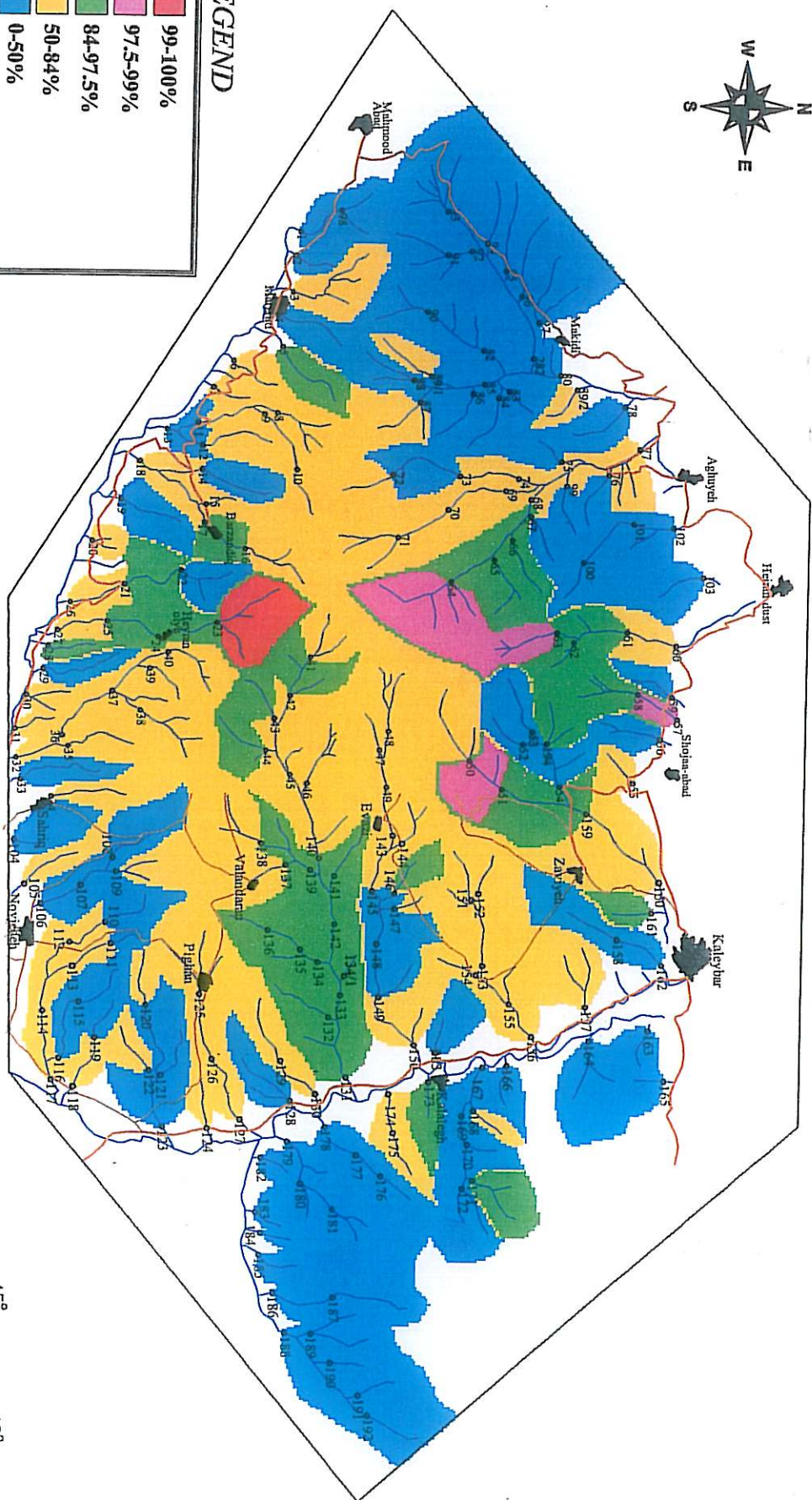
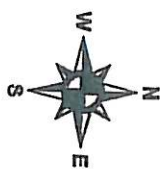
## ۴-۲-۱-۹- دیسپروسیوم (Dy)، نقشه‌های شماره A-7 و B-7

عنصر Dy با عدد اتمی 66 به عنوان دهمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی می‌باشد این عنصر پراکنش مشابه سایر عناصر نادر خاکی دارد و نمونه‌های 57, 51, 23 و 63 در این محدوده ناهنجاری نشان می‌دهد. در منطقه سراب نیز نمونه‌های دارای عیار بالا مشابه سایر عناصر نادر خاکی بوده و ناهنجاری‌های آنها در محدوده نقلین سینیت بزقوش دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری‌های این عنصر شامل 240, 224, 221, 220 و 280 می‌باشد. عیار Dy در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

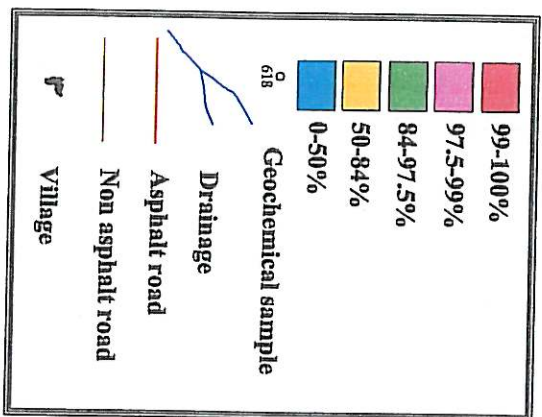
| شماره نمونه | 57   | 221  | 63 | 51   | 240  | 23   | 65  | 226 | 61  | 280 | 194 |
|-------------|------|------|----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 12.6 | 12.3 | 12 | 11.3 | 10.3 | 10.2 | 9.7 | 9.6 | 9.6 | 9.5 | 9.4 |
| شماره نمونه | 66   | 224  | 64 | 236  | 161  | 234  | 237 | 235 | 220 | 218 | 239 |
| عیار ppm    | 9.2  | 9.1  | 9  | 8.6  | 8.6  | 8.2  | 8.2 | 8.1 | 8   | 8   | 8   |



# Kaleybar



## LEGEND



Geochemical Map Of Tb  
MAP NO:A-27

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

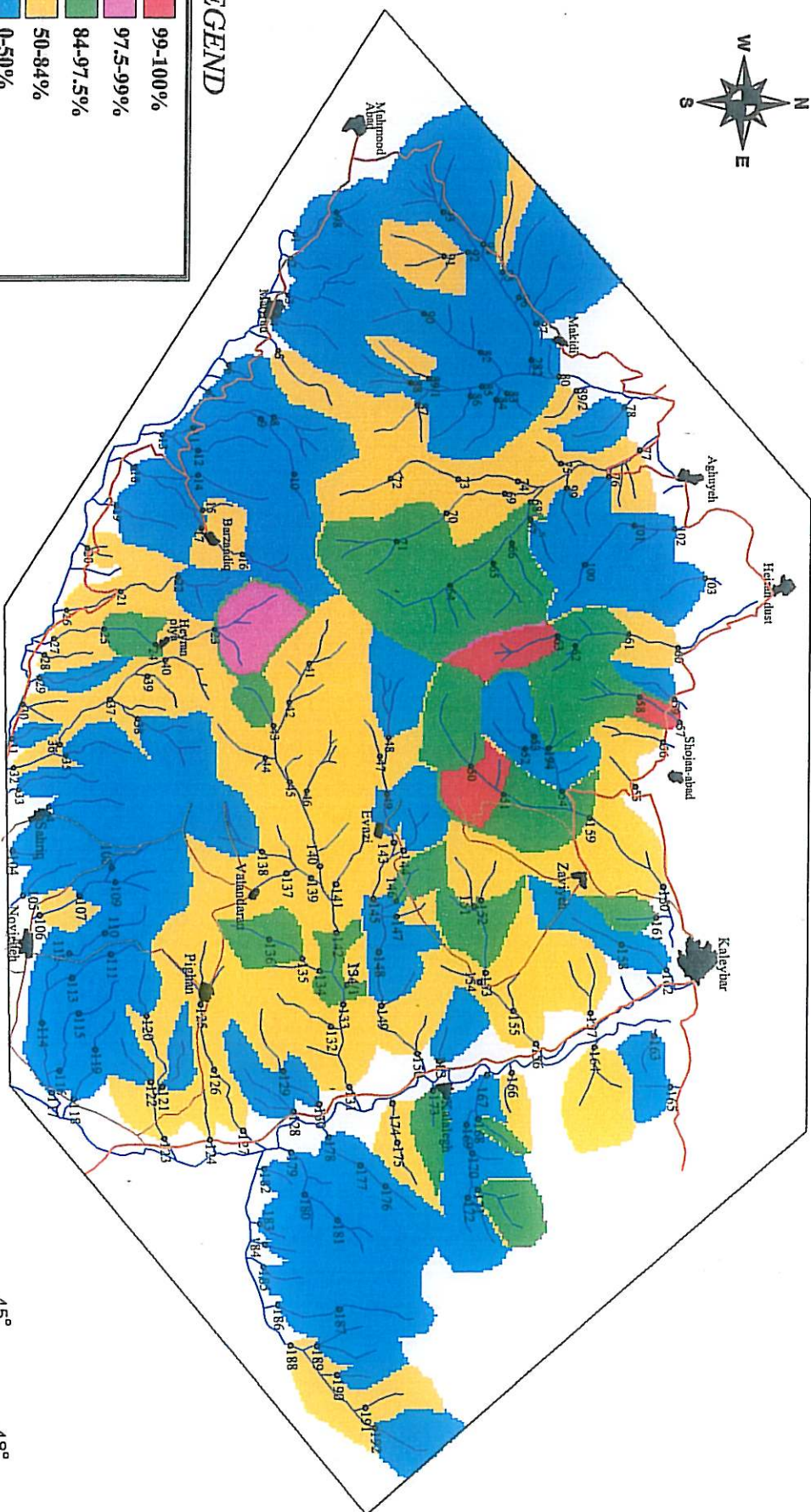




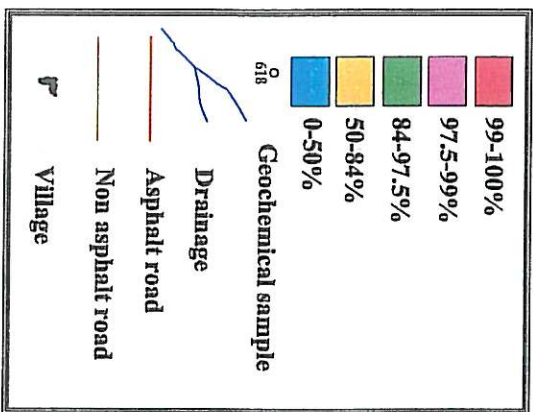




# Kaleybar

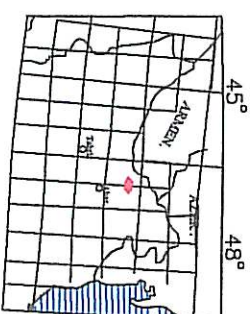


## LEGEND



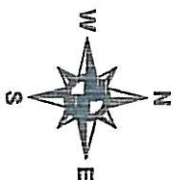
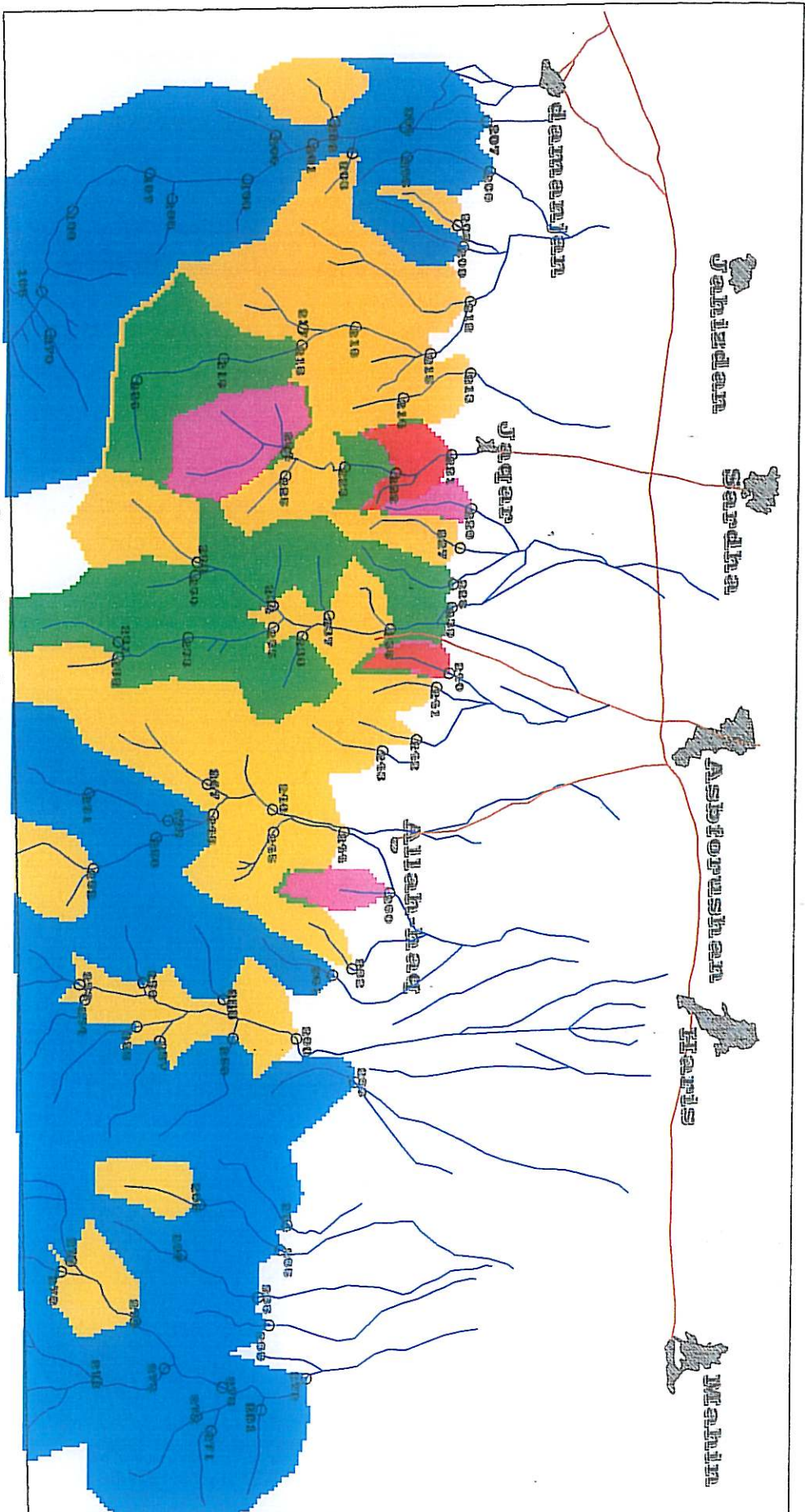
Geochemical Map Of Dy  
MAP NO:A-7

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saltaplo



## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% | Drainage           |
| 84-97.5% | Road               |
| 50-84%   | Village            |
| 0-50%    |                    |

Geological Map of DY  
MAP NO: B-7  
GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA

## ۴-۲-۱-۱۰- هولیمیم (Ho)، نقشه‌های شماره A-13 و B-13

عنصر هولیمیم یازدهمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی بوده و دارای عدد اتمی 67 می‌باشد این عنصر نظیر هر عنصر نادر خاکی دیگر در توده نفیلین سینیت ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر نمونه‌های 220, 221, 224, 23, 51, 57, 63 و 64 می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری مربوط به این عنصر شامل نمونه‌های 240 و 280 می‌باشد. عیار Ho در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221 | 23  | 63  | 51  | 57  | 64  | 240 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2   | 2   | 2   | 2   |
| شماره نمونه | 226 | 61  | 194 | 280 | 224 | 135 | 236 |
| عیار ppm    | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.6 |

## ۴-۲-۱-۱۱- اریوم (Er)، نقشه‌های شماره A-8 و B-8

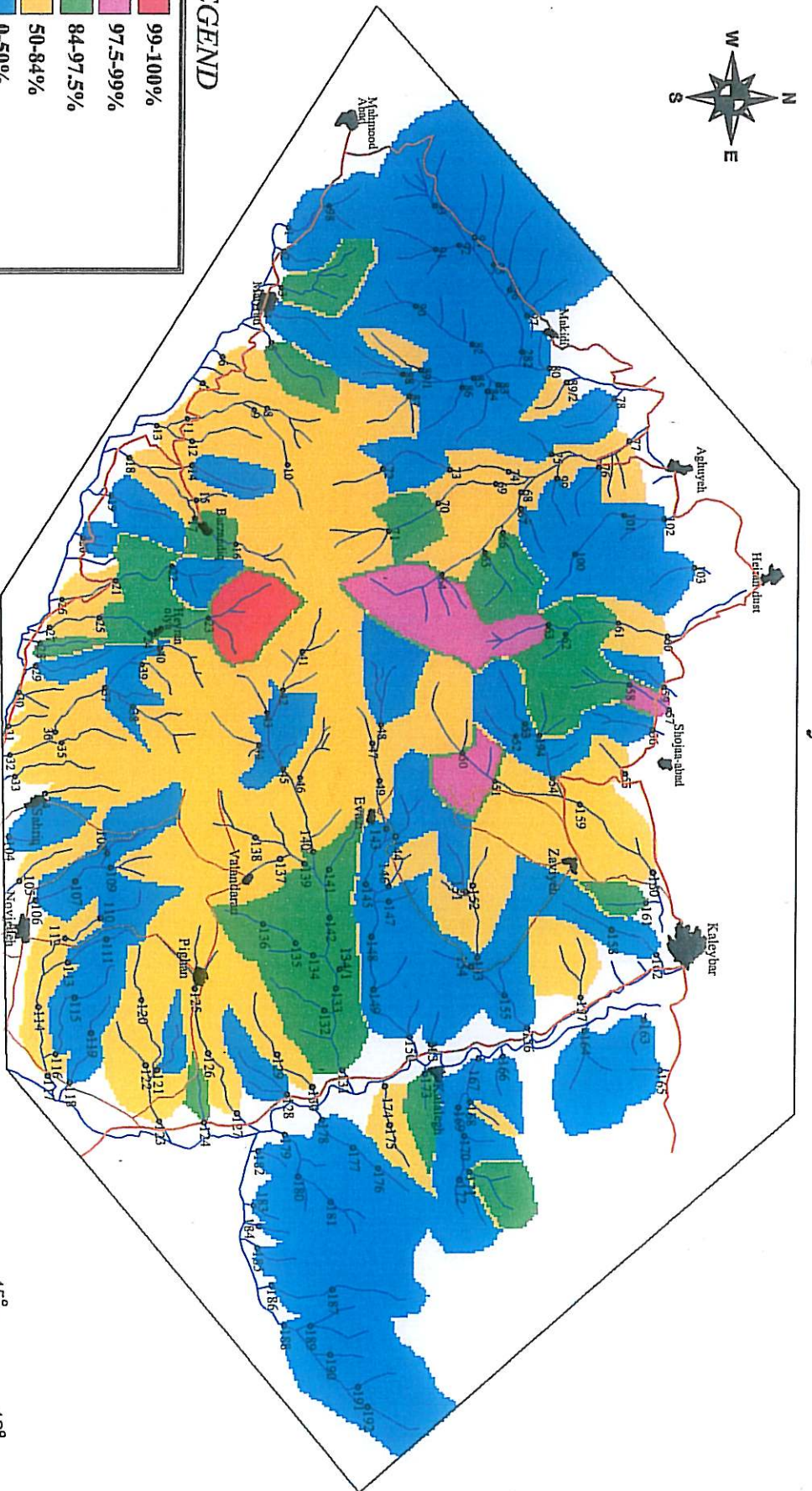
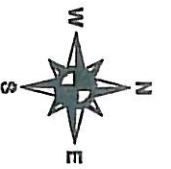
عنصر اریوم دوازدهمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی بوده و دارای عدد اتمی 63 می‌باشد این عنصر در محدوده توده نفیلین سینیت ناهنجاری‌هایی نشان می‌دهد. پراکنش این عنصر مشابه سایر عناصر نادر خاکی می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری در این محدوده شامل نمونه‌های 23, 51, 57 و 57 می‌باشد. در منطقه سراب (نقشه شماره B-8) ناهنجاری‌های این عنصر در بخش جنوب روستای جقر و جنوب روستای الله‌حق دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری شامل نمونه 240, 224, 221, 220 و 280 می‌باشد. عیار Er در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221 | 57  | 63  | 51  | 240 | 280 | 23  | 65  | 226 | 61  | 224 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 7.3 | 6.9 | 6.8 | 6.3 | 6   | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.3 |
| شماره نمونه | 66  | 64  | 236 | 194 | 234 | 235 | 161 | 237 | 239 | 222 | 219 |
| عیار ppm    | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5   | 4.9 | 4.9 | 4.8 | 4.8 | 4.6 | 4.6 | 4.6 |

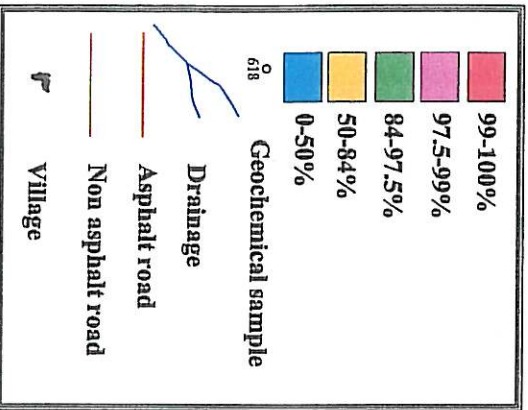




# Kaleybar



## LEGEND



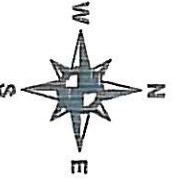
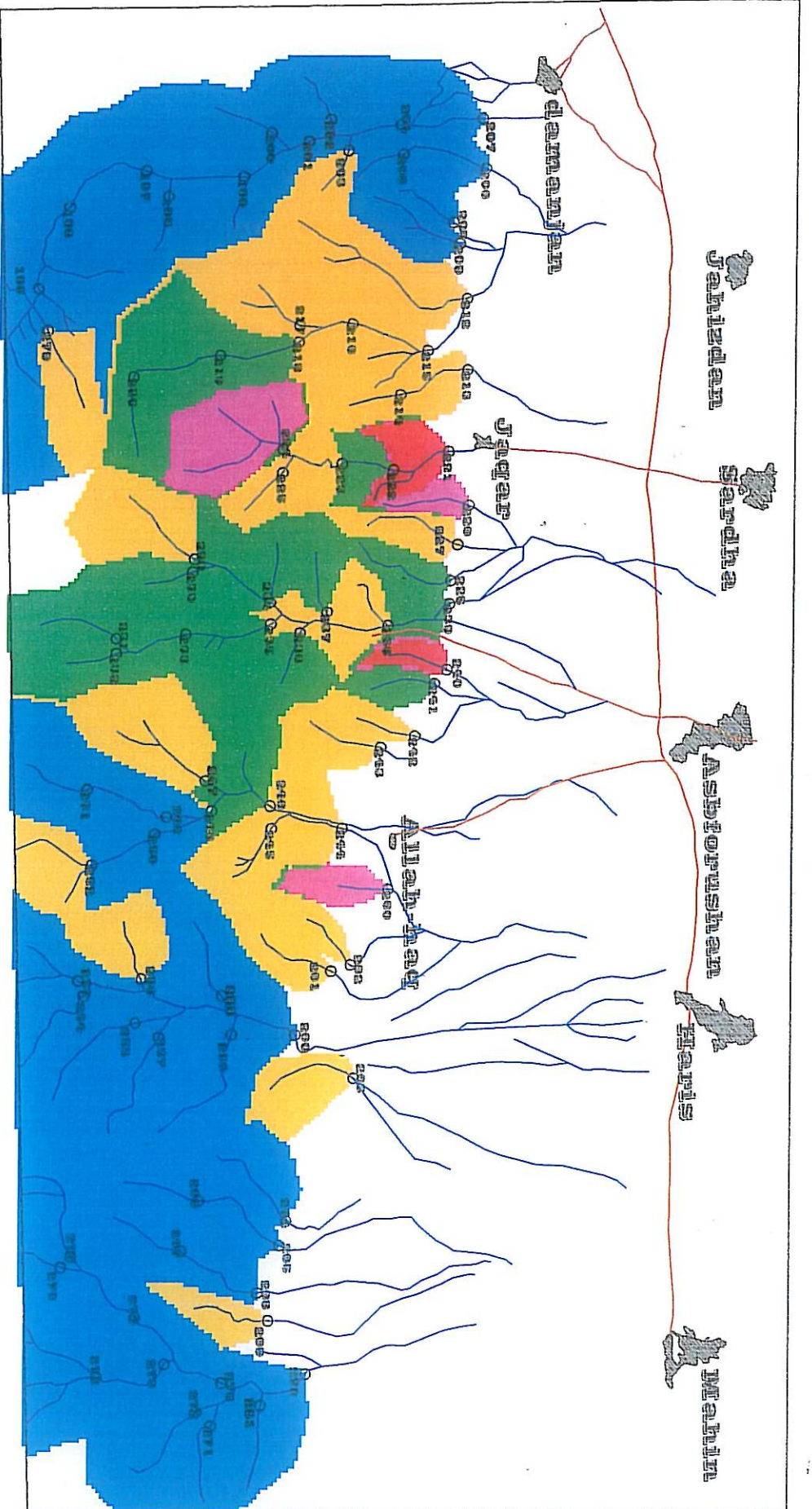
Geochemical Map Of Ho  
MAP NO:A-13

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saurabhi



**LEGEND**

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% | Drainage           |
| 84-97.5% | Road               |
| 50-84%   | Village            |
| 0-50%    |                    |

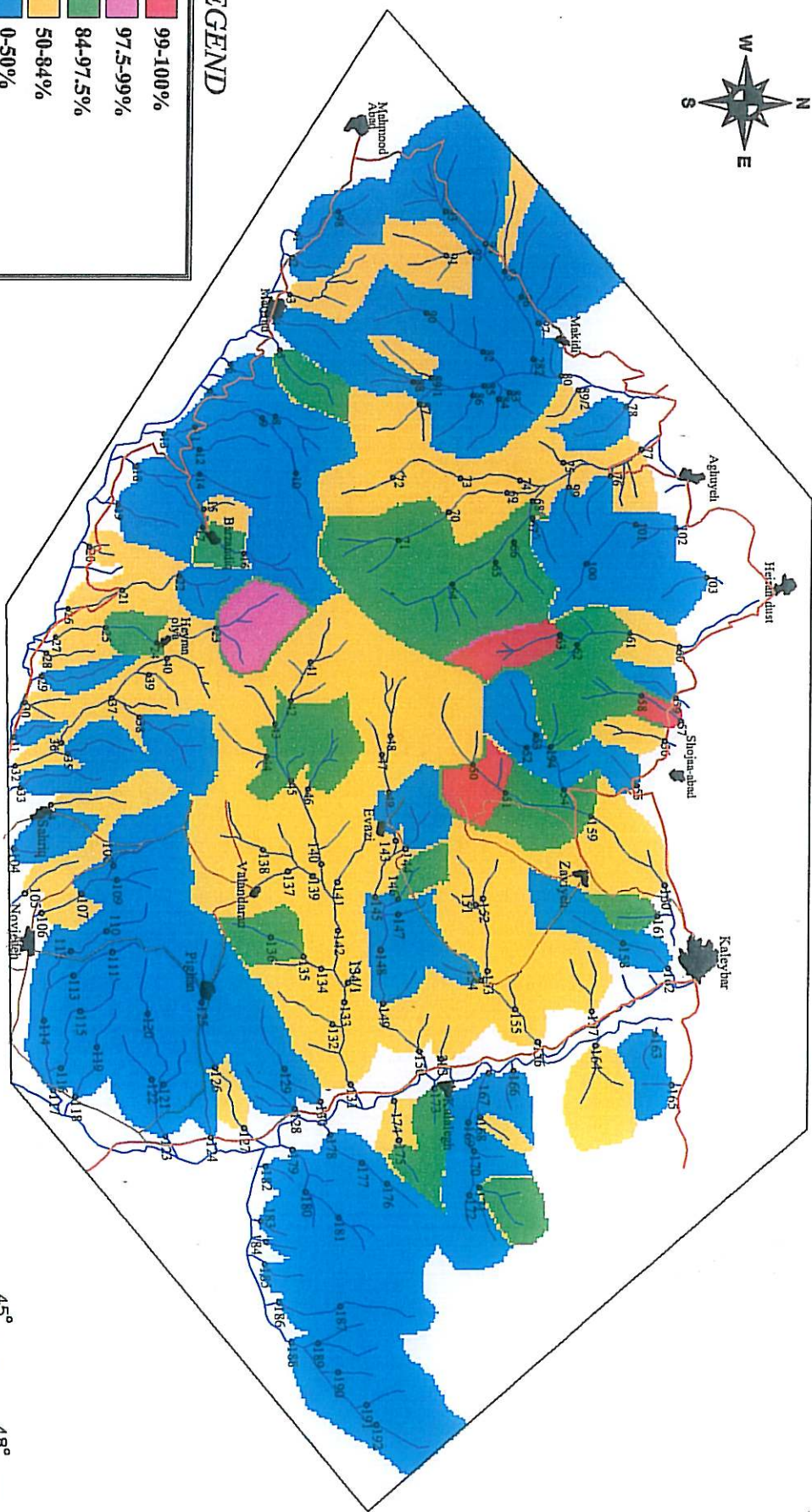


GOVERNMENT OF INDIA  
MINISTRY OF MINES

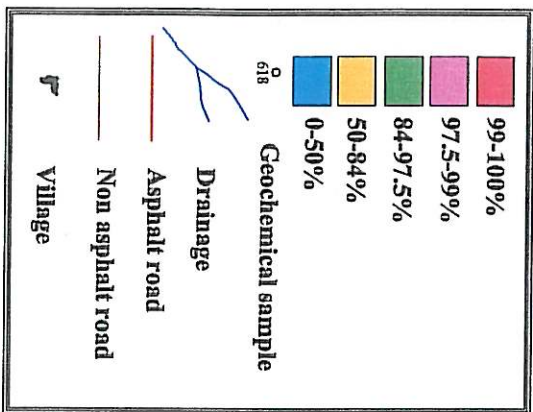
Geochemical Map Of Ho  
MAP NO-B-13



# Kaleybar



## LEGEND



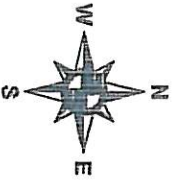
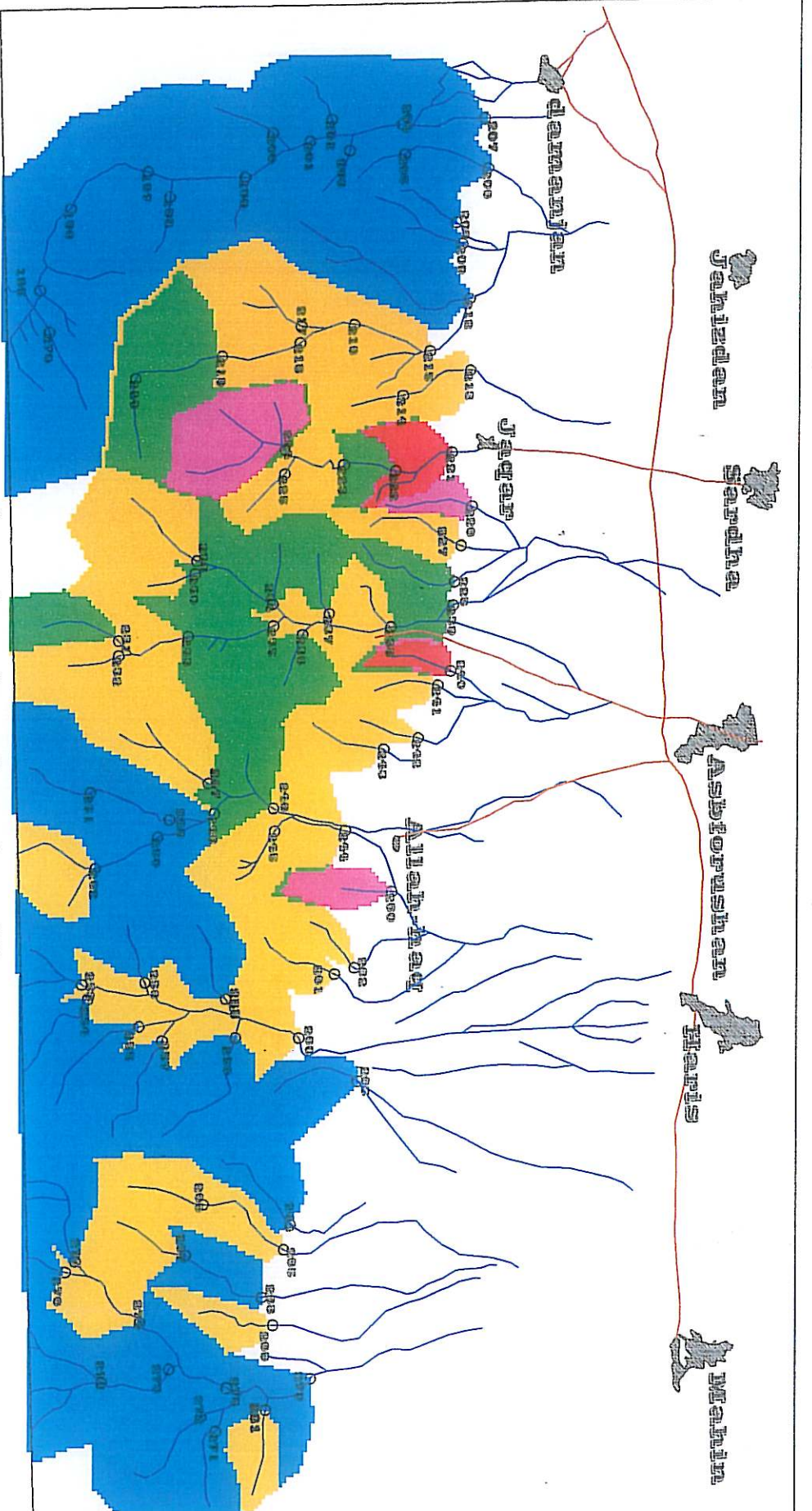
Geochemical Map Of Er  
MAP NO:A-8

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saurab



|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |



## ۴-۲-۱-۱۲- تولیوم (Tm)، نقشه‌های شماره A-29 و B-29

این عنصر با دارا بودن عدد اتمی 69 به عنوان سیزدهمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی مطرح است. این عنصر نیز مشابه تمام عناصر نادر خاکی دیگر در محدوده توده نفیلین سینیت دارای ناهنجاری است. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 23, 63 و 64 می‌باشد. در منطقه سراب نیز این عنصر دارای ناهنجاری‌هایی در محدوده توده نفیلین سینیت بزقوش می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر عبارتند از: 280, 240, 236, 222, 221 و 284 عیار Tm در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221 | 63  | 23  | 64  | 51  | 57  | 240 | 280 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 1   | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

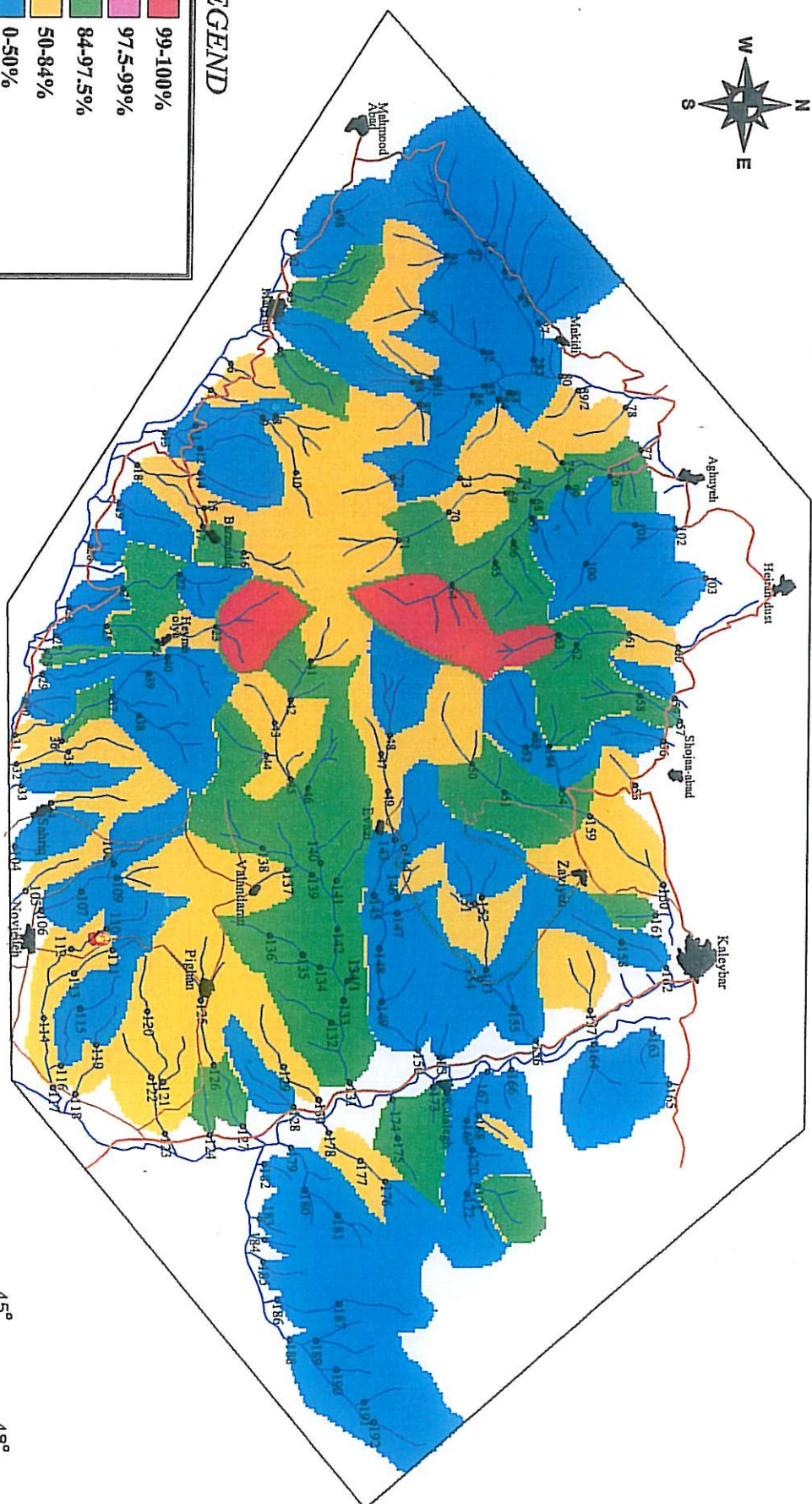
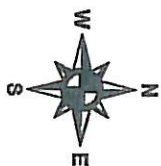
## ۴-۲-۱-۱۳- ایتربیوم (Yb)، نقشه‌های شماره A-34 و B-34

عنصر مذکور چهارمین عنصر گروه عناصر نادر خاکی با عدد اتمی 70 می‌باشد. در منطقه کلیبر در بخش شمالی توده نفیلین سینیت کلیبر ناهنجاری‌های این عنصر به طور گسترده دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر نمونه‌های 51, 57, 61, 63 و 65 می‌باشد. عیار عنصر Yb در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221 | 57  | 63  | 240 | 51  | 226 | 61  | 65  | 224 | 280 | 66  | 236 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 7   | 6.6 | 6.1 | 5.7 | 5.6 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5   | 5   | 4.9 |
| شماره نمونه | 194 | 234 | 23  | 64  | 237 | 235 | 222 | 228 | 220 | 231 | 161 | 246 |
| عیار ppm    | 4.8 | 4.8 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 4.4 |



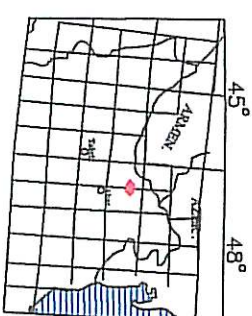
# Kaleybar



## LEGEND

- 99-100%
- 97.5-99%
- 84-97.5%
- 50-84%
- 0-50%
- Geochemical sample
- Drainage
- Asphalt road
- Non asphalt road
- Village

0 2 4 6 8 Km  
Scale: 1/20,000

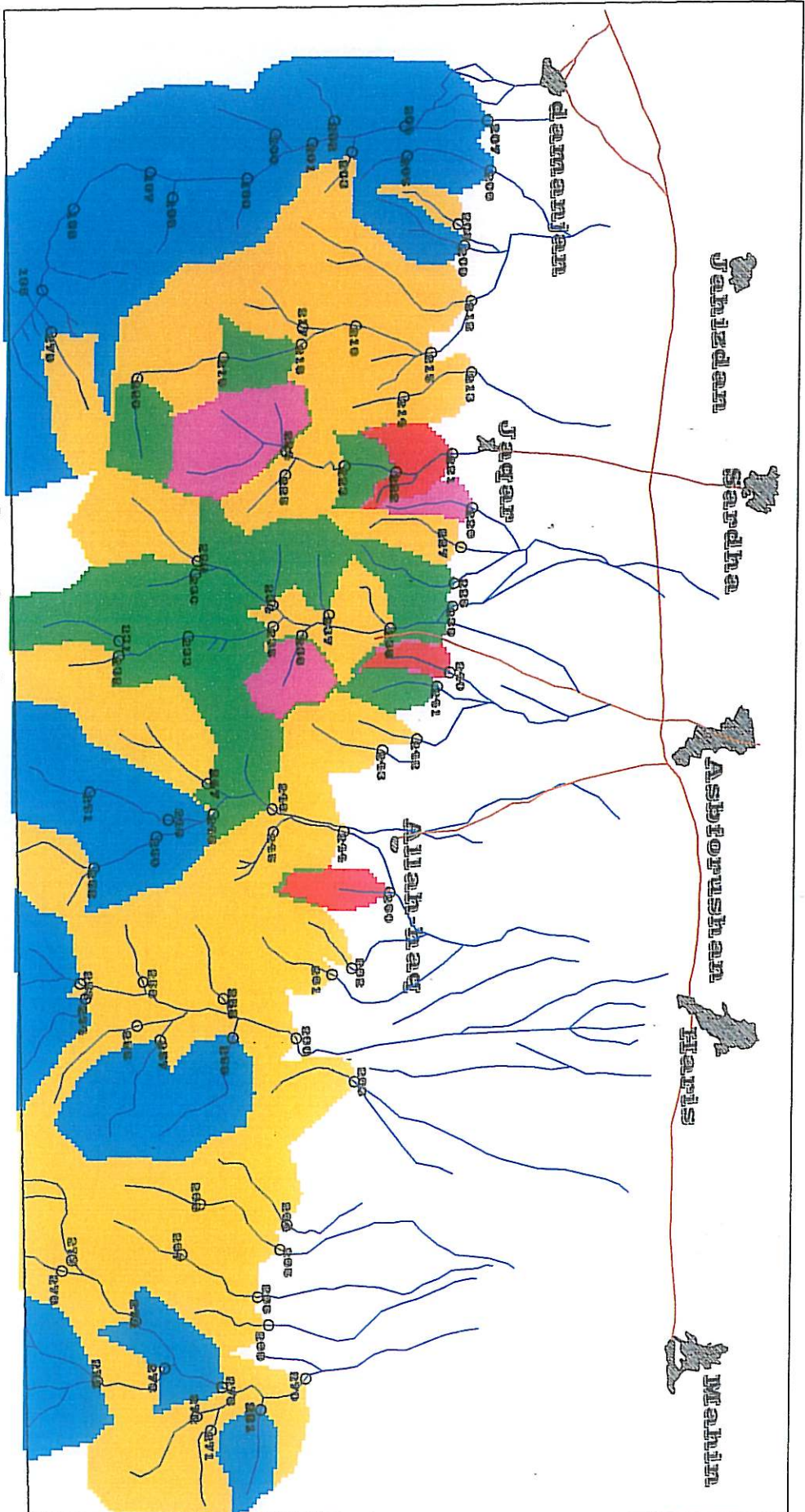


**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

Geochemical Map Of Tm  
MAP NO:A-29



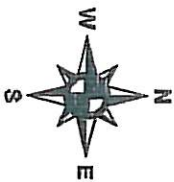
# Saipa



Scale: 1/20,000

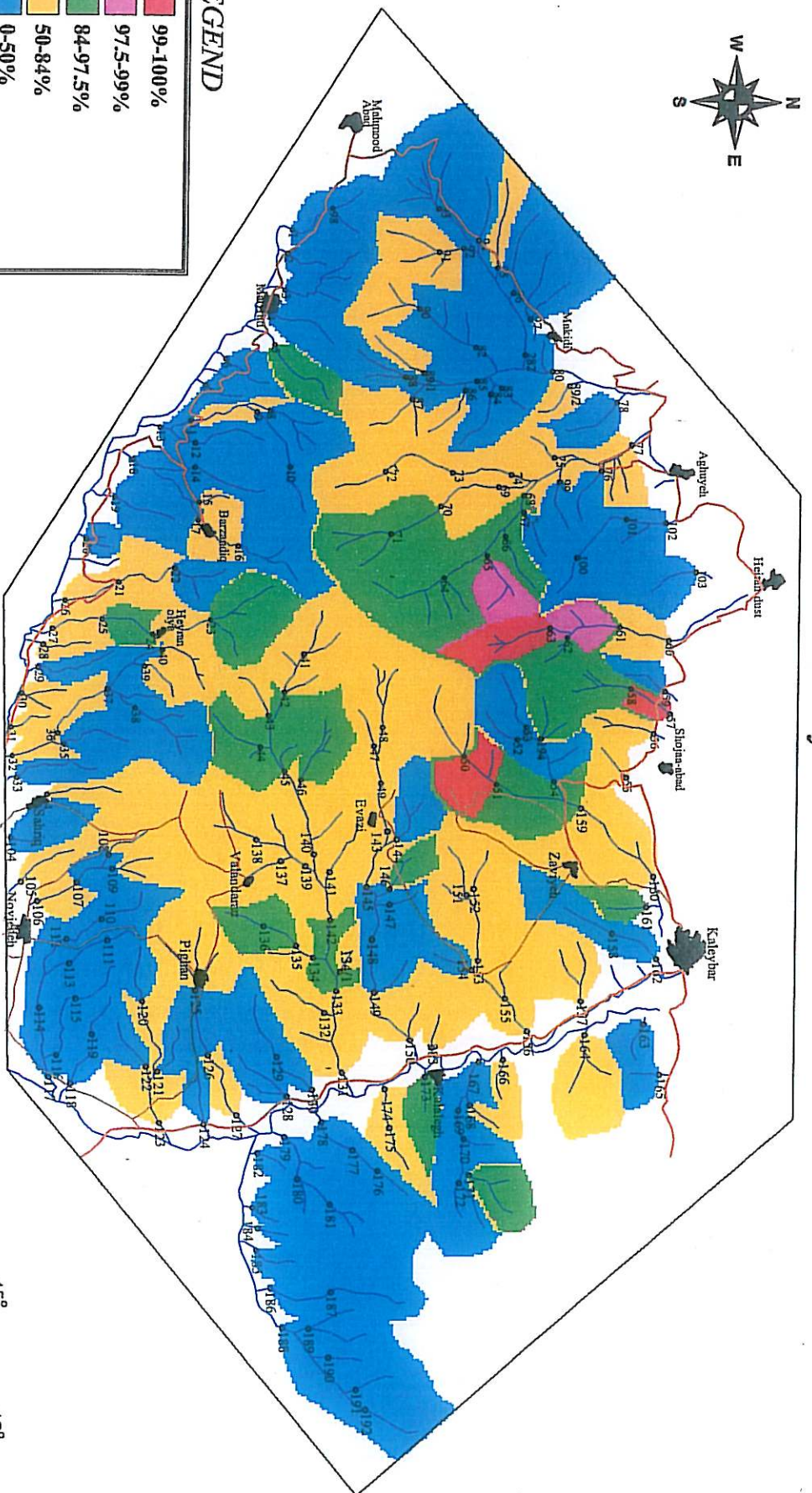
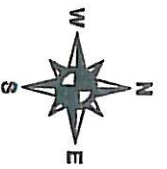
## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |

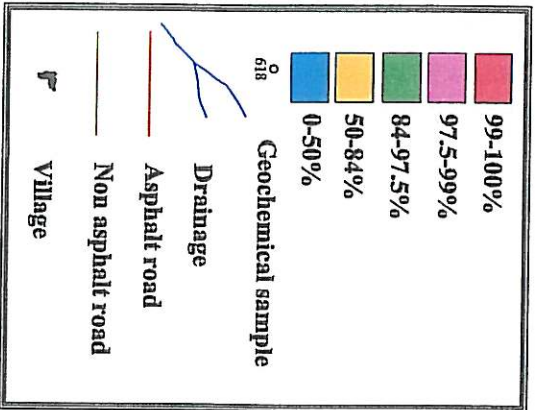




# Kaleybar



## LEGEND



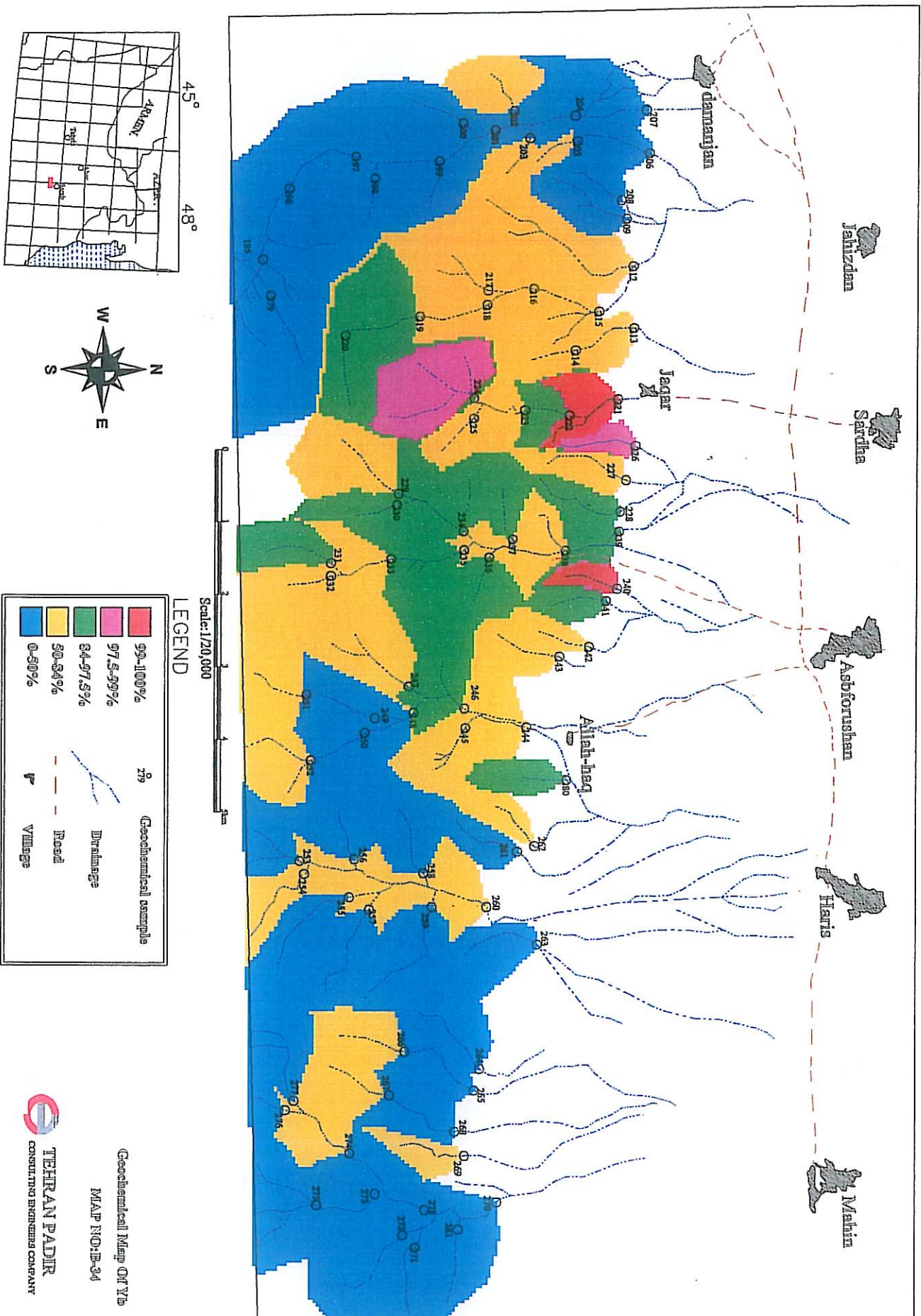
Geochemical Map Of Yb  
MAP NO: A-34

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Sarab



TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

MAP NO: P-34

Geotechnical Map Of Yb

## ۴-۲-۱-۱۴- لوتیم (Lu)، نقشه‌های شماره A-15 و B-15

این عنصر پانزدهمین عنصر از گروه عناصر نادر خاکی با عدد اتمی 71 می‌باشد.

در محدوده کلیر ناهنجاری‌های این عنصر در بخش شمال و مرکزی توده نفیلین سینیت دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 63, 57, 23 و 64 می‌باشد در محدوده سراب ناهنجاری این عنصر محدود به توده بخش بزقوش می‌باشد.

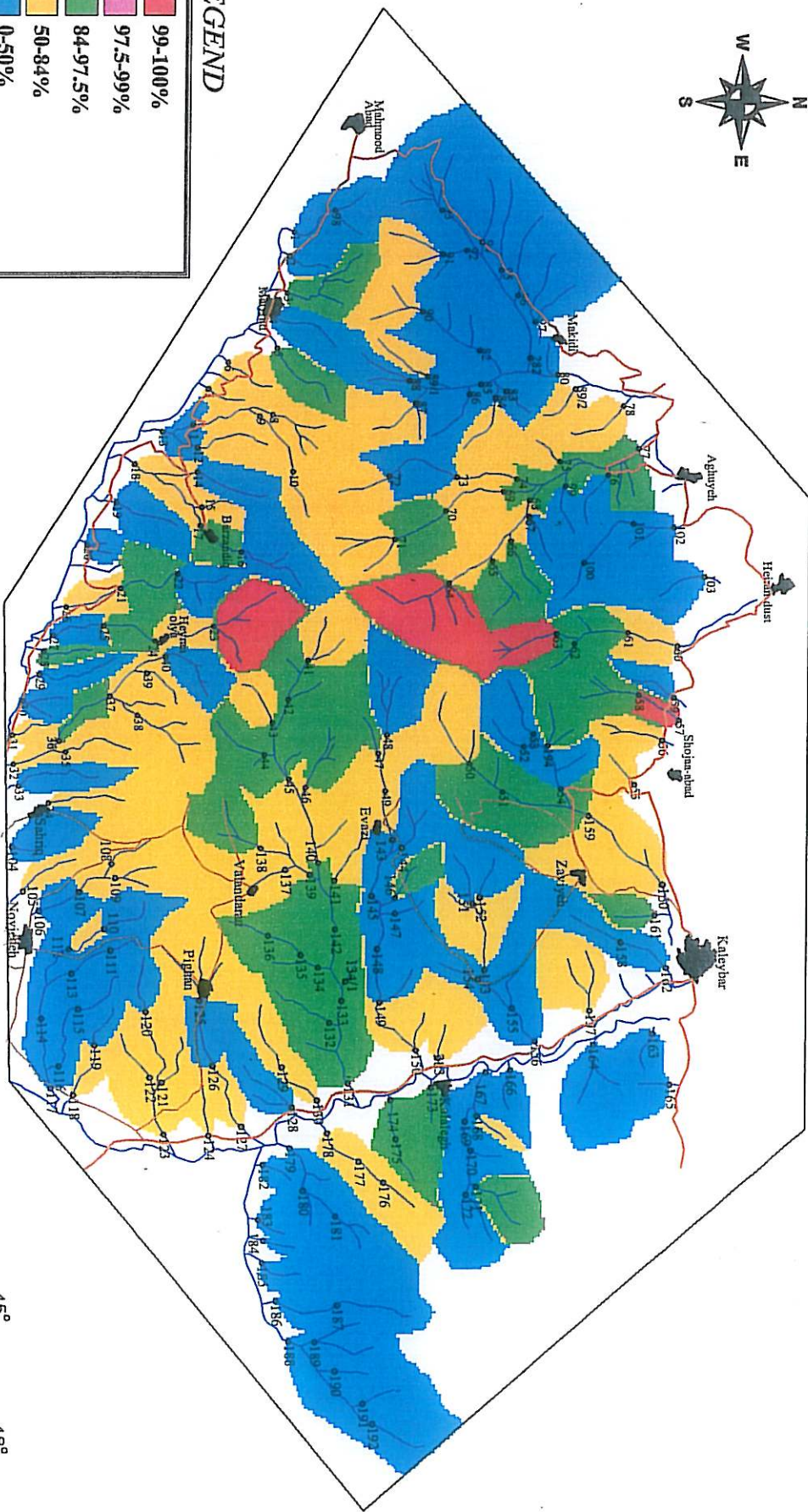
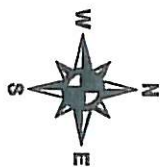
نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 240, 236, 224, 221, 220 و 280 می‌باشد. عیار عنصر Lu در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221 | 63  | 57  | 280 | 23  | 64  | 240 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 1   | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

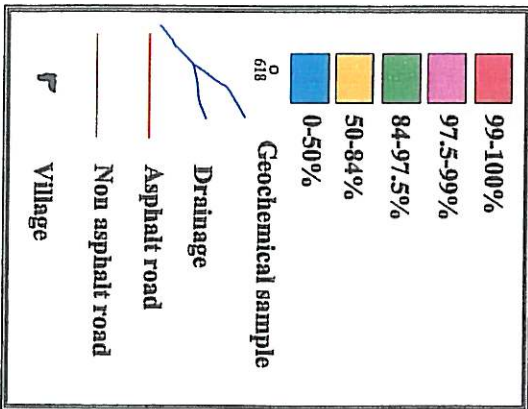




# Kaleybar



## LEGEND



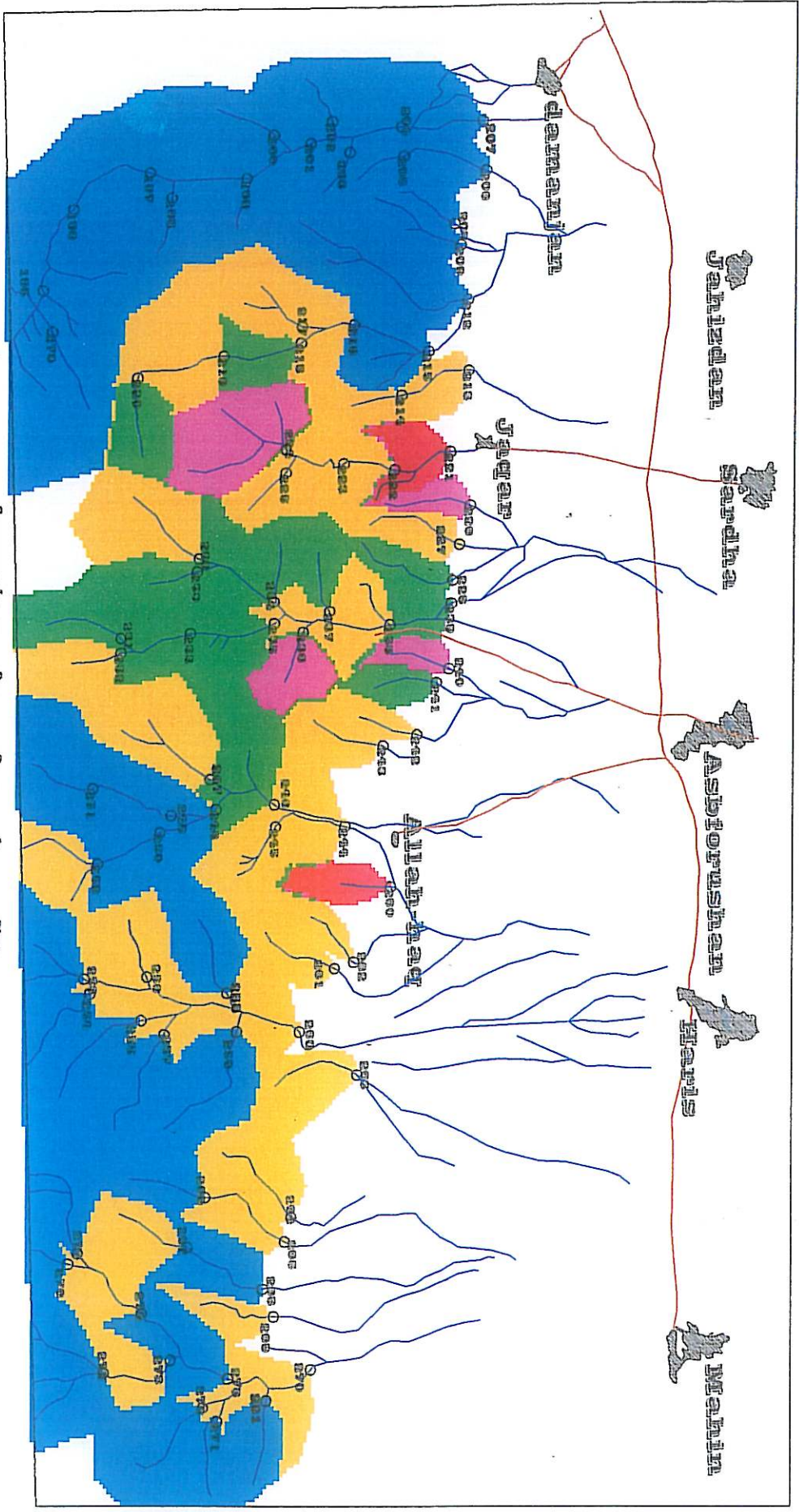
Geochemical Map Of Lr  
MAP NO:A-15

 **TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





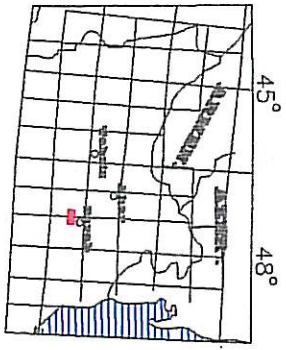
# Sarab



Scale: 1/20,000

## LEGEND

|                                                                                                                         |                    |                                                                                                                          |                    |                                                                                                                           |                    |                                                                                                                            |                    |                                                                                                                          |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> | 99-100%            | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span> | 97.5-99%           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> | 84-97.5%           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> | 50-84%             | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> | 0-50%              |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> | Geochemical sample | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span> | Geochemical sample | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> | Geochemical sample | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> | Geochemical sample | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> | Geochemical sample |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> | Drainage           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span> | Drainage           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> | Drainage           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> | Drainage           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> | Drainage           |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> | Road               | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span> | Road               | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> | Road               | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> | Road               | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> | Road               |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> | Village            | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span> | Village            | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> | Village            | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> | Village            | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> | Village            |



**UPPERAN PAPER**  
COMPUTING ENGINEERING COMPANY

Geochemical Map Of Lu  
MAP NO:B-15



## ۴-۲-۲- عناصر گروه LILE

## ۴-۲-۲-۱- باریم (Ba)، نقشه‌های شماره A-1 و B-1

باریم با عدد اتمی ۵۶ در گروه ۲ جدول تناوبی قرار گرفته و در گروه عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بالا قرار گرفته است. باریم در منطقه کلیر در بخش شرقی توده نفوذی نفیلین سینیت کلیر ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر ۱۵۴، ۱۵۰، ۱۴۵، ۱۸۵ و ۱۴۶ در منطقه سراب نیز ناهنجاری‌های عنصر باریم مربوط به توده نفیلین سینیت بزقوش می‌باشد. نمونه‌های ناهنجار این عنصر شامل ۲۱۴، ۲۳۲ و ۲۳۳ می‌باشد. عیار عنصر Ba در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 154  | 150  | 185  | 146  | 145  |
|-------------|------|------|------|------|------|
| عیار ppm    | 1790 | 1330 | 1290 | 1225 | 1195 |

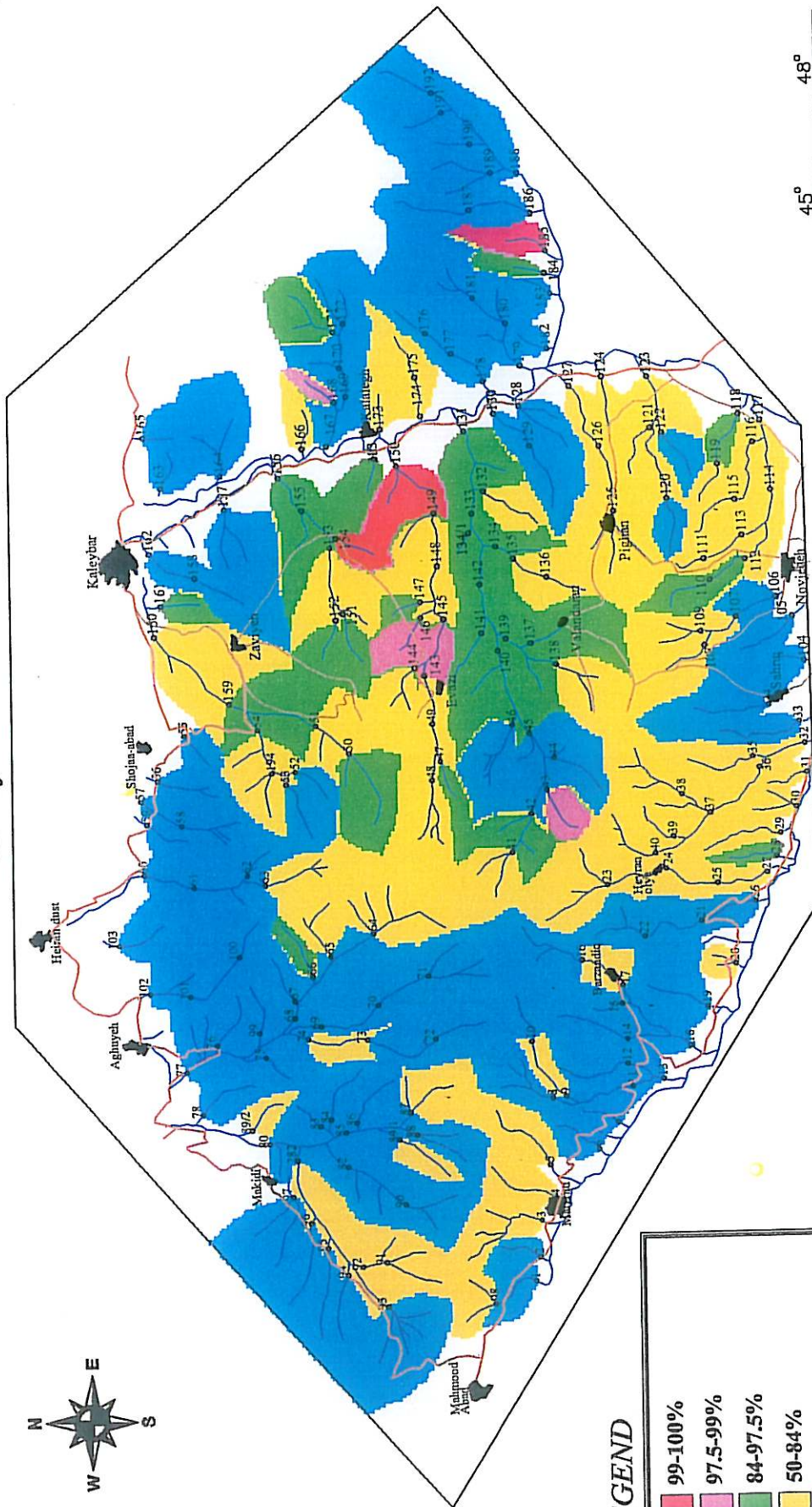
## ۴-۲-۲-۲- سزیم (Cs)، نقشه شماره A-5 و B-5

این عنصر با دارا بودن عدد اتمی ۵۵ در گروه یک جدول مندلیف و در گروه عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بالا قرار گرفته است. سزیم در منطقه کلیر در واحدهای نفیلین سینیت و بعضاً واحدهای اطراف آن ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های ناهنجار این عبارتند از: ۱۶۵، ۱۵۳، ۱۴۷، ۱۲۱، ۳۱، ۲۵، ۵ و ۱۷۳. پراکنش این عنصر در محدوده سراب نشانگر بالا بودن عیار نمونه‌های محدوده توده نفیلین سینیت نسبت به واحدهای اطراف می‌باشد. نمونه‌های ناهنجار این عنصر عبارتند از ۲۴۳، ۲۴۰، ۲۲۷، ۲۲۲ و ۲۵۳. عیار عنصر Cs در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 5    | 171 | 243 | 227 | 253 | 246 | 241 |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 11.4 | 10  | 9.3 | 9   | 8.6 | 8.6 | 7.2 |
| شماره نمونه | 222  | 165 | 228 | 229 | 223 | 31  |     |
| عیار ppm    | 8.6  | 8.3 | 8.2 | 8.2 | 7.9 | 7.5 |     |



# Kaleybar



## LEGEND



Geochemical sample

Drainage

Asphalt road

Non asphalt road

Village

Geological Map Of Ba  
MAP NO:A-1

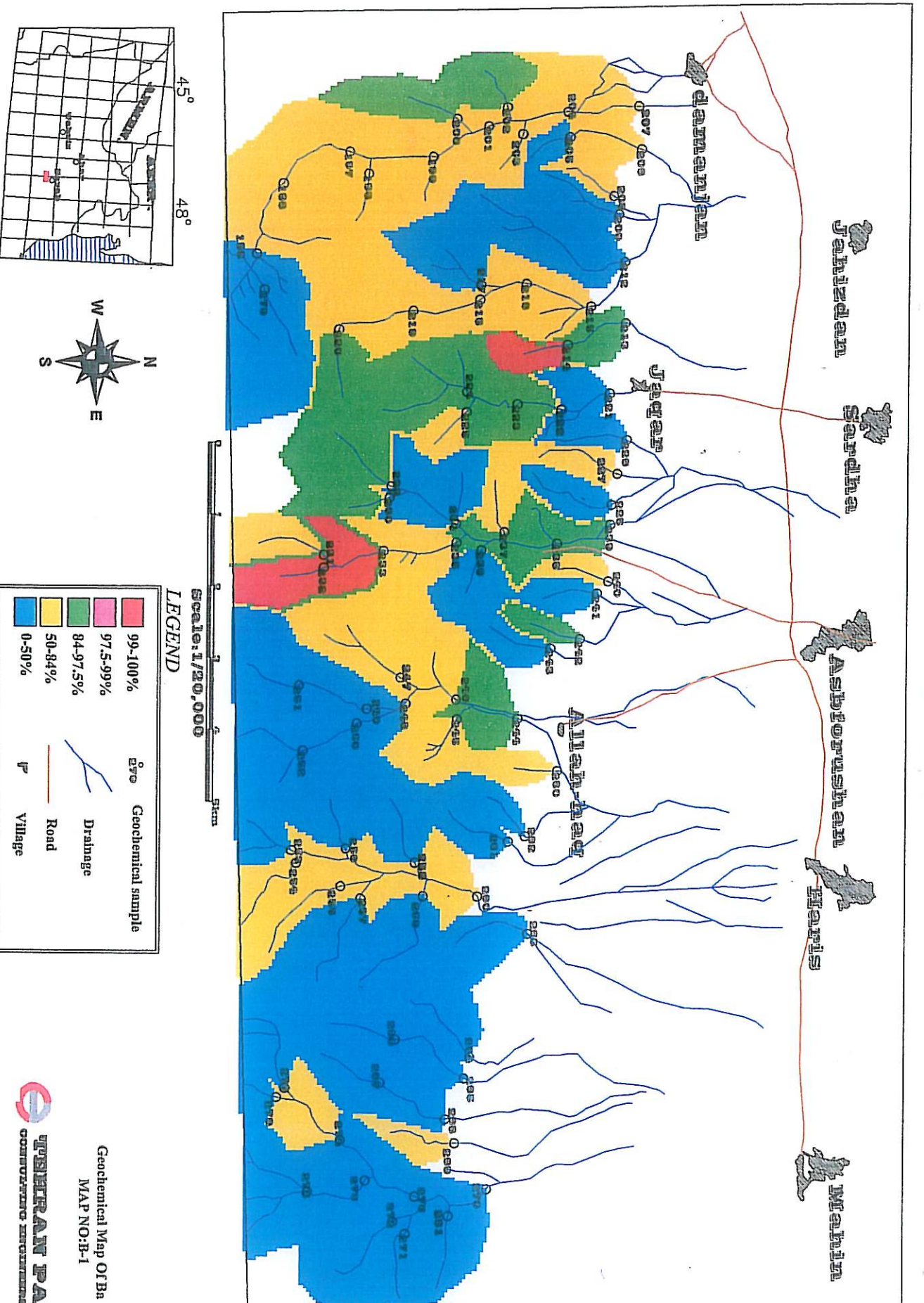
TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



Scale:1/20,000



# Saualo

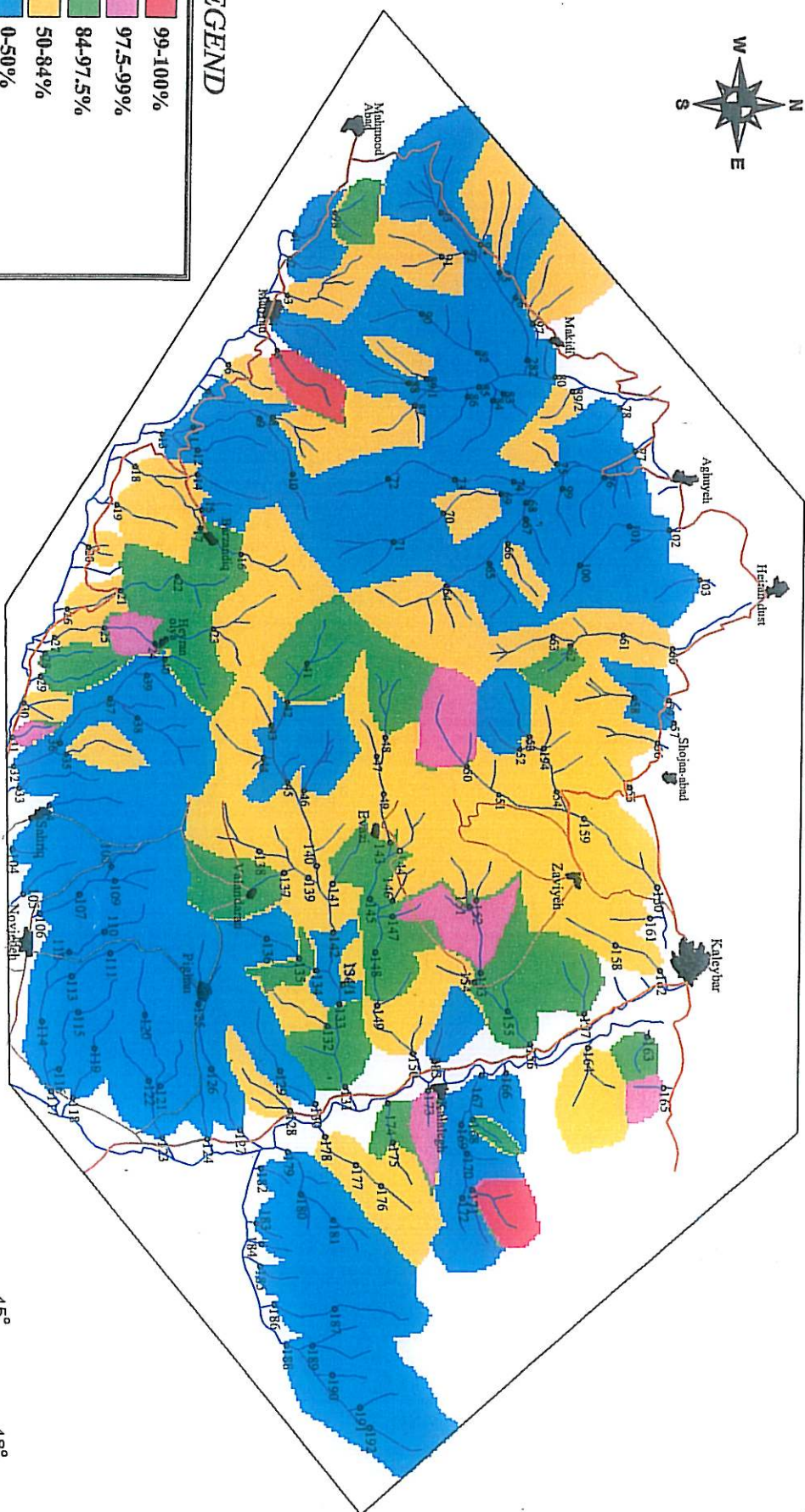


Geochemical Map Of Ba  
MAP NO:B-1

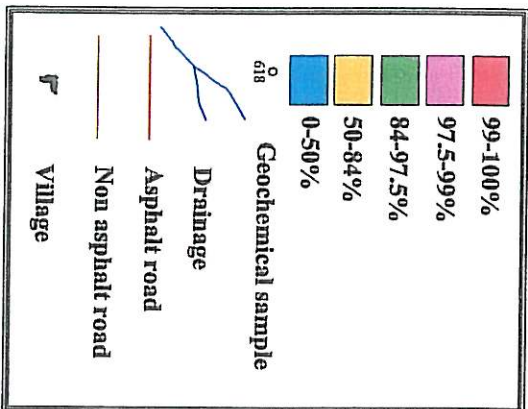
**YUSUF RAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



# Kaleybar



## LEGEND



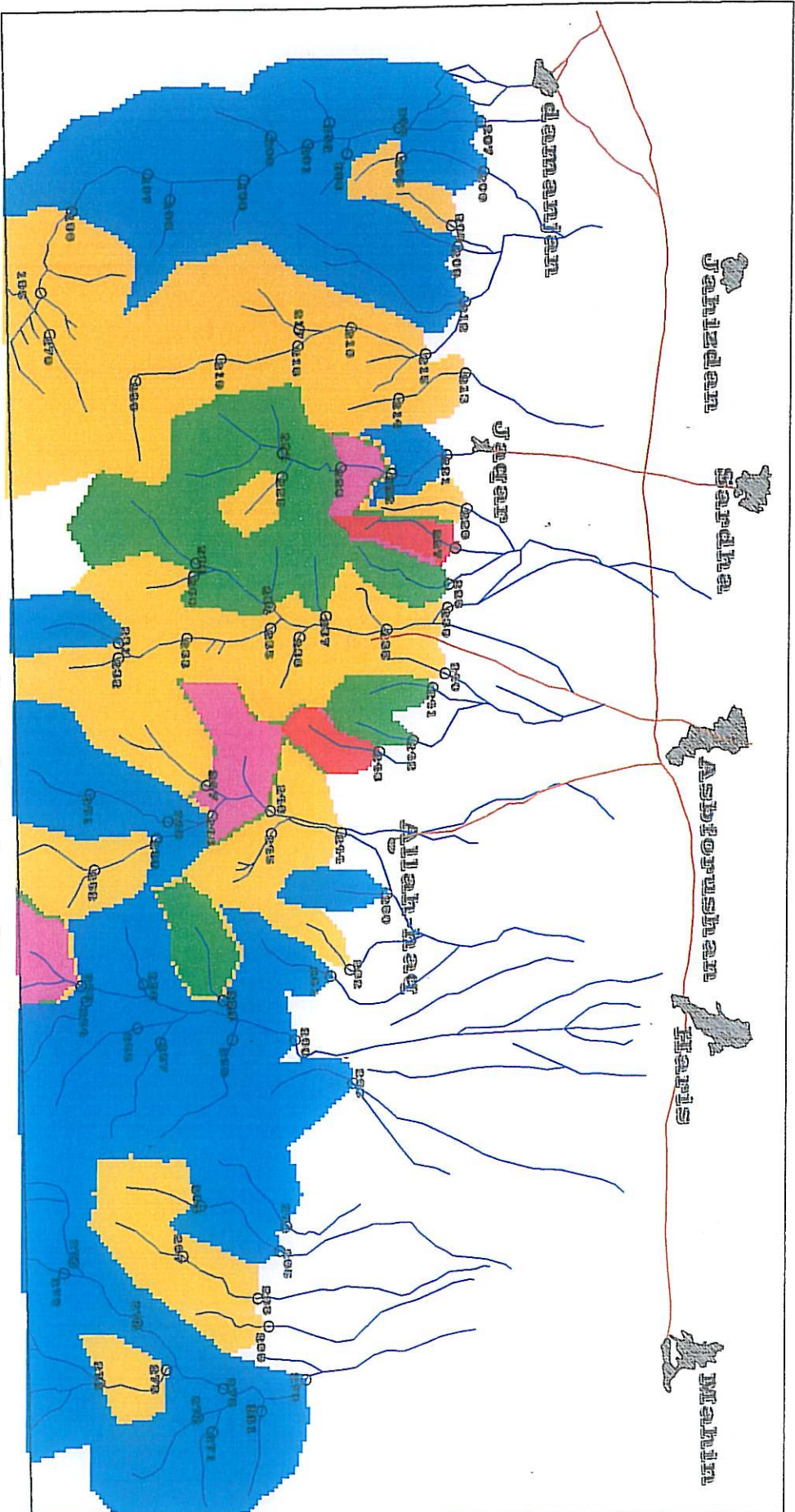
## Geochemical Map Of Cs MAP NO:4-5

 **TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





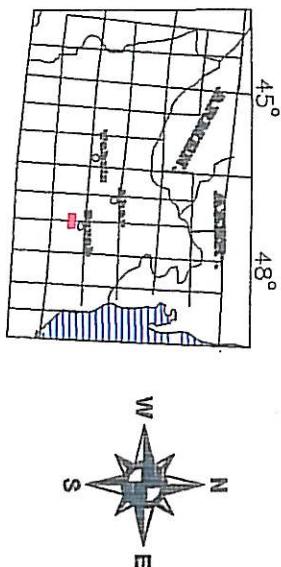
# Sarab



Scale: 1/20,000

## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% | Drainage           |
| 84-97.5% | Road               |
| 50-84%   | Village            |
| 0-50%    |                    |



## ۴-۲-۲-۳- روییدیم (Rb)، نقشه‌های شماره A-22 و B-22

عنصر روییدیم با عدد اتمی 37 از گروه اول جدول تناوبی در گروه عناصر لیتوفیل با شعاع یونی بالا قرار گرفته است. روییدیم در منطقه کلپیر اغلب در محدوده توده نفیلین سینیت ناهنجاری نشان می‌دهد. ناهنجاری‌های این عنصر اغلب در غرب روستای زاویه و غرب روستای ولندران دیده می‌شود. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 54, 138, 159 و 171 می‌باشد.

در منطقه سراب ناهنجاری‌های این عنصر در محدوده توده نفیلین سینیت بزقوش دیده می‌شود. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 222, 223, 227 و 243 می‌باشد. عیار عنصر Rb در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 242 | 222 | 138 | 227 | 243 | 223 | 246 | 229 | 54    |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| عیار ppm    | 213 | 212 | 212 | 211 | 205 | 204 | 200 | 200 | 197.5 |

## ۴-۲-۲-۴- استراسیم (Sr)، نقشه‌های شماره A-25 و B-25

این عنصر با عدد اتمی 38 در گروه ۲ جدول تناوبی قرار گرفته است. این عنصر از جمله عناصر لیتوفیل با شعاع اتمی بزرگ می‌باشد. با توجه به نقطه پراکنش این عنصر در محدوده کلپیر نمونه‌های با عیار بالا اغلب در محدوده توده نفیلین سینیت واقع شده‌اند. ناهنجاری‌های این عنصر در محدوده کلپیر نمونه‌های با عیار بالا اغلب در حوالی روستای کلالق و اوزی واقع شده است.

منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های زیر می‌باشد 152, 151, 150, 145 و 156 در منطقه سراب نیز ناهنجاری این عنصر در محدوده توده نفیلین سینیت بزقوش واقع شده است. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 212, 214 و 233 می‌باشد. عیار عنصر Sr در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 154  | 145  | 150  | 151  | 146  | 134-A | 152  | 147 |
|-------------|------|------|------|------|------|-------|------|-----|
| عیار ppm    | 1525 | 1350 | 1280 | 1190 | 1180 | 1155  | 1105 | 923 |
| شماره نمونه | 156  | 155  | 43   | 168  | 54   | 159   | 142  |     |
| عیار ppm    | 1100 | 1085 | 1080 | 1015 | 1000 | 951   | 924  |     |







**99-100%**

97.5-99%

84-97.5%

50-84%

0-50%

Geochemical sample

## Drainage

Asphalt road

Non asphalt road

## Village

## Geochemical Map Of Rb

MAP NO:A-22

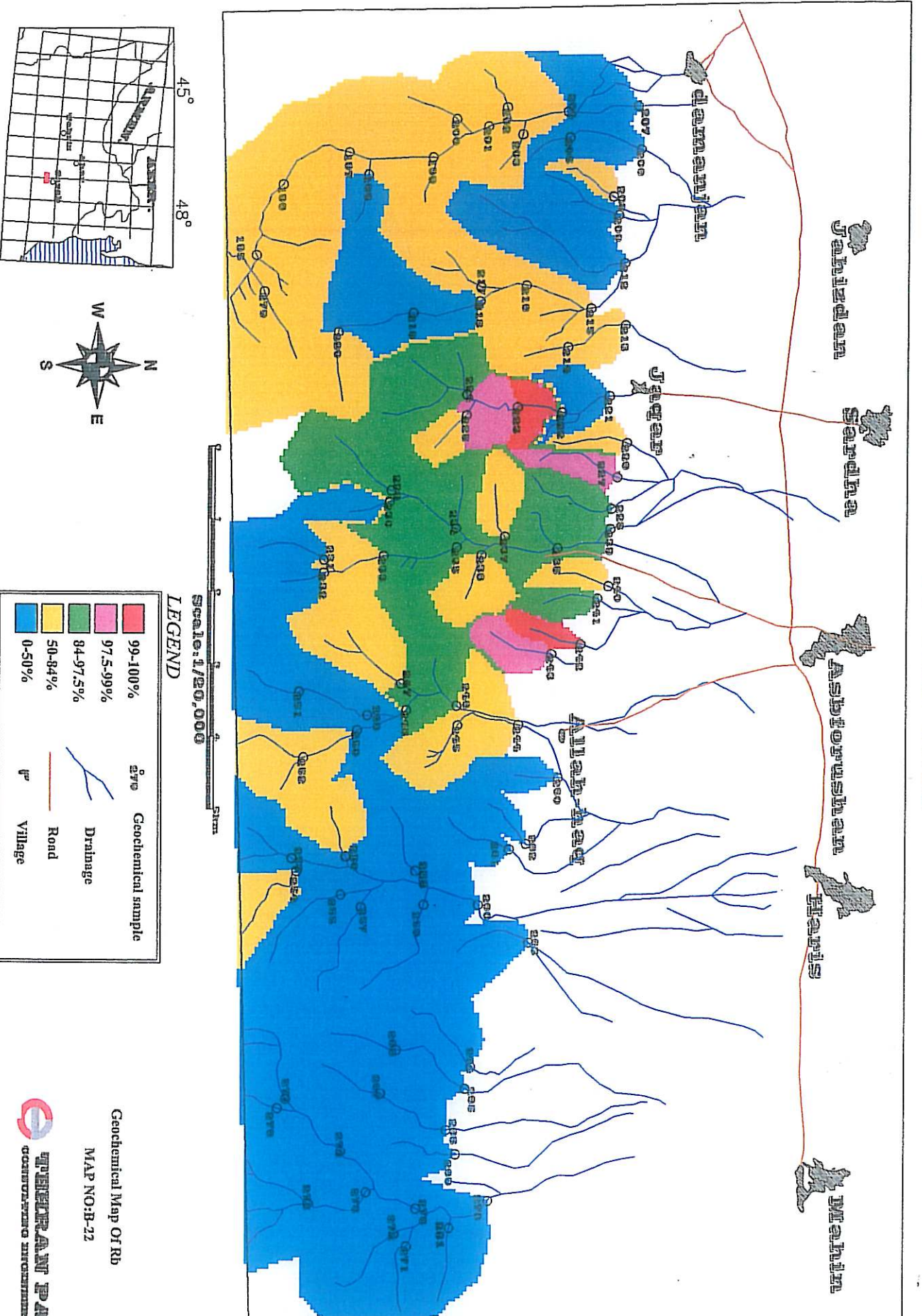
TEHRAN PADIR

CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saurashtra

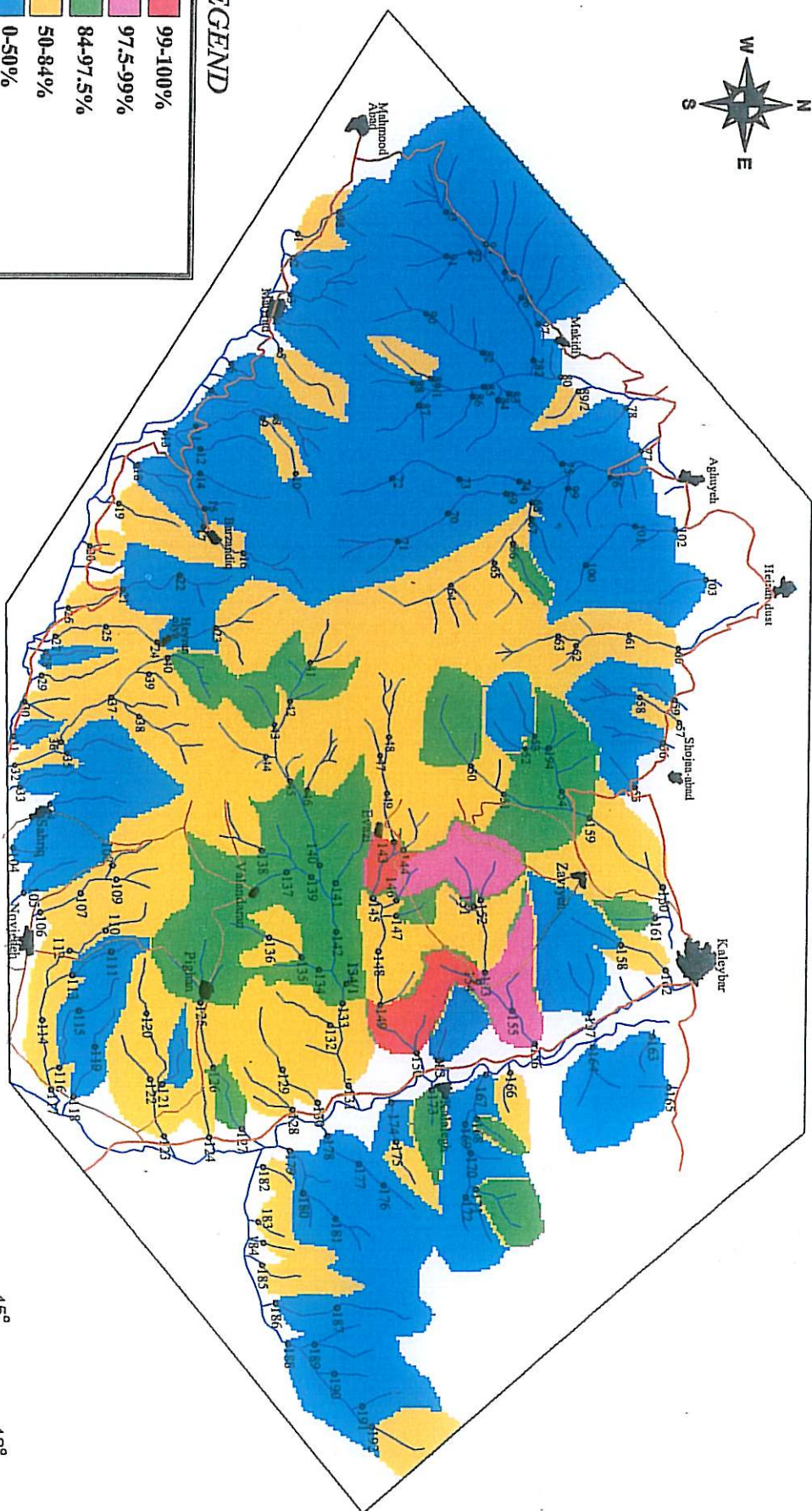
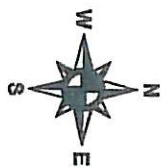


GOVERNMENT OF INDIA  
MINISTRY OF MINES

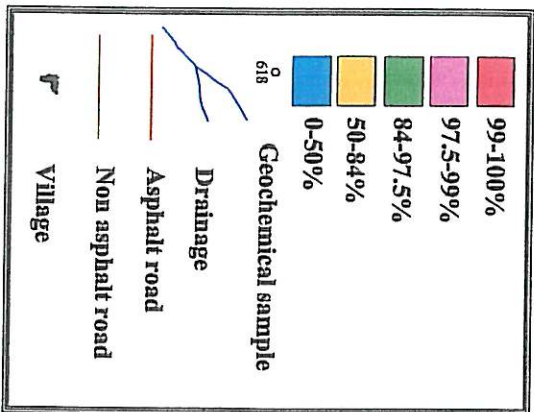
Geological Map Of Rb  
MAP NO-B-22



# Kaleybar



## LEGEND



**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

Geochemical Map Of Sr  
MAP NO:A-25







## ۴-۲-۳- عناصر گروه HFSE

## ۴-۲-۳-۱- زیر گروه عناصر نیوبیوم - تانتالیم

## ۴-۲-۳-۱-۱- نیوبیوم (Nb)، نقشه‌های شماره A-17 و B-17

این عنصر با عدد اتمی ۴۱ به همراه عناصر تانتالیوم و وانادیوم در گروه پنج فرعی جدول تناوبی قرار دارد. با توجه به نقشه شماره A-17 در محدوده کلپیر ناهنجاری‌های عمده این عنصر در شمال حیران‌علیا و جنوب شجاع‌آباد گسترش دارد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر عبارتند از: 23, 51, 57, 63 و 194 در محدوده سراب همانند سایر عناصر کمیاب در محدوده توده نقلین سینیت ناهنجاری نشان می‌دهد. مهمترین نمونه‌های ناهنجار در این محدوده نمونه‌های 221, 223 و 246 می‌باشد. عیار عنصر Nb در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

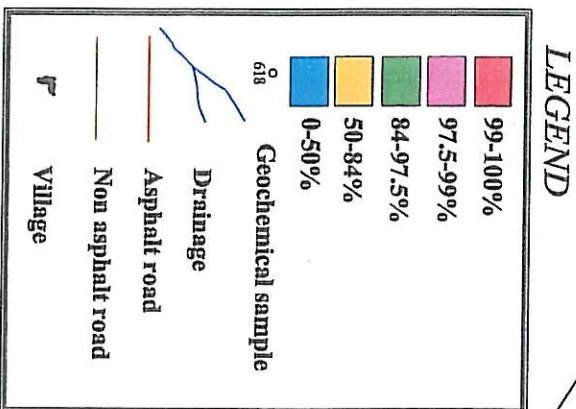
| نمونه    | 63 | 51 | 57 | 194 | 221 | 23 | 61 | 62 | 191 | 64 | 65 | 66 | 58 | 161 |
|----------|----|----|----|-----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|
| عیار ppm | 52 | 49 | 48 | 41  | 40  | 40 | 39 | 37 | 37  | 36 | 35 | 35 | 34 | 33  |

## ۴-۲-۳-۲- تانتالیوم (Ta)، نقشه‌های شماره A-26 و B-26

این عنصر با عدد اتمی 73 عنصر دیگر از گروه پنج فرعی جدول و گروه HFSE می‌باشد. ناهنجاری‌های این عنصر اغلب در محدوده کلپیر در بخش شمال توده نفوذی کلپیر دیده می‌شود. نمونه‌های ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 51, 57, 61, 63 و 194 می‌باشد. در بخش شرقی منطقه نیز نمونه 191 ناهنجاری نشان می‌دهد. در منطقه سراب بخش غربی منطقه مورد مطالعه عیار عنصر مذکور بالاتر بوده و ناهنجاری‌های عمده این عنصر در محدوده توده نقلین سینیت بزقوش قرار دارد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر نمونه‌های 221, 231, 234 و 240 می‌باشد. عیار عنصر Nb در نمونه‌های ناهنجار به شرح زیر می‌باشد:

| نمونه    | 51  | 221 | 57  | 63 | 194 | 61  | 191 | 23  | 64  | 58  | 62  | 190 | 66  | 161 | 65  |
|----------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm | 3.6 | 3.5 | 3.2 | 3  | 2.7 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 2.1 |





0 2 4 6 8 Km

Scale: 1/20,000

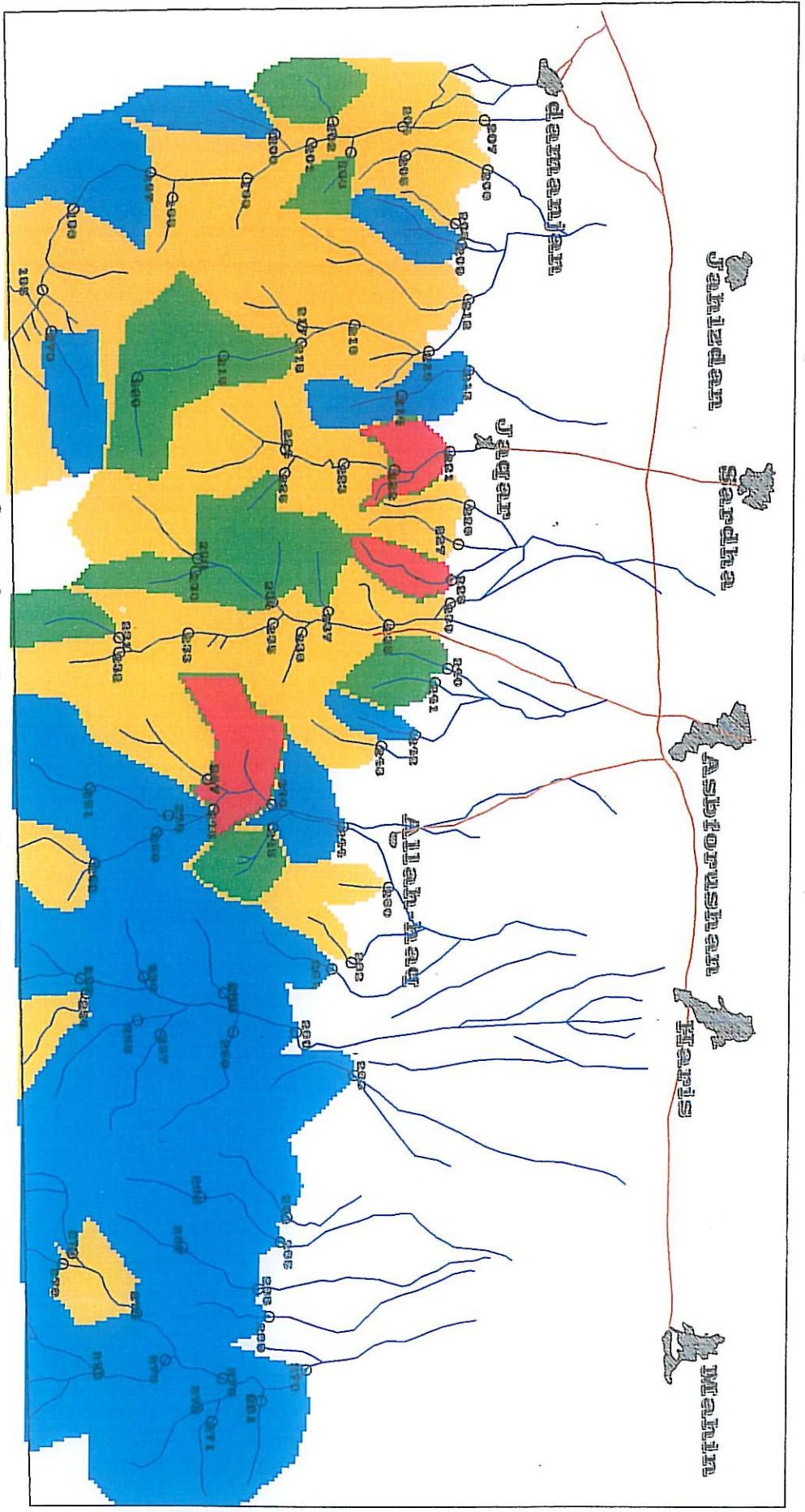


MAP NO:A-17

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



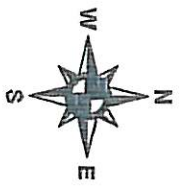
# Saurab



Scale: 1/20,000

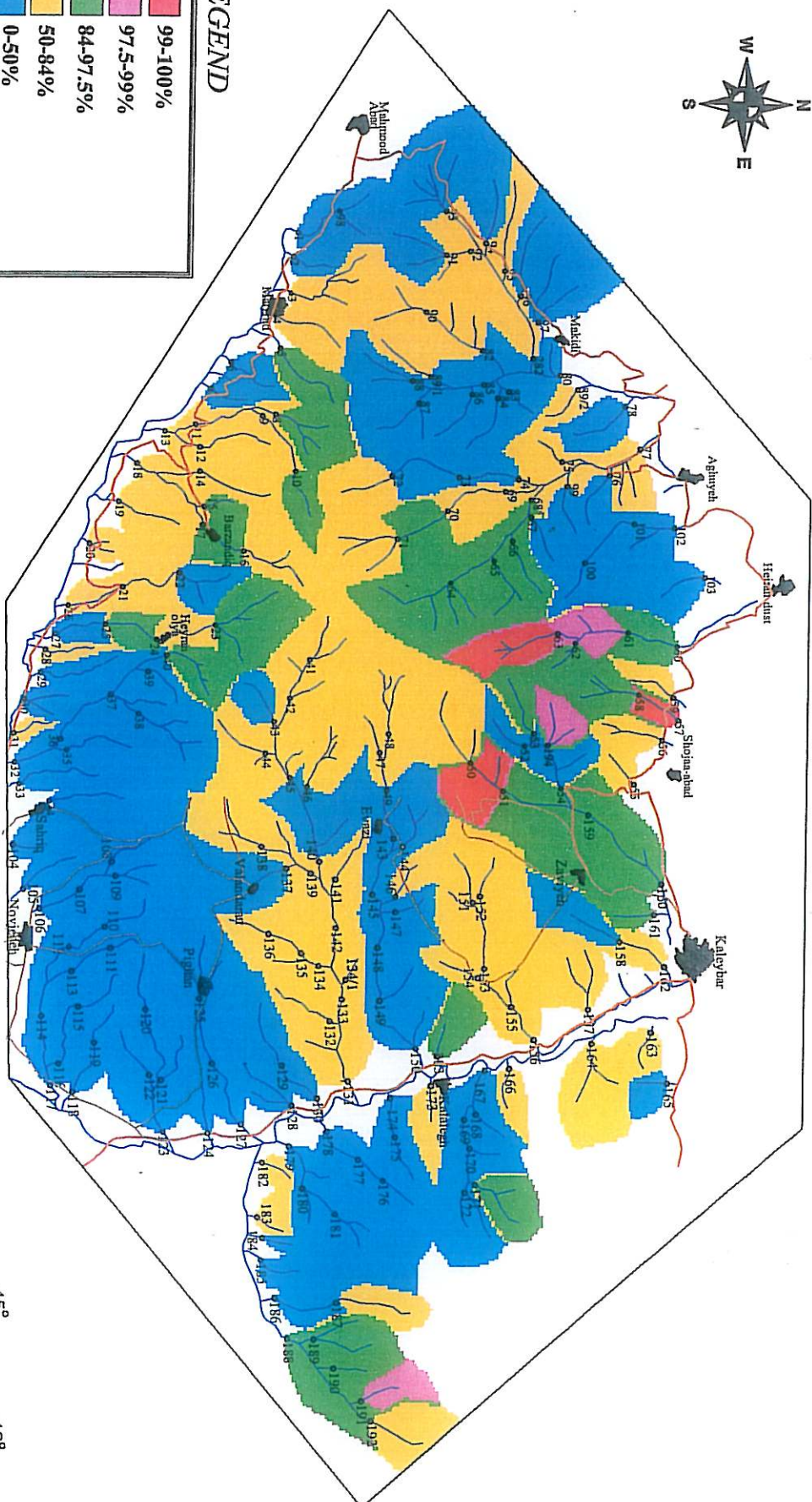
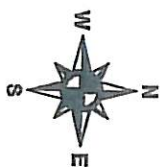
## LEGEND

|                                                                                                                       |          |                                                                                                                     |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; border:1px solid black;"></span>    | 99-100%  | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span> | Geochemical sample |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> | 97.5-99% | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span> | Drainage           |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:green; border:1px solid black;"></span>  | 84-97.5% | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span> | Road               |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:yellow; border:1px solid black;"></span> | 50-84%   | <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span> | Village            |
| <span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; border:1px solid black;"></span>   | 0-50%    |                                                                                                                     |                    |

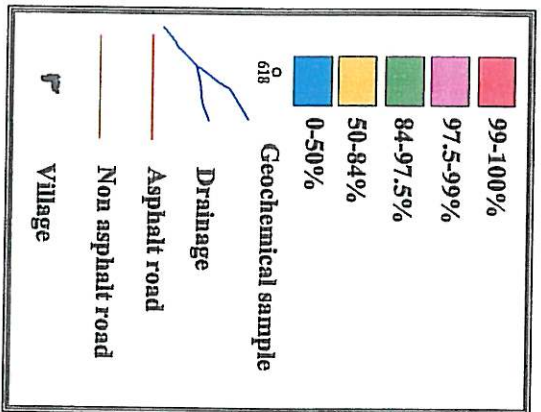




# Kaleybar



## LEGEND



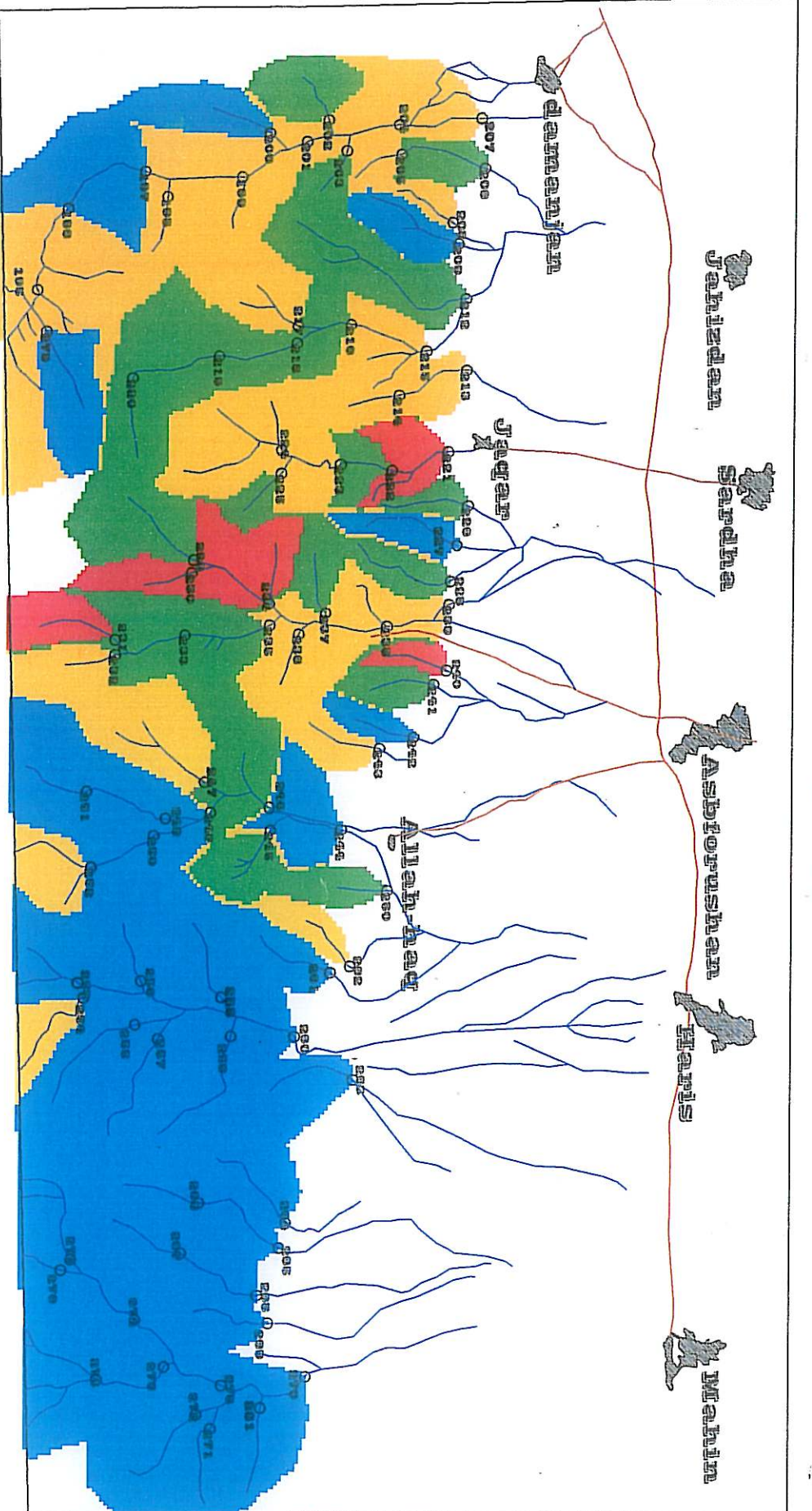
Geochemical Map Of Ta  
MAP NO:A-26

TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Satpata



## LEGEND

Scale: 1/20,000

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |

Geochemical Map Of Ta

MAP NO:B-26

**THEERAN PADI**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

## ۴-۲-۳-۲- زیر گروه عناصر زیر کونیم- هافنیوم

این دو عنصر بیشتر کانیهای از نوع اکسیدی و سیلیکاتی را تشکیل می دهند، اما با این حال کانی اقتصادی آن منحصر به زیر کن می شود. هافنیم به عنوان عنصر ایزومورف زیر کینم شناخته می شود و به همراه یکدیگر تمایل شدیدی به تمرکز در سنگهای آلوکالین از خود نشان می دهند. به همین علت تمرکز آنها در گرانیت ها و سینیته ها دو برابر دیگر سنگها است.

## ۴-۲-۳-۱- زیر کینیم (Zr)، نقشه های شماره A-36 و B-36

در محدوده کلیر عیار عنصر مذکور در محدوده توده نفوذی نقلین سینیت عیار بالاتری از خود نشان می دهد. عیار این عنصر اطراف توده و داخل واحدهای آهکی و ماسه سنگی و ولکانیکی در حد زمینه می باشد. نمونه های ناهنجار این عنصر شامل نمونه های 5, 57, 61, 63 و 135 می باشد.

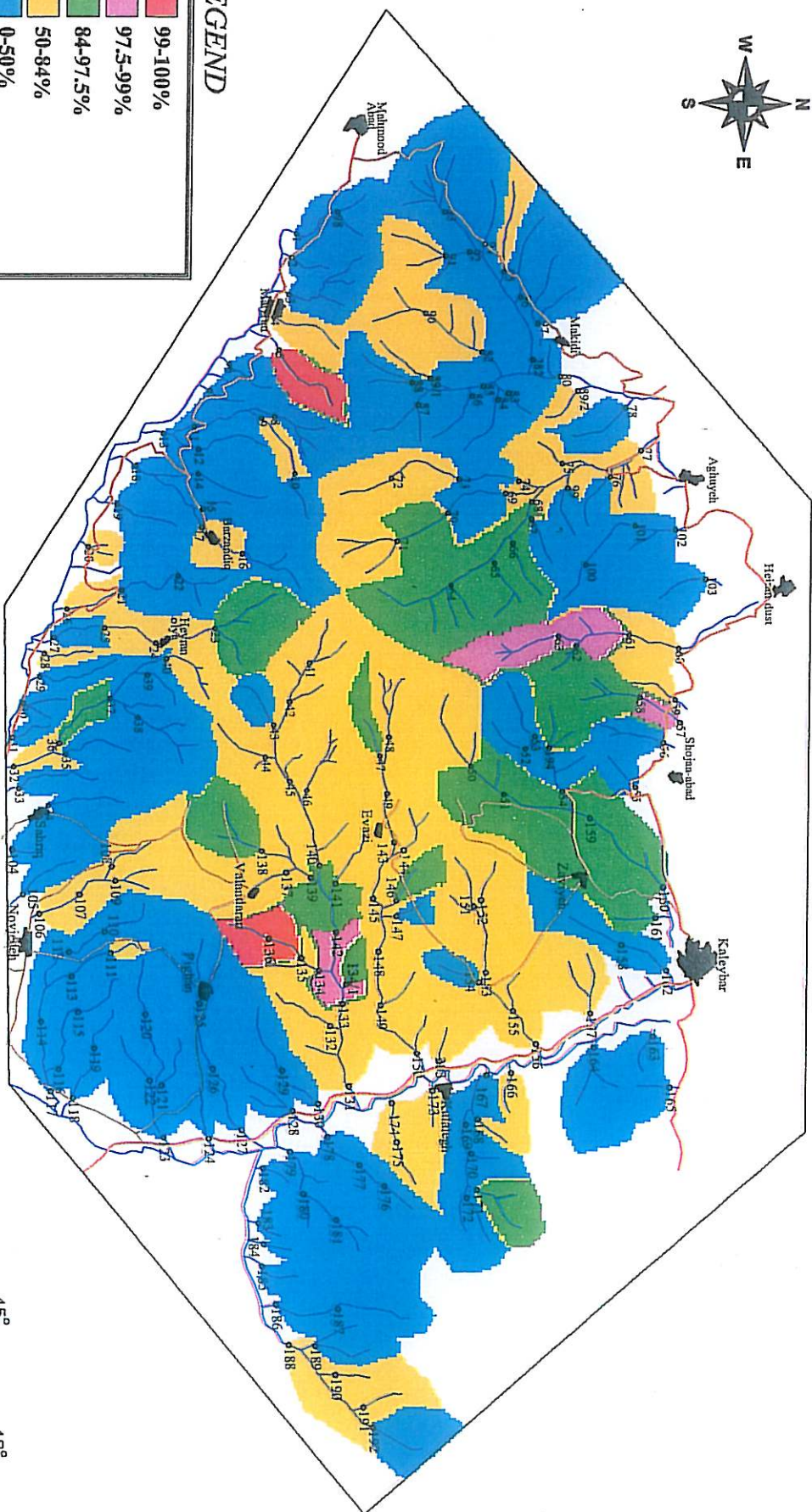
در منطقه سراب عیار زیر کن در محدوده توده نفوذی نقلین سینیت بزقوش عیار بالاتری داشته و در واجدبای اطراف توده مقدار آن در حد زمینه می باشد. نمونه های ناهنجار این عنصر شامل نمونه های 218, 221 و 280 می باشد. عیار عنصر Zr در نمونه های ناهنجار به شرح زیر می باشد:

| نمونه    | 5   | 135 | 221 | 136 | 63  | 57  | 61  | 133 | 194 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm | 605 | 549 | 501 | 423 | 380 | 378 | 351 | 337 | 308 |
| نمونه    | 280 | 23  | 240 | 218 | 138 | 161 | 51  | 64  |     |
| عیار ppm | 335 | 330 | 328 | 320 | 317 | 316 | 314 | 312 |     |

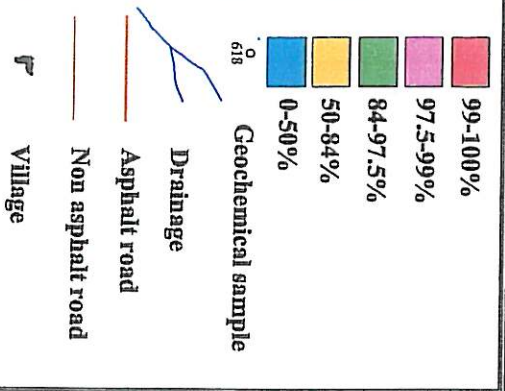




# Kaleybar



## LEGEND



Geochemical Map Of Zr  
MAP NO:A-36

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





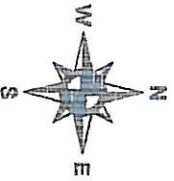


Figure 1 is a map of the study area showing the distribution of geochemical samples. The map is divided into five color-coded regions, each representing a different range of sample values. The regions are labeled with their respective percentage ranges: 99-100% (red), 97.5-99% (pink), 84-97.5% (green), 50-84% (yellow), and 0-50% (blue). The map also shows a drainage network (blue lines) and a road (red line). The map is labeled with 'Drainage', 'Road', and 'Village'.

**THE HARRY P. ADLER  
CONSTRUCTION ENGINEERING COMPANY**

Geochemical Map Of Zr  
MAP NO:B-36



## ۲-۲-۳-۲-۴ - هافنیم (Hf)، نقشه‌های شماره A-12 و B-12

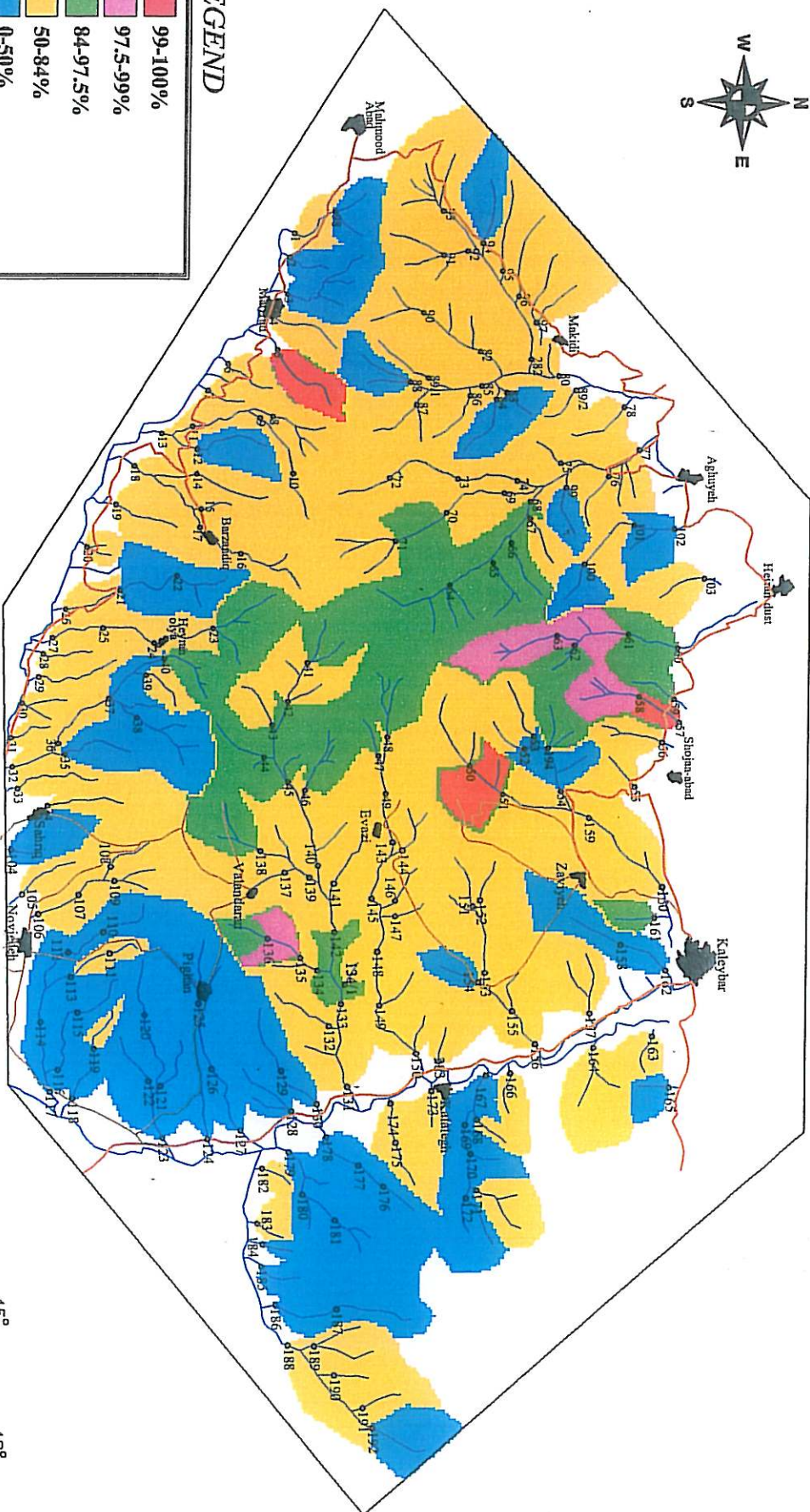
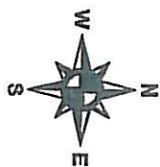
در منطقه کلیر عیار این عنصر نظیر سایر عناصر کمیاب در محدوده توده نفوذی بالتری از خود نشان می‌دهد. عیار این عنصر در بخش شمالی و مرکزی توده نفوذی بالتر می‌باشد و ناهنجاری‌های این عنصر در بخش شمالی نشان می‌دهد. نمونه ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 5, 51, 57, 58, 61, 63 و 135 می‌باشد.

در منطقه سراب ما شاهد ناهنجاری‌های عمده و مشخص در محدوده توده نفوذی سینیت بزقوش هستیم این ناهنجاری‌ها در بخش شمالی و مرکزی توده بزقوش دیده می‌شود. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

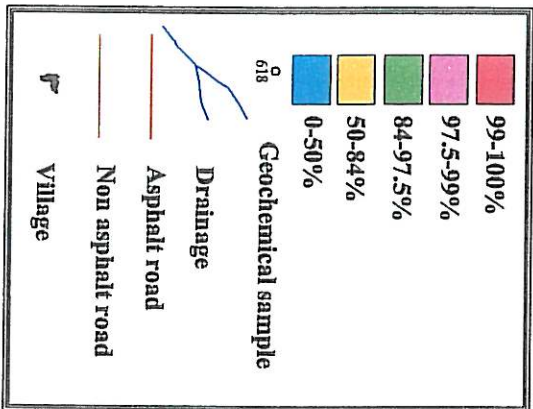
| شماره نمونه | 5  | 51 | 221 | 57 | 63 | 61 | 58 | 135 | 64 | 62 | 65 | 40 | 68 | 240 | 66 | 136 | 45 |
|-------------|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|
| عیار ppm    | 14 | 13 | 13  | 13 | 12 | 11 | 11 | 11  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9   | 9  | 9   | 9  |



# Kaleybar



## LEGEND



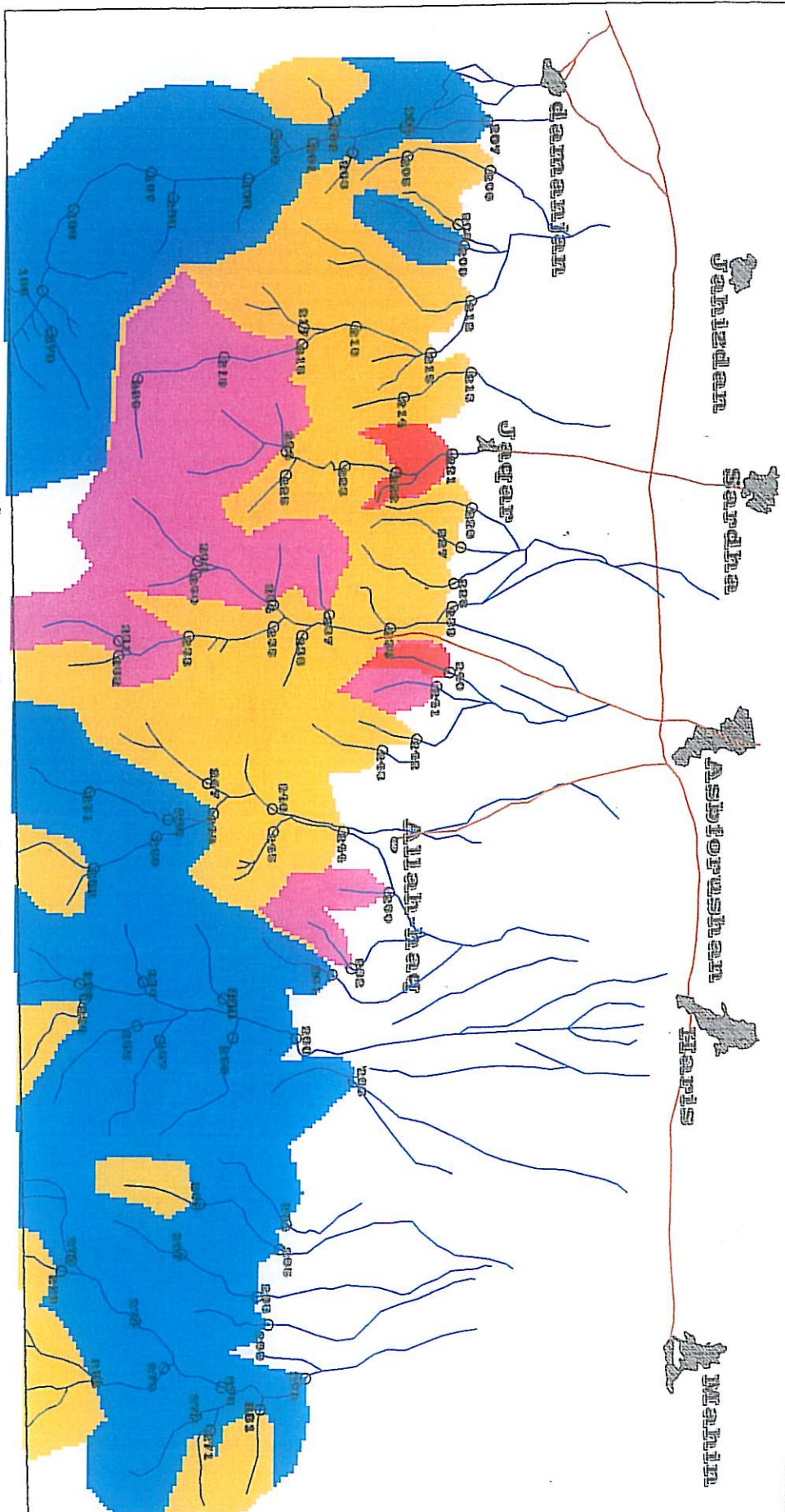
Geochemical Map Of HF  
MAP NO:A-12

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





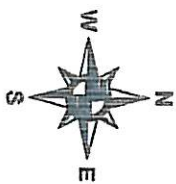
# Saltoro



Scale: 1/20,000

## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |



Geochemical Map Of HT  
MAP NO-B-12



ENGINEERING PAKISTAN  
CONSULTING ENGINEERING COMPANY

اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

#### ۴-۲-۴- سایر عناصر

این عناصر در تقسیم‌بندی عناصر کمیاب قرار نمی‌گیرد، اما به دلیل این که از لحاظ اکتشافی مهم بوده و توسط آزمایشگاه آنالیز شده، مورد پردازش قرار گرفته و نقشه‌های پراکنش این عناصر ترسیم شده است. با مقایسه نقشه پراکنش این عناصر با پراکنش عناصر کمیاب می‌توان نتیجه گرفت که ناهنجاری‌های این عنصر بیشتر در مناطقی که آلتراسیون‌های شدید در اثر نفوذ دایکهای آپلیتی مشاهده می‌شود، دیده می‌شود عناصر مذکور به ترتیب به شرح زیر می‌باشد:

#### ۴-۲-۴-۱- کبالت (Co)، نقشه‌های شماره A-3 و B-3

این عنصر برخلاف عناصر کمیاب در محدوده توده نفیلین سینیت دارای عیار پایین و در حد زمینه می‌باشد. در محدوده کلیر ناهنجاری‌های این عنصر در بخش جنوب شرق و جنوب منطقه مورد مطالعه قرار دارد. منشاء این ناهنجاری نمونه‌های 125، 37 و 127 می‌باشد.

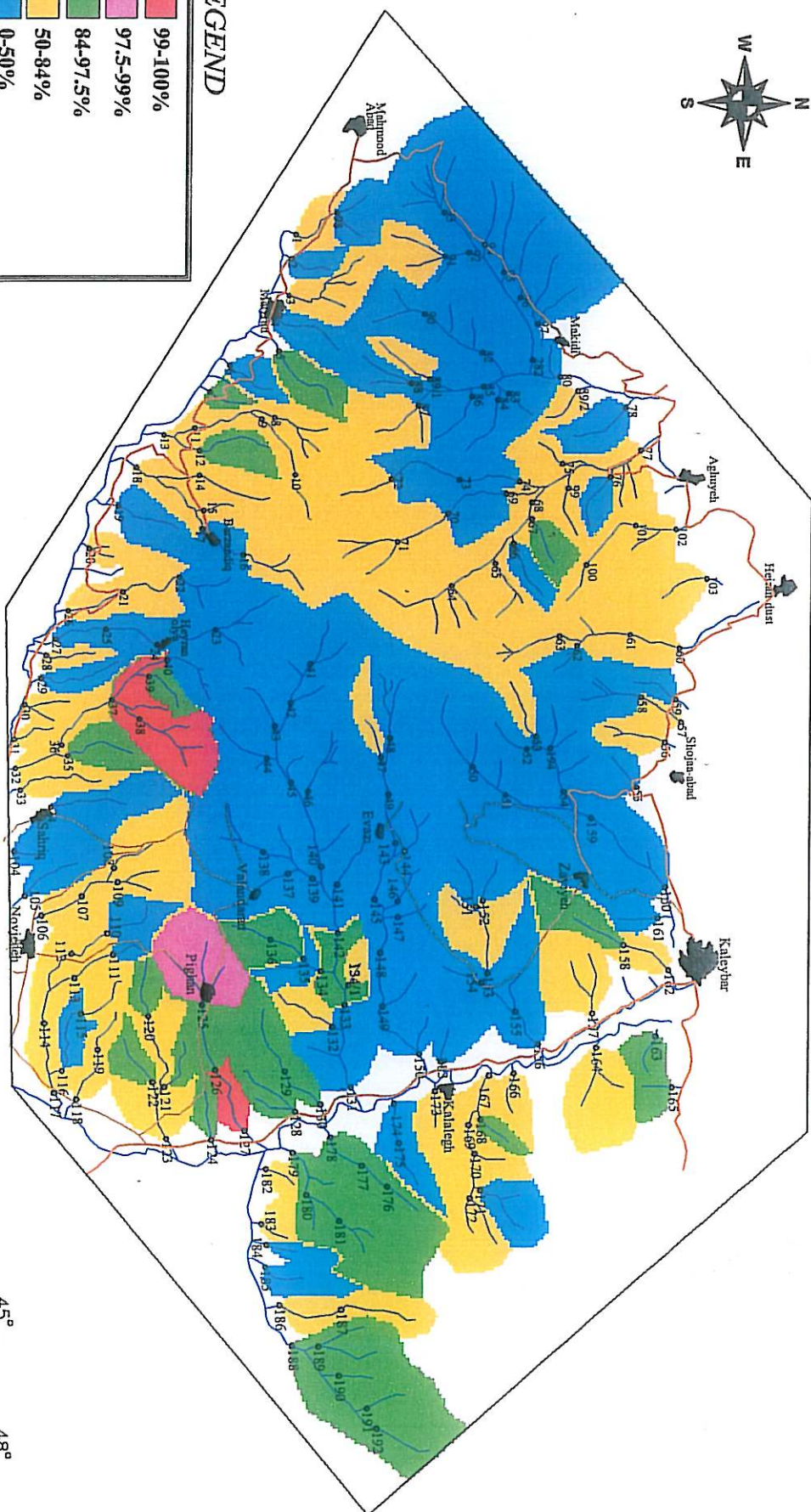
در منطقه سراب نیز ناهنجاری‌های این عنصر در بخش شرقی توده نفوذی بزقوش دیده می‌شود. در محدوده توده بزقوش عیار این عنصر در حد زمینه می‌باشد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر نمونه‌های 257 و 263 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 37   | 127  | 38   | 125  | 122  | 190  | 129 | 191  | 120  | 263  | 135  | 67   | 126  | 188  | 130  | 180  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| عیار ppm    | 45.4 | 43.5 | 43.5 | 42.7 | 41.8 | 38.2 | 38  | 36.7 | 36.5 | 36.3 | 36.2 | 35.3 | 34.7 | 34.5 | 34.3 | 33.9 |





# Kaleybar



## LEGEND

- 99-100%
- 97.5-99%
- 84-97.5%
- 50-84%
- 0-50%
- Geochemical sample
- Drainage
- Asphalt road
- Non asphalt road
- Village

0 2 4 6 8 Km  
Scale: 1/20,000

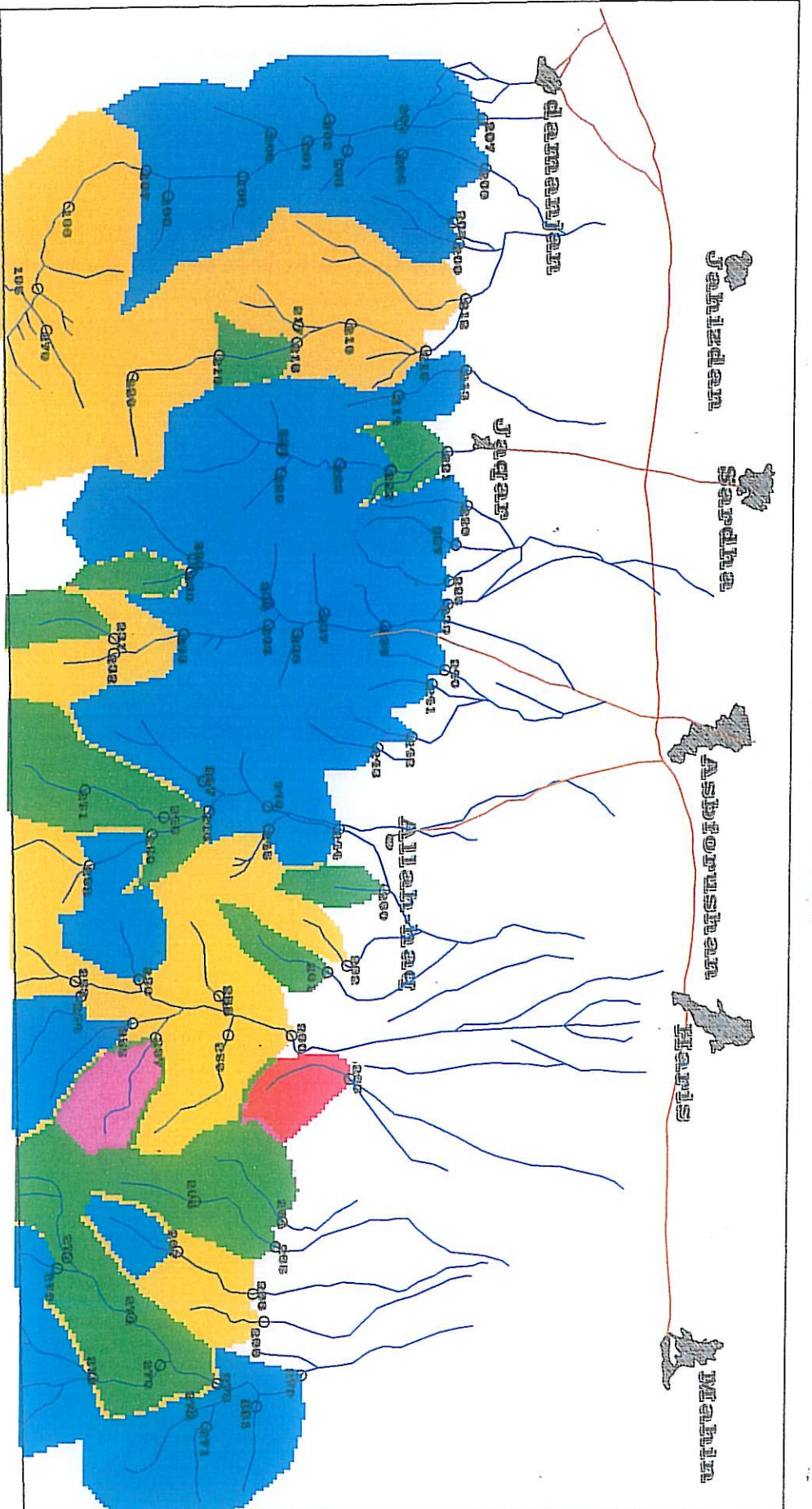
Geochemical Map Of Co  
MAP NO: A-3

TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

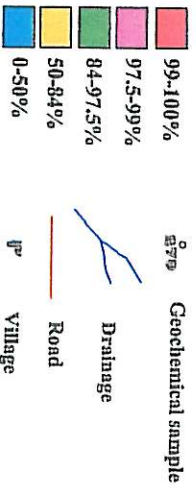




# Saurao



## LEGEND



Geochemical Map Of Co  
MAP NO:B-3

**THEERAN PADI**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



## ۴-۲-۴-۲-کروم (Cr)، نقشه‌های شماره A-4 و B-4

این عنصر در این منطقه اهمیت اکتشافی بالایی ندارد. در منطقه کلیر در بخش شمال غرب منطقه و ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری شامل 101, 100, 99, 67, 59 و 180 می‌باشد.

در منطقه سراب ناهنجاری‌های این عنصر در بخش جنوب غرب توده نفوذی مشاهده می‌شود. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های نمونه‌های 195 و 279 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 100  | 59   | 180  | 67   | 101  | 99   | 102 | 68  | 179 | 61  | 169 | 167 | 57  | 181 | 76  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 1720 | 1700 | 1560 | 1460 | 1460 | 1180 | 900 | 860 | 800 | 790 | 760 | 700 | 670 | 640 | 600 |

## ۴-۲-۴-۳-مس (Cu)، نقشه‌های شماره A-6 و B-6

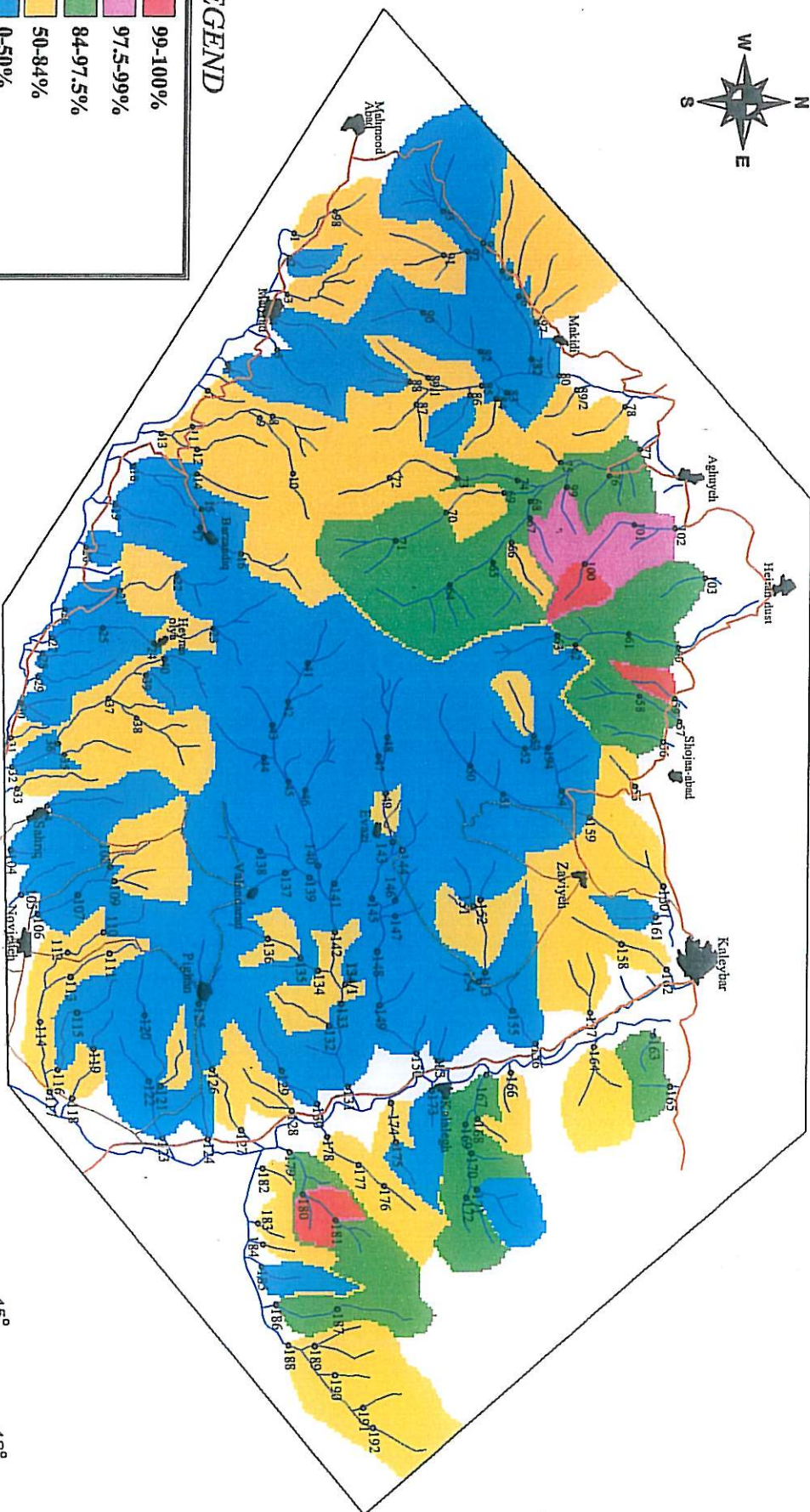
این عنصر بیشتر در بخش جنوب کلیر ناهنجاری نشان می‌دهد. ناهنجاری‌های مهم این عنصر بیشتر در حوالی روستای اوزی دیده می‌شود. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 46, 45, 44, 38 و 126 می‌باشد. در این منطقه واحد توده نقلین سینیت بزقوش در اثر نفوذ واحدهای آپلیتی و پگماتیتی به شدت آلوده شده است. آلتراسیون در این منطقه از نوع آرژیلیتی، هماتی و لیمونیتی می‌باشد.

در منطقه سراب ناهنجاری‌های این عنصر مستقل از توده نفوذی بوده و بیشتر در بخش شرق و غرب منطقه گسترش دارد. نمونه دارای ناهنجاری شامل نمونه‌های 200 و 270 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

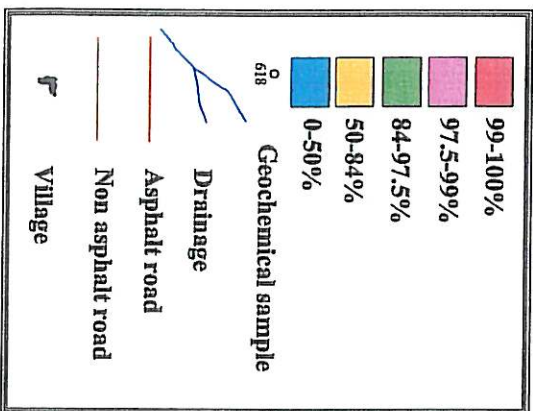
| شماره نمونه | 44  | 200 | 46  | 45  | 270 | 271 | 252 | 258 | 215 | 245 | 126 | 272 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 325 | 256 | 243 | 217 | 193 | 190 | 188 | 181 | 180 | 178 | 177 | 176 |
| شماره نمونه | 275 | 38  | 216 | 225 | 203 | 246 | 202 | 268 | 37  | 267 | 217 |     |
| عیار ppm    | 174 | 171 | 170 | 170 | 170 | 168 | 166 | 164 | 164 | 162 | 162 |     |



# Kaleybar



## LEGEND

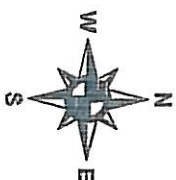


*Geochemical Map Of Cr*  
**MAP NO: A-4**

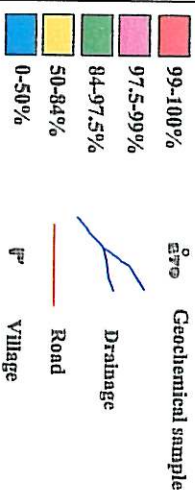
**TEHRAN PADIR**  
 CONSULTING ENGINEERS COMPANY



The map shows the distribution of the Iberian lynx across the Iberian Peninsula. The distribution is concentrated in the southwestern part of the peninsula, particularly in the provinces of Huelva, Cádiz, and Málaga. The map is color-coded: blue for areas where the species is present, yellow for areas where it is absent, and green for areas where it is uncertain. The map includes major rivers and cities.



## LEGEND



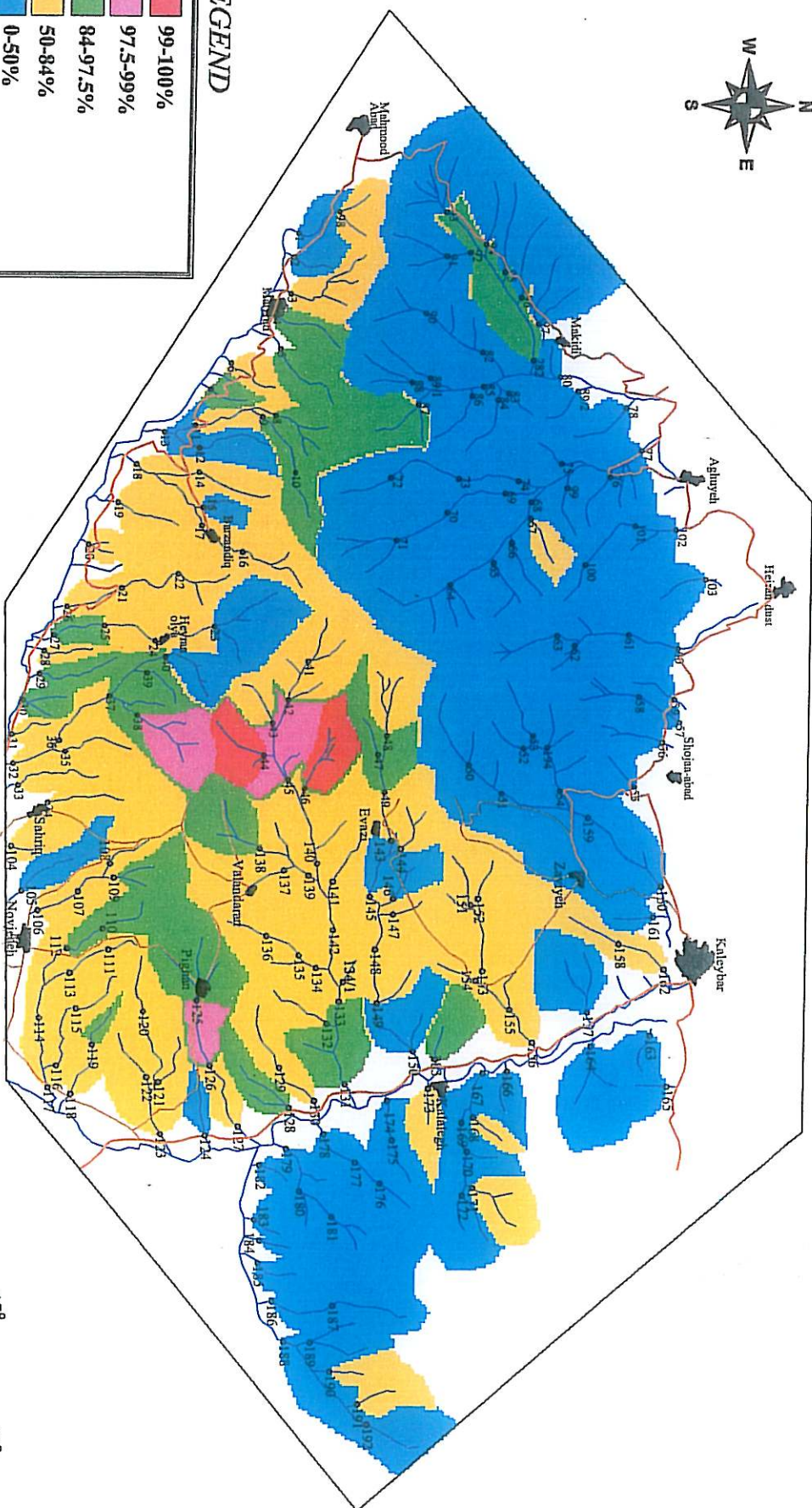
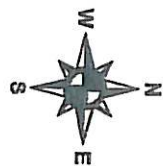
# Geochemical Map Of Cr

MAP NO:B-4

**TESTERAN PAPER**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



# Kaleybar



## LEGEND

- 99-100%
- 97.5-99%
- 84-97.5%
- 50-84%
- 0-50%
- Geochemical sample
- Drainage
- Asphalt road
- Non asphalt road
- Village

Scale: 1/20,000



Geochemical Map Of Cu  
MAP NO:A-6

TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





**TELETYPE UNIT PADDLER  
CONVULSING IN GUTTERING COMPANY**

## ۴-۲-۴-۴-مولیبدن (Mo)، نقشه‌های شماره A-16 و B-16

مولیدن از عناصری است که در منطقه کلیر دارای پراکنش شبیه عنصر مس می‌باشد. ناهنجاری‌های این عنصر بیشتر در جنوب غرب اوزی دیده می‌شود. نمونه‌های دارای این ناهنجاری‌ها شامل نمونه‌های 44, 45, 46 و 88 می‌باشد.

در منطقه سراب نیز عیناً مشابه عنصر مس ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری‌های این عنصر شامل نمونه‌های 200 و 270 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221 | 88 | 279 | 195 | 280 | 240 | 44 | 230 | 231 | 46 | 45 |
|-------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|
| عیار ppm    | 15  | 11 | 7   | 7   | 6   | 6   | 6  | 6   | 6   | 6  | 5  |

## ۴-۲-۴-۵-گالیم (Ga)، نقشه‌های شماره A-10 و B-10

این عنصر همانند اکثر عناصر کمیاب در محدوده توده نفوذی نفیلین سینیت ناهنجاری نشان می‌دهد دلیل این امر جانشین این عنصر به جای آلومینیم در واحدهای توده نفوذی است. واحدهای توده نفوذی نفیلین سینیت دارای آلومینیم بالای بوده به طوری که از این واحد آلومینا استخراج می‌شود. در منطقه کلیر ناهنجاری‌های این عنصر در حوالی روستای اوزی و جنوب غرب شجاع آباد ناهنجاری نشان می‌دهد. منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 45, 46, 62, 63, 135, 136 و 138 می‌باشد.

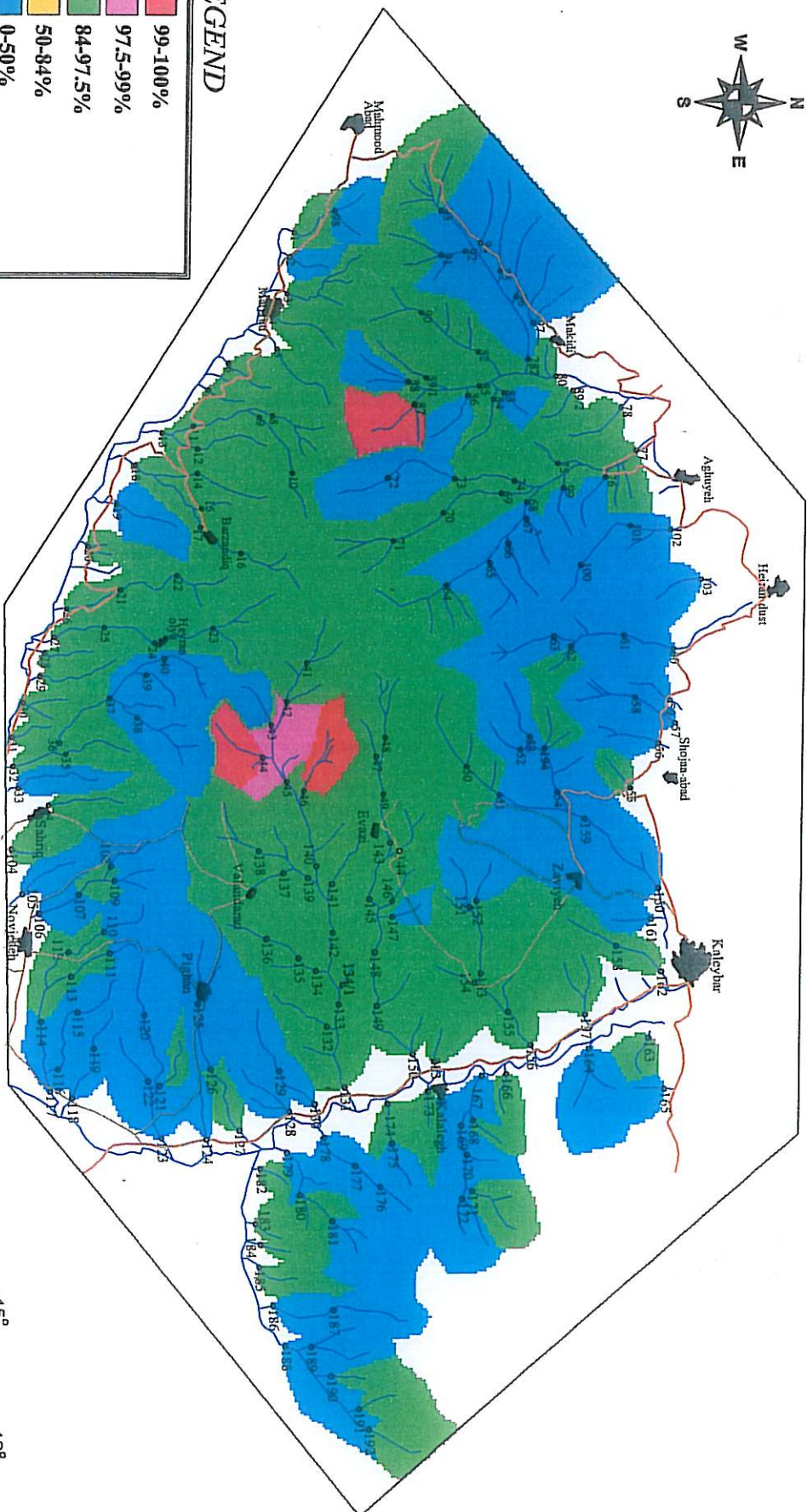
در منطقه سراب نیز منشاء ناهنجاری‌های این عنصر نمونه‌های 221, 230, 231 و 253 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 63  | 135 | 221 | 230 | 66  | 25  | 136   | 62 | 44  | 231 | 46  | 138 | 45  | 9  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| عیار ppm    | 26  | 26  | 26  | 24  | 23  | 23  | 23    | 23 | 23  | 23  | 23  | 23  | 23  | 22 |
| شماره نمونه | 253 | 57  | 61  | 64  | 171 | 173 | 134-A | 20 | 220 | 252 | 218 | 232 | 241 |    |
| عیار ppm    | 23  | 22  | 22  | 22  | 22  | 22  | 22    | 22 | 22  | 22  | 22  | 22  | 22  |    |

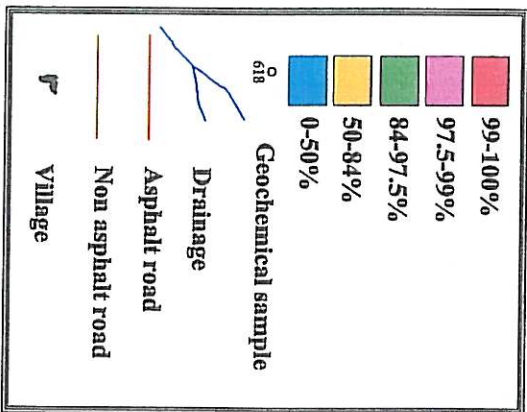




# Kaleybar



## LEGEND



Geochemical Map Of Mo

MAP NO:A-16

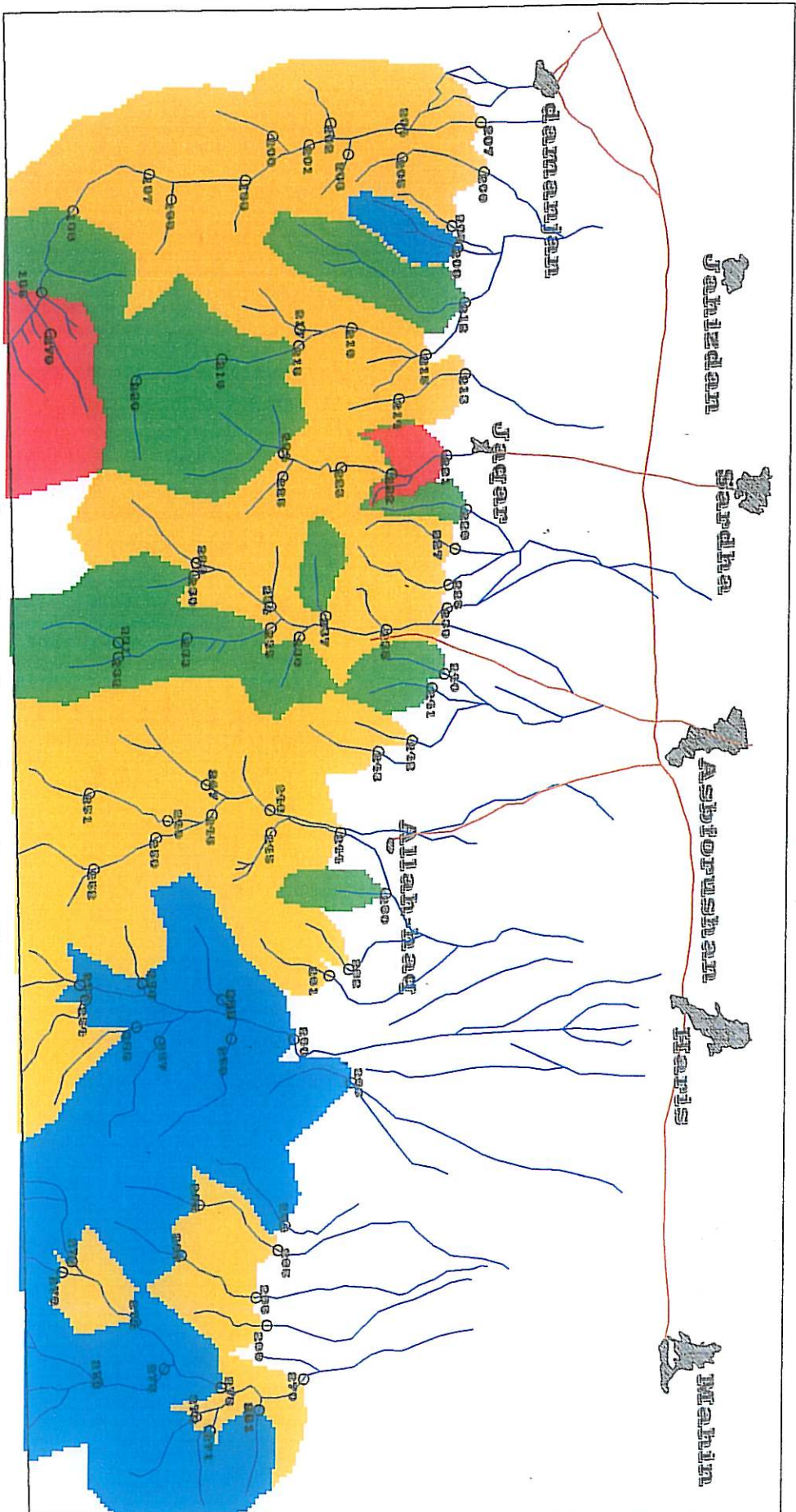


**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





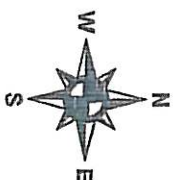
# Satpata



Scale: 1/20,000

## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |

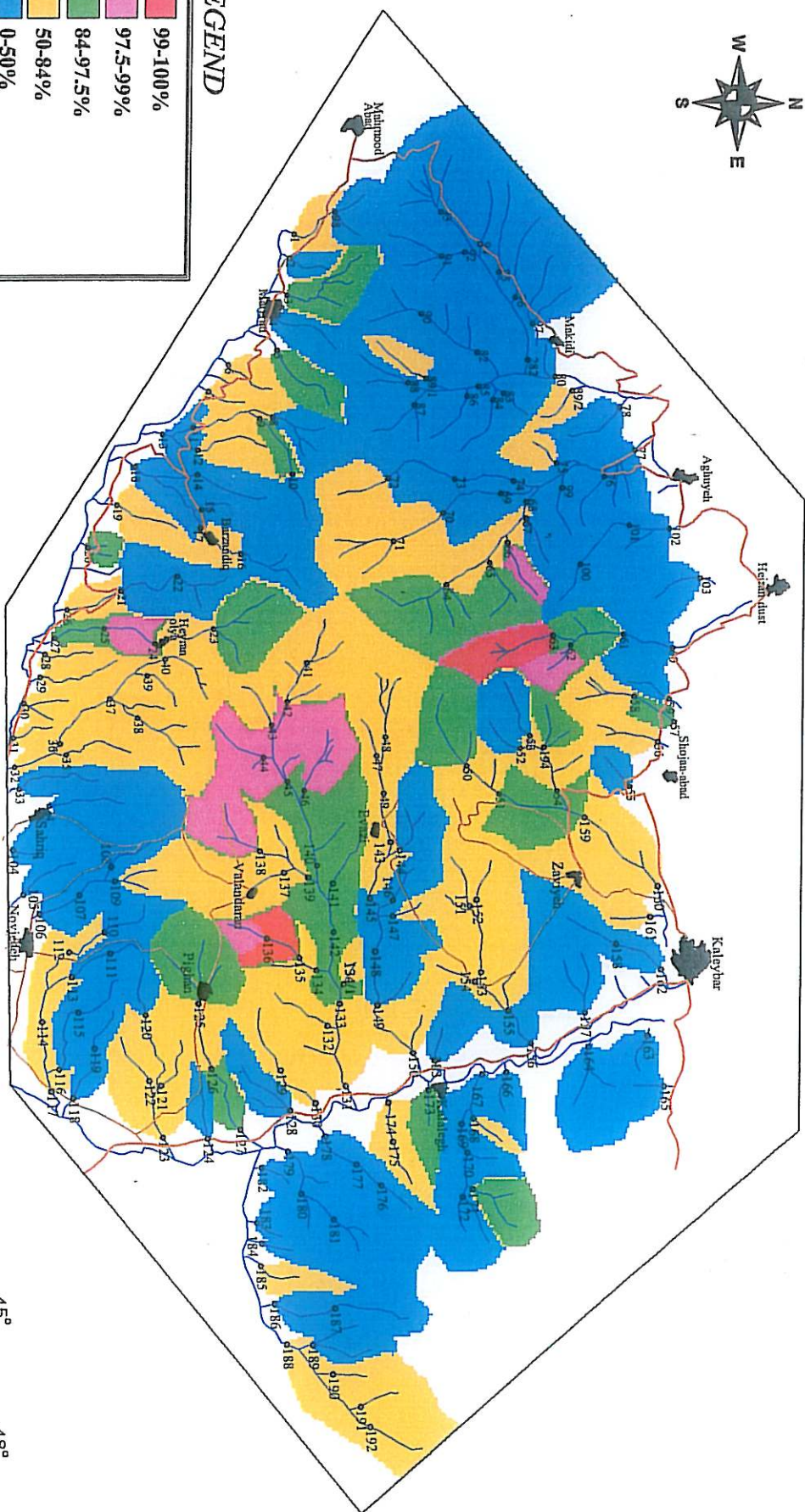


**UPPERAM PADAR**  
CONSULTING ENGINEERING COMPANY

Geochemical Map Of Mo  
MAP NO:B-16



# Kaleybar



## LEGEND

- 99-100%
- 97.5-99%
- 84-97.5%
- 50-84%
- 0-50%
- Geochemical sample
- Drainage
- Asphalt road
- Non asphalt road
- Village

0 2 4 6 8 km  
Scale: 1/20,000



TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

Geochemical Map Of Ga  
MAP NO: A-10







## ۴-۲-۴-۶- نیکل (Ni)، نقشه شماره A-19 و B-19

این عنصر در منطقه مورد مطالعه اهمیت اکتشافی چندانی ندارد. ناهنجاری‌های این عنصر در بخش شرق منطقه کلیر دیده می‌شود. منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های زیر می‌باشد:

179, 172, 165, 163, 67 و 181 در منطقه سراب ناهنجاری‌های این عنصر در بخش شرق و جنوب شرق منطقه گسترش دارد. نمونه‌های ناهنجاری‌های این عنصر در بخش شرق و جنوب شرق منطقه گسترش دارد. نمونه‌های ناهنجاری آن شامل نمونه‌های زیر می‌باشد: 277, 252 و 278 عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 51  | 23 | 221 | 194 | 57  | 63  | 64  | 240 | 226 | 236 |
|-------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 16  | 11 | 13  | 19  | 46  | 18  | 66  | 21  | 17  | 21  |
| شماره نمونه | 224 | 61 | 280 | 62  | 222 | 239 | 235 | 237 | 66  | 228 |
| عیار ppm    | 13  | 52 | 19  | 40  | 11  | 20  | 26  | 31  | 25  | 17  |

## ۴-۲-۴-۷- سرب (Pb)، نقشه‌های شماره A-20 و B-20

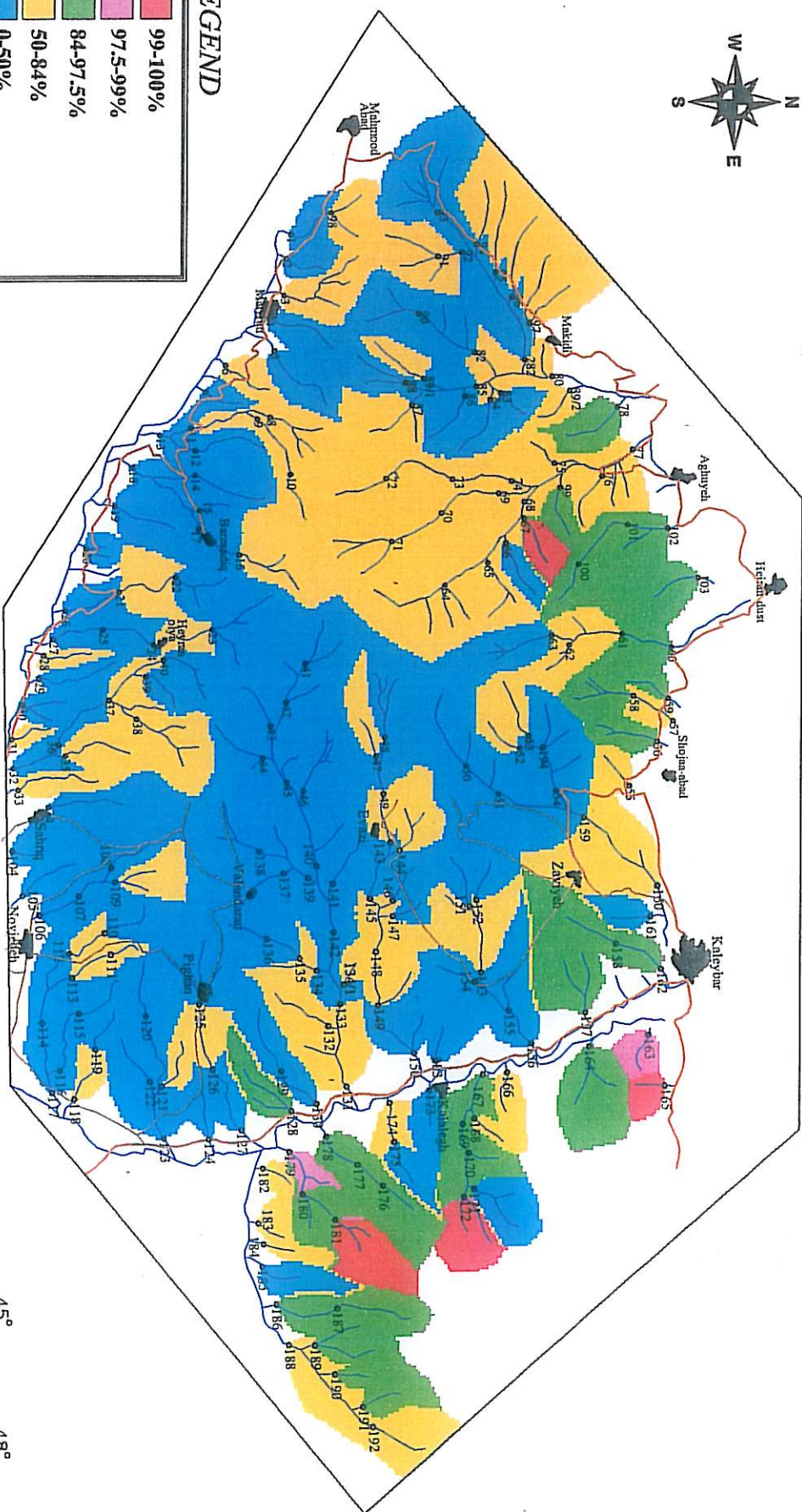
سرب از جمله عناصری است که در منطقه بیشتر در حاشیه جنوبی توده نفوذی به‌خصوص در مجاورت واحدهای آهکی ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 2, 9, 10, 23, 29 و 194 می‌باشد.

در منطقه سراب نیز در حاشیه توده نفوذی ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های 239, 212 و 258 منطقه سراب ناهنجاری نشان می‌دهد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

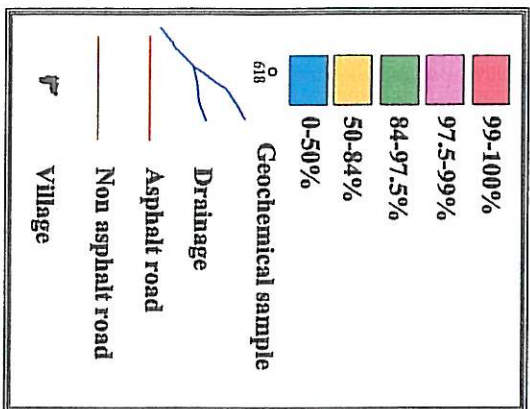
| شماره نمونه | 2   | 9   | 10  | 258 | 29 | 194 | 23 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|
| عیار ppm    | 152 | 126 | 117 | 58  | 56 | 52  | 49 |



# Kaleybar



## LEGEND



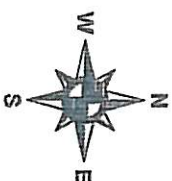
Geochemical Map Of NI  
MAP NO:A-19

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

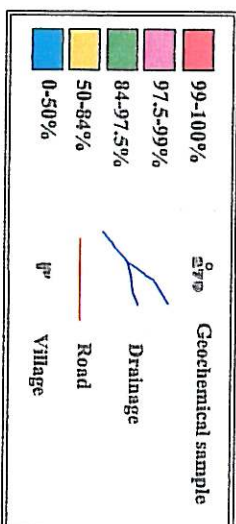




The map illustrates the distribution of major ethnic groups in the Ethiopian highlands. The Amharic population is concentrated in the central and northern highlands, shown in blue. The Oromo population is primarily in the western and southern highlands, shown in yellow. The Tigrinya population is concentrated in the northern highlands, shown in green. The Somali population is primarily in the eastern highlands, shown in pink. The Afar population is concentrated in the northern highlands, shown in red. Major cities like Addis Ababa, Mekele, and Gondar are marked. The map also shows the borders of Sudan, Somalia, and Djibouti.



## LEGEND

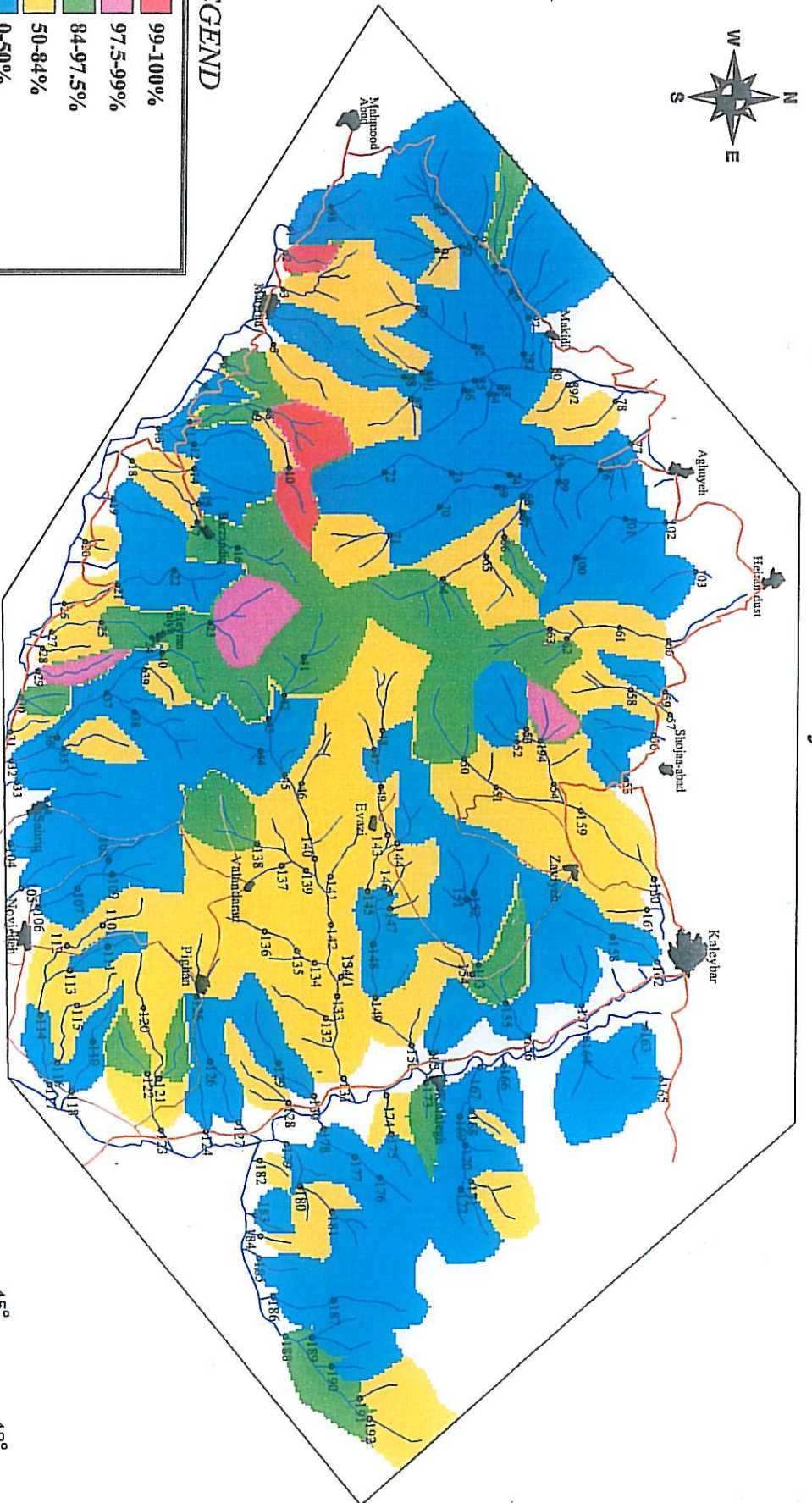
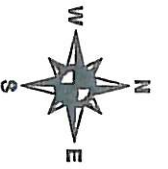


**LIBRARY PAID**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

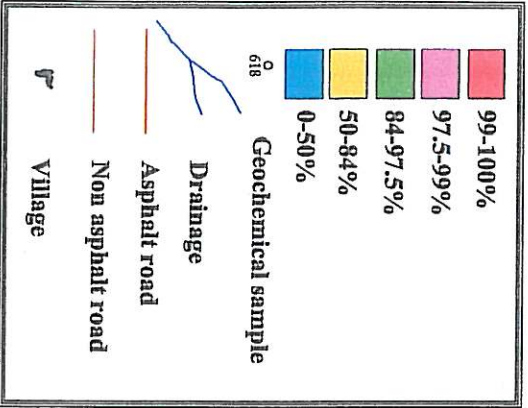
Geochemical Map Of Ni  
MAP NO:B-19



# Kaleybar



## LEGEND

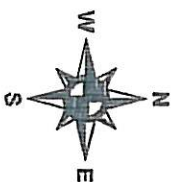


Geochemical Map Of Pb  
MAP NO:A-20

 **TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





[illegible]

## LEGEND

| Geochemical sample | ΣPb                                                                                 | ΣPb      |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 99-100%            |  |          |
| 97.5-99%           |  |          |
| 84-97.5%           |  |          |
| 50-84%             |  |          |
| 0-50%              |  |          |
|                    |  | Drainage |
|                    |  | Road     |
|                    |  | Village  |

**THE BUREAU OF ADVERTISING**  
**COLLECTING AND DISTRIBUTING COMPANIES**

Geochemical Map Of Pb  
MAP NO:B-20

## B-24 و A-24 شماره های نقشه های قلع (Sn)، نقشه های شماره ۴-۲-۸-۴

این عنصر ندر بخش غرب و شمالی توده نفوذی کلیر ناهنجاری نشان می دهد. نمونه های شماره 4, 17, 62, 87 و 194 در محدوده کلیر دارای ناهنجاری هستند.

در منطقه سراب نیز ناهنجاری های این عنصر در بخش شمالی توده نفوذی بزقوش ناهنجاری نشان می دهد. نمونه های 240, 231, 230, 221, 206, 205 و 280 به عنوان مهمترین نمونه های دارای ناهنجاری قلع مطرح است. عیار نمونه های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می باشد:

| شماره نمونه | 4 | 221 | 205 | 206 | 87 | 194 | 240 | 280 | 62 | 231 | 230 | 17 |
|-------------|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|
| عیار ppm    | 9 | 8   | 5   | 5   | 5  | 4   | 4   | 4   | 4  | 4   | 4   | 4  |

## B-28 و A-28 شماره های نقشه های توریم (Th)، نقشه های شماره ۴-۲-۹-۴

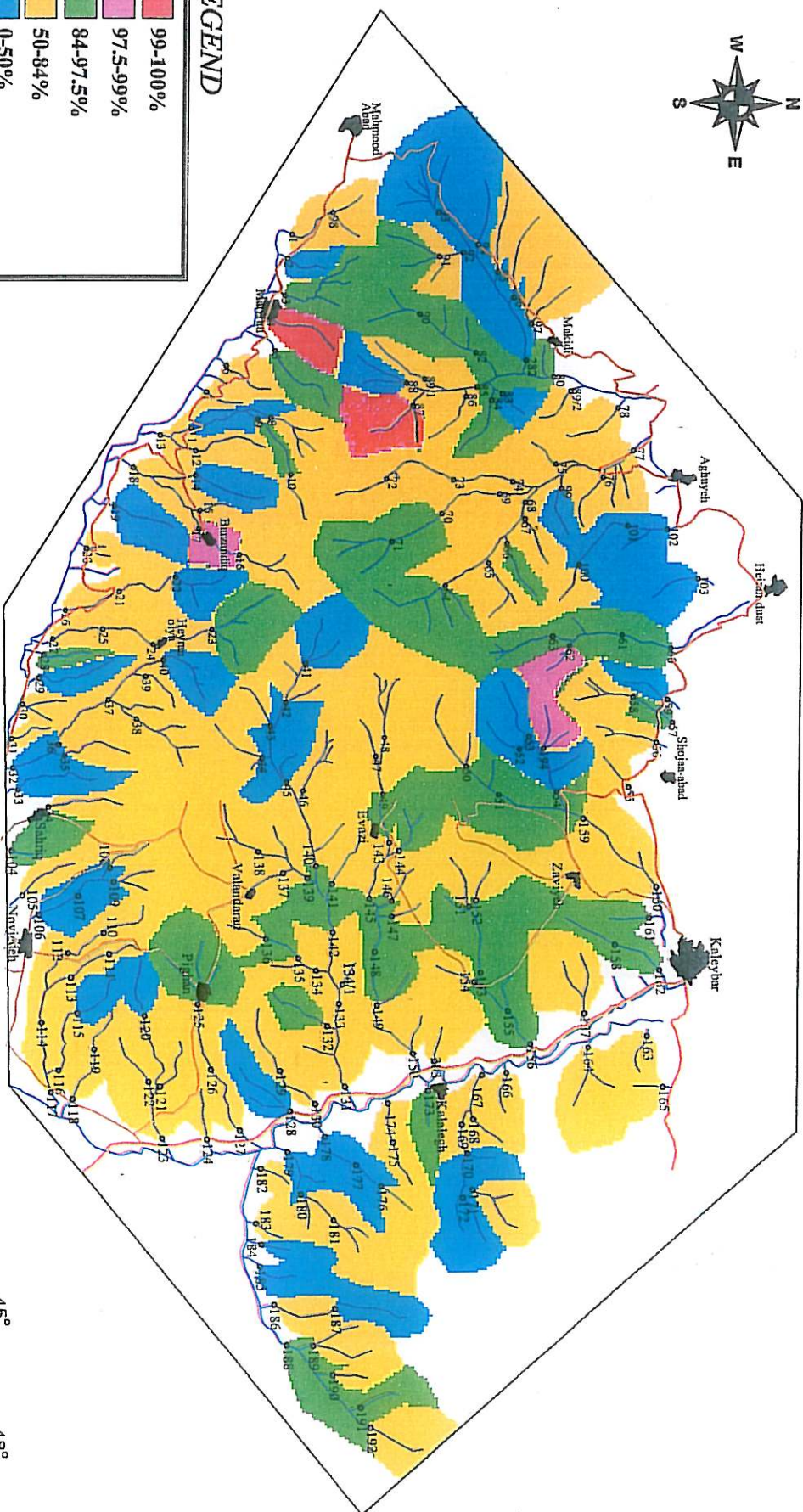
این عنصر با دارا بودن شعاع اتمی بالا جایگزین عناصر قلیائی می شود. به این دلیل پراکنش این عنصر شبیه عناصر کمیاب بوده و اغلب در محدوده توده نفیلین سینیت چه در منطقه کلیر و چه در منطقه سراب ناهنجاری نشان می دهد. نمونه های دارای ناهنجاری توریم شامل 44, 45, 46 و 138 می باشد. این ناهنجاری ها در حوالی روستای اوزی دیده می شود. در منطقه سراب نمونه های دارای ناهنجاری توریم شامل نمونه های 202, 221, 229 و 241 می باشد. عیار نمونه های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می باشد:

| شماره نمونه | 138 | 44 | 46 | 45 | 63 | 135 | 51 | 62 | 23 | 64 | 61 |
|-------------|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| عیار ppm    | 27  | 22 | 22 | 22 | 21 | 21  | 20 | 20 | 18 | 18 | 18 |





# Kaleybar



## LEGEND

- 99-100%
- 97.5-99%
- 84-97.5%
- 50-84%
- 0-50%
- Geochemical sample
- Drainage
- Asphalt road
- Non asphalt road
- Village

0 2 4 6 8 Km  
Scale: 1/20,000

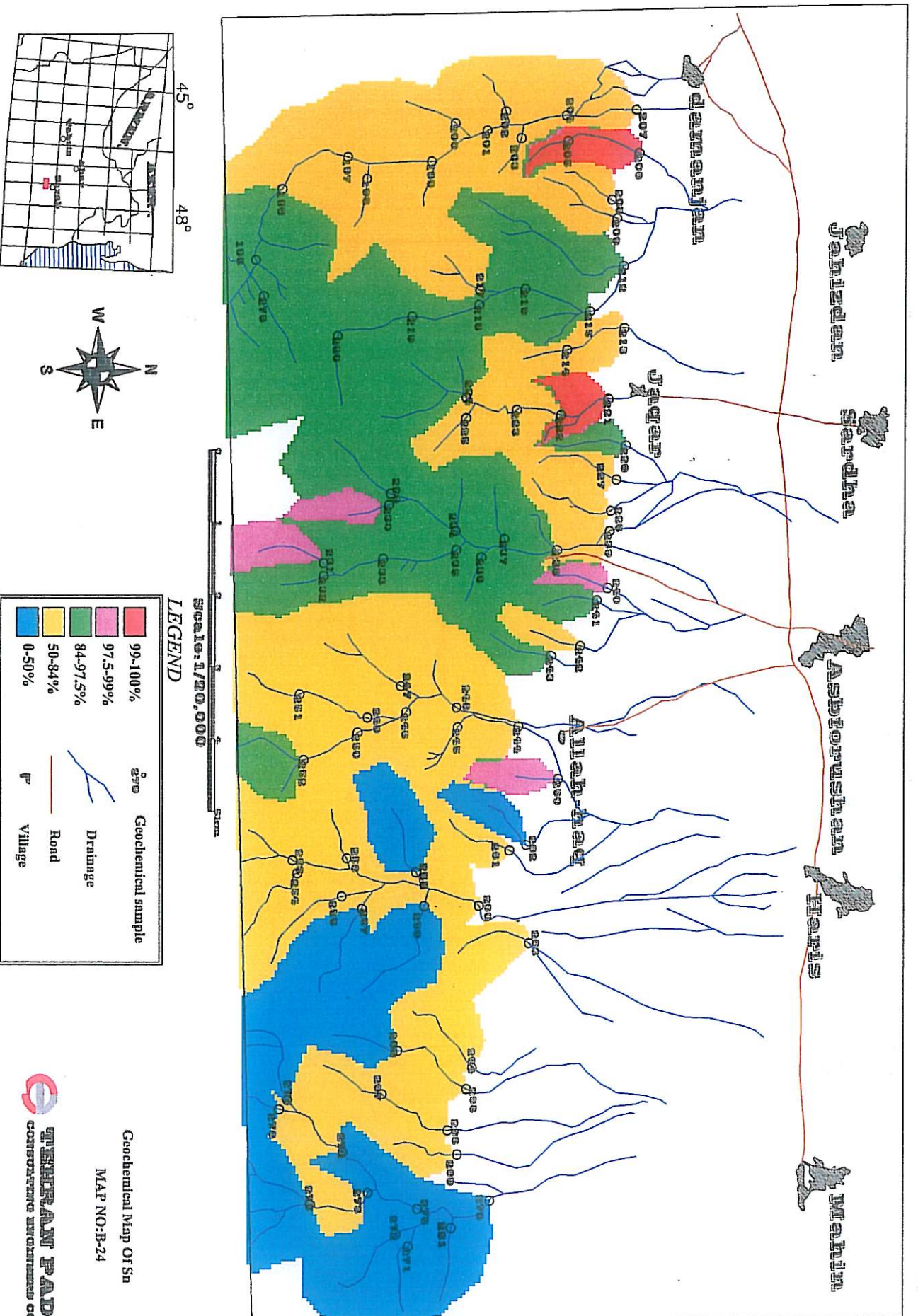
Geochemical Map Of Sn  
MAP NO:A-24

 **TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Sarpatlo

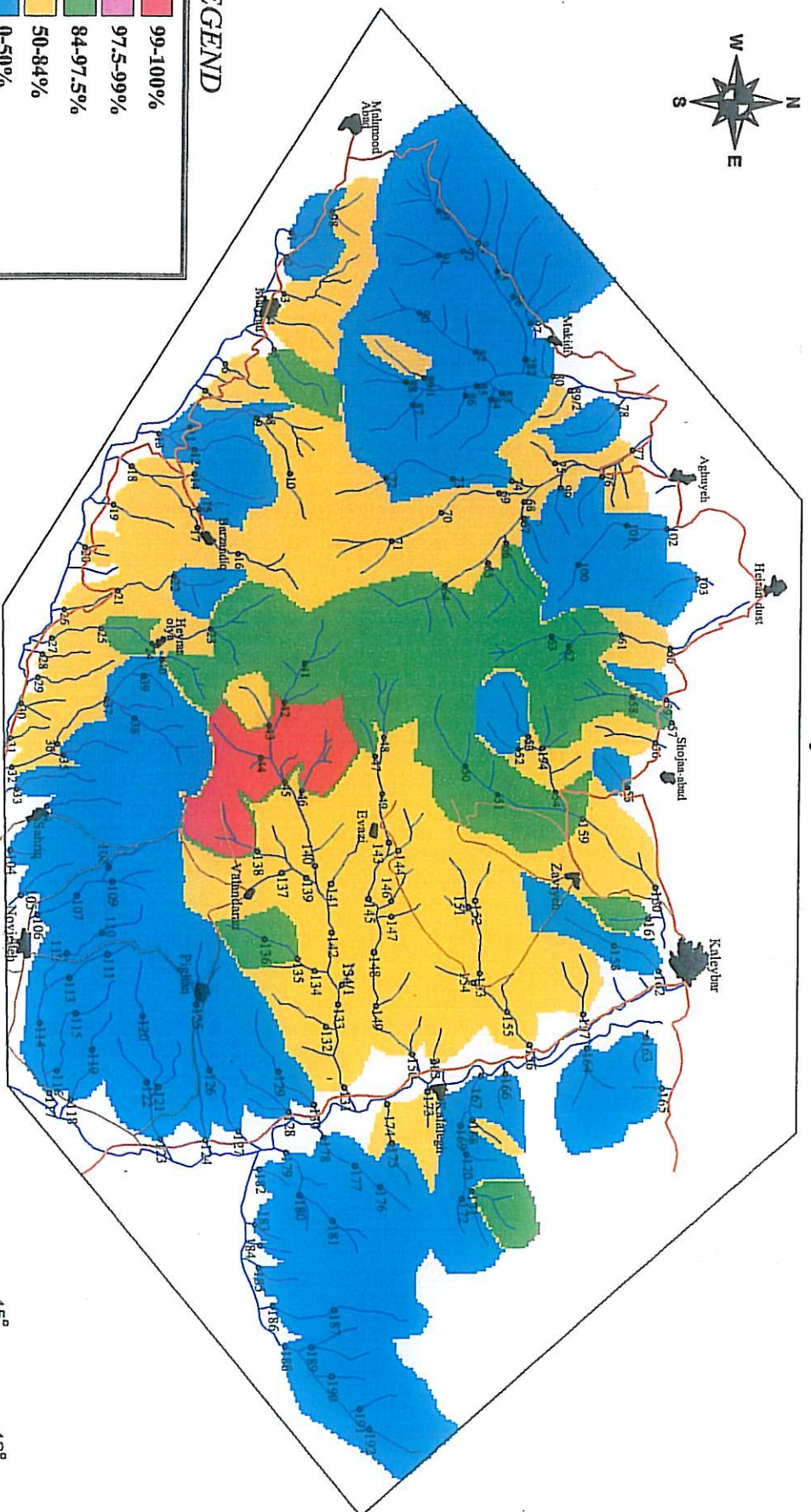
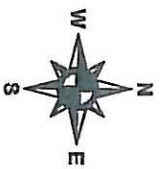


**GEOLITHIAN PADIIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

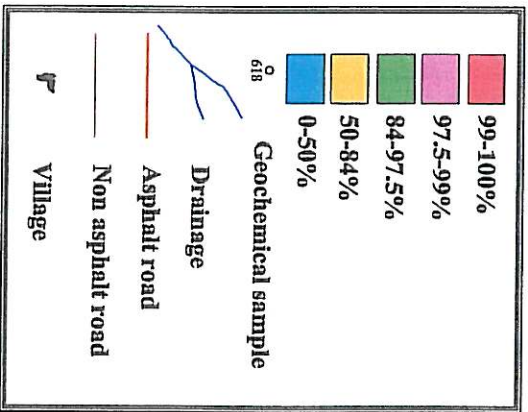
Geochemical Map Of Su  
MAP NO:B-24



# Kaleybar



## LEGEND



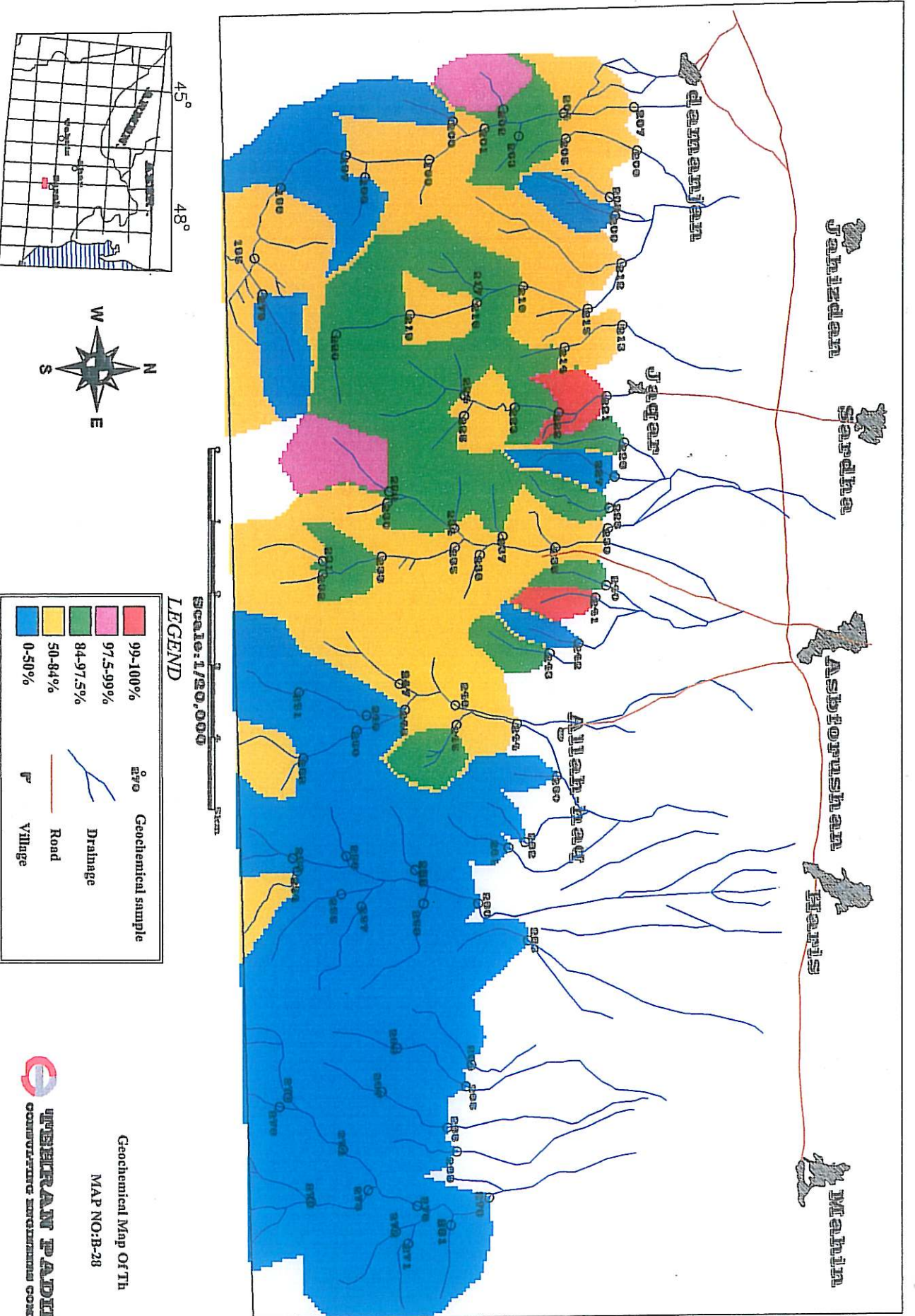
Geochemical Map Of Th  
MAP NO:A-28

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saipalo



**THEIRAN PADI**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

Geochemical Map Of Th  
MAP NO:B-28



## ۴-۲-۴-۱۰- اورانیم (U)، نقشه‌های شماره A-30 و B-30

این عنصر همانند عنصر توریم دارای شعاع اتمی بالا بوده و جایگزین عناصر قلیائی در فلدسپات و فلدسپاتوئیدها می‌شود. به این دلیل مقدار این عنصر واحدهای نفیلین سینیت بالا بوده و در واحدهای دیگر در حد زمینه می‌باشد. در منطقه کلیر ناهنجاری‌های این عنصر حوالی روستای ولندران و برزندین دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری عنصر اورانیم شامل نمونه‌های 136, 135, 63, 23 و 138 می‌باشد.

در منطقه سراب ناهنجاری این عنصر در محدوده توده نفیلین سینیت برقوش و جنوب روستای جقر دیده می‌شود. نمونه‌های 234, 221 و 237 منشاء این ناهنجاری‌ها می‌باشند. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 135 | 221 | 63  | 136 | 138 | 23  | 161 | 194 | 57  | 171 | 237 | 279 | 62  | 234 | 61  |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 8.8 | 8.5 | 6.9 | 6.8 | 6.4 | 6.3 | 6   | 5.9 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.4 | 5.3 |

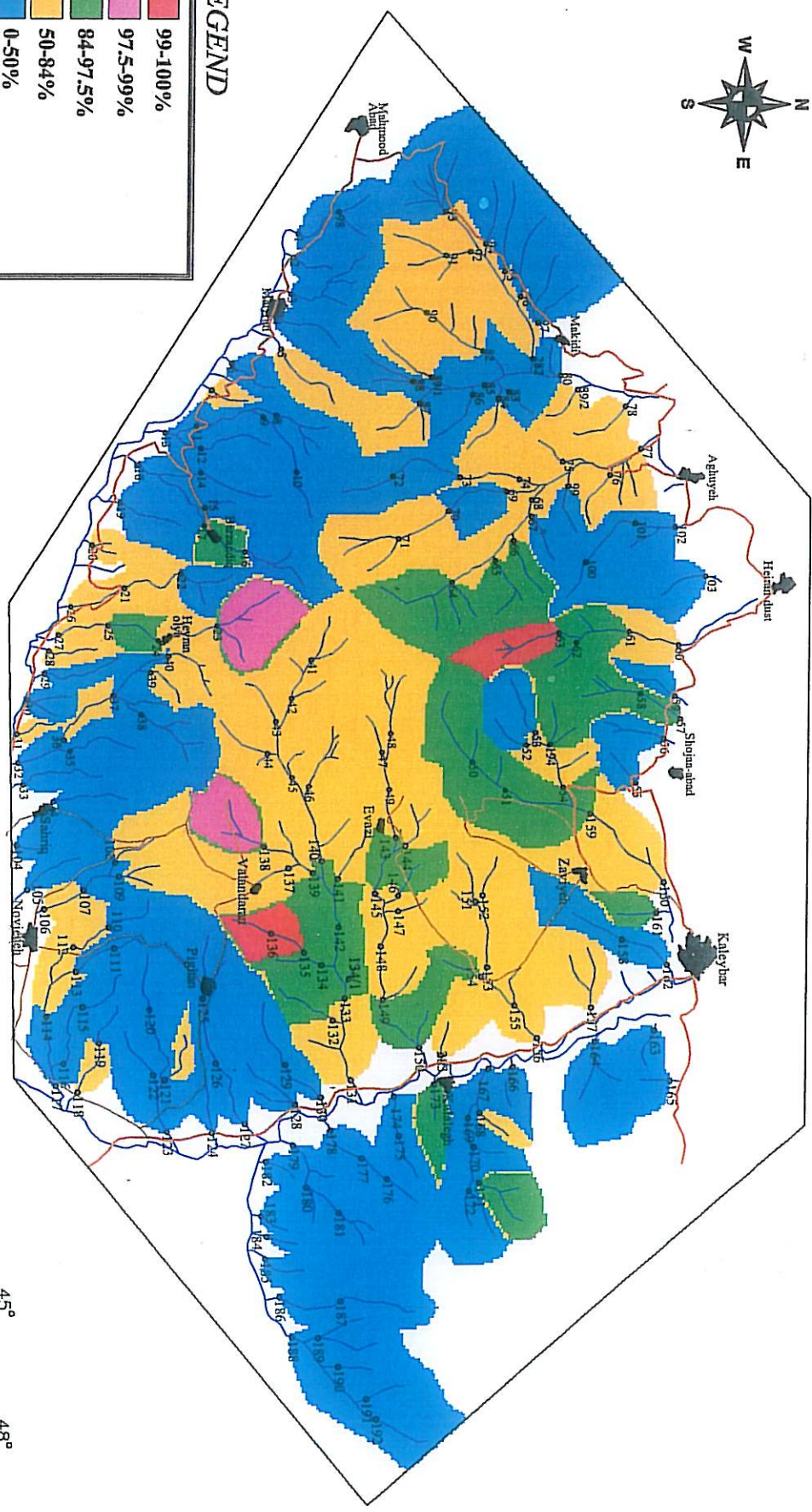
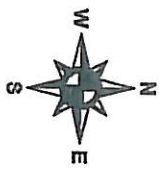
## ۴-۲-۴-۱۱- وانادیم (V)، نقشه‌های شماره A-31 و B-31

این عنصر در منطقه کلیر بیشتر در جنوب شرق توده نفیلین سینیت و حوالی روستای پیغان ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های 133, 127, 125, 122, 36 و 135 منشاء این ناهنجاری می‌باشد. در منطقه سراب ناهنجاری‌های این عنصر در حوالی روستای الله‌حق، روستای جقر و بخش جنوب توده نفیلین سینیت بزقوش ناهنجاری نشان می‌دهد. نمونه‌های 231, 230, 221 و 280 منشاء این ناهنجاری‌ها می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 135  | 221 | 122 | 127 | 136 | 133 | 120   | 231 | 230 |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| عیار ppm    | 1065 | 968 | 703 | 677 | 673 | 662 | 626   | 619 | 598 |
| شماره نمونه | 125  | 36  | 280 | 106 | 108 | 129 | 134-A | 220 |     |
| عیار ppm    | 582  | 570 | 532 | 514 | 500 | 498 | 490   | 469 |     |



# Kaleybar



## LEGEND

- 99-100%
- 97.5-99%
- 84-97.5%
- 50-84%
- 0-50%
- Geochemical sample
- Drainage
- Asphalt road
- Non asphalt road
- Village



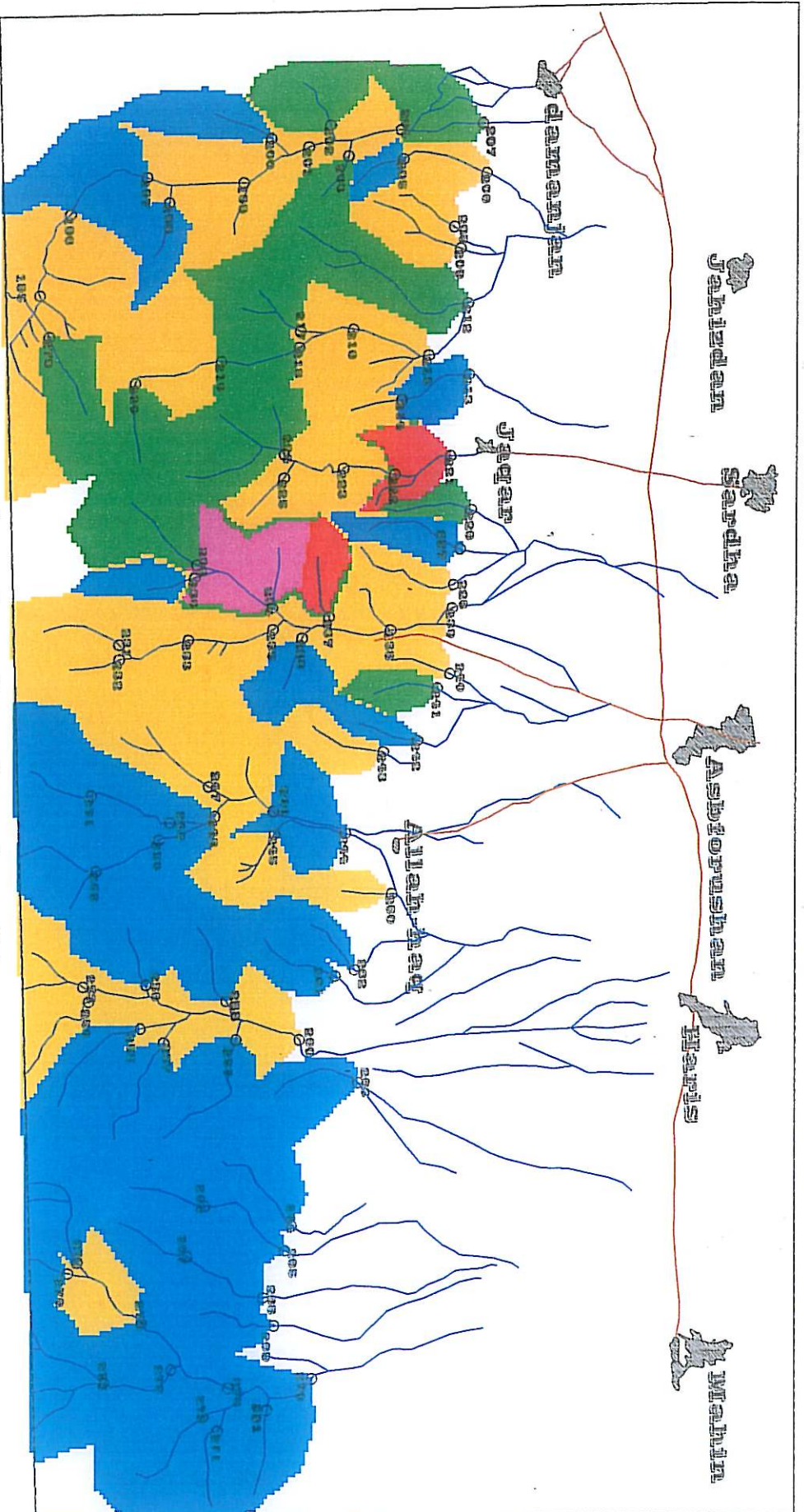
Geochemical Map Of U  
MAP NO: A-30

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





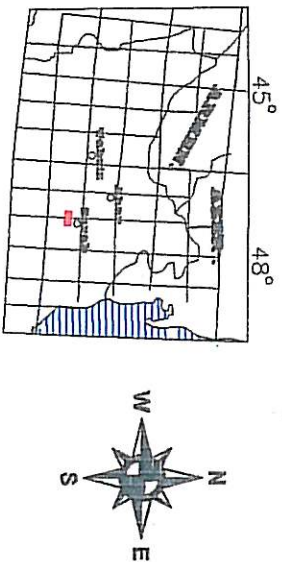
# Saigalo



Scale: 1:20,000

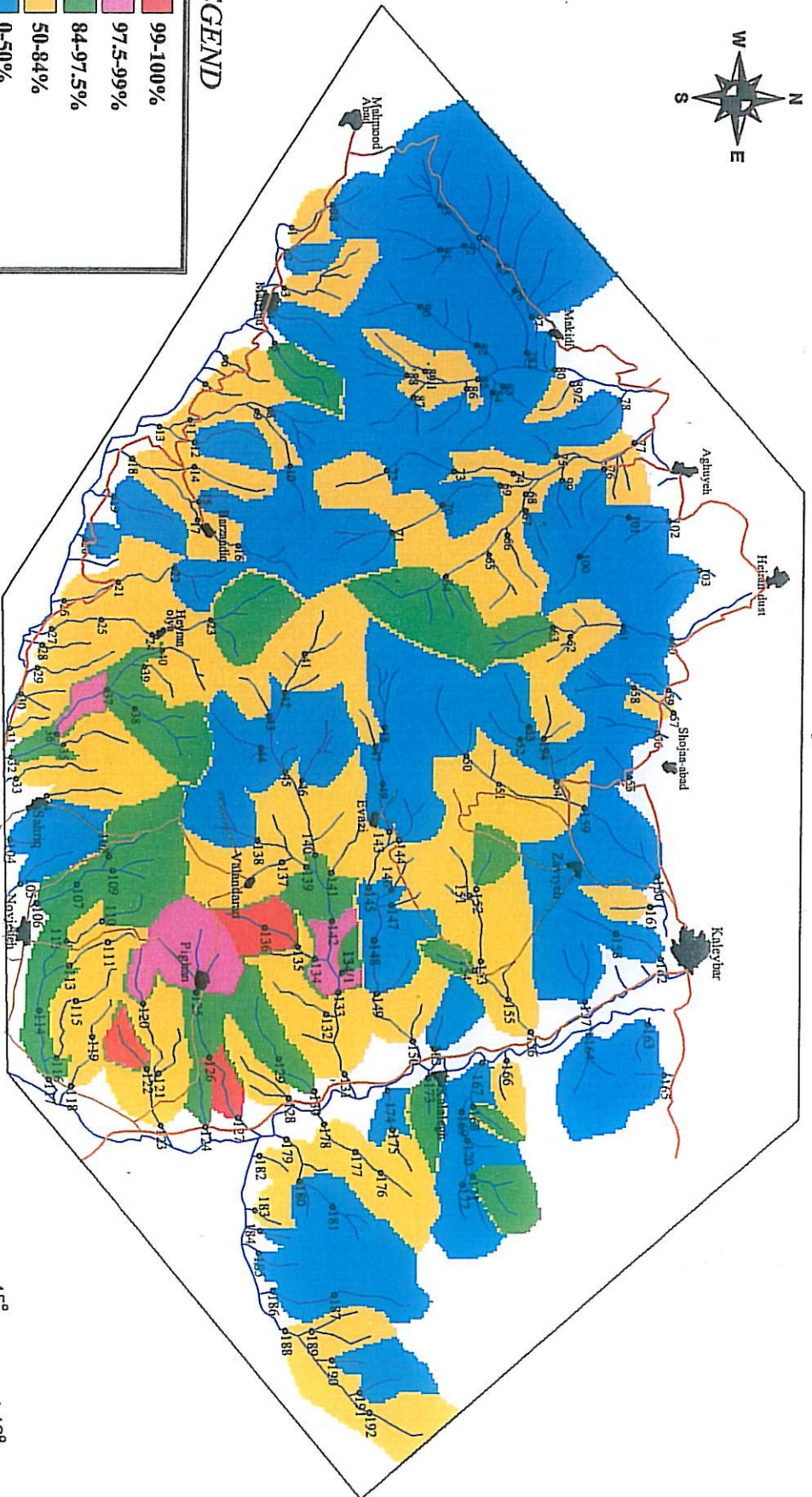
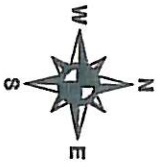
## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |

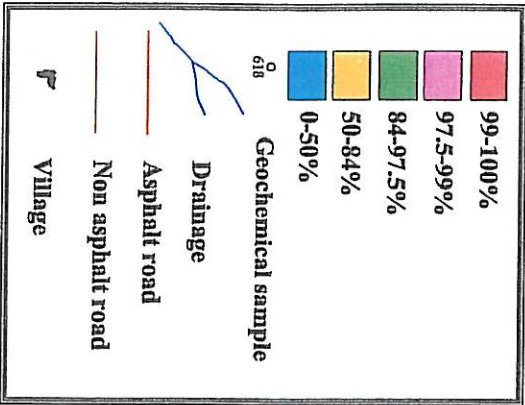




# Kaleybar



## LEGEND



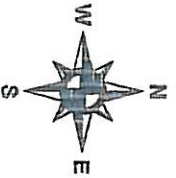
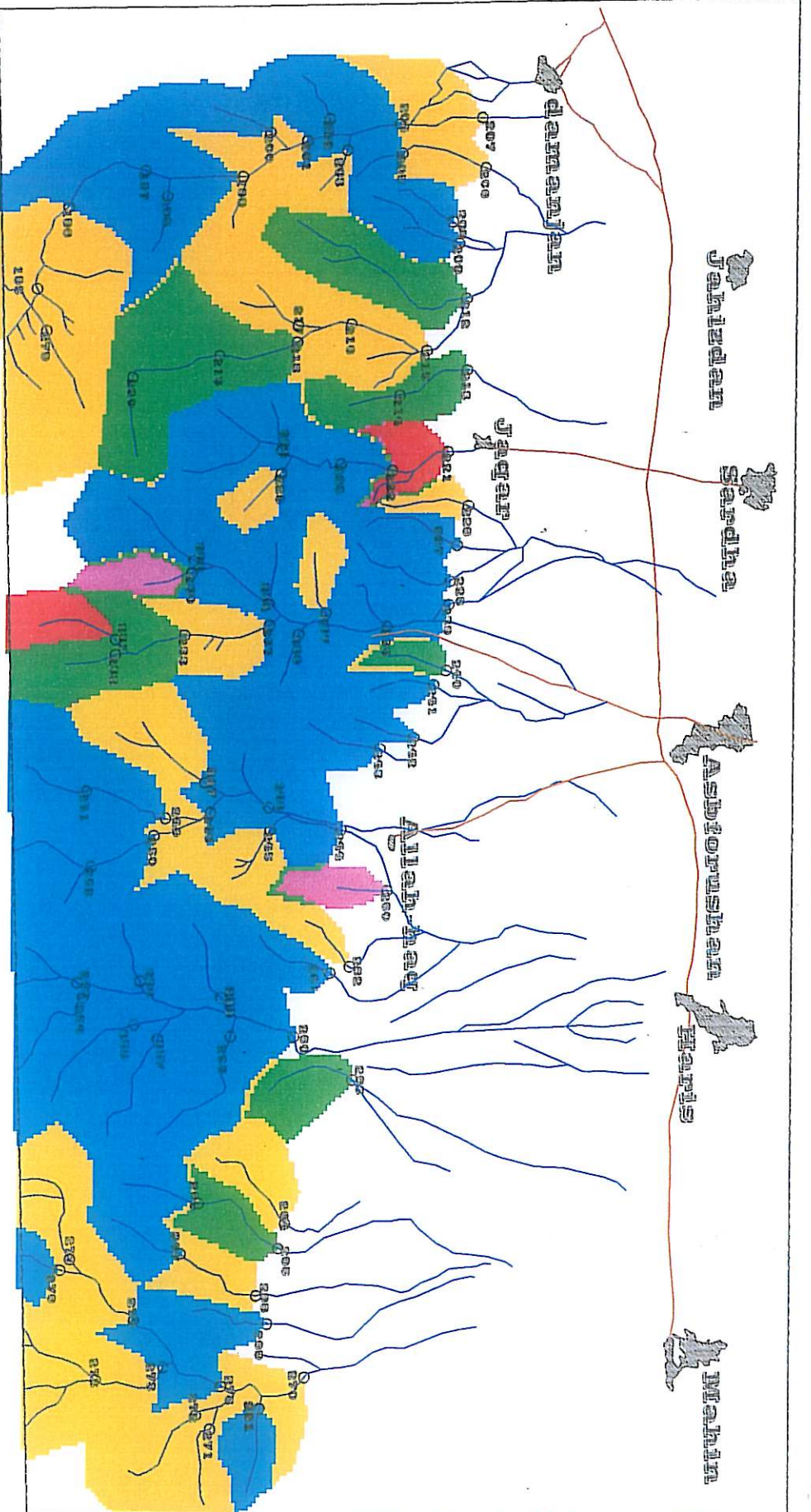
Geochemical Map Of V  
MAP NO:A-31

 **TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Saigol



|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% | Drainage           |
| 84-97.5% | Road               |
| 50-84%   | Village            |
| 0-50%    |                    |



Geographical Map Of V  
MAP NO:B-31  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АКАДЕМИИ НАУК СССР



## ۴-۲-۴-۱۲- تنگستن (W)، نقشه‌های شماره A-32 و B-32

این عنصر در منطقه کلیبر در محدوده توده نفوذی نفیلین سینیت دارای عیار بالاتری می‌باشد. ناهنجاری‌های این عنصر در دو منطقه دیده می‌شود.

- ۱- حوالی روستای اوزی: در این منطقه آنومالی گسترده‌ای از نوع درجه یک دیده می‌شود. این آنومالی منطبق بر آلتراسیونهای حوالی روستای اوزی می‌باشد منشأ این ناهنجاری نمونه‌های 44, 45 و 46 می‌باشد.
- ۲- شمال روستای نوجده: در این منطقه آنومالی گسترده‌ای از نوع درجه دو دیده می‌شود. منشأ این آنومالی نمونه‌های شماره 113 و 114 دیده می‌شود. در منطقه سراب ناهنجاری این عنصر به‌طور پراکنده دیده می‌شود. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌ها نمونه‌های 270, 241, 207, 204 و 275 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیبر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 44 | 46 | 45 | 241 | 113 | 114 | 275 | 161 | 270 | 207 | 204 | 191 | 88 |
|-------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| عیار ppm    | 23 | 17 | 16 | 13  | 12  | 10  | 10  | 9   | 9   | 9   | 9   | 9   | 9  |

## ۴-۲-۴-۱۳- یتریم (Y)، نقشه‌های شماره A-33 و B-33

این عنصر در منطقه کلیبر مانند هر عنصر کمیاب دیگر در محدوده توده نفیلین سینیت دارای عیار بالاتری می‌باشد. ناهنجاری‌های این عنصر در باخش شمالی و مرکزی توده نفوذی دیده می‌شوند. نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 57, 23 و 64 می‌باشد.

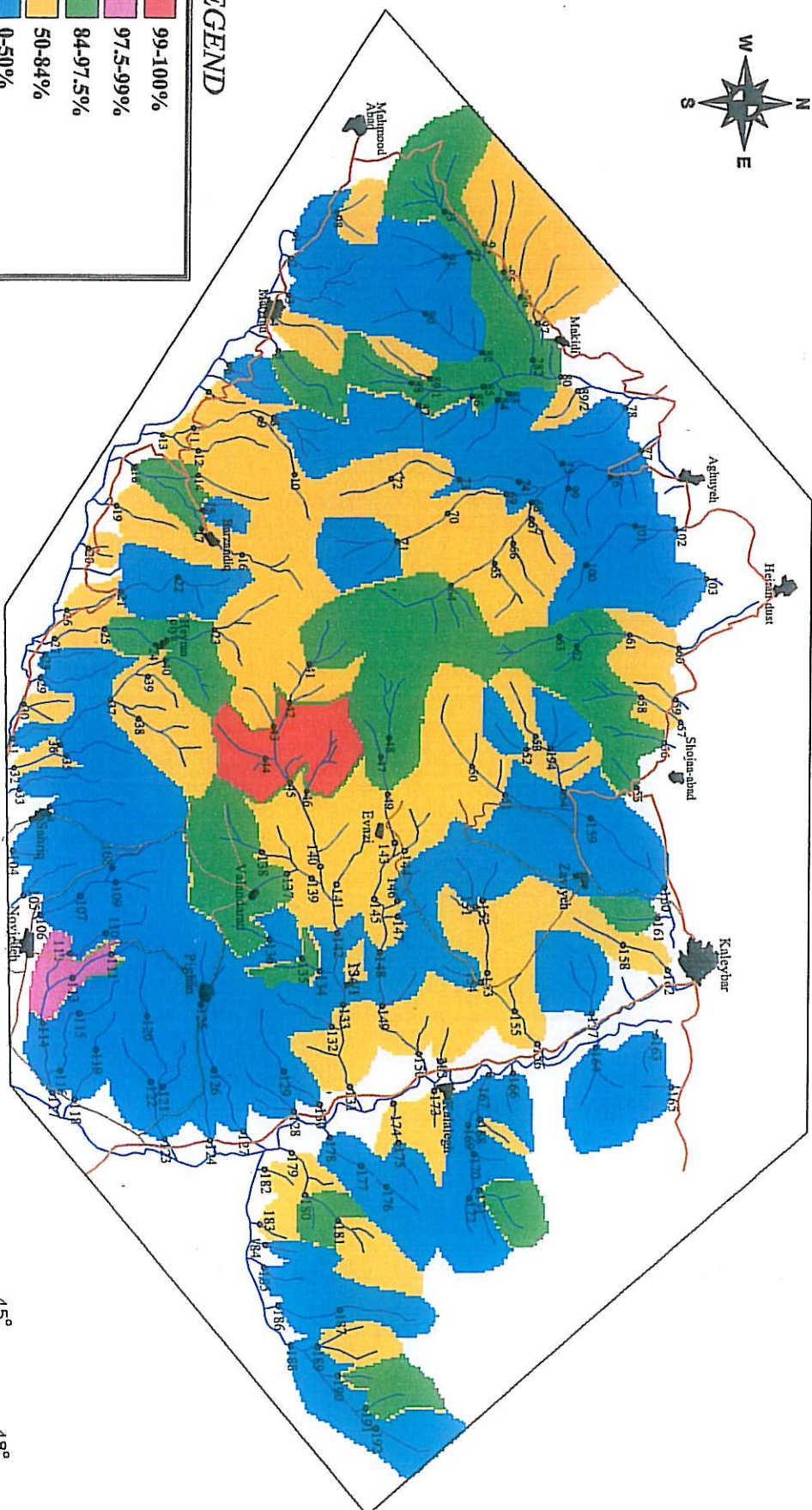
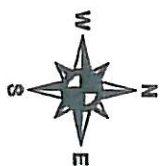
در منطقه سراب نیز ناهنجاری‌های این عنصر محدود به توده نفیلین سینیت بزقوش می‌باشد. ناهنجاری‌های این عنصر حوالی و بخش شرق و جنوب شرق روستای جقر دیده می‌شود. نمونه‌های دارای ناهنجاری شامل 221, 226 و 236 و 240 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیبر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221  | 23   | 57   | 64   | 51   | 63   | 240  | 194  | 236 | 226  | 280  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| عیار ppm    | 70.3 | 67.3 | 63.3 | 60.3 | 59   | 58.6 | 58.3 | 55.1 | 55  | 52.3 | 51.8 |
| شماره نمونه | 224  | 235  | 61   | 239  | 237  | 234  | 222  | 66   | 228 | 220  |      |
| عیار ppm    | 51.5 | 49.1 | 49   | 48.5 | 47.8 | 47.8 | 47   | 46.7 | 46  | 45.9 |      |

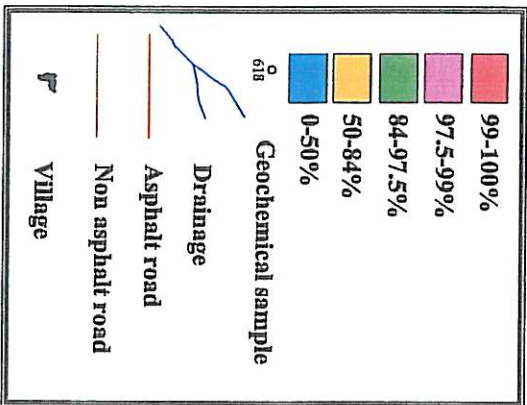




# Kaleybar



## LEGEND



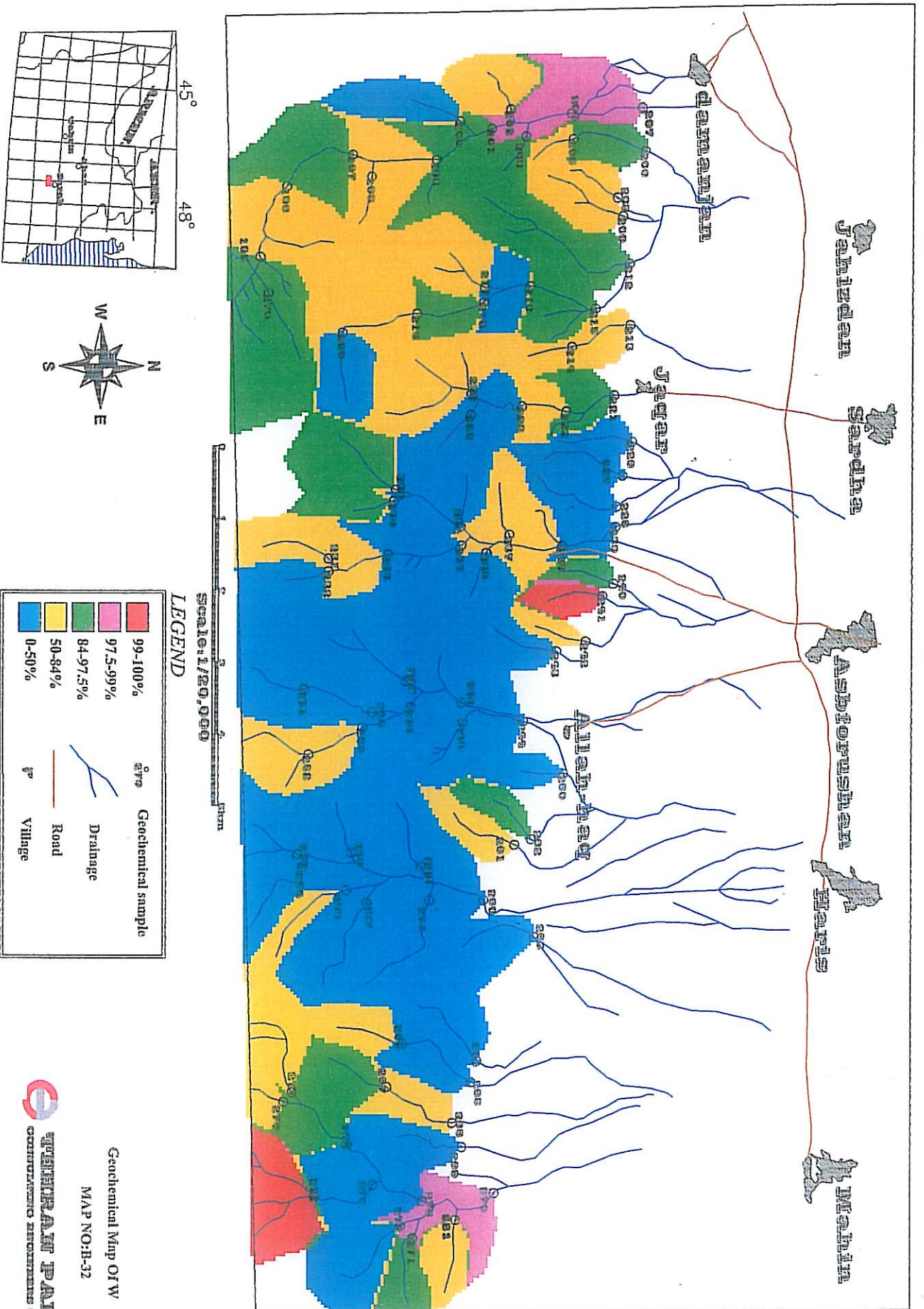
Geochemical Map Of W  
MAP NO:A-32

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Sulphur

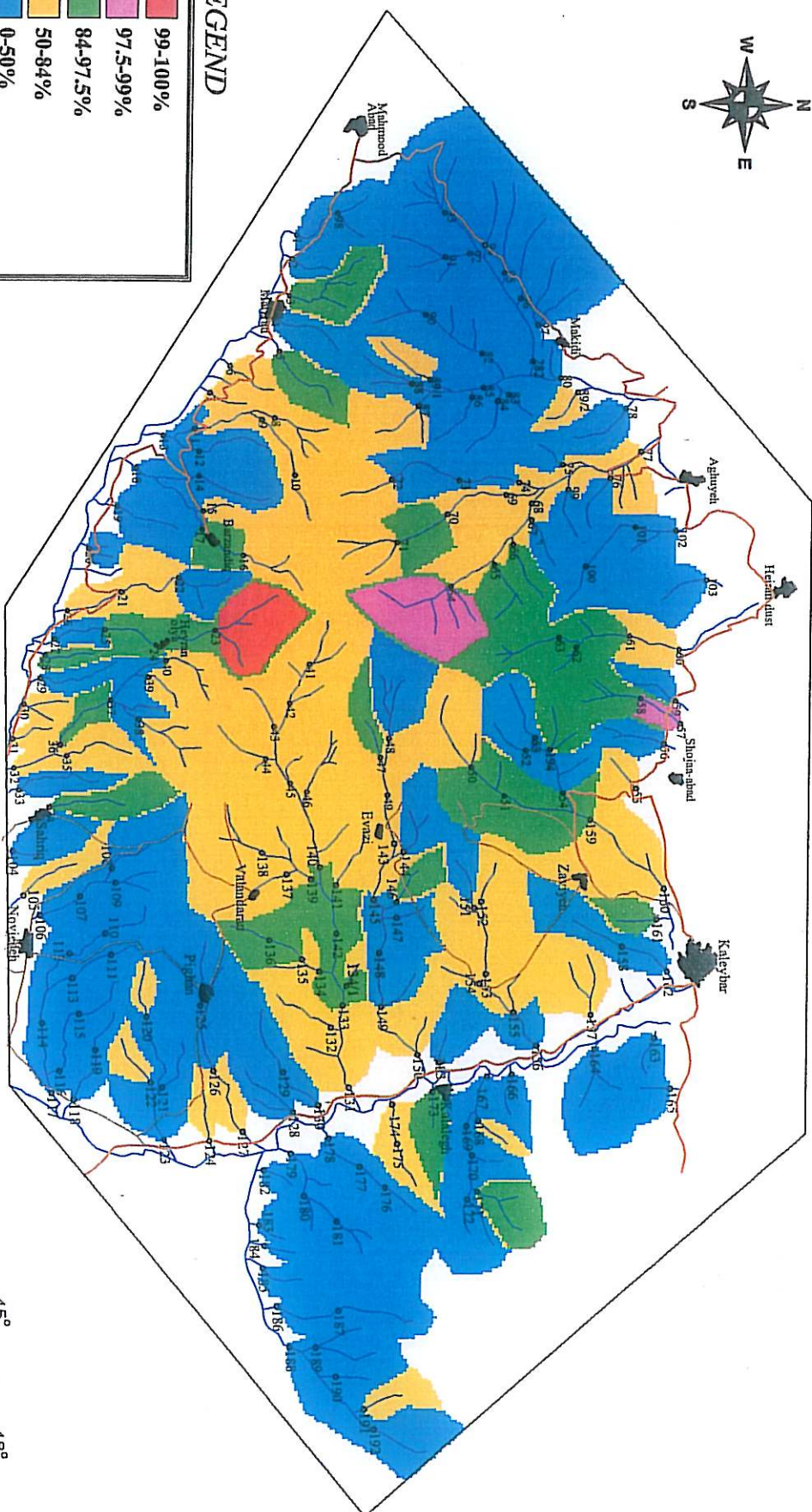


GENERAL PADER  
CORPORATION ENGINEERING CORP. LTD.

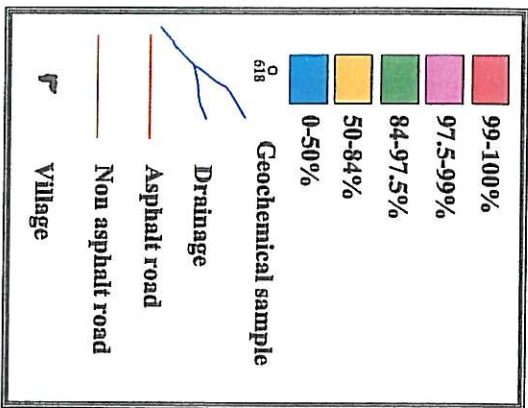
Geological Map of W  
MAP NO: B-32



# Kaleybar



## LEGEND



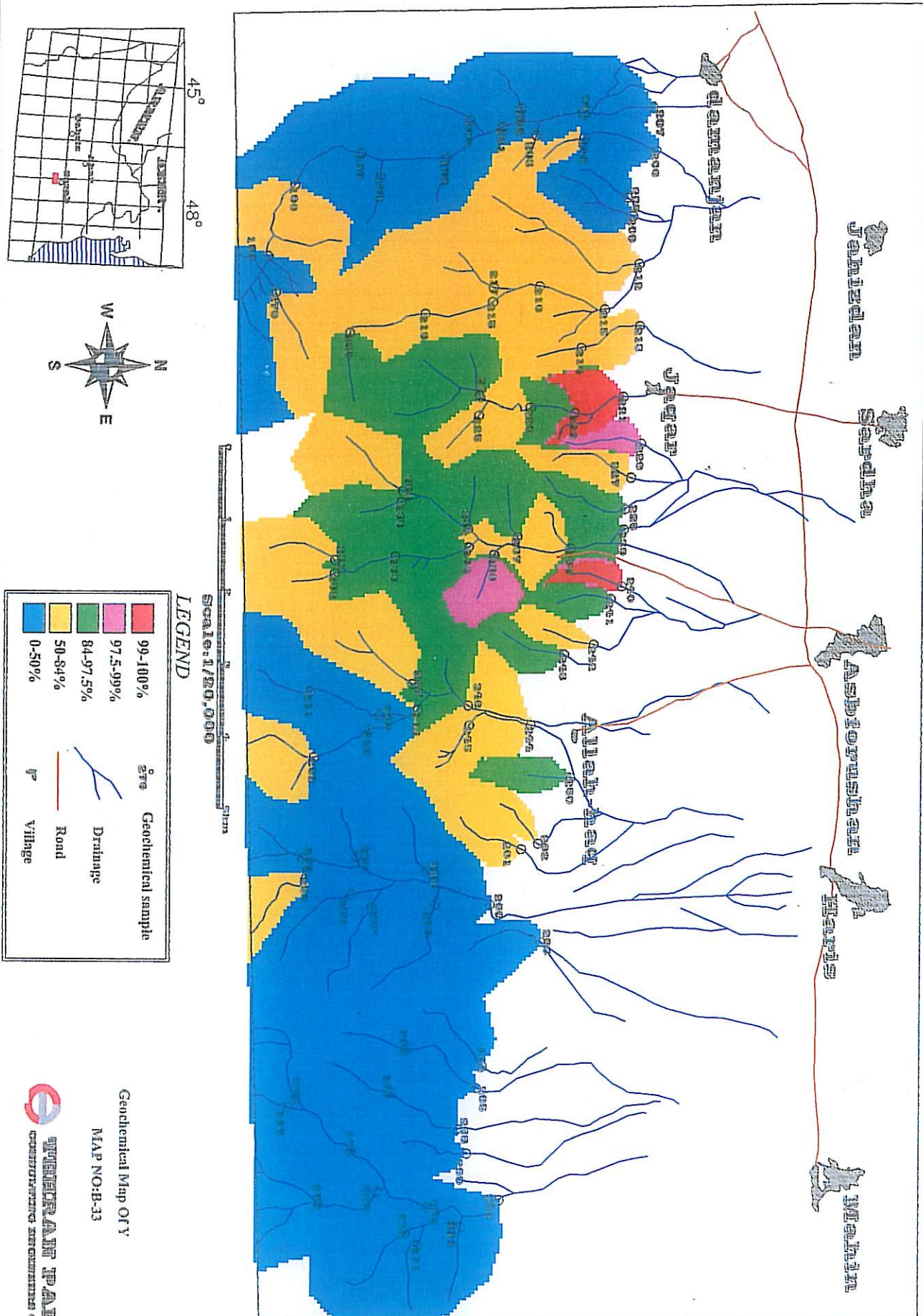
Geochemical Map OF Y  
MAP NO:33

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





THE





## ۴-۲-۴-۱۴- روی (Zn)، نقشه‌های شماره A-35 و B-35

این عنصر در منطقه کلیر در سه منطقه ناهنجاری نشان می‌دهد.

۱- جنوب غرب روستای شجاع‌آباد شامل نمونه‌های 61 و 63.

۲- شمال روستای ولندران با منشأ نمونه 135.

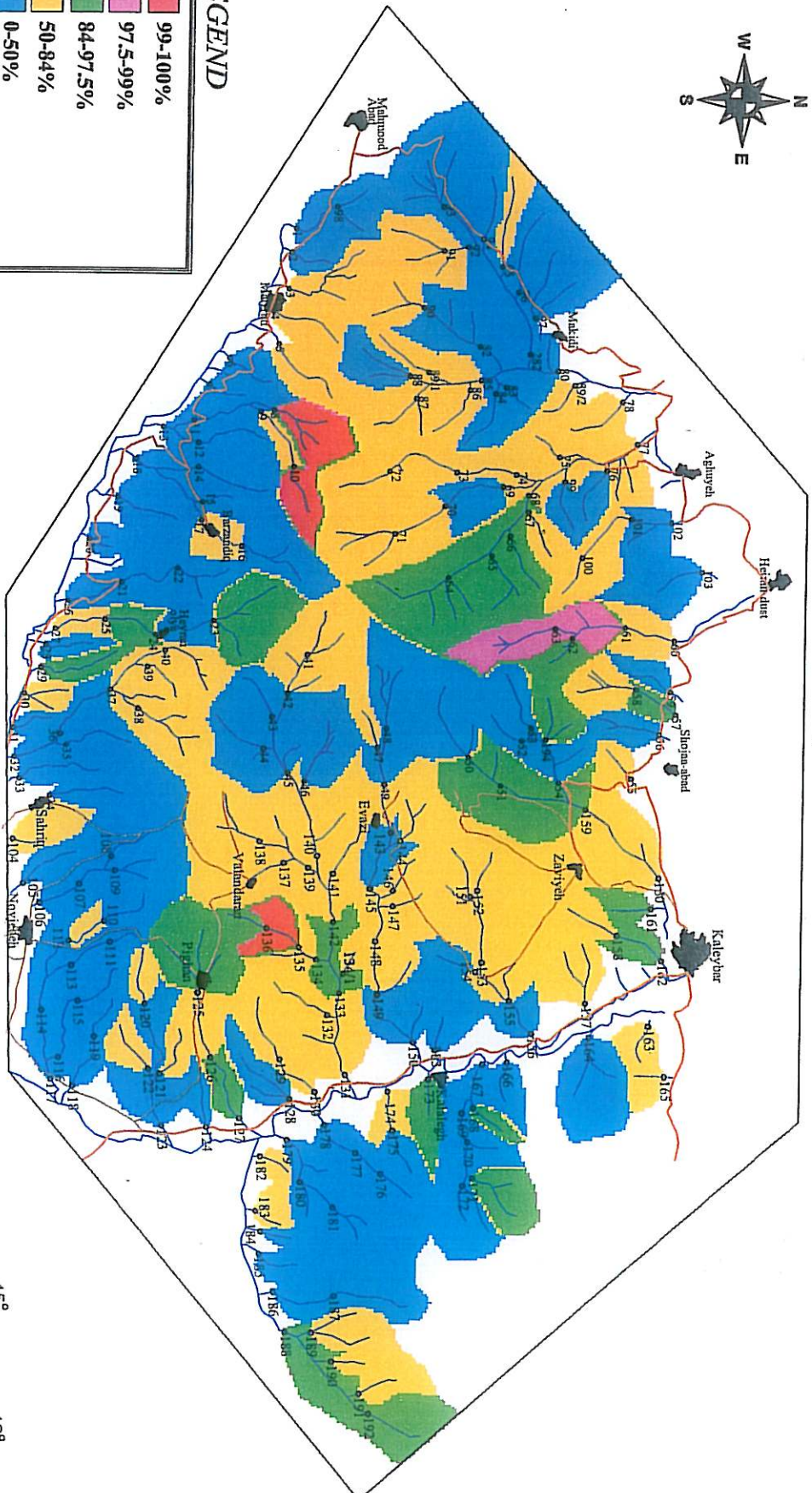
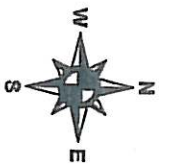
۳- شمال شرق روستای مرز رود با منشأ نمونه 8 و 10.

در منطقه سراب ناهنجاری‌های این عنصر در محدوده توده نقلین سینیت بزقوش دیده می‌شود نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر شامل نمونه‌های 230، 221 و 231 می‌باشد. عیار نمونه‌های دارای ناهنجاری این عنصر در مناطق کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 221 | 10  | 8   | 135 | 230 | 231 | 63  | 280 | 61  | 218 | 57  | 220 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| عیار ppm    | 340 | 278 | 278 | 253 | 233 | 225 | 214 | 196 | 187 | 183 | 171 | 170 |



# Kaleybar



## LEGEND

|                    |              |                  |         |       |
|--------------------|--------------|------------------|---------|-------|
| 99-100%            | 97.5-99%     | 84-97.5%         | 50-84%  | 0-50% |
| Geochemical sample |              |                  |         |       |
| Drainage           | Asphalt road | Non asphalt road | Village |       |

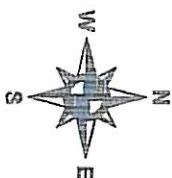


Geochemical Map Of Zn  
MAP NO A-35

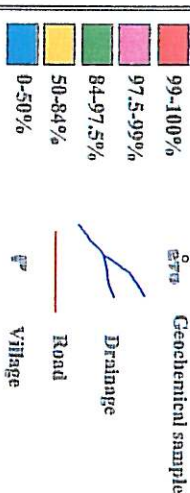
**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY







## LEGEND



# Geochemical Map Of Zn

MAP NO: B-35



**WILHELM PAUL**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY

## ۴-۲-۵- آنومالی‌های حامل آنالیز فاکتوری

با انجام عملیات آنالیز فاکتوری بر روی متغیرهای ژئوشیمیائی در منطقه مورد مطالعه به عنوان یکی از روشهای آماری چند متغیره همانطور که بخش قبل عنوان شد در نهایت ۶ فاکتور حاصل شده است. در این بخش نقشه‌های پراکنش مربوط به هر یک از فاکتورهای حاصله ترسیم شده است.

## ۴-۲-۵-۱- آنومالی‌های حاصل از فاکتور اول

(عناصر نادر خاکی و عناصر Ga و Zn)، نقشه‌های شماره A-37 و B-37

در این فاکتور عناصر نادر خاکی و عناصر Ga و Zn بالاترین میزان همبستگی را از خود نشان می‌دهند ناهنجاری‌های حاصل از این فاکتور مشابه تمام عناصر نادر خاکی در محدوده توده نقلین سینیت قرار دارند. در منطقه کلیر ناهنجاری‌های این فاکتور در سه منطقه گسترش دارند.

۱- جنوب غرب زاویه منشاء این ناهنجاری نمونه 51 می‌باشد.

۲- بخش مرکزی توده نفوذی نقلین سینیت کلیر منشاء این ناهنجاری نمونه‌های 63 و 64 می‌باشد.

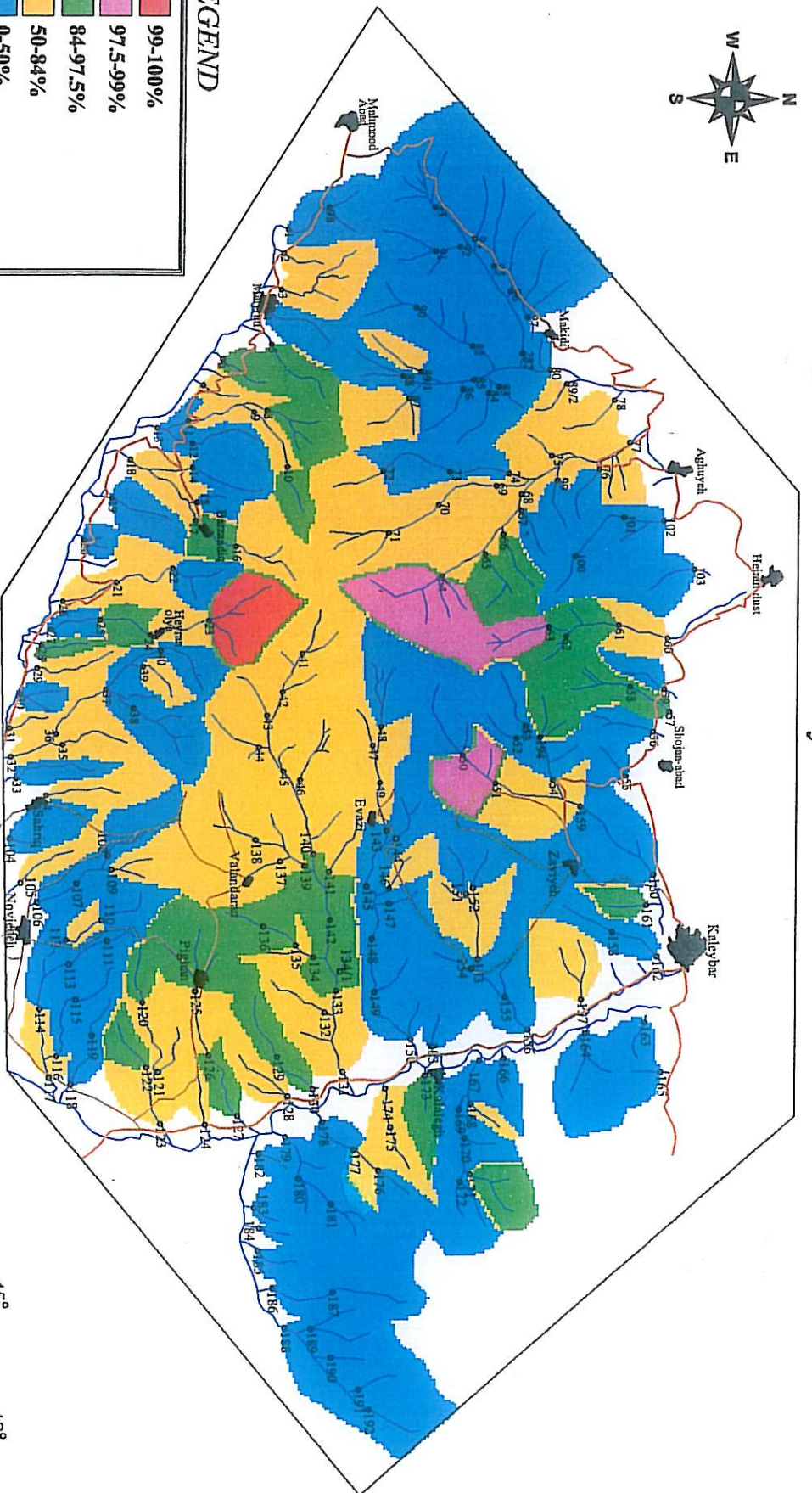
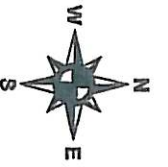
۳- بخش شمال روستای حیران علیا منشاء این ناهنجاری نمونه 23 می‌باشد.

در منطقه سراب ناهنجاری‌های این فاکتور در دبخش شمالی توده نقلین سینیت بزقوش واقع است منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 240, 236, 226, 221 و 280 می‌باشد.

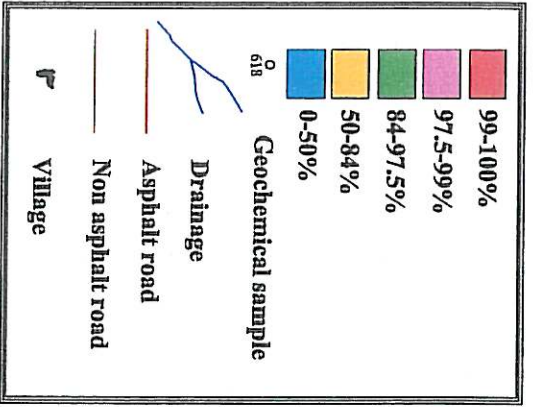




# Kaleybar



## LEGEND



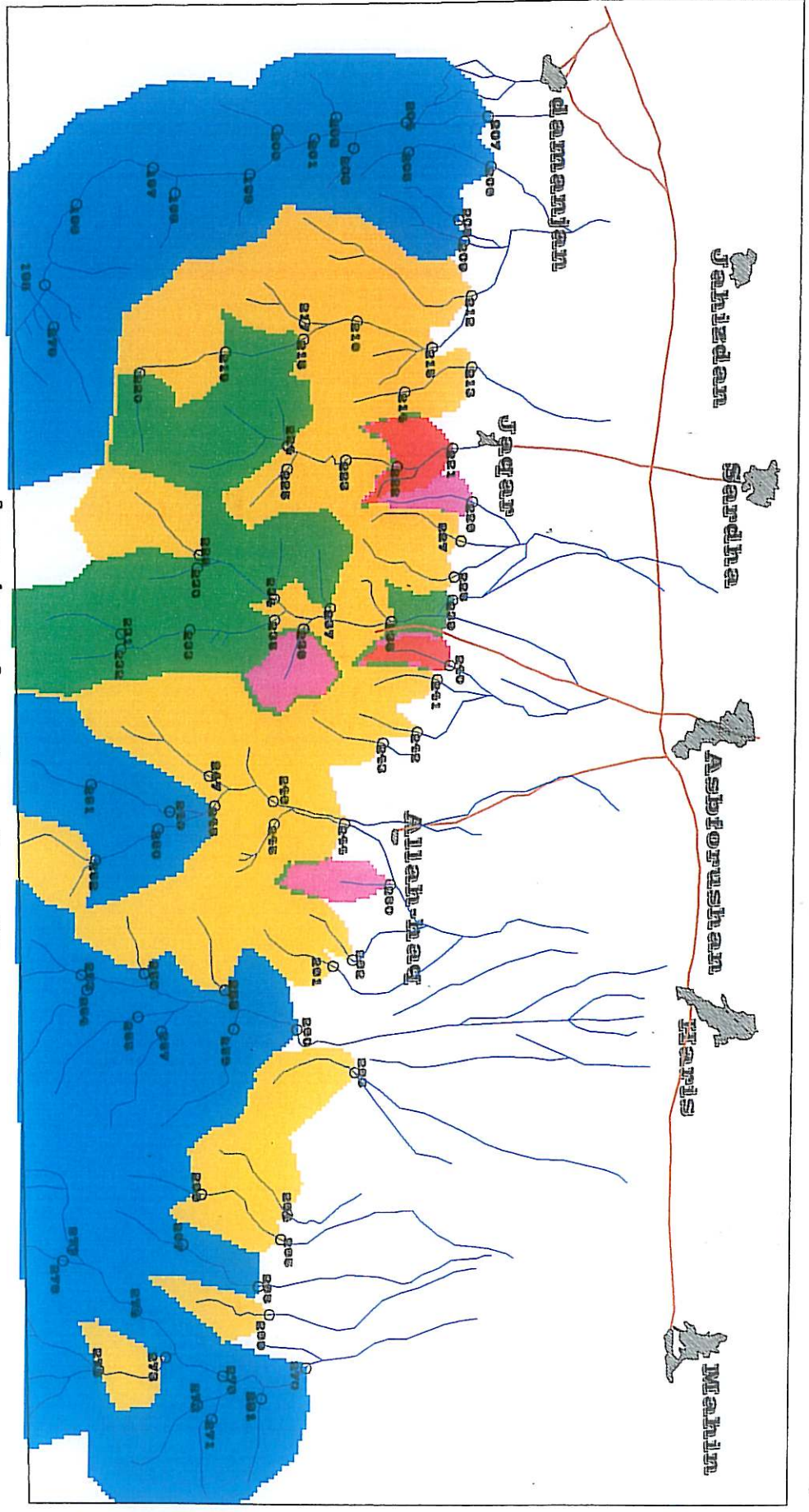
Geochemical Map Of Factor-1  
MAP NO: A-37

TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





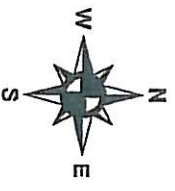
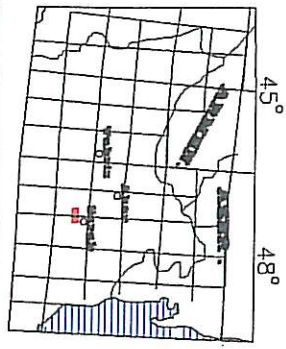
# Salpab



Scale: 1/20,000

## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |



Geochemical Map Of Factor-1  
MAP NO:B-37

**TEHRAN PADIAR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY



## ۴-۲-۵-۲- آنومالی‌های حاصل از فاکتور دوم

(عناصر گروه HFSE و عناصر W و Th)، نقشه‌های شماره A-38 و B-38

ناهنجاری‌های این فاکتور در منطقه کلیبر به‌طور گسترده در جنوب روستای شجاع‌آباد دیده می‌شود. منشأ این ناهنجاری‌های نمونه 57, 58, 61, 63 و 65 می‌باشد. در این فاکتور به‌دلیل این که تماماً عناصر کمیاب حضور دارند مقدار این فاکتور در محدوده توده نفیلین سینیت بالاتر از اطراف می‌باشد. در منطقه سراب نیز ناهنجاری‌های این فاکتور در بخش شمالی و شمال غربی توده نفیلین سینیت گسترش دارد. منشأ این ناهنجاری نمونه‌های 207, 221 و 241 می‌باشد.

## ۴-۲-۵-۳- آنومالی‌های حاصل از فاکتور سوم

(عناصر گروه LILE به‌همراه اورانیوم)، نقشه‌های شماره A-39 و B-39

در منطقه کلیبر ناهنجاری‌های این فاکتور بیشتر در بخش شمال خاوری توده نفیلین سینیت کلیبر و بخش جنوب روستای زاویه قرار دارد. منشأ ناهنجاری‌های مذکور نمونه‌های 151, 152, 154 و 159 می‌باشد. در منطقه سراب ناهنجاری‌های حاصل از این فاکتور در بخش جنوب شرق و غرب توده نفیلین سینیت بزقوش گسترش دارند. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 196 و 253 می‌باشد.

## ۴-۲-۵-۴- ناهنجاری‌های حاصل از فاکتور چهارم (Ni, Cr, Co)، نقشه‌های شماره A-40 و B-40

این فاکتور متشکل از عناصر Ni, Cr, Co می‌باشد. ناهنجاری‌های این فاکتور در مناطق مورد مطالعه دارای اهمیت کمتری می‌باشد.

در منطقه کلیبر ناهنجاری‌های این فاکتور در سه محدوده دیده می‌شود.

۱- بخش جنوب روستای مکیدی: منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 83, 88, 282 می‌باشد.

۲- بخش غرب و جنوب غرب روستای زاویه: منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 51 و 54 می‌باشد.

۳- بخش شرق منطقه کلیبر: منشأ این ناهنجاری نمونه 185 می‌باشد.

در منطقه سراب ناهنجاری‌های این فاکتور در بخش شمال توده نفیلین سینیت بزقوش دیده می‌شود. منشأ این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 222, 227, 242 و 243 می‌باشد.





|         |          |          |        |       |
|---------|----------|----------|--------|-------|
| 99-100% | 97.5-99% | 84-97.5% | 50-84% | 0-50% |
|---------|----------|----------|--------|-------|

Geochemical sample

## Drainage

Asphalt road

Non asphalt road

## Village

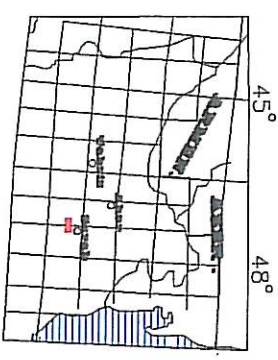
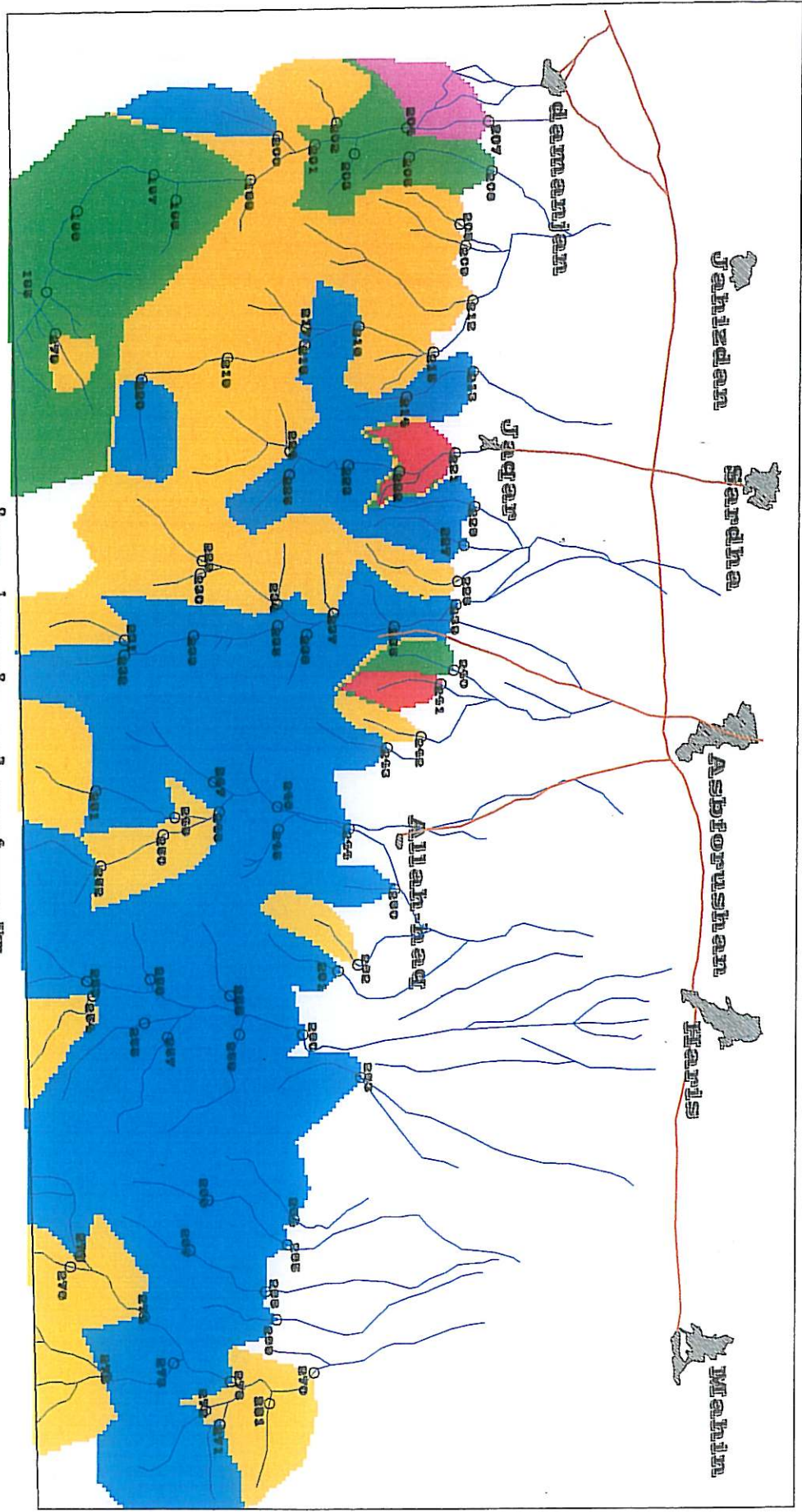
Geochemical Map Of Factor-2  
MAP NO:4-38

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# ՏԱՐԱԽ



## LEGEND

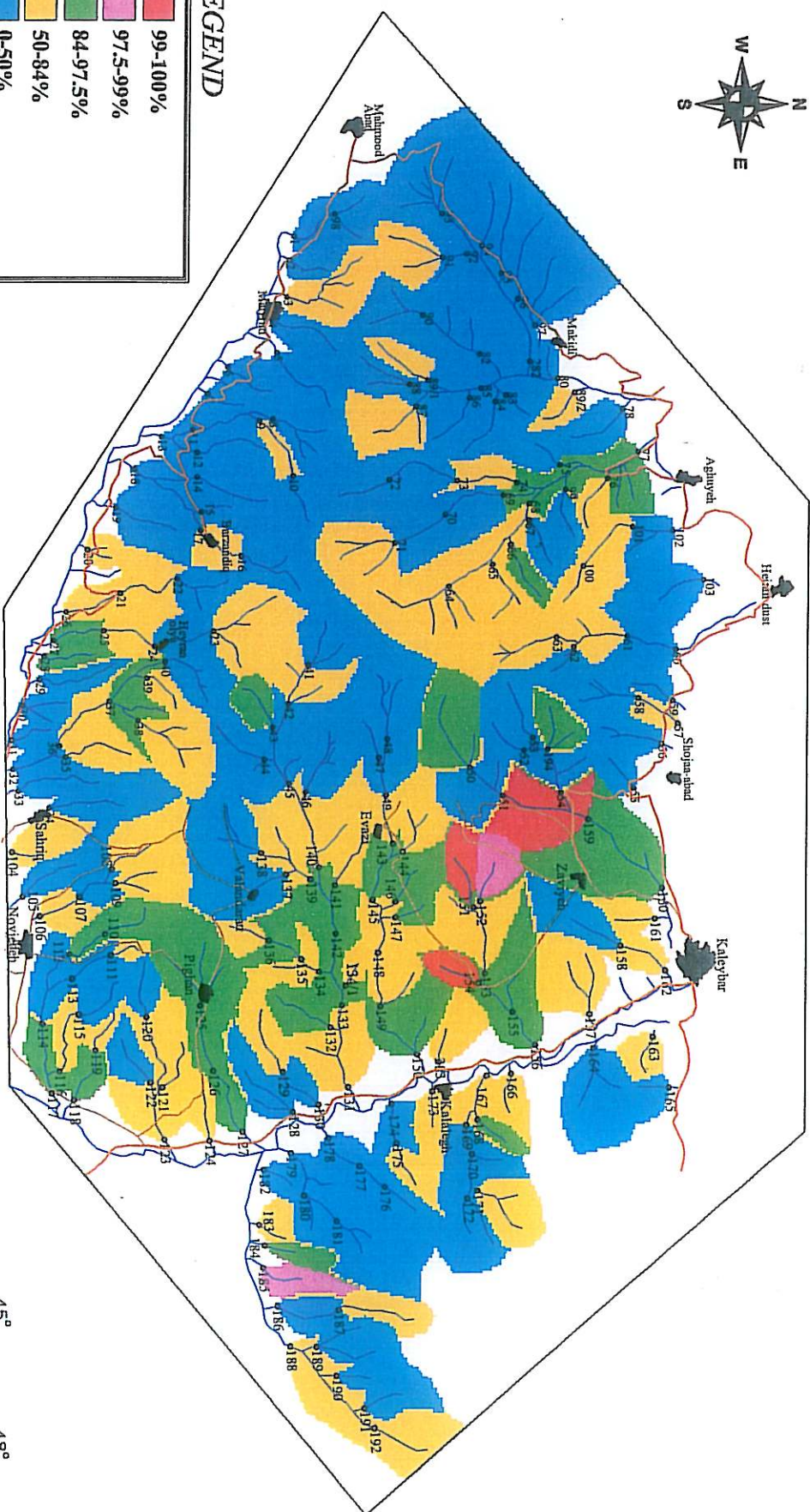
|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84.97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |

Geochemical Map Of Factor-2  
MAP NO:B-38

**YERHIRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERING COMPANY



# Kaleybar



## LEGEND

- 99-100%
  - 97.5-99%
  - 84-97.5%
  - 50-84%
  - 0-50%
- Geochemical sample
- Drainage
- Asphalt road
- Non asphalt road
- Village



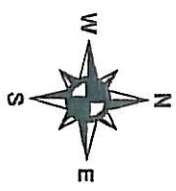
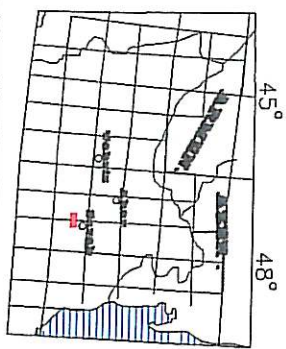
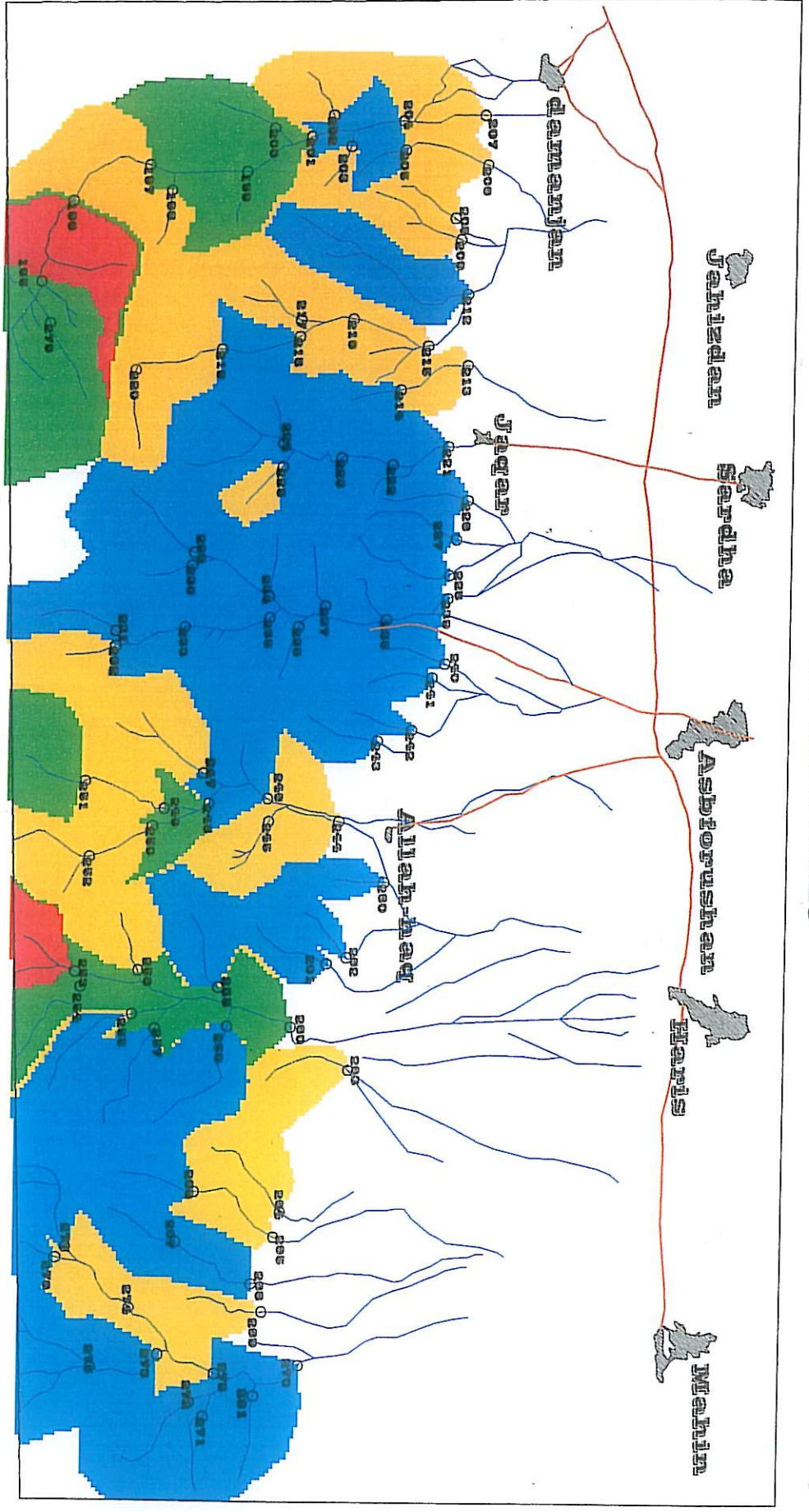
*Geochemical Map Of Factor-3*  
MAP NO: A-39

**TEHRAN PADIR**  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Sarab



Scale: 1/20,000

**LEGEND**

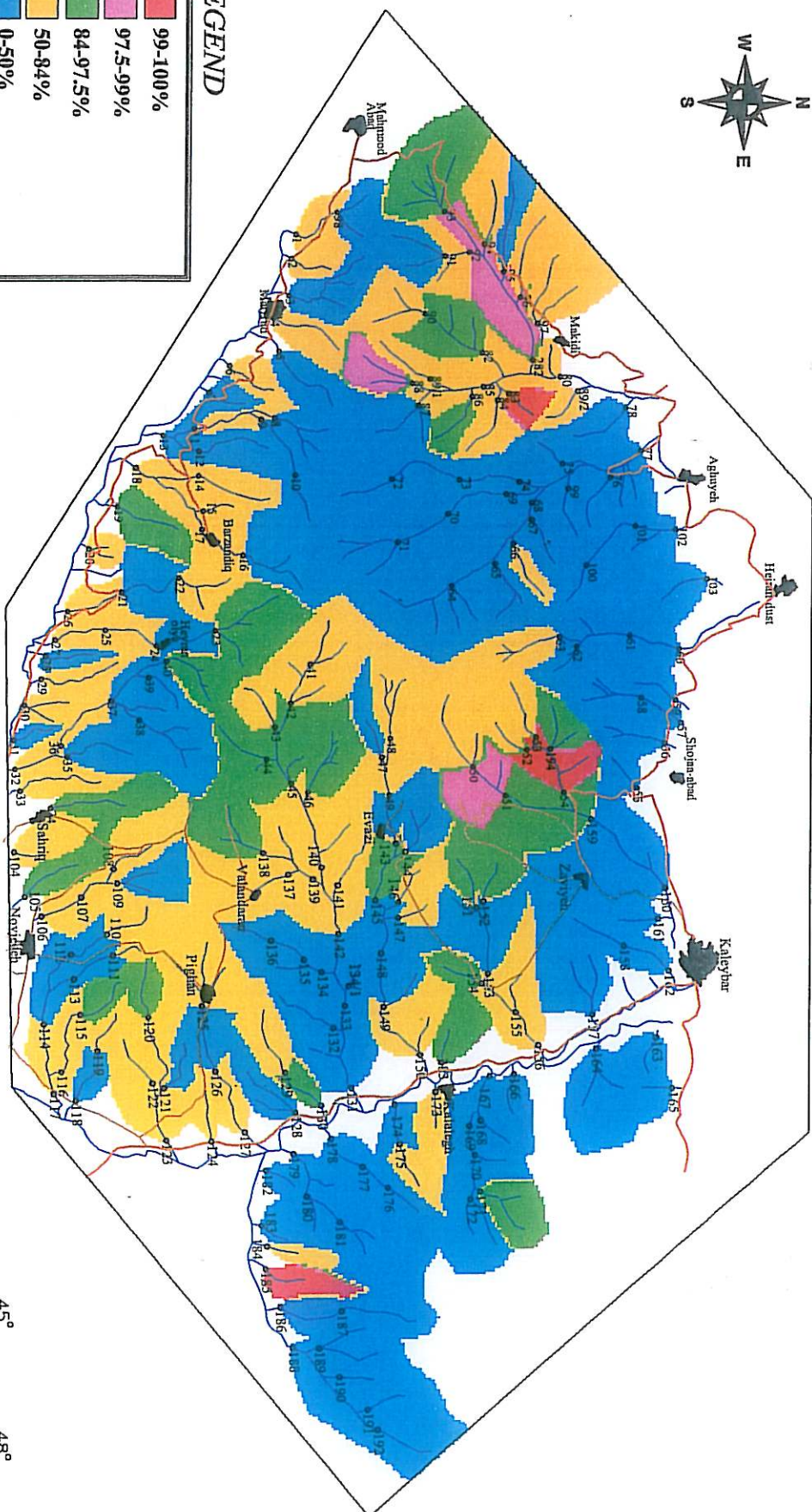
|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% |                    |
| 84-97.5% |                    |
| 50-84%   |                    |
| 0-50%    |                    |
|          | Drainage           |
|          | Road               |
|          | Village            |

Geochemical Map Of Factor-3  
MAP NO:B-39

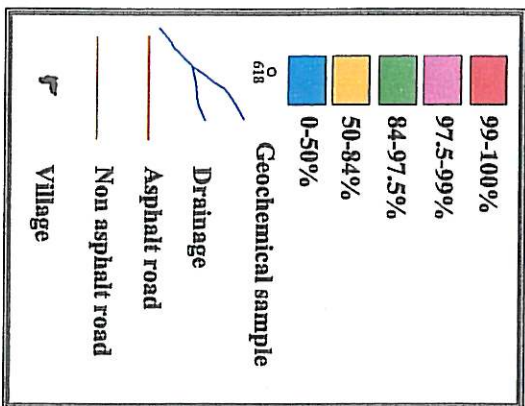




# Kaleybar



## LEGEND



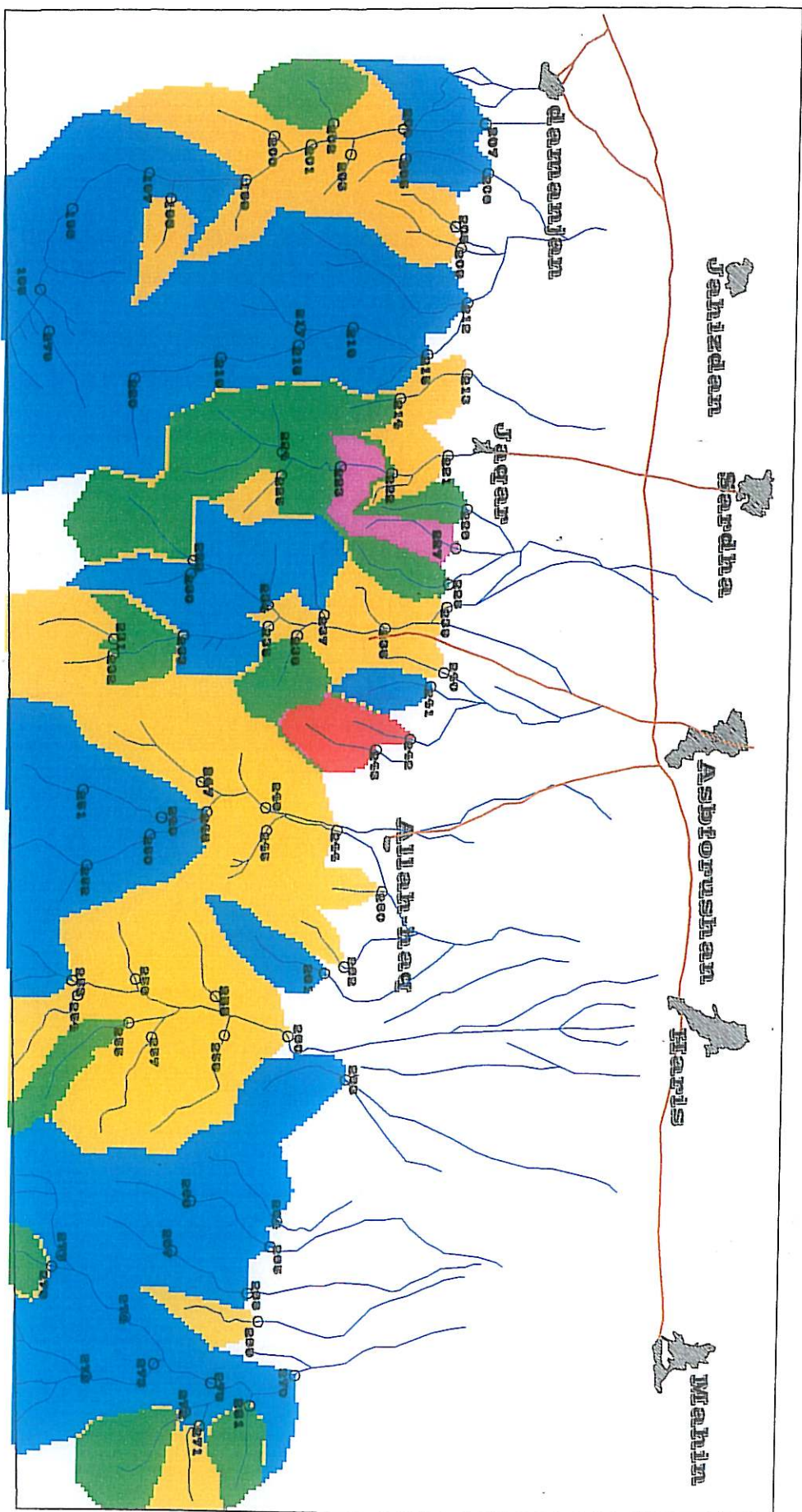
Geochemical Map Of Factor-4  
MAP NO: A-40

TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Sarab



Scale: 1/20,000

## LEGEND

|          |                    |
|----------|--------------------|
| 99-100%  | Geochemical sample |
| 97.5-99% | Drainage           |
| 84-97.5% | Road               |
| 50-84%   | Village            |
| 0-50%    |                    |

Geochemical Map Of Factor-4  
MAP NO:B-40

TEHRAN PAPER  
COMPUTING ENGINEERING COMPANY

**۴-۲-۵-۵- ناهنجاری‌های حاصل از فاکتور پنجم (Mo, Cu)، نقشه‌های شماره A-41 و B-41**

این فاکتور متشکل از عناصر Mo, Cu می‌باشد. عنصر مس در این فاکتور از سهم بالایی برخوردار است. در منطقه کلیر ناهنجاری‌های این فاکتور نظیر عنصر مس در محدوده توده نفوذی نقلین سینیت و حوالی روستای اوزی دیده می‌شود. منشاء این آنومالی گسترده نمونه‌های 45, 44, 38 و 46 می‌باشد. در شکل‌گیری این ناهنجاری آلتراسیون‌های کائولینیتی و لیمونیتی ناشی از نفوذ دایک‌های آپلیتی به‌داخل توده نقلین سینیت نقش دارد. در منطقه سراب ناهنجاری‌های حاصل از این فاکتور در بخش شرقی منطقه داخل واحدهای ولکانیکی آتره شده دیده می‌شود. منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 270 و 275 می‌باشد.

**۴-۲-۵-۶- ناهنجاری‌های حاصل از فاکتور ششم (Cs, Rb, V)، نقشه‌های شماره A-42 و B-42**

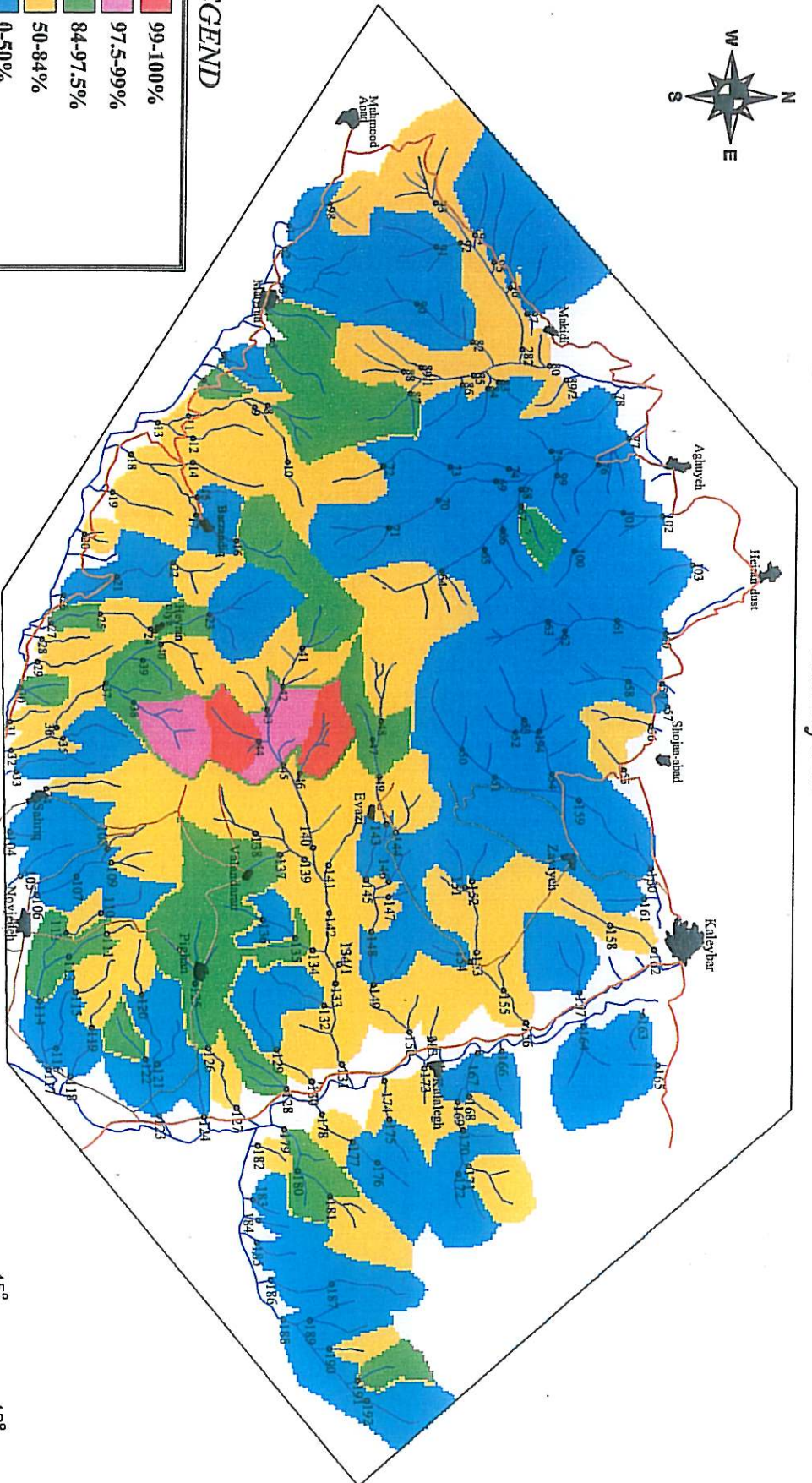
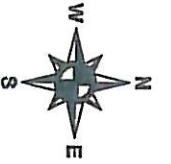
ناهنجاری‌های این فاکتور از اهمیت کمتری برخوردار است. در این فاکتور V دارای مقدار منفی بوده و عناصر Cs, Rb نیز با مقدار بالاتر نسبت به سایر عناصر نقش مهمی ایفا می‌کنند. ناهنجاری‌های این فاکتور در بخش جنوب غرب منطقه کلیر، جنوب روستای زاویه و شرق شهر کلیر واقع اند. منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 50, 31, 8 و 6 147, 165 و 549 می‌باشد.

در منطقه سراب ناهنجاری‌های این فاکتور در محدوده توده نقلین سینیت بزقوش قرار دارد منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 243, 227 و 258 می‌باشد.

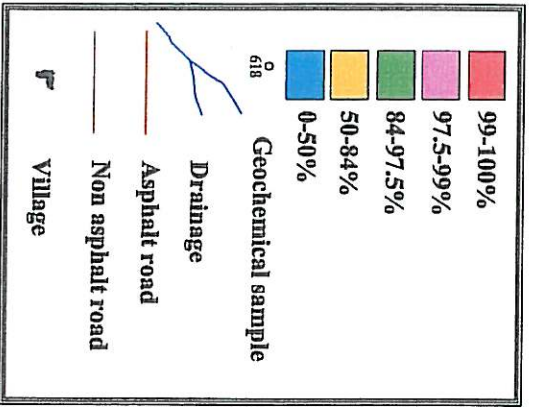




# Kaleybar



## LEGEND



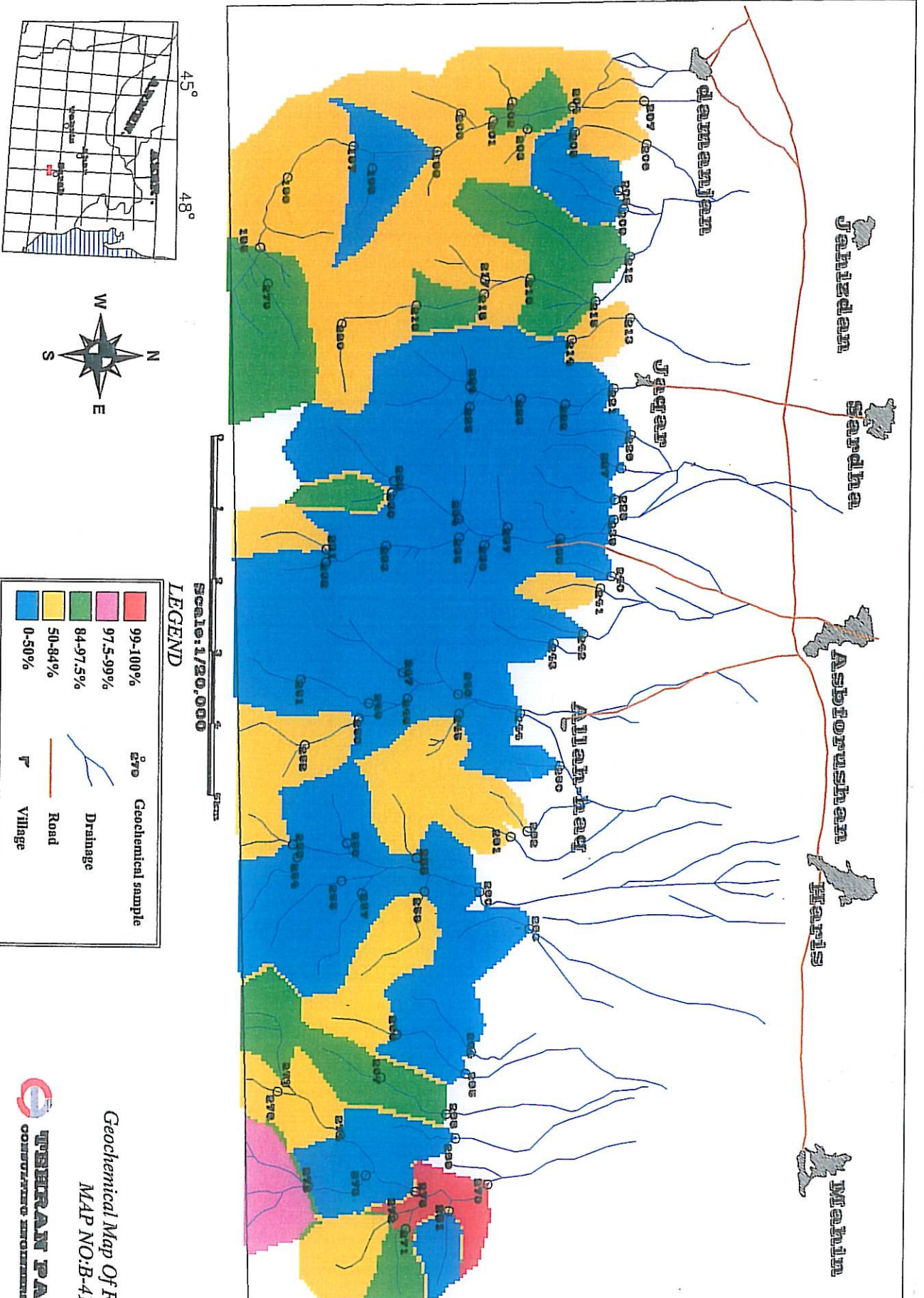
Geochemical Map Of Factor-5  
MAP NO: A-41

TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





உதாரணம்

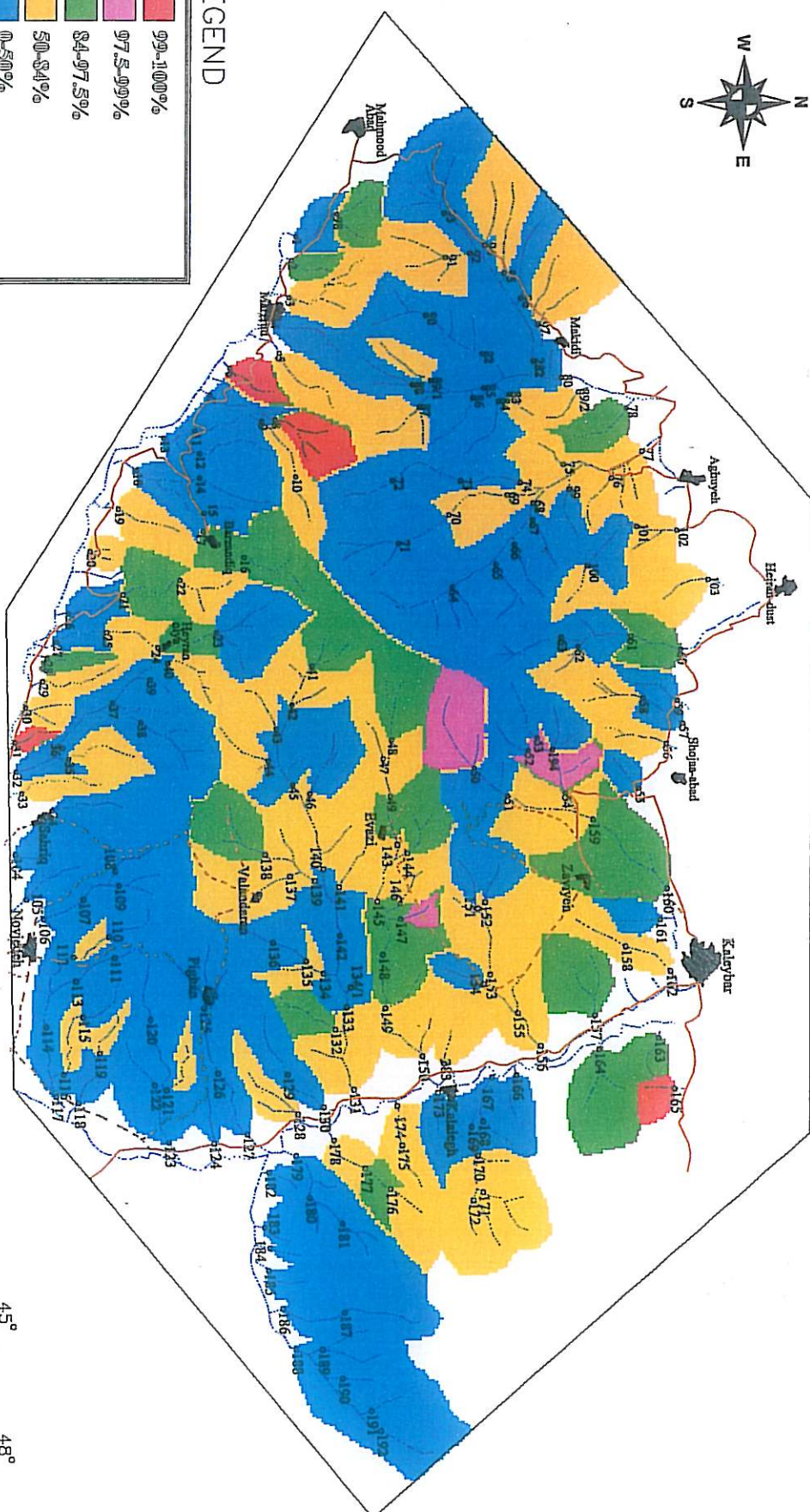


Geochemical Map Of Factor-5  
MAP NO:B-41

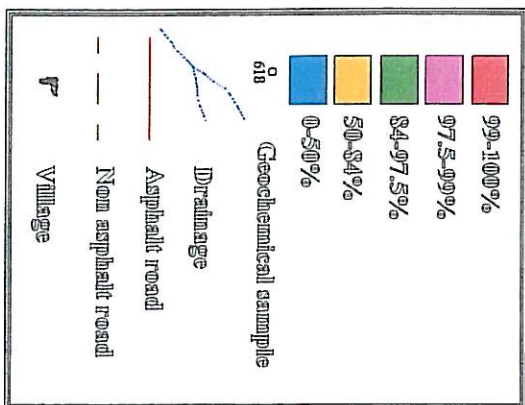
**TEHRAN PADI**  
CONSULTING ENGINEERING COMPANY



# Kaleybar



## LEGEND



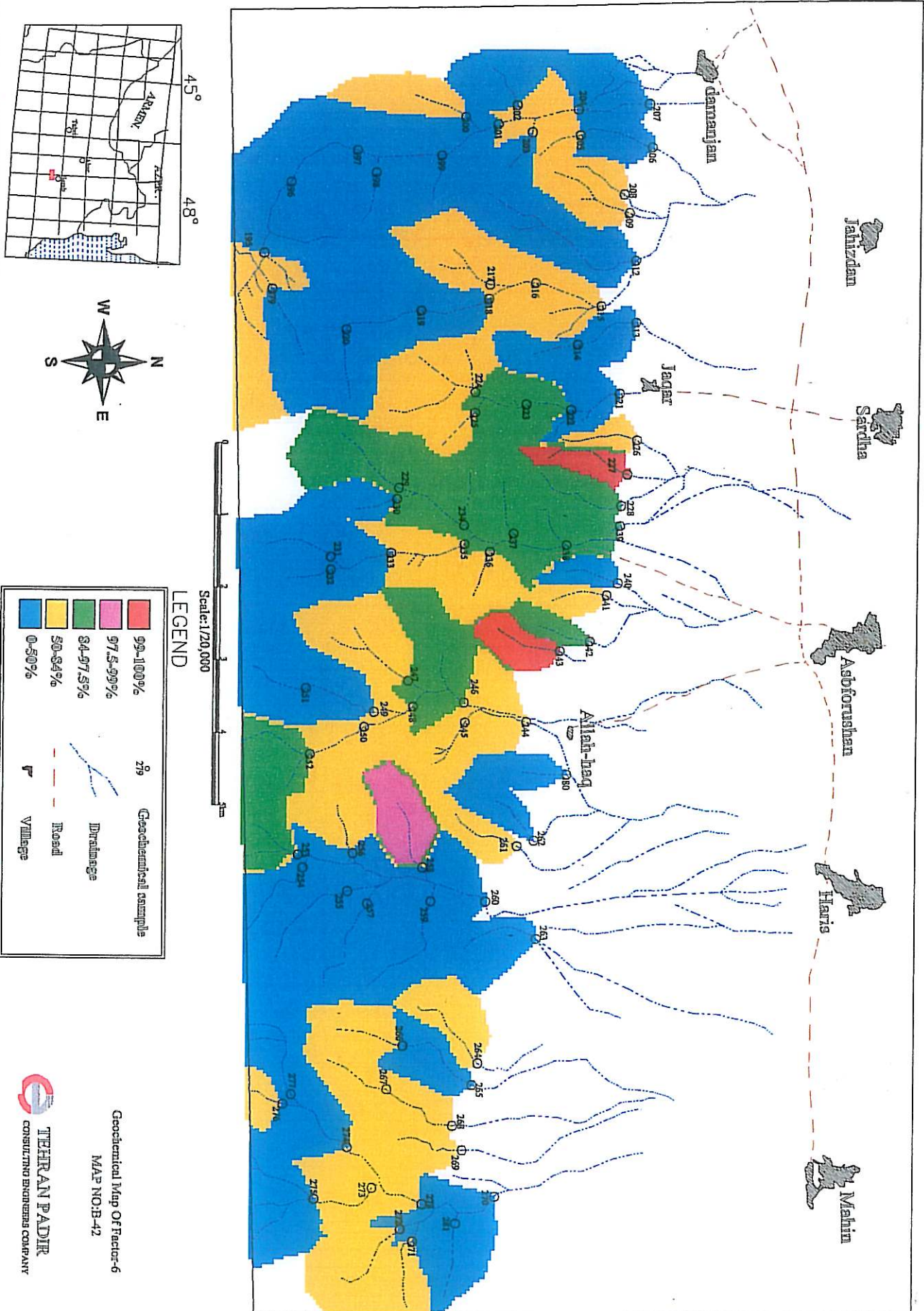
Geochemical Map Of Factor-6  
MAP NO:A-42

TEHRAN PADIR  
CONSULTING ENGINEERS COMPANY





# Sarab





## ۴-۲-۶- ناهنجاری‌های حاصل از حاصلضرب P.N

پس محاسبه مقادیر  $\frac{1}{P.N}$  برای تمامی متغیرهای ژئوشیمیائی نقشه پراکنش این متغیر به صورت سیمبولی مناطق کلیبر و سراب ترسیم شد با توجه نقشه‌های فوق در منطقه کلیبر ناهنجاری‌های P.N به شرح زیر می‌باشد:

۱- بخش جنوب غربی توده نفیلین سینیت و حوالی روستای مرز رود. منشاء این ناهنجاری نمونه‌های 2, 5, 8 و 10 می‌باشد.

۲- بخش مرکزی و جنوبی توده نفیلین سینیت: منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 23, 37, 44, 45 و 46.

۳- جنوب غرب روستای زاویه: منشاء این ناهنجاری‌ها نمونه‌های 51, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 64, 66, 67, 68, 87.

۴- بخش جنوبی روستای جقر در ضلع شمالی نفیلین سینیت بزقوش نمونه 221.



## فصل پنجم: فاز کنترل آنومالیهای ژئوشیمیایی

در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش آبراهه‌ای، که به منظور کشف هاله‌های ثانوی کانسارهای احتمالی انجام می‌پذیرد، معمولاً منطقه وسیعی تحت پوشش اکتشافی قرار می‌گیرد. این روند سبب کشف آنومالیهای ظاهری موجود در محیطهای ثانوی می‌شود. این آنومالیها در اثر عوامل متعددی به وجود می‌آیند که عبارتند از:

- تأثیر سنگ بالادست
- آلودگیهای مختلف موجود در محیط (صنعتی، کشاورزی و...)
- آلوده شدن نمونه ضمن نمونه‌برداری و آماده‌سازی
- ناهمگنی موجود در نمونه آنالیز شده
- عوامل کانه‌زایی

از طرفی به دلیل اینکه در روش ژئوشیمیایی، هر عنصر مستقیماً مورد آنالیز قرار می‌گیرد توجهی به فاز پیدایش آن نمی‌شود، از اینرو هاله‌های ثانوی کشف شده نمی‌توانند همیشه معرف کانی‌سازی باشند، بنابراین برای تمیز دادن آنومالیهای واقعی (که در ارتباط با پدیده کانی‌سازی بوده و دارای مؤلفه ایی ژنتیک قابل ملاحظه می‌باشند)، از انواع کاذب مرتبط با پدیده‌های سنگ‌زایی (مؤلفه سین ژنتیک) باید به کنترل زمینی آنها پرداخت. روشهای مختلفی برای کنترل آنومالیها وجود دارد که می‌توان به کمک آنها آنومالیهای مقدماتی ژئوشیمیایی عناصر را تأیید یا باطل کرد. این روشها عبارتند از:

- ۱- بررسی مناطق دگرسان شده و زونهای مینرالیزه احتمالی.
- ۲- برداشت نمونه از سیستمهای درز و شکاف پر شده توسط مواد معدنی.
- ۳- نمونه‌برداری کانی سنگین از محدوده آنومالیها.

### ۵-۱- نمونه‌برداری کانی سنگین

با توجه به نتایجی که از آنالیز کانیهای سنگین به دست می‌آید می‌توان هاله‌های ثانوی را به دو گروه تقسیم کرد که عبارتند از:

- هاله‌های ثانوی مرتبط با کانی‌سازی
- هاله‌های ثانوی مرتبط با پدیده سنگ‌زایی

در مورد هاله‌های ثانوی مرتبط با کانی‌سازی، کانیهای مستقل یک عنصر معمولاً در جزء سنگین (به صورت فاز





مستقل) رسوب آبراهه‌ای یافت می‌شوند، ولی در موردهاله‌های ثانوی مرتبط با پدیده‌های سنگ‌زائی پیدایش یک عنصر معمولاً به صورت ترکیب محلول جامد در ساختمان شبکه همراه با عناصر دیگر است.

بدیهی است تحرک یک ذره کانی سنگین داخل آبراهه نسبت به یک یون بسیار کمتر است، لذا هاله‌های کانی سنگین نسبت به هاله‌های ثانوی ژئوشیمیائی دارای وسعت کمتری هستند. بدین لحاظ نمونه‌های کانی سنگین از داخل محدوده‌های آنومالیهای ژئوشیمیائی می‌تواند مفید باشد.

در محدوده توده‌های نفیلین سینیت کلیر و سراب و از محدوده آنومالیهای ژئوشیمیائی مقدماتی به برداشت ۵۰ نمونه کانی سنگین مبادرت گردید. هر نمونه کانی سنگین از چند محل، از قبیل پیچ آبراهه، پشت تخته سنگهای بزرگ در کف آبراهه و... که احتمال تمرکز کانی سنگین در آن بیشتر بود، برداشت شده است، (نقشه‌های شماره A-44, B-44).

### ۵-۱-۱- عملیات مطالعه نمونه‌های کانی سنگین

مطالعه نمونه‌های کانی سنگین شامل دو مرحله می‌باشد:

الف- آماده‌سازی نمونه کانی سنگین جهت مطالعه.

ب- مطالعه اجزاء مختلف آن.

آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین شامل گل‌شوئی و لاوک‌شوئی است. قبل از انجام این مراحل، اندازه‌گیری حجم کل نمونه برای محاسبات بعدی الزامی است. در مرحله گل‌شوئی با شستشوی کامل نمونه، گل نمونه که عمدتاً شامل ذرات دانه‌ریز رسی است از آن جدا شده و نمونه آماده لاوک‌شوئی می‌شود. در مرحله لاوک‌شوئی، نمونه به درون ظرف مخصوص ریخته شده و پس از غوطه‌ور کردن نمونه در آب و حرکات دورانی مناسب آن، مواد سبک شستشو و از آن خارج شده و جزء سنگینتر باقی می‌ماند. این نمونه، که نسبت به نمونه اولیه حجم بسیار کمتری دارد، خشک شده و مورد حجم‌سنجی قرار می‌گیرد و اعداد حاصل در فرم مربوطه ثبت می‌شود. مرحله بعدی شامل کاهش وزن نمونه از طریق تقسیم‌کن شانه‌ای است. بخشی از این جزء از طریق بروموفرم به دو قسمت جزء سبک و جزء سنگین تقسیم می‌گردد. پس از بروموفرم‌گیری حجم هر یک از دو بخش سنجیده شده و سپس از طریق به کارگیری آهنربای دستی با بار معین جزء سنگین به سه بخش تقسیم و حجم هر یک تعیین می‌شود.



جزء فرومغناطیسی دارای خاصیت مغناطیسی شدید بوده و به طور عمده شامل منیتیت و گاهی ایلمنیت می باشد. جزء دیگر دارای خاصیت مغناطیسی متوسطی است و بیشتر شامل کانیهای مافیک مانند پیروکسن، آمفیبول و بیوتیت است. جزء غیرمغناطیسی خاصیت مغناطیسی نداشته و اغلب کانیهای فرعی مانند آپاتیت، زیرکن و بسیاری از کانه ها در آن متمرکز می شوند. در این پروژه هر سه بخش با استفاده از میکروسکوپ بینوکولار مورد مطالعه چشمی قرار گرفته است. در این روش، مشخصات فیزیکی کانیها مانند رنگ، سیستم تبلور، جلا، سختی، شفافیت و... اساس تشخیص می باشد. از این طریق نسبت درصد هر کانی در نمونه به طریق حجمی برآورد می گردد. برای محاسبه فراوانی نسبی کانیهای سنگین در نمونه اصلی (به صورت برداشت شده) از فرمول زیر استفاده گردیده است:

$$\text{فراوانی کانی سنگین (گرم بر تن)} = \frac{X \times Y \times B \times D \times 10000}{A \times C \times D'}$$

در این فرمول متغیرها عبارتند از:

- X: درصد کانی مورد نظر ضرب در جزم فراکسیون مربوط به آن پس از جدایش مغناطیسی..  
 Y: حجم نمونه پس از بروموفرم گیری.  
 B: حجم نمونه پس از شستشو.  
 D: وزن مخصوص کانی مورد مطالعه.  
 A: حجم کل نمونه برداشت شده در صحرا (پس از الک کردن).  
 C: حجم نمونه انتخابی برای جدایش با بروموفرم.  
 D: وزن مخصوص رسوب برداشت شده در صحرا که در این پروژه معادل ۲/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شده است.

در جدول ۵-۱ ضمیمه فصل ۵ مقدار حجم کانیهای سنگین بر اساس (ppm) محاسبه شده است. در نقشه توزیع کانی سنگین تعدادی از نمونه ها جهت یک یا چند کانی سنگین معرفی شده اند. در فاز بعدی اکتشافی هدف انتخاب بهترین آنومالیه ها و انجام پی جوئیهای مفصلتر در حوضه آبریز مربوطه است. اما این مطلب که واقعاً کدام نمونه های آنومالی ارزش پی جوئیهای بیشتری را دارند تعمق و تفکر بیشتری را می طلبد. در بررسیهای زمین شناسی شناخت رتبه کانسارهای پلاس و مطالعه اقتصادی آنها، نوع و پاراژنز کانیها اهمیت ویژه ای دارد. در این ارتباط سه مطلب زیر را مورد مطالعه قرار می دهیم.

- الف) محتوای نمونه های آنومالی از چه نوع کانیهایی هستند.  
 ب) محتوای نمونه های آنومالی از چه تعداد کانی با ارزش تشکیل شده اند.  
 پ) کانیهای مهم و با ارزش در کدام یک از نمونه ها از مقادیر آنومالی برخوردار هستند.





براساس مطالعه نمونه‌های کانی‌سنگین مناطق کلیر و سراب نکات ذیل قابل توجه می‌باشد:

- ۱- از ۵۰ نمونه کانی‌سنگین مطالعه شده، ۴ نمونه طلا دار می‌باشد که عبارتند از نمونه شماره ۳۷ (یک ذره)، ۱۲۲ (یک ذره)، ۱۲۷ (یک ذره) و ۱۲۵ (یک ذره) این ذرات از نظر شکل به صورت لامپی و زاویه دار تا گرد شده می‌باشد.

| Row | Sample Number | Distribution | (Gold grain size) |     |    | Roundness  | Shape |
|-----|---------------|--------------|-------------------|-----|----|------------|-------|
|     |               |              | L                 | W   | T  |            |       |
| 1   | 37            | 1            | 175               | 100 | 50 | Subrounded | Lumpy |
| 2   | 122           | 1            | 50                | 30  | 30 | Angular    | Lumpy |
| 3   | 125           | 1            | 150               | 50  | 30 | Subrounded | Lumpy |
| 4   | 127           | 1            | 125               | 125 | 75 | Rounded    | Lumpy |

- ۲- کانیهای سرب در منطقه بیشتر به صورت سرب آزاد و بعضاً پیرومورفیت و لیتارژ (اکسید سرب) می‌باشد که به صورت پراکنده و در حد چند ذره مشاهده نشده است. که عبارتند از نمونه‌های شماره ۴۱ (یک ذره)، ۵۱ (یک ذره)، ۵۷ (دو ذره)، ۱۲۷ (یک ذره)، ۱۳۳ (یک ذره)، ۱۶۱ (یک ذره)، ۲۱۹ (یک ذره) و ۲۳۶ (یک ذره).
- ۳- کانیهای مس در منطقه به صورت مس آزاد، می‌باشد که دارای پراکندگی ضعیف می‌باشد.
- ۴- از کانیهای عناصر کمیاب، کانی مونازیت در دو نمونه و در حد دو ذره مشاهده است. ۴۹ (یک ذره) و ۲۱۸ (یک ذره).
- ۵- از کانیهای تنگستن دار در منطقه می‌توان به شلیت و پوولیت اشاره کرد که عبارتند از ۴۲ (سه ذره)، ۶۱ (یک ذره)، ۱۳۲ (یک ذره)، ۱۳۵ (یک ذره) و یک ذره پوولیت در نمونه شماره ۵۴ مشاهده شده است.
- ۶- کانی آپاتیت به عنوان کانی شاخص در جزء (NM) نمونه‌های کانی سنگین بخصوص نمونه‌های محدوده توده نفوذی می‌باشد. نمونه‌های مهم دارای آپاتیت در محدوده کلیر و سراب به شرح زیر می‌باشد:

| شماره نمونه | 218     | 125    | 221    | 180    | 132    | 230    | 219    | 220    |
|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| مقدار ppm   | 1291.43 | 957.00 | 513.00 | 480.00 | 397.50 | 318.75 | 284.14 | 280.00 |

- ۷- با توجه به اینکه براساس اطلاعات قبلی، لیتولوژی منطقه سینیت‌های نفیلین دار تشکیل می‌دهد، در نتیجه می‌بایست حضور کانیهای فلدسپاتوئیدی هم در نمونه‌ها مشاهده می‌گردید. عدم حضور این کانیها در نمونه‌های



کانی سنگین، به دلیل پایین بودن وزن مخصوص این کانیها نسبت به مایع سنگین (بروموفرم) می باشد که در مرحله بروموفرم گیری (آماده سازی) از فاز کانیهای سنگین جدا شده و حذف می گردد.

۸- کانی اسفن نیز به عنوان کانی شاخص دیگر نمونه های کانی سنگین می باشد. به طوریکه مقدار اسفن در بعضی نمونه ها، حدود ۹۰٪ فاز کانی ساز (NM) را به خود اختصاص داده است. این کانی بیشتر در محدوده کلیر ناهنجاری نشان می دهد. نمونه های مهم دارای اسفن در محدوده کلیر به شرح زیر می باشد:

| No | 8   | 37  | 44  | 45  | 51  | 54  | 58  | 59  | 131 | 132  | 135 | 161 | 165 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
|    | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm  | ppm | ppm | ppm |
|    | 505 | 114 | 113 | 315 | 676 | 447 | 404 | 553 | 538 | 1252 | 218 | 122 | 75  |

۹- زیرکن نیز از کانی های دیگر عناصر کمیاب در گروه زیرکنیم-هافنیم می باشد. این کانی به همراه آپاتیت و اسفن در منطقه کلیر در حوالی روستای ولندران و دره روستای اوزی ناهنجاری نشان می دهد. نمونه های دارای ناهنجاری این کانی نمونه های 125، 131، 132 و 142 می باشد. در منطقه سراب این کانی بیشتر در محدوده توده نقوذی و حوالی روستای جقر و بخش جنوبی این روستا به همراه آپاتیت ناهنجاری نشان می دهد.

| شماره نمونه | 125    | 131    | 133    | 132    | 218    | 221    |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| عبارت ppm   | 287.10 | 197.68 | 141.00 | 119.25 | 113.95 | 102.60 |

### ۵-۲- برداشت نمونه های مینرالیزه و آلتیره

نوع دیگری از شواهد واقعی بودن آنومالیهای ژئوفیزیکی یا ژئوشیمیایی پیدایش مناطق کانی سازی در سطح زمین است. اگر سطح فرسایش کنونی سطح کانی سازی احتمالی را قطع کرده باشد می توان آثار کانی سازی را مستقیماً دید. در این صورت لازم است از عوارض مرتبط با کانی سازی نمونه هایی برداشت. این نمونه ها با این هدف برداشت می شوند که بیشترین عیار را نمایان سازند، بنابراین به طور نظام وار از مناطق پرعیار برداشت خواهند شد. از این نمونه ها نمی توان و نباید استنباطی در مورد عیار ماده معدنی به عمل آورد.

از دیگر نمونه هایی که لازم است برای کنترل آنومالیا برداشت گردد نمونه های مرتبط با دگرسانیهای وابسته به کانی سازی احتمالی است. معمولاً آلهالهای دگرسانی ماتند غلافی هسته کانی سازی را در بر می گیرند و گاهی هم با آن





هم آغوش می شوند. از آنجا که هاله های دگرسانی بزرگتر از توده های کانی سازی شده هستند، لذا احتمال این که سطح فرسایش کنونی آنها را قطع کند و نمایان شوند، بیشتر است. این امر به خصوص در مورد توده های کانی سازی پنهان، که اکتشاف آنها پرهزینه و ریسک آن بالاتر است، صادق است. از اینرو نمونه برداری از هاله های دگرسانی به منظور تعیین ترکیب کانی شناسی هاله های دگرسانی و همچنین عیار سنجی آن بسیار ضروری است و می تواند نتایجی را که دال بر تأیید و یا تکذیب آنومالی باشد، در اختیار گذارد.

در محدوده توده های نفوذی نفلین سینیت کلپیر و سراب در مجموع ۳۰ نمونه مینرالیزه برداشت گردید. این نمونه ها عبارتند از:

- ۱- نمونه های مربوط به دایک های پگماتی و آپلیتی.
  - ۲- نمونه های مربوط به توده نفوذی نفلین سینیت و نفلین گابرو.
  - ۳- نمونه های مربوط به بخش های دگرسان شده توده نفوذی ناشی از نفوذ دایک های پگماتی و آپلیتی.
- از این تعداد ۲۳ مقطع نازک جهت مطالعه پتروگرافی توده های نفوذی تهیه و ۲۵ نمونه جهت آنالیز شیمیایی عناصر کمیاب و آنالیز کانی شناسی به آزمایشگاه ارسال شد.

#### ۵-۲-۱- آنالیز نمونه های سنگی

نتایج آنالیز عناصر کمیاب برای نمونه های مینرالیزه منطقه در جدول زیر آورده شده است. با توجه به نتایج نمونه های مذکور به نظر می رسد مقادیر عناصر کمیاب در این نمونه ها بسیار کم بوده و در حد اقتصادی نمی باشد.



## نتایج آنالیز نمونه‌های سنگی

| SAMPLE<br>DESCRIPTION | Sr<br>ppm | Ta<br>ppm | Tb<br>ppm | Th<br>ppm | Ti<br>ppm | Tm<br>ppm | U<br>ppm | V<br>ppm | W<br>ppm | Y<br>ppm | Yb<br>ppm | Zn<br>ppm | Zr<br>ppm |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 230 X2                | 205       | 5.9       | 1.5       | 148       | <0.5      | 1.3       | 19.6     | 20       | 9        | 65.2     | 8.8       | 112       | 1025      |
| 125 X 1               | 1195      | 1.2       | 1.1       | 12        | <0.5      | 0.3       | 2.9      | 158      | 6        | 27.2     | 2.3       | 170       | 147.5     |
| 239 X1                | 191.5     | 5.2       | 1.3       | 89        | <0.5      | 1.1       | 14.2     | 9        | 10       | 54.5     | 7.7       | 82        | 1070      |
| 136 X3                | 297       | 0.5       | 1.6       | 28        | <0.5      | 1.4       | 5.1      | 98       | 4        | 76.8     | 9.8       | 58        | 317       |
| 133 X1                | 1135      | <0.5      | 1         | 6         | <0.5      | 0.4       | 1.2      | 371      | 3        | 28.4     | 2.4       | 116       | 99.3      |
| 239 X3                | 973       | 0.9       | 0.9       | 18        | <0.5      | 0.4       | 3.5      | 170      | 3        | 28.8     | 3         | 67        | 246       |
| 239 X4                | 807       | 0.9       | 0.9       | 12        | <0.5      | 0.4       | 2.4      | 237      | 4        | 25.9     | 2.5       | 112       | 202       |
| 125 X 4               | 1485      | <0.5      | 0.9       | 3         | <0.5      | 0.4       | 0.5      | 345      | 4        | 25.4     | 2.2       | 112       | 56.7      |
| 125 X 3               | 237       | <0.5      | 1         | 6         | <0.5      | 0.4       | 1.2      | 571      | 4        | 25.9     | 2.4       | 196       | 68.5      |
| 127 X1                | 1010      | <0.5      | 0.9       | 4         | <0.5      | 0.4       | 1.1      | 349      | 3        | 26.5     | 2.2       | 90        | 84.7      |
| 239 X5                | 255       | 1.7       | 0.8       | 28        | <0.5      | 0.5       | 5.4      | 21       | 5        | 27.6     | 3.3       | 51        | 378       |
| 125 X 2               | 1260      | 0.6       | 0.7       | 5         | <0.5      | 0.3       | 0.8      | 108      | 4        | 22.6     | 2         | 35        | 114.5     |
| PG1                   | 545       | 0.7       | 0.8       | 14        | <0.5      | 0.5       | 5.8      | 128      | 4        | 29       | 3.2       | 122       | 189       |
| 238 X1                | 880       | 0.8       | 0.7       | 11        | <0.5      | 0.3       | 2.5      | 97       | 6        | 20.9     | 2.1       | 69        | 189.5     |
| 127 X2                | 707       | 2         | 0.8       | 4         | <0.5      | 0.4       | 1.1      | 258      | 2        | 23.6     | 2.3       | 88        | 159       |
| 54 X1                 | 648       | <0.5      | 0.7       | 6         | <0.5      | 0.3       | 1.4      | 245      | 2        | 21       | 2.1       | 118       | 89.2      |
| 44 X1                 | 415       | <0.5      | 0.6       | 5         | <0.5      | 0.3       | 1.2      | 482      | 3        | 19.5     | 1.8       | 90        | 63.6      |
| 127 X3                | 576       | 1.6       | 0.7       | 5         | <0.5      | 0.3       | 0.9      | 214      | 2        | 19       | 1.7       | 65        | 134.5     |
| 125 X 5               | 128       | <0.5      | 0.5       | 1         | <0.5      | 0.2       | <0.5     | 594      | 3        | 13.2     | 1.1       | 94        | 35.6      |
| 136 X2                | 101.5     | <0.5      | 0.2       | 53        | <0.5      | 0.1       | 17.9     | 31       | 4        | 5.3      | 0.6       | 72        | 719       |
| 230 X3                | 67.9      | <0.5      | 0.3       | 6         | <0.5      | 0.1       | 2.8      | 49       | 10       | 8.4      | 0.8       | 19        | 110.5     |
| 161 X1                | 323       | <0.5      | 0.4       | 2         | <0.5      | 0.3       | 0.9      | 393      | 2        | 18.3     | 1.7       | 43        | 90.9      |
| 46 X1                 | 660       | <0.5      | 0.2       | 3         | <0.5      | 0.1       | 1        | 30       | 2        | 5.9      | 0.5       | 20        | 47        |
| 133 X3                | 244       | 1.3       | 0.2       | 44        | <0.5      | 0.1       | 18.2     | 24       | 3        | 6.8      | 0.8       | 150       | 1010      |
| 133 X2                | 100       | 1.3       | <0.1      | 26        | <0.5      | <0.1      | 11       | 6        | 2        | 1.1      | 0.2       | 158       | 602       |





## ۵-۲-۲- مطالعات پتروگرافی بر روی نمونه‌های سنگی

## توده‌های نفوذی نفلین سینیت

نفلین سینیت از نظر بافت گرانولار و درشت بلور می‌باشد این واحد حاوی کانی‌های فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، آمفیبول و کانی‌های فرعی می‌باشد، (شکل ۵-۱).

فلدسپات آلکالن اورتوپرنیتی است که تقریباً ۵۰٪ کل سنگ را شامل می‌شود. تا حدودی به کائولینیت تجزیه شده‌اند. اندازه بلورهای اورتوز تا یک سانتیمتر نیز می‌رسد و گاهی دارای ماکل کالسدیاد می‌باشد.

پلاژیوکلاز در حد الیگوکلاز است بیشتر به صورت پرتیت در اورتوز می‌باشد ولی گاهی نیز به صورت بلورهای شکل دار عمود بر هم زاویه خاموشی ۸ تا ۱۰ درجه آن را از آمفیبول مشخص می‌سازد. پلئوکروئیسیم شدید سبز تا قهوه ای دارد ازیرین اطراف پیروکسن را احاطه کرده ولی مرز آنها مشخص است و در بعضی جاها به نظر می‌آید که دور بیوتیت را احاطه کرده باشد این نشان می‌دهد در مراحل آخر تفریق ماگمایی تبلور شده‌اند.

آمفیبول نوع هورنبلند است که در نور معمولی سبز تا قهوه ای است پلئوکروئیسیم آن قوی است و دور پیروکسن و بیوتیت را نیز فرا گرفته و حد آنها نیز مشخص است. زاویه خاموشی آن ۱۸ تا ۲۰ درجه و رخیهای لوزی در آن به خوبی دیده می‌شود. این آمفیبول در اثر واکنش اورتوز با بیوتیت به صورت پویکلیتیک تشکیل شده است.

از کانی‌های فرعی و مهم این توده می‌توان آپاتیت را نام برد به صورت الکوژیون داخل بیوتیت و پیروکسن مقدار آن حدود ۱ درصد کل سنگ است. به صورت مقاطع منشوری و هشت وجهی دیده می‌شود. زیرکن به مقدار کم در مقاطع دیده شده این کانی اغلب داخل بلورهای بیوتیت تشکیل شده است. کانی اپک در این سنگ مگنتیت می‌باشد که ۴٪ کل سنگ را در بر می‌گیرد.

مشاهدات میکروسکوپی بیانگر این مطلب است که گاهی در نفلین سینیتها جزء پلاژیوکلاز پرتیت به گارنت گروسولر تبدیل می‌شود.

در سنگهای نفلین سینیتی حجم عمده سنگ را فلدسپاتها تشکیل می‌دهد. تبلور در سنگهای سینیتی با رشد توأم فلدسپاتهای سدیک و پتاسیک آغاز شده و به مجموعه‌ای از کانیهای تأخیری نظیر گارنت به‌ازیرین‌اوزیت اسفن می‌انجامد این مجموعه به‌طور مشخص پس از تبلور آنها به‌وجود آمده‌اند.

## نفلین - الیون گابرو

پیروکسن از نوع اوزیت با زاویه خاموشی ۳۵ درجه و پلئوکروئیسیم زرد کمرنگ تا سبز کمرنگ می‌باشد. به‌صورت فنو کریستهای به قطر ۵ میلیمتر نیز دیده می‌شود که در داخل آن اتکلوزیونهای آپاتیت و بیوتیت و زیرکن دیده



می‌شود. مقدار آن حدود ۱۰ درصد کل سنگ است گاهی اطراف آن مجموعه‌های ریز کوارتز و بیوتیت و فلدسپات احاطه کرده است.

بیوتیت به صورت بلورهای ریز همراه پیروکسن و فلدسپات فضای بین فنو کریستها را پر کرده و یا همراه پیروکسن و آپاتیت مجموعه‌های دایره‌ای شکل تشکیل داده است. بیشتر از نوع سبز رنگ می‌باشد مقدار آن ۵ درصد کل سنگ می‌باشد. الیون به مقدار خیلی کم شکل گرفته و اطراف آن را پیروکسن و بیوتیت احاطه کرده است. فلدسپات آلکالن اورتوز پرتیتی است و احتمالاً در ارتباط با نفوذ رگه‌های هیدروترمال می‌باشد.

### ولکانیک‌های آندزیت پورفیری

این واحد سنگی در زیر میکروسکوپ بافت میکرولیتیک پورفیری دارد و کانی‌های آن عبارتند از پلاژیوکلاز که هم به صورت فنو کریست و هم در زمینه دیده می‌شود غالباً تجزیه شده و در حد آندزین می‌باشد. فلدسپات آلکالن خیلی کم و فقط در زمینه میکرولیتیک دیده می‌شود.

### میکروسینیت

این واحد اغلب بخش حاشیه‌ای نقلین سینیت بزقوش را شکل می‌دهد. ولی چون در دو زمان متفاوت سرد شده حالت میکروگرانولار پورفیری به خود گرفته و همچنین با نفوذ رگه‌های میکروگرانیته در این قسمت در برخی جاها کوارتز سینیتی به نظر می‌رسد.

فلدسپات آلکالن اورتوز پرتیتی است که به صورت فنو کریست در متن ریز بلور قرار گرفته فنو کریستهای اورتوز شدیداً پرتیتی شده‌اند پلاژیوکلاز در متن ریز بلور همراه اورتوز دیده می‌شود خیلی تازه است و ماکل آلپیت نیز گاهی در آن دیده می‌شود.

پیروکسن در متن ریز بلور دیده می‌شود دارای خاموشی موجی زاویه خاموشی ۳۰ درجه است (اوزیت) بیوتیت به مقدار کم در متن ریز بلور همراه با پیروکسن دیده می‌شود.

### رگه‌های میکروگرانیته

پلاژیوکلاز در حد آلپیت می‌باشد که بیشتر به صورت بلورهای درشت حدود ۸ سانتیمتر با ماکل آلپیت و کارلیسباد دیده می‌شود این بلور ۴۰ درصد کل سنگ را تشکیل می‌دهد. در داخل آن تجمعات ریز بلور پیروکسن و بیوتیت و کوارتز دیده می‌شود. این تجمعات که اورتوز و پلاژیوکلاز نیز همراه دارند به نظر می‌آید با رگه‌های





میکروگرانیته کلریتیزه و اپیدوتیزه شده اند کانی های فرعی آن اکسید آهن می باشد نام سنگ براساس کانی های موجود آندزیت پورفیری می باشد.

### نقلین سینیت کلبر

بخش اصلی توده نفوذی نقلین سینیت کلبر درشت بلور و لوکوکرات تا فروکرات می باشد و معمولاً به صورت قطعات بزرگ تخریبی حاصل شده است فتوکریست های فلدسپات و کانی های تیره (کانی های فرومنیزین و گرونا) همراه با بلورهای صورتی رنگ نقلین در آن با چشم غیر مسلح دیده می شود. در رگه های پگماتیته در شمال غرب توده نفوذی نقلین های به درشتی ۵ سانتیمتر نیز دیده می شود که شدیداً آلتزه شده اند.

بخش جنوبی توده نفوذی با رخساره گابروئی تا دیوریتی و دانه درشت و رنگ خاکستری تیره می باشد که در قسمت جنوبی توده نقلین سینیت گسترش دارد و در برخی جاها لایه لایه است و غنی از پیروکسن و آمفیبول می باشد این قسمت شاید بخش حاشیه ای بازیک توده نفوذی باشد.

در بخش حاشیه جنوب غربی که رخساره مختلفی با حاشیه دیوریتی دارد و در نزدیکی دهکده حیران علیا دیده می شود و بخش عظم آن از بیوتیت تشکیل شده است.

توده های میکروسینیتی جنوب شرق توده اصلی حاوی فلدسپات پتاسیک و کانی های فرومنیزین به خصوص کانی های درشت بیوتیت می باشد نقلین در آنها دیده نمی شود.

در مقاطع میکروسکوپی فلدسپات آلکالن اورتوپزیتی است که کم و بیش کائولینتیزه شده است و حدود ۴۵ درصد کل سنگ را شامل می شود. پلاژیوکلاز یا ترکیب آندزین تا اولیگوکلاز احاطه شده است. پلاژیوکلاز بوسیله بلورهای اورتوز احاطه شده اند. مقدار پلاژیوکلاز ۲۵ درصد کل سنگ است نقلین به صورت شکل دار و بی شکل فضای خالی بین فلدسپات ها را پر کرده و به صورت انلکوزیون در آنها دیده می شود که به کانکرلینیت و ایلیت تجزیه شده است مقدار آن ۱۰ درصد کل سنگ است.

بلورهایی با ماکل کاذب شیشه وسیت که احتمالاً آنالسیم های سودومورف لوسیت می باشد نیز در سنگ دیده می شود. پیروکسن اورتیت بیرنگ با زاویه خاموشی ۴۰ درجه به وسیله اژیرین ذرات سبز رنگ با زاویه خاموشی حدود ۵۵ درجه و پلئوکروئیسیم سبز رنگ احاطه شده و مقدار آن حدود ۸ درصد کل سنگ است.

آمفیبول سبز رنگ بار رخ های لوزی و زاویه خاموشی ۲۵ درجه که هر اورتیت را احاطه کرده است و مقدار آن حدود ۵ درصد کل سنگ است.

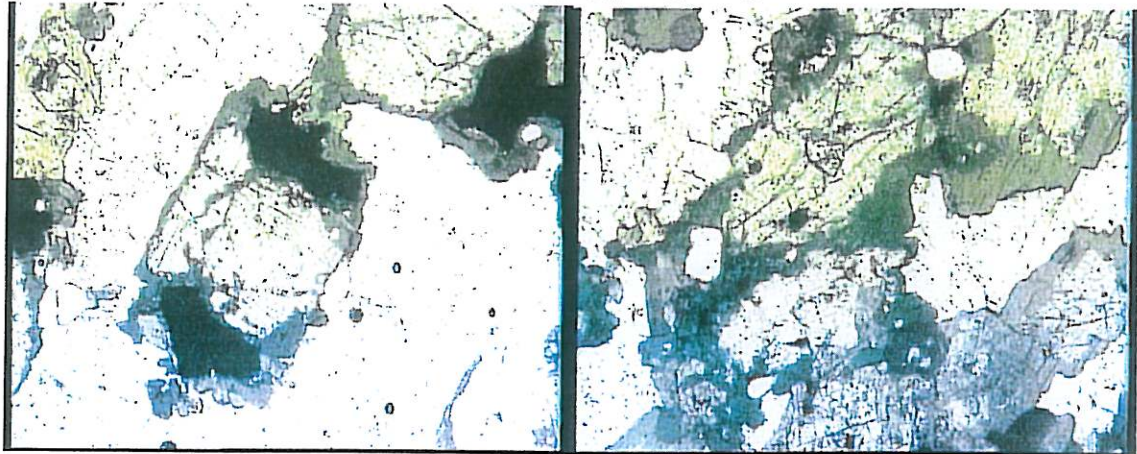
از کانی های فرعی که به وفور در آن یافت می شوند آپاتیت و گرونا ی ملاسیت ایزوتروپ می باشد.





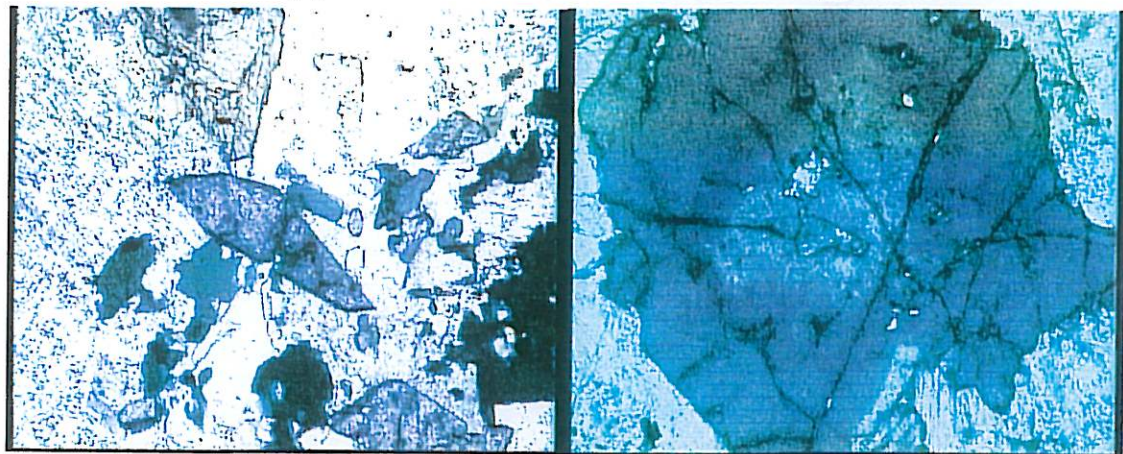
اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

شکل ۵-۱: مقاطع میکروسکوپی مربوط به واحدهای سنگی کلیبر و بزقوش



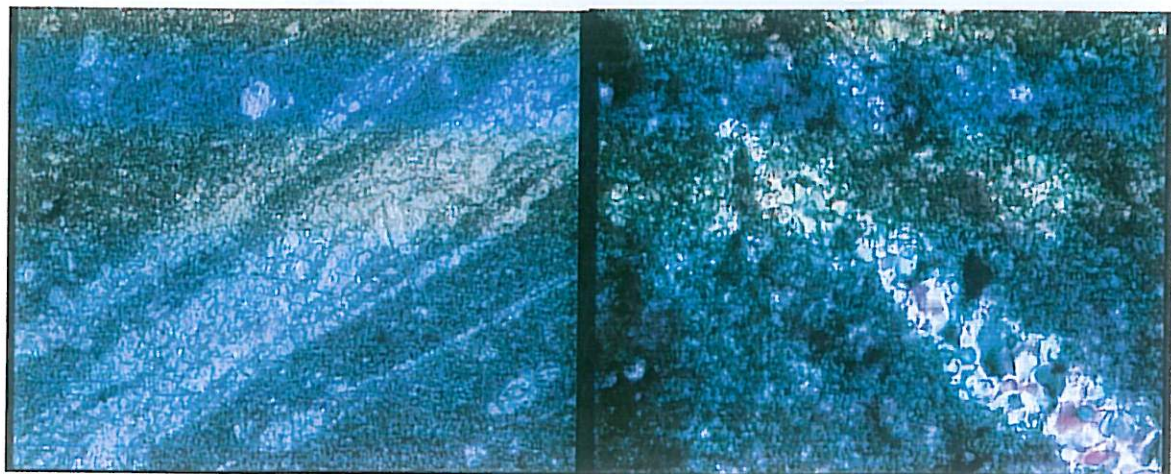
A

B



C

D

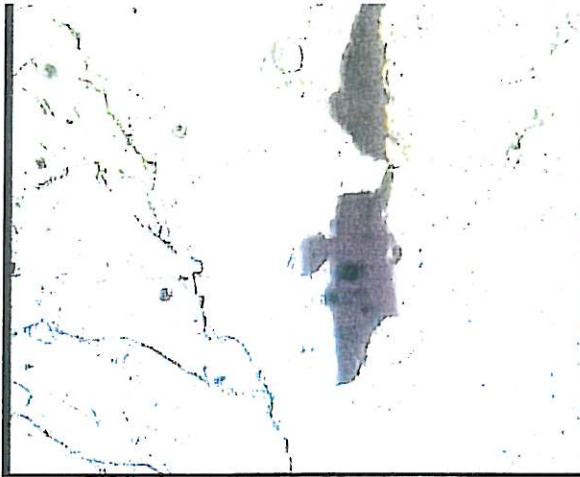


E

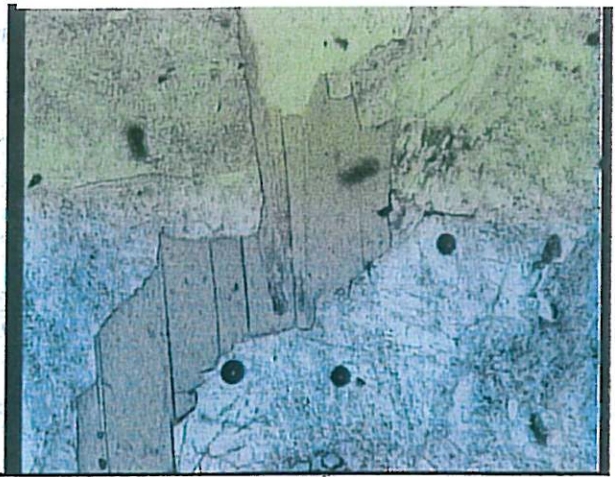
F



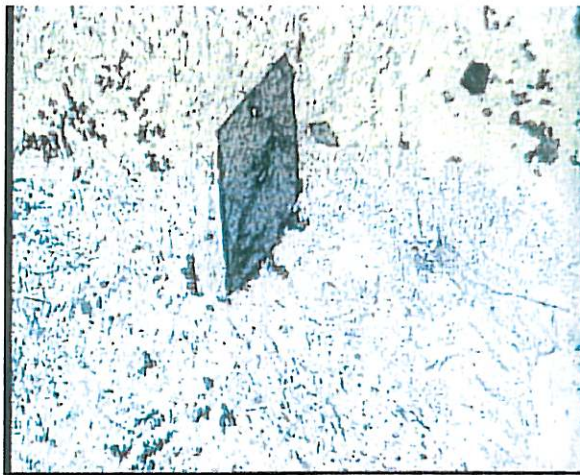
اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپور و سراب



G



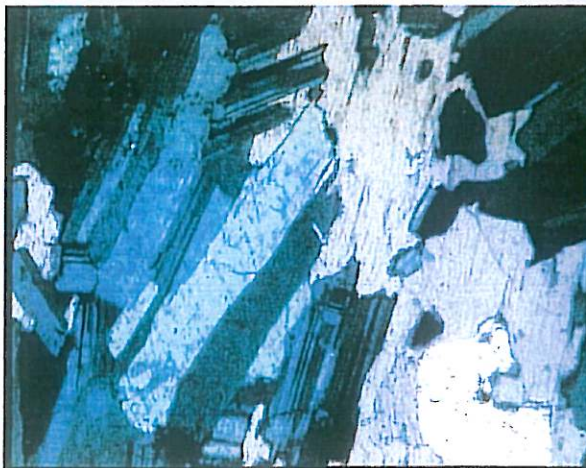
H



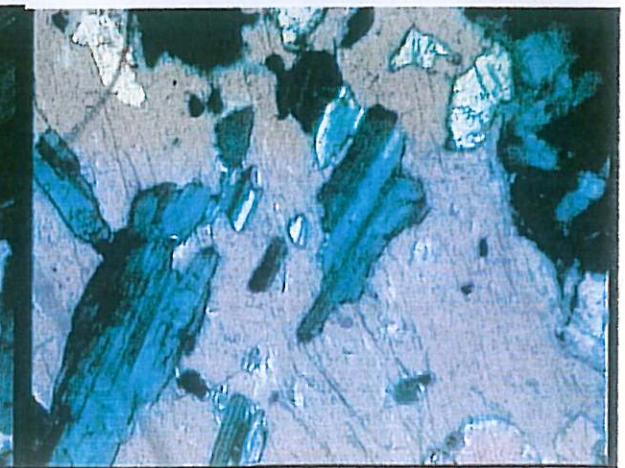
I



J



K



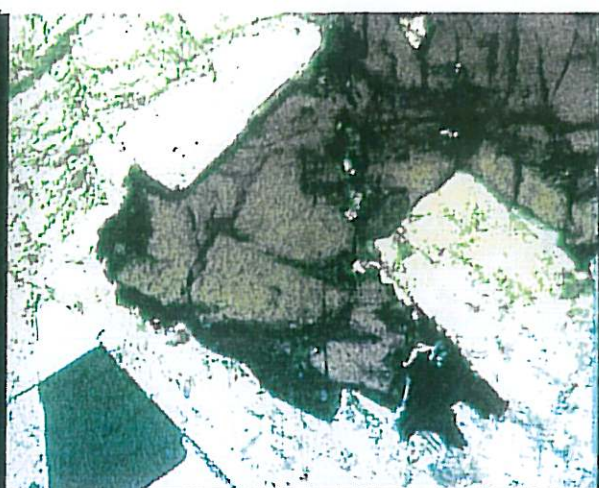
L



اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب



M



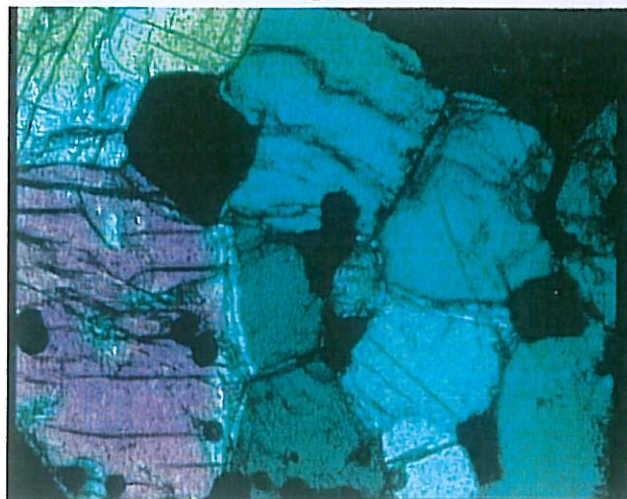
N



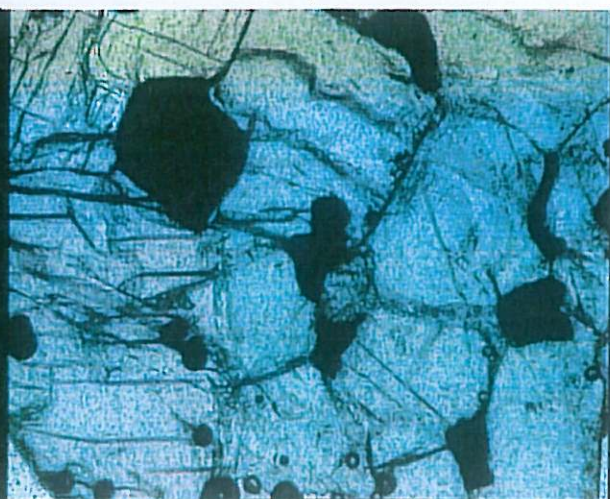
O



P



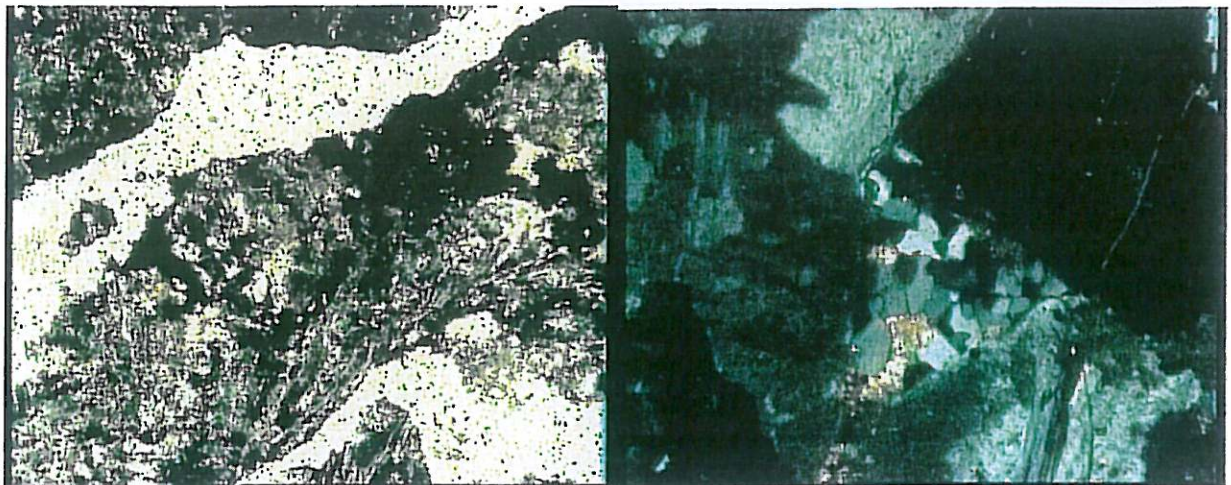
Q



R

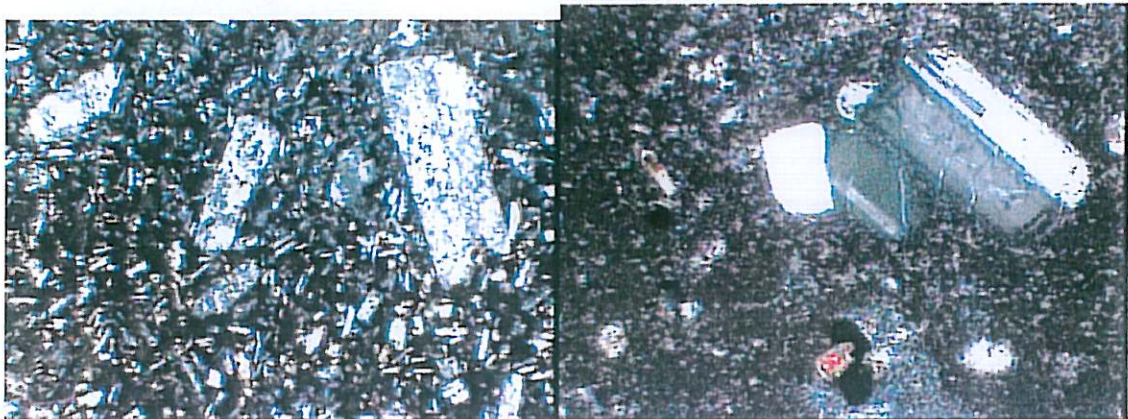


اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب



S

T



U

V

A,B - تبدیل پیروکسن به اگزیرین و آمفیبول از حاشیه در نمونه‌های سینیت در اثر متاسوماتیسم

C - شکل گیری اسفن (تیتانیت) در اثر متاسوماتیسم قلیایی در واحد میکروسینیت بزقوش

D - زونینگ در بلورهای گارنت واحدهای نفیلین سینیت

E - آهک مرمری شده در مجاورت توده نفوذی نفیلین سینیت کلیبر

F - تبلور کوارتز در توده‌های هورنفلز مجاور نفیلین سینیت کلیبر

G,H - بلورهای زیرکن باهاله رادیواکتیو داخل بیوتیت در نفیلین سینیت

I,J - بلورهای اسفن لوزی شکل در نفیلین سینیت

K,L - بافت انترسرتال (پلاژیوکلاز داخل پیروکسن) در واحد نفیلین گابرو

M,N - گارنت ایجاد شده در اثر متاسوماتیسم قلیایی در توده نفیلین سینیت

O - تبلور کلسیت در آهکهای مرمری

P - بلورهای نفیلین در واحد نفیلین سینیت بزقوش



Q,R - اولیوین در واحد اولیوین گابرو

S - فلدسپات آلتره شده در واحد نقلین سینیت

T - بلورهای کوارتز در واحدهای آپلیتی

U,V - بافت میکروولیتی در سنگهای آندزیتی و تراکی آندزیتی

## ۳-۵- آنالیز کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین

با توجه مطالعه نمونه‌های کانی سنگین بالا بودن کانی‌های فرعی و کمیاب آپاتیت- زیرکن و مونازیت و اسفن پیشنهاد می‌شود کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین حاوی کانیهای عناصر کمیاب از قبیل آپاتیت- زیرکن و مونازیت بخصوص جزء NM نمونه‌های کانی سنگین جهت آنالیز عناصر کمیاب به آزمایشگاه ارسال شود. بنابراین کنسانتره تعداد ۲۰ نمونه کانی سنگین جهت آنالیز عناصر کمیاب به آزمایشگاه ارسال شد نتایج آنالیز این نمونه‌ها در جدول زیر آورده شده است.

با توجه به نتایج آنالیز کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین می‌توان نتیجه مقادیر عناصر نادر خاکی و عناصر کمیاب دیگر تا ۱۰ برابر مقادیر عناصر مذکور در نمونه‌های مینرالیزه برداشت شده از توده‌های نفوذی افزایش یافته است.





اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپیر و سراب

## نتایج آنالیز کنسانتره (بخش NM) نمونه کانی سنگین

| SAMPLE      | Ag  | Ba    | Ce    | Co   | Cr   | Cs  | Cu  | Dy   | Er   | Eu   | Ga  | Gd   | Hf  | Ho   |
|-------------|-----|-------|-------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|-----|------|
| DESCRIPTION | ppm | ppm   | ppm   | ppm  | ppm  | ppm | ppm | ppm  | ppm  | ppm  | ppm | ppm  | ppm | ppm  |
| 8-NM        | <1  | 100   | 167.5 | 23.6 | 20   | 1   | 43  | 9.9  | 5.3  | 3.7  | 23  | 15.2 | 6   | 1.8  |
| 37-NM       | <1  | 74.7  | 647   | 21.3 | 320  | 0.4 | 22  | 53.5 | 33.4 | 12.4 | 27  | 63.8 | 48  | 10.8 |
| 45-NM       | <1  | 83.8  | 1055  | 37.3 | 140  | 3.7 | 33  | 62.1 | 32.2 | 20.9 | 30  | 94.1 | 31  | 11.1 |
| 46-NM       | <1  | 135.5 | 284   | 65.2 | 400  | 3.3 | 130 | 18   | 10.2 | 5.3  | 25  | 25.6 | 4   | 3.4  |
| 49-NM       | <1  | 60.1  | 218   | 28.5 | 30   | 0.7 | 61  | 14.5 | 8.8  | 4.2  | 27  | 20.1 | 7   | 2.8  |
| 51-NM       | <1  | 76.9  | 785   | 32.8 | 130  | 0.4 | 12  | 52.8 | 29.9 | 17.1 | 31  | 75   | 47  | 9.9  |
| 54-NM       | <1  | 113.5 | 1070  | 30.2 | 280  | 0.9 | 25  | 71.6 | 41.2 | 21.8 | 30  | 102  | 64  | 13.6 |
| 59-NM       | <1  | 33.1  | 749   | 30.5 | 5150 | 0.2 | 6   | 60.2 | 36.5 | 17.4 | 30  | 78.7 | 59  | 11.6 |
| 122-NM      | <1  | 114   | 106   | 51.6 | 140  | 0.4 | 47  | 11.8 | 6.6  | 3.6  | 14  | 14.7 | 11  | 2.2  |
| 125-NM      | <1  | 94.3  | 81.4  | 37.6 | 170  | 0.2 | 37  | 10.5 | 5.8  | 3    | 12  | 12.9 | 8   | 1.9  |
| 131-NM      | <1  | 66    | 565   | 42.6 | 530  | 0.8 | 53  | 42.9 | 28.4 | 11.2 | 22  | 53.8 | 237 | 8.7  |
| 132-NM      | <1  | 65.3  | 411   | 39.9 | 130  | 0.7 | 40  | 26.5 | 14.9 | 8.7  | 24  | 38.8 | 11  | 4.9  |
| 133-NM      | <1  | 111.5 | 429   | 39.4 | 330  | 1   | 43  | 33.4 | 20.4 | 9    | 19  | 43.4 | 78  | 6.5  |
| 180-NM      | <1  | 82.5  | 90.5  | 40.5 | 150  | 0.2 | 43  | 10.7 | 5.9  | 3    | 12  | 13.4 | 9   | 2    |
| 218-NM      | <1  | 66    | 824   | 26.5 | 70   | 0.8 | 44  | 51.8 | 31.7 | 5    | 17  | 72.4 | 2   | 10.2 |
| 219-NM      | <1  | 51.7  | 396   | 36.3 | 130  | 0.3 | 38  | 31.4 | 19.8 | 3.6  | 11  | 40.4 | 1   | 6.3  |
| 220-NM      | <1  | 84.3  | 564   | 25.8 | 120  | 0.9 | 45  | 38.6 | 22.8 | 3.7  | 16  | 51.4 | 3   | 7.4  |
| 221-NM      | <1  | 114   | 364   | 36.7 | 150  | 0.5 | 43  | 28.4 | 18.2 | 3.4  | 12  | 35.9 | 1   | 5.6  |
| 230-NM      | <1  | 43.3  | 477   | 23.1 | 90   | 0.6 | 108 | 36.6 | 22.6 | 4    | 17  | 47.1 | 2   | 7.2  |
| 240-NM      | <1  | 94.8  | 893   | 20.9 | 50   | 1.9 | 47  | 54.9 | 35.7 | 5.5  | 23  | 74.9 | 3   | 11   |





اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

ادامه نتایج آنالیز کنسانتره (بخش NM) نمونه کانی سنگین

| SAMPLE DESCRIPTION | La<br>ppm | Lu<br>ppm | Mo<br>ppm | Nb<br>ppm | Nd<br>ppm | Ni<br>ppm | Pb<br>ppm | Pr<br>ppm | Rb<br>ppm | Sm<br>ppm | Sn<br>ppm | Sr<br>ppm | Ta<br>ppm | Tb<br>ppm |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 8-NM               | 75.9      | 0.5       | 3         | 18        | 84.1      | 5         | 20        | 20.4      | 16.5      | 16.8      | <1        | 139.5     | 0.6       | 2         |
| 37-NM              | 294       | 4.5       | 10        | 118       | 318       | 18        | 13        | 80        | 8.4       | 65.5      | 8         | 564       | 8.1       | 9.4       |
| 45-NM              | 417       | 3         | 3         | 289       | 557       | 38        | 42        | 139.5     | 35.9      | 106.5     | 9         | 283       | 19.8      | 12.6      |
| 46-NM              | 136       | 1.2       | 6         | 48        | 141       | 34        | 38        | 35.5      | 25.2      | 27.4      | 3         | 274       | 3.1       | 3.4       |
| 49-NM              | 100.5     | 1.3       | 5         | 18        | 109       | 5         | 12        | 27        | 12.8      | 21.5      | 1         | 127.5     | <0.5      | 2.7       |
| 51-NM              | 354       | 3.7       | 2         | 192       | 400       | 13        | 8         | 99.4      | 21.3      | 80.1      | 8         | 154       | 12.3      | 10.2      |
| 54-NM              | 466       | 5.2       | 10        | 233       | 548       | 29        | 17        | 136.5     | 23.3      | 109.5     | 10        | 312       | 16        | 14        |
| 59-NM              | 350       | 5.3       | 2         | 162       | 397       | 22        | <5        | 96.3      | 13.5      | 82.5      | 9         | 86.1      | 10.5      | 11.1      |
| 122-NM             | 43.9      | 0.8       | 3         | 25        | 63.5      | 24        | 26        | 14.6      | 6.3       | 14.6      | 1         | 216       | 1.6       | 2.1       |
| 125-NM             | 35.5      | 0.7       | 3         | 4         | 52.8      | 23        | 20        | 11.6      | 7.1       | 12.8      | 6         | 241       | <0.5      | 1.9       |
| 131-NM             | 266       | 5.2       | 9         | 104       | 273       | 23        | 45        | 68.2      | 13.2      | 56.6      | 27        | 221       | 6.9       | 7.7       |
| 132-NM             | 200       | 1.8       | 4         | 75        | 201       | 19        | 38        | 49.6      | 11.8      | 40.9      | 4         | 235       | 5.7       | 5.2       |
| 133-NM             | 205       | 3.1       | 6         | 55        | 212       | 24        | 32        | 52.7      | 18.7      | 43.5      | 4         | 282       | 3.9       | 6.1       |
| 180-NM             | 40.5      | 0.7       | 2         | 5         | 56.8      | 21        | 22        | 12.4      | 5.6       | 13        | 3         | 219       | <0.5      | 1.9       |
| 218-NM             | 364       | 4.2       | 10        | 31        | 407       | 16        | 17        | 101.5     | 13.9      | 76.1      | 2         | 178.5     | 3         | 9.7       |
| 219-NM             | 178       | 3.1       | 4         | 24        | 210       | 25        | 38        | 50.8      | 8         | 41.3      | 1         | 118.5     | 1.7       | 5.6       |
| 220-NM             | 246       | 3.1       | 7         | 35        | 288       | 18        | 10        | 70.7      | 17.6      | 54.5      | 3         | 164.5     | 2.6       | 7.1       |
| 221-NM             | 164       | 3         | 5         | 29        | 191       | 25        | 10        | 46.5      | 13.8      | 37.6      | 2         | 145       | 1.8       | 5.1       |
| 230-NM             | 205       | 3.4       | 7         | 44        | 253       | 17        | 9         | 61.9      | 11.4      | 49.7      | 3         | 146.5     | 2.9       | 6.7       |
| 240-NM             | 396       | 5.2       | 14        | 17        | 426       | 15        | 23        | 108.5     | 27.1      | 78.5      | 5         | 210       | 1.5       | 10.2      |





اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

ادامه نتایج آنالیز کنسانتره (بخش NM) نمونه کانی سنگین

| SAMPLE<br>DESCRIPTION | Th<br>ppm | Ti<br>ppm | Tm<br>ppm | U<br>ppm | V<br>ppm | W<br>ppm | Y<br>ppm | Yb<br>ppm | Zn<br>ppm | Zr<br>ppm |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 8-NM                  | 14        | <0.5      | 0.6       | 5.1      | 354      | 8        | 50.2     | 4.3       | 384       | 200       |
| 37-NM                 | 60        | <0.5      | 4.6       | 21.6     | 979      | 6        | 298      | 32.1      | 297       | 1845      |
| 45-NM                 | 41        | <0.5      | 3.8       | 10.2     | 778      | 5        | 299      | 23.6      | 303       | 901       |
| 46-NM                 | 33        | <0.5      | 1.3       | 13.9     | 941      | 7        | 94.9     | 8.9       | 413       | 258       |
| 49-NM                 | 29        | <0.5      | 1.2       | 10.9     | 609      | 18       | 78.7     | 8.7       | 372       | 430       |
| 51-NM                 | 82        | <0.5      | 3.9       | 38.5     | 903      | 6        | 271      | 26.5      | 319       | 1840      |
| 54-NM                 | 94        | <0.5      | 5.6       | 37.5     | 872      | 10       | 371      | 37.1      | 222       | 2790      |
| 59-NM                 | 90        | <0.5      | 5.2       | 48.8     | 987      | 6        | 332      | 35.8      | 327       | 2440      |
| 122-NM                | 18        | <0.5      | 0.8       | 3.2      | 452      | 6        | 59.4     | 5.7       | 94        | 379       |
| 125-NM                | 9         | <0.5      | 0.7       | 2.7      | 351      | 3        | 52.9     | 5.2       | 80        | 260       |
| 131-NM                | 159       | <0.5      | 4.3       | 84.9     | 975      | 25       | 246      | 32.1      | 206       | >10000    |
| 132-NM                | 78        | <0.5      | 1.9       | 37.7     | 977      | 15       | 136      | 13.2      | 250       | 561       |
| 133-NM                | 112       | <0.5      | 2.8       | 62.5     | 731      | 20       | 179.5    | 20.6      | 158       | 3820      |
| 180-NM                | 16        | <0.5      | 0.7       | 3.5      | 404      | 7        | 54.9     | 5.3       | 81        | 307       |
| 218-NM                | 78        | <0.5      | 4.2       | 32.1     | 445      | 15       | 282      | 28.9      | 177       | 83.2      |
| 219-NM                | 32        | <0.5      | 2.8       | 17.3     | 408      | 7        | 171      | 20.1      | 176       | 52        |
| 220-NM                | 23        | <0.5      | 3         | 8.7      | 372      | 11       | 206      | 20.8      | 162       | 93.4      |
| 221-NM                | 37        | <0.5      | 2.6       | 20.6     | 461      | 8        | 158      | 19.2      | 176       | 63.6      |
| 230-NM                | 29        | <0.5      | 3.1       | 14.6     | 408      | 8        | 199      | 22.3      | 144       | 69        |
| 240-NM                | 101       | <0.5      | 5         | 54.9     | 580      | 17       | 309      | 34.5      | 196       | 142.5     |



اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپیر و سراب

## بخش ششم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

عملیات اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای برای کشف کانی‌سازی عناصر کمیاب همراه با توده‌های آذرین تغییرات مختلفی را پشت سر گذاشته است. وسایل و راههای ویژه‌ای برای این هدف در زمانهای مختلف طراحی شده و سپس مردود شده‌اند. این واقعیت در حال حاضر پذیرفته شده است که انحراف معیار بالا و چولگی مثبت قوی در توزیع عناصر کمیاب (Trace) مشخص‌کننده توده‌های آذرین عقیم از بارور از اهمیت بیشتری برخوردار است به‌عنوان یک قاعده کلی می‌توان گفت که در بین دو قطب فرآیند ماگمایی و هیدروترمال هرچه فرآیند کانی‌سازی به‌قطب ماگمایی نزدیک می‌شود، تشخیص توزیع لاگ نرمال عناصر آسانتر می‌گردد.

با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی، نمونه‌های سنگی، مطالعه نمونه‌های کانی سنگین و آنالیز عناصر کمیاب در کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین نتایج زیر بدست می‌آید:

۱- با توجه به نمودارهای فراوانی و تجمعی داده‌های خام نمونه‌های ژئوشیمیایی می‌توان نتیجه گرفت که عناصر کمیاب ذاتاً در منطقه خاصیت نرمال داشته، انحراف معیار پایین و چولگی ضعیفی از خود نشان می‌دهد در نتیجه مقادیر غیر عادی که بتوان آن را بعنوان آنومال معرفی کرد مشاهده نمی‌شود.

۲- عناصر کمیاب در منطقه مورد مطالعه به‌شکل منظمی با یکدیگر همبستگی نشان می‌دهند. این همبستگی در میان عناصر نادر خاکی به‌بالا ترین مقدار می‌رسد. همبستگی عناصر HFSE با یکدیگر و عناصر LILE به‌مقدار کمتری با یکدیگر مشاهده می‌شود. همبستگی این عناصر در نمودارهای همبستگی اسپیرمن و پیرسون، آنالیز خوشه‌ای و آنالیز فاکتوری قابل تأیید است.

۳- با توجه به نقشه پراکنش نمونه‌های ژئوشیمیایی می‌توان دریافت که عیار عناصر کمیاب بدون استثنا در محدوده توده‌های نفوذی نقلین سینیت، نقلین گابرو و توده‌های نفوذی دیگر نسبت به واحدهای اطراف بالاتر می‌باشد.

۴- با توجه به نتایج مطالعه نمونه‌های کانی سنگین و مقاطع میکروسکوپی می‌توان نتیجه گرفت که کانی‌های عناصر کمیاب مهم شامل آپاتیت، مونازیت، اسفن، زیرکن می‌باشد. این کانی‌ها در بخش NM نمونه‌های کانی سنگین متمرکز شده است. مقدار این کانی‌ها در توده‌های نقلین سینیت کلپیر و بزقوش قابل توجه می‌باشد اما توجه به اقتصادی چندانی ندارد.

۵- نتایج آنالیز بخش NM نمونه‌های کانی سنگین نشانگر عیار بالای عناصر کمیاب نسبت به نمونه‌های سنگی و نمونه‌های ژئوشیمیایی می‌باشد. عیار عناصر کمیاب در این نمونه‌ها تا ۱۰ برابر افزایش یافته است.





اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپیر و سراب

۶- با مقایسه عیار عناصر نادر خاکی در کنسانتره نمونه‌های کانی سنگین منطقه مورد مطالعه با کانسار آپاتیت بافق می‌توان نتیجه گرفت استحصال عناصر کمیاب با فرآوری کانی‌های عناصر کمیاب می‌تواند تاحدی توجیه اقتصادی داشته باشد. اما نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

| نوع عنصر | متوسط عیار در بخش NM<br>نمونه‌های کانی سنگین (ppm) | ماکزیمم عیار در بخش NM<br>نمونه‌های کانی سنگین (ppm) | کانسار آپاتیت<br>باقف (ppm) |
|----------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Ce       | 508.82                                             | 1070                                                 | 2149                        |
| Cs       | 0.945                                              | --                                                   | --                          |
| Dy       | 36.005                                             | --                                                   | --                          |
| Er       | 21.515                                             | --                                                   | --                          |
| Eu       | 8.325                                              | --                                                   | --                          |
| Ga       | 21.1                                               | --                                                   | --                          |
| Gd       | 48.68                                              | --                                                   | --                          |
| Hf       | 31.6                                               | --                                                   | --                          |
| Ho       | 6.945                                              | --                                                   | --                          |
| La       | 226.865                                            | 466                                                  | 834                         |
| Lu       | 2.95                                               | --                                                   | --                          |
| Nb       | 76.3                                               | --                                                   | --                          |
| Nd       | 259.41                                             | 557                                                  | 325                         |
| Pr       | 64.18                                              | --                                                   | --                          |
| Rb       | 15.57                                              | --                                                   | --                          |
| Sm       | 51.445                                             | --                                                   | --                          |
| Sr       | 215.855                                            | --                                                   | --                          |
| Ta       | 6                                                  | --                                                   | --                          |
| Tb       | 6.735                                              | --                                                   | --                          |
| Th       | 56.75                                              | --                                                   | --                          |
| Tm       | 2.905                                              | --                                                   | --                          |
| V        | 649.35                                             | --                                                   | --                          |
| Y        | 192.425                                            | 371                                                  | 1000                        |
| Yb       | 20.245                                             | --                                                   | --                          |
| Zr       | 870.2473684                                        | --                                                   | --                          |

۷- با توجه به کل نتایج حاصل از نقشه‌های پراکنش و ژئوشیمیایی مناطق دارای پتانسیل بالای عناصر کمیاب نسبت به سایر مناطق به شرح زیر می‌باشد:

- در منطقه بزقوش بخش جنوبی روستای جقر حوضه بالا دست نمونه‌های 218 و 221
- در منطقه کلپیر حوالی و بخش شمال روستای پیغان و ولندران و غرب روستای زاویه حوضه بالا دست نمونه‌های 131، 54، 45 و 133



## منابع

۱. باباخانی، ع. ۱۳۶۰: بررسی نفیلین سینیت‌های شمال آذربایجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم، دانشگاه تهران.
۲. حاجی‌علیلو، بهزاد: متالورژی و اکتشاف فلزات خاص عناصر نادر و نادر خاکی، دانشگاه شهید بهشتی، سمینار دوره دکتری.
۳. حسنی‌پاک، ع. ا. ۱۳۷۰: اصول اکتشاف ژئوشیمیایی (مواد معدنی)، انتشارات دانشگاه تهران.
۴. شهاب‌پور، جمشید، ۱۳۸۰: زمین‌شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۵. فصلنامه علمی، فنی و خبری شماره ۶۳، صفحه ۴۰-۳۶، پائیز ۱۳۷۷.
۶. فصلنامه علمی و فنی معادن و فلزات شماره ۵۹-۵۸، صفحه ۳۱-۲۸.
۷. کریمپور، محمدحسن: کاتیوها و سنگهای صنعتی، ۱۳۷۸.
۸. لطفی، م. ۱۳۵۴: بررسی پترولوژیکی نفیلین سینیت‌های بزگوش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.
۹. محمدی، مهران: بررسی‌های ژئوشیمیایی ذخایر اخراهای آهن ایران از نظر احتمال وجود پتانسیل عناصر نادر خاکی، دانشگاه شهید بهشتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۱۰. موزن، م. حاج علی‌اوغلی، رباب ۱۳۸۱: ترموبارومتري سنگهای دگرگونی و تعیین  $X_{CO_2}$  در هاله دگرگونی مجاورتی کلیر، ششمین گردهمایی علوم زمین انجمن زمین‌شناسی - کرمان.
۱۱. هنرور، م. ۱۳۸۲: بررسی واکنشهای واپسین دم تبلور در سینیتها و گرانیت‌های قوشچی بیست و دومین گردهمایی علوم زمین سازمان زمین‌شناسی کشور.
۱۲. سبزه‌ئی، م. ۱۳۶۳: مطالعات زمین‌شناسی و سنگ‌شناختی فعالیتهای ماگمایی (قلیائی-کربناتی) اواخر دوران چهارم، خاستگاه کواترنریهای منطقه قلعه حسن راین، سازمان زمین‌شناسی کشور، مرکز کرمان.
13. Bas, M.J.L.E, Streckeisen, A.L. (1991): The IUGS Systematic of Igneous Rocks, Journal of the Geological Society, London. Vol. 148, pp. 825-833.
14. Castor, S.B; (Feb. 1991): Rare Earth Resources of America. Society of Mining Engineers of AIME.
15. Deer, W.A, Howie, R.A, Zussman, J. (1991): An Introduction to the Rock Forming Minerals. 528 p.





16. Evans, A.M. (1995): Introduction to Mineral Exploration, 395 p.
17. Jones, A, Wall, F, and Williams, C.T, 1996, RARE EARTH MINERALS, Chapman & Hall, 372 p.
18. Klein, C. Hurlbutt, C. S. (1985): MANUAL OF MINERALOGY. 596 p.
19. Knarchenko, S.M, Pokrovsky, B.G. (1995): THE TOMTOR ALKALINE ULTRABASIC MASSIF AND RELATED REE-Nb DEPOSITS, Northern Siberia. Eco. Geo., Vol. 90, pp. 676-689.
20. MINERAL COMMODITY SUMMARIES, 1998.
21. Mitchell, A.H.G. Garson, M.S. (1976): MINERALIZATION AT PLATE BOUNDARIES, Minerals, Sci. Eng. Vol. 8, No. 2.
22. Mitchell, A.H.G. Garson, M.S. (1981): MINERAL DEPOSITS AND GLOBAL TECTONIC SETTING, 405 p.
23. Pollard, P.J. (1995): A Special Issue Devoted to the Geology of Rare Metal Deposits, GEOLOGY OF RARE METAL DEPOSITS: An introduction and Overview, Eco. Geo. Vol. 90, No. 3.
24. Sawkins, F.J. (1984): METAL DEPOSITS IN RELATION TO PLATE TECTONICS, 323 p.
25. Smirnov, V.L. (1983): STUDIES OF MINERAL DEPOSITS, Mir Publishers, 286 p.
26. Tourre J.M (1999): RARE EARTH, RECENT MARKET TRENDS: Industrial Minerals January pp.37-48.
27. Wedpohl, H. et al, (1969): HANDBOOK OF GEOCHEMISTRY, Vol.1, Springer Verlag. Berlin.



اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

# پیوست فصل اول

## کانیهای دارای عناصر نادر خاکی





اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

| بوراتها                  |                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Braitschite-(Ce)         | $(Ca, Na)_7(Ce, La)_2B_{22}O_{43} \cdot 7 H_2O$           |
| Moydite-(Y)              | $(Y, REE)[B(OH)]CO_3$                                     |
| Pepposite-(Ce)           | $(Ce, La)Al_2B_3O_9$                                      |
| کربناتها                 |                                                           |
| Ambatoarinite            | $Sr_5(La, Ce)(CO_3)_{17}O_3$                              |
| Ancylite-(Ce)            | $SrCe(CO_3)_2OH \cdot H_2O$                               |
| Baiyuneboite-(Ce)        | $NaBaCe_2(CO_3)_4F$                                       |
| Bastnaesite-(Ce)         | $(Ce, La)(CO_3)F$                                         |
| Bastnaesite-(La)         | $(La, Ce)(CO_3)F$                                         |
| Bastnaesite-(Y)          | $(Y, Ce)(CO_3)F$                                          |
| Burbankite               | $(Na, Ca)_3(Sr, Ba, Ce)_3(CO_3)_5$                        |
| Calcio-ancynite          | $(Ca, Sr)Ce(CO_3)_2OH \cdot H_2O$                         |
| Calcio-ancynite-(Nd)     | $(Nd, Ce)_3Ca(CO_3)_4(OH)_3 \cdot H_2O$                   |
| Calkinsite-(Ce)          | $(Ce, La)_2(CO_3)_3 \cdot 4 H_2O$                         |
| Carbocernaite            | $(Ce, Na)(Sr, Ce, Ba)(CO_3)_2$                            |
| Cebaite-(Ce)             | $Ba_3Ce_2(CO_3)_5F_2$                                     |
| Cordylite-(Ce)           | $Ba(Ce, La)_2(CO_3)_3F_2$                                 |
| Dagingshanite-(Ce)       | $(Sr, Ca, Ba)_3(Ce, La)PO_4(CO_3)_{3-x}(OH, F)$           |
| Donnayite-(Y)            | $Sr_3NaCeY(CO_3)_6 \cdot 3 H_2O$                          |
| Ewaldite                 | $Ba(Ca, Y, Na, K)(CO_3)_2$                                |
| Gysinite-(Nd)            | $Pb(Nd, La)(CO_3)_2(OH) \cdot H_2O$                       |
| Huanghoite-(Ce)          | $BaCe(CO_3)_2F$                                           |
| Hydroxylbastnaesite-(Ce) | $(Ce, La)CO_3(OH, F)$                                     |
| Hydroxylbastnaesite-(La) | $(La, Ce)CO_3(OH, F)$                                     |
| Hydroxylbastnaesite-(Nd) | $(Nd, La, Ce)CO_3(OH, F)$                                 |
| Khanneshite              | $(Na, Ca)_3(Ba, Sr, Ce, Ca)_3(CO_3)_5$                    |
| Kimuraite-(Y)            | $CaY_2(CO_3)_4 \cdot H_2O$                                |
| Lanthanite-(Ce)          | $(Ce, La)_2(CO_3)_3 \cdot 8 H_2O$                         |
| Lanthanite-(La)          | $(La, Ce)_2(CO_3)_3 \cdot 8 H_2O$                         |
| Lanthanite-(Nd)          | $(Nd, Ce, La)_2(CO_3)_3 \cdot 8 H_2O$                     |
| Lokkaite-(Y)             | $CaY_4(CO_3)_7 \cdot 9 H_2O$                              |
| Mckelveyite-(Y)          | $Ba_3Na(Ca, U)Y(CO_3)_6 \cdot 3 H_2O$                     |
| Mineevite-(Y)            | $Na_{25}Ba(Y, Gd, Dy)_2(CO_3)_{11}(HCO_3)_4(SO_4)_2F_2Cl$ |
| Parisite-(Ce)            | $Ca(Ce, La)_2(CO_3)_3F_2$                                 |
| Prisite-(Nd)             | $Ca(Nd, Ce, La)_2(CO_3)_3F_2$                             |
| Remondite-(Ce)           | $Na_3(Ce, La, Ca, Na, Sr)_3(CO_3)_5$                      |
| Rontgenite-(Ce)          | $Ca_2(Ce, La)_3(CO_3)_5F_3$                               |
| Sahamalite-(Ce)          | $(Mg, Fe)_{1/2}(Ce, La, Nd)_2(CO_3)_4$                    |
| Schuilngite-(Nd)         | $PbCu(Nd, Gd, Sm, Y)(CO_3)_3OH \cdot 1.5 H_2O$            |
| Shomiokite-(Y)           | $Na_3Y(CO_3)_3 \cdot 3 H_2O$                              |
| Synchysite-(Ce)          | $Ca(Ce, La)(CO_3)_2F$                                     |
| Synchysite-(Nd)          | $Ca(Nd, Y, Gd)(CO_3)_2F$                                  |
| Synchysite-(Y)           | $Ca(Y, Ce)(CO_3)_2F$                                      |
| Tengerite-(Y)            | $CaY_3(CO_3)_4(OH)_3 \cdot 3 H_2O$                        |
| Thorbastnaesite          | $Th(Ca, Ce)(CO_3)_2F_2 \cdot 3 H_2O$                      |
| Zhonghuacerite-(Ce)      | $Ba_2Ce(CO_3)_3F$                                         |
| اکسیدها                  |                                                           |
| Aeschynite-(Ce)          | $(Ce, Ca, Fe, Th)(Ti, Nb)_2(O, OH)_6$                     |
| Aeschynite-(Nd)          | $(Nd, Ce, Ca, Th)(Ti, Nb)_2(O, OH)_6$                     |
| Aeschynite-(Y)           | $(Y, Ca, Fe, Th)(Ti, Nb)_2(O, OH)_6$                      |
| Brannerite               | $(U, Ca, Y, Ce)(Ti, Fe)_2O_6$                             |





اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

|                       |                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------|
| Calciobetafite        | $(Ca, REE, Th, U)_2(Nb, Ta, Ti)_2O_7$                 |
| Calcosamaraskite      | Niobate of REE (Y), U, Fe, Ca and Th                  |
| Cerhomite             | Borosilicate of Ca, Be, Fe, Th and REE                |
| Cerianite-(Ce)        | $(Ce^{+4}, Th)O_2$                                    |
| Ceropyrochlore-(Ce)   | $(Ce, Ca, Y)_2(Nb, Ta)_2O_6(OH, F)$                   |
| Cerrotungstite-(Ce)   | $CeW_2O_6(OH)_3$                                      |
| Crichtonite           | $(Sr, La, Ce, Y)(Ti, Fe^{+3}, Mn)_{21}O_{36}$         |
| Davidite-(Ce)         | $(Ce, La)(Y, U, Fe^{+3})(Ti, Fe^{+3})_2(O, OH)_{38}$  |
| Davidite-(La)         | $(La, Ce)(Y, U, Fe^{+3})(Ti, Fe^{+3})_2(O, OH)_{38}$  |
| Dysanalyte            | $(Ca, Ce, Na)(Ti, Nb, Ta)O_3$                         |
| Euxenite-(Y)          | $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Nb, Ta, Ti)_2O_6$                 |
| Fergusonite-(Ce)      | $(Ce, La, Nd)NbO_4$                                   |
| Fergusonite-(Nd)      | $(Nd, Ce)NbO_4$                                       |
| Fergusonite-(Y)       | $YNbO_4$                                              |
| Fergusonite-beta-(Ce) | $(Ce, La, Nd)NbO_4$                                   |
| Fergusonite-beta-(Nd) | $(Nd, Ce)NbO_4$                                       |
| Fergusonite-beta-(Y)  | $YNbO_4$                                              |
| Fersmite              | $(Ca, Ce, Na)(Nb, Ta, Ti)_2(O, OH, F)_6$              |
| Formanite-(Y)         | $YTbO_4$                                              |
| Hibonite              | $(Ca, Ce)(Al, Fe, Ti, Si, Mg)_{12}O_{19}$             |
| Innite                | $(Na, Ce, Th)_{1-x}(Ti, Nb)(O, OH)_3$                 |
| Ishikawaite           | Near $(U, Fe, Y, Ce)(Nb, Ta)O_4$                      |
| Knopite               | $(Ca, Ti, Ce)_2O_3$                                   |
| Kobeite-(Y)           | $(Y, U)(Ti, Nb)_2(O, OH)_6$                           |
| Lessingite            | $Ca_2Ce_4Si_3O_{13}(OH)_2$                            |
| Loparite-(Ce)         | $(Ce, La, Na, Ca, Sr)(Ti, Nb)O_3$                     |
| Loranskite-(Y)        | $(Y, Ce, Ca)ZrTaO_6$                                  |
| Loveringite           | $(Ca, Ce)(Ti, Fe^{+3}, Cr, Mg)_{21}O_{38}$            |
| Lucasite-(Ce)         | $CeTi_2(O, OH)_6$                                     |
| Murataite             | $(Na, Y)_4(Zn, Fe)_3(Ti, Nb)_6O_{18}(F, OH)_4$        |
| Niobo-aeschynite-(Ce) | $(Ce, Ca, Th)(Nb, Ti)_2(O, OH)_6$                     |
| Niobo-aeschynite-(Nd) | $(Nd, Ce)(Nb, Ti)_2(O, OH)_6$                         |
| Pisekite              | $(Y, As, Ca, Fe, U)(Nb, Ti, Ta)O_4$                   |
| Plumbopyrochlore      | $(Pb, Y, U, Ca)_{2-x}Nb_2O_6(OH)$                     |
| Polycrase-(Y)         | $(Y, Ca, Ce, U, Th)(Ti, Nb, Ta)_2O_6$                 |
| Polymignite           | Zirconolite                                           |
| Priorite              | Aeschynite-(Y)                                        |
| Risorite              | $(Y, Er)(Nb, Ti, Ta)(O, OH)_4$                        |
| Samarskite-(Y)        | $(Y, Ce, U, Fe^{+3})_3(Nb, Ta, Ti)_5O_{16}$           |
| Scheteligite          | $(Ca, Fe, Mn, Sb, Bi, Y)_2(Ti, Ta, Nb, W)_2(O, OH)_7$ |
| Tantalaeachynite-(Y)  | $(Y, Ce, Ca)(Ta, Ti, Nb)_2O_6$                        |
| Tanteuxenite          | $(Y, Ce, Ca)(Ta, Ti, Nb)_2(O, OH)_6$                  |
| Uranmicrolite         | $(U, Ca, Ce)_2(Ta, Nb)_2O_6(OH, F)$                   |
| Uranopolycrase        | $(U, Y)(Ti, Nb)_2O_6$                                 |
| Uranopyrochlore       | $(U, Ca, Ce)_2(Nb, Ta)_2O_6(OH, F)$                   |
| Vigezzite             | $(Ca, Ce)(Nb, Ta, Ti)_2O_6$                           |
| Yttrobetafite-(Y)     | $(Y, U, Ce)_2(Ti, Nb, Ta)_2O_6OH$                     |
| Yttrocolumbite-(Y)    | $(Y, U, Fe^{+3})(Nb, Ta)O_4$                          |
| Yttrocrasite-(Y)      | $(Y, Th, Ca, U)(Ti, Fe^{+3})_2(O, OH)_6$              |
| Yttrotantalite-(Y)    | $(Y, Na, Ca, U)_{1-2}(Nb, Ta, Ti)_2(O, OH)_7$         |
| Yttrotantalite-(Y)    | $(Y, U, Fe^{+3})(Ta, Nb)O_4$                          |
| Yttrotungstite-(Y)    | $YW_2O_6(OH)_3$                                       |
| Zirconolite           | $(Ca, Th, U, REE)Zr(Ti, Nb, Fe)_2O_7$                 |
| Zirkelite             | $(Ti, Ca, Zr)O_{2-x}$                                 |
| نمکها                 |                                                       |
| Fluocerite-(Ce)       | $(Ce, La)F_3$                                         |





اكتشاف ژنوشيميائي عناصر كمياب در محدوده شهرستان كليبر و سراب

|                      |                                                                                                                                  |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fluocerite-(La)      | (La,Ce)F <sub>3</sub>                                                                                                            |
| Gagarinite-(Y)       | NaCaY(F,Cl) <sub>6</sub>                                                                                                         |
| Tveitite-(Y)         | Ca <sub>1-x</sub> Y <sub>x</sub> F <sub>2+x</sub>                                                                                |
| Yttrocerite          | (Ca,Ce,Y,La)F <sub>3</sub> , n H <sub>2</sub> O                                                                                  |
| Yttrofluorite        | (Ca,Y)F <sub>2-3</sub>                                                                                                           |
| سيليكاتها            |                                                                                                                                  |
| Agrellite            | Na(Ca,REE) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> F                                                                        |
| Allanite-(Ce)        | (Ce,Ca,Y) <sub>2</sub> (Al,Fe) <sub>3</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> OH                                                  |
| Allanite-(Y)         | (Y,Ce,Ca) <sub>2</sub> (Al,Fe) <sub>3</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> OH                                                  |
| Alumobriholite       | (Ca,Ce,Y) <sub>3</sub> (Al,Fe) <sub>2</sub> (Si,Al,P) <sub>4</sub> (F,O)                                                         |
| Anderbergite         | Hydrous silicate of Zr, Ca and REE                                                                                               |
| Ashcroftine-(Y)      | KNaCaY <sub>2</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>12</sub> (OH) <sub>4</sub> , 4 H <sub>2</sub> O                                       |
| Beckelite            | Ca <sub>3</sub> (Ce,La,Y) <sub>4</sub> (Si,Zr) <sub>3</sub> O <sub>15</sub>                                                      |
| Bilibinite           | Hydrated silicate of U, Pb and REE                                                                                               |
| Bodenite             | Aluminosilicate of Ca, Fe <sup>+2</sup> and REE                                                                                  |
| Britholite-(Ce)      | (Ce,Ca) <sub>5</sub> (SiO <sub>4</sub> ,PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH,F)                                                    |
| Britholite-(Y)       | (Y,Ca) <sub>5</sub> (SiO <sub>4</sub> ,PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH,F)                                                     |
| Byelorussite-(Ce)    | NaMnBa <sub>2</sub> Ce <sub>2</sub> Ti <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>26</sub> (F,OH), H <sub>2</sub> O                     |
| Calciogadolinite     | (Y,Ca) <sub>2</sub> (Fe <sup>+2</sup> ,Fe <sup>+3</sup> )Be <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> (O,OH) <sub>10</sub>                    |
| Calcybeborosilite    | (REE,Ca) <sub>2</sub> (B,Be) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (OH) <sub>2</sub>                                       |
| Cappelenite-(Y)      | Ba(Y,Ce) <sub>6</sub> Si <sub>3</sub> B <sub>6</sub> O <sub>24</sub> F <sub>2</sub>                                              |
| Caysichite-(Y)       | Y <sub>2</sub> (Ca,Gd) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , 4 H <sub>2</sub> O         |
| Cerite               | (Ce,Ca) <sub>9</sub> (Mg,Fe <sup>+2</sup> )Si <sub>7</sub> (O,OH,F) <sub>28</sub>                                                |
| Cervandonite-(Ce)    | (Ce,Nd,La)(Fe,Ti,Al) <sub>3</sub> (Si,As) <sub>3</sub> O <sub>13</sub>                                                           |
| Chevkinite           | (Ca,Ce,Th) <sub>4</sub> (Fe <sup>+2</sup> ,Mg) <sub>2</sub> (Ti,Fe <sup>+3</sup> ) <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>22</sub>  |
| Chukhrovite-(Ce)     | Ca <sub>3</sub> (Ce,Y)Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )F <sub>13</sub> , 10 H <sub>2</sub> O                                    |
| Chukhrovite-(Y)      | Ca <sub>3</sub> (Y,Ce)Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )F <sub>13</sub> , 10 H <sub>2</sub> O                                    |
| Cuprovudyavavite     | Silicate of Cu, Ti and REE                                                                                                       |
| Dissakisite-(Ce)     | Ca(Ce,Y)MgAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> (OH)                                                                   |
| Dollaseite-(Ce)      | CaCeMg <sub>2</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>16</sub> (OH)F                                                                      |
| Erdmannite           | Aluminosilicate of REE, Fe and Ca                                                                                                |
| Eucolite             | Eudialyte                                                                                                                        |
| Eucrasite            | Silicate of Th, Ca, Na and REE                                                                                                   |
| Eudialyte            | Na <sub>4</sub> (Ca,Ce) <sub>2</sub> (Fe <sup>+2</sup> ,Mn,Y)ZrSi <sub>8</sub> O <sub>12</sub> (O,Cl)                            |
| Freyalite            | (Th,Ce)SiO <sub>4</sub>                                                                                                          |
| Gadolinite-(Ce)      | (Ce,La,Nd,Y) <sub>2</sub> Fe <sup>+2</sup> Be <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub>                                       |
| Gadolinite-(Y)       | Y <sub>2</sub> Fe <sup>+2</sup> Be <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub>                                                  |
| Golzenite            | (Ca,Na,REE) <sub>3</sub> (Ti,Al)Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (F,OH) <sub>2</sub>                                               |
| Hellandite-(Y)       | (Ca,Y) <sub>6</sub> (Al,Fe <sup>+3</sup> )Si <sub>4</sub> B <sub>4</sub> O <sub>20</sub> (OH) <sub>4</sub>                       |
| Hingganite-(Ce)      | CeBeSiO <sub>4</sub> OH                                                                                                          |
| Hingganite-(Y)       | (Y,Yb,Er)BeSiO <sub>4</sub> OH                                                                                                   |
| Hingganite-(Yb)      | (Yb,Y)BeSiO <sub>4</sub> OH                                                                                                      |
| Hydrocerite          | (Ce,Th,Ca)(Al,Fe,Ti,Nb)(Si,P) <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , 5 H <sub>2</sub> O                                                   |
| Ilmaussite-(Ce)      | Ba <sub>2</sub> Na <sub>4</sub> CeFe <sup>+3</sup> Nb <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>28</sub> , 5 H <sub>2</sub> O          |
| Ilmajokite           | (Na,Ca,Ba) <sub>2</sub> TiSi <sub>3</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>10</sub> , n H <sub>2</sub> O                                 |
| Iraqite-(La)         | K(La,Ce,Th) <sub>2</sub> (Ca,Na) <sub>4</sub> (Si,Al) <sub>16</sub> O <sub>40</sub>                                              |
| Joaquinite-(Ce)      | Ba <sub>2</sub> NaCe <sub>2</sub> Fe <sup>+2</sup> (Ti,Nb) <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>26</sub> (OH,F), H <sub>2</sub> O |
| Johnstrupite         | Mosandrite                                                                                                                       |
| Kainosite-(Y)        | Ca <sub>2</sub> (Y,Ce) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>12</sub> CO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O                           |
| Karnasurtite-(Ce)    | (Ce,La,Th)(Ti,Nb)(Al,Fe <sup>+3</sup> )(Si,P) <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH) <sub>4</sub> , 3 H <sub>2</sub> O                 |
| Keivyite-(Y)         | (Y,Yb) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>                                                                               |
| Keivyite-(Yb)        | (Yb,Y) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub>                                                                               |
| Kuliokite-(Y)        | Y <sub>4</sub> Al(SiO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> F <sub>5</sub>                                               |
| Limoriite-(Y)        | Y <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> CO <sub>3</sub>                                                                                  |
| Manganosteenstrupine | (La,Th,Ca)MnSiO <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> , 2 H <sub>2</sub> O                                                              |
| Melanocerite-(Ce)    | (Ce,Ca) <sub>5</sub> (Si,B) <sub>3</sub> O <sub>12</sub> (OH,F), n H <sub>2</sub> O                                              |





اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپور و سراب

|                      |                                                                                |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Minasgeraisite-(Y)   | $Y_2CaBe_7Si_2O_{10}$                                                          |
| Miserite             | $K(Ca,Ce)_4Si_5O_{13}(OH)_3$                                                   |
| Monteregianite-(Y)   | $(Na,K)_6(Y,Ca)_2Si_{16}O_{38} \cdot 10 H_2O$                                  |
| Mosandrite           | $(Ca,Na,Ce)_{12}(Ti,Zr)_2Si_7O_{31}H_6F_4$                                     |
| Muromontite          | Near $Be_7FeY_2Si_3O_{12}$                                                     |
| Nacareniobsite-(Ce)  | $NbNa_3Ca_3(Ce,La,Nd)(Si_2O_7)_2OF_3$                                          |
| Nordite-(Ce)         | $(Ce,La)(Sr,Ca)Na_2(Na,Mn)(Zn,Mg)Si_6O_{17}$                                   |
| Nordite-(La)         | $(La,Ce)(Sr,Ca)Na_2(Na,Mn)(Zn,Mg)Si_6O_{17}$                                   |
| Okanoganite-(Y)      | $(Na,Ca)_3(Y,Ce)_{12}Si_6B_2O_{27}F_{14}$                                      |
| Orthite              | Allanite-(Ce)                                                                  |
| Orthojoaquinite-(Ce) | $Ba_2NaCe_2Fe^{+2}Ti_2Si_8O_{26}(O,OH)_1 \cdot H_2O$                           |
| Perrierite           | $(Ca,Ce,Th)_4(Mg,Fe^{+2})_2(Ti,Fe^{+3})_3Si_4O_{22}$                           |
| Rinkite              | Mosandrite                                                                     |
| Rinkolite            | Mosandrite                                                                     |
| Rowlaandite-(Y)      | $(Y,Fe,Ce)_3(SiO_4)_2(F,OH)$                                                   |
| Saryarkite-(Y)       | $Ca(Y,Th)Al_5(SiO_4)_2(PO_4,SO_4)_2(OH)_7 \cdot 6 H_2O$                        |
| Sazhinite-(Ce)       | $Na_3CeSi_6O_{15} \cdot 6 H_2O$                                                |
| Semenovite           | $(Ca,Ce,La,Na)_{12}(Si,Be)_2O_4(O,OH,F)_8 \cdot H_2O$                          |
| Shentulite           | Near $(Th,Fe^{+2}Ca,Ce)[(Si,P,As)_4CO_3OH]$                                    |
| Steenstrupine-(Ce)   | $Na_{14}Ce_6Mn^{+2}Mn^{+3}Fe^{+2}_2(Zr,Th)(Si_6O_{18})_2(PO_4)_7 \cdot 3 H_2O$ |
| Stillwellite-(Ce)    | $(Ce,La,Ca)BSiO_5$                                                             |
| Strontiochevkinite   | $(Sr,La,Ce,Ca)_4(Fe^{+2},Fe^{+3})_2(Ti,Zr)_4Si_4O_{22}$                        |
| Tadzhikite-(Y)       | $Ca_3(Y,Ce)_2(Ti,Al,Fe)B_4Si_4O_{22}$                                          |
| Thalenite-(Y)        | $Y_3Si_3O_{10}OH$                                                              |
| Thortveittite        | $(Sc,Y)_2Si_2O_7$                                                              |
| Tombarthite-(Y)      | $Y_4(Si,H_4)_4O_{12-x}(OH)_{4+2x}$                                             |
| Tornebohmite-(Ce)    | $(Ce,La)_2Al(SiO_4)_2OH$                                                       |
| Tornebohmite-(La)    | $(La,Ce)_2Al(SiO_4)_2OH$                                                       |
| Tranquillityite      | $Fe^{+3}_8(Zr,Y)_2Ti_3Si_3O_{24}$                                              |
| Trimounsitite-(Y)    | $Y_2Ti_2SiO_9$                                                                 |
| Tritomite-(Ce)       | $(Ce,La,Y,Th)_5(Si,B)_3(O,OH,F)_{13}$                                          |
| Tundrite-(Ce)        | $Na_3(Ce,La)_4(Ti,Nb)_2(SiO_4)_2(CO_3)_3O_4(OH) \cdot 2 H_2O$                  |
| Vyuntspakhite-(Y)    | $Y_4Al_3Si_5O_{18}(OH)_5$                                                      |
| Wohlerite            | $Na(Ca,REE)_2(Zr,Nb)Si_2O_7(O,OH,F)_2$                                         |
| Yttisite-(Y)         | $(Y,Dy,Er)_4(Ti,Sn)O(SiO_4)_2(F,OH)_6$                                         |
| Yttrialite-(Y)       | $(Y,Th)_2Si_2O_7$                                                              |
| فسفاتها              |                                                                                |
| Belovite-(Ce)        | $(Sr^{+2},Na,Ce)_5(PO_4)_3OH$                                                  |
| Brockite             | $(Ca,Th,Ce)(PO_4)_2 \cdot H_2O$                                                |
| Cheralite            | $(Ca,Ce,Th)(P,Si)O_4$                                                          |
| Churchite-(Y)        | $YPO_4 \cdot 2 H_2O$                                                           |
| Fenhuanglite         | $(Na,Ca,Ce,Th)_5(P,Si)_3O_{12}(OH,F)$                                          |
| Florencite-(Ce)      | $CeAl_3(PO_4)_2(OH)_6$                                                         |
| Florencite-(La)      | $(La,Ce)Al_3(PO_4)_2(OH)_6$                                                    |
| Florencite-(Nd)      | $(Nd,Ce)Al_3(PO_4)_2(OH)_6$                                                    |
| Fluorapatite         | $(Ca,REE,Na)_5(PO_4)_3(F,OH)$                                                  |
| Francoisite-(Nd)     | $(Nd,Ce,Sm)(UO_2)_3O(OH)(PO_4)_2 \cdot 6 H_2O$                                 |
| Koivinite            | $YAl_5(PO_4)_4(OH)_4 \cdot 2 H_2O$                                             |
| Laplandite-(Ce)      | $Na_4CeTiPO_4Si_7O_{18} \cdot 5 H_2O$                                          |
| Monazite-(Ce)        | $(Ce,La,Nd,Th)(PO_4)_3 \cdot n H_2O$                                           |
| Monazite-(La)        | $(La,Ce,Nd)(PO_4)_3$                                                           |
| Monazite-(Nd)        | $(Nd,La,Ce)(PO_4)_3$                                                           |
| Ningyoite            | $(U,Ca,Ce)PO_4$                                                                |
| Petersite-(Y)        | $(Ca,Fe^{+2},Y,Ce)Cu_6(PO_4)_3(OH)_6 \cdot 3 H_2O$                             |
| Phosinaite           | $Na_3(Ca,Ce)SiPO_7 \cdot H_2O$                                                 |
| Phosphocente         | $(La,Ce)PO_4$                                                                  |





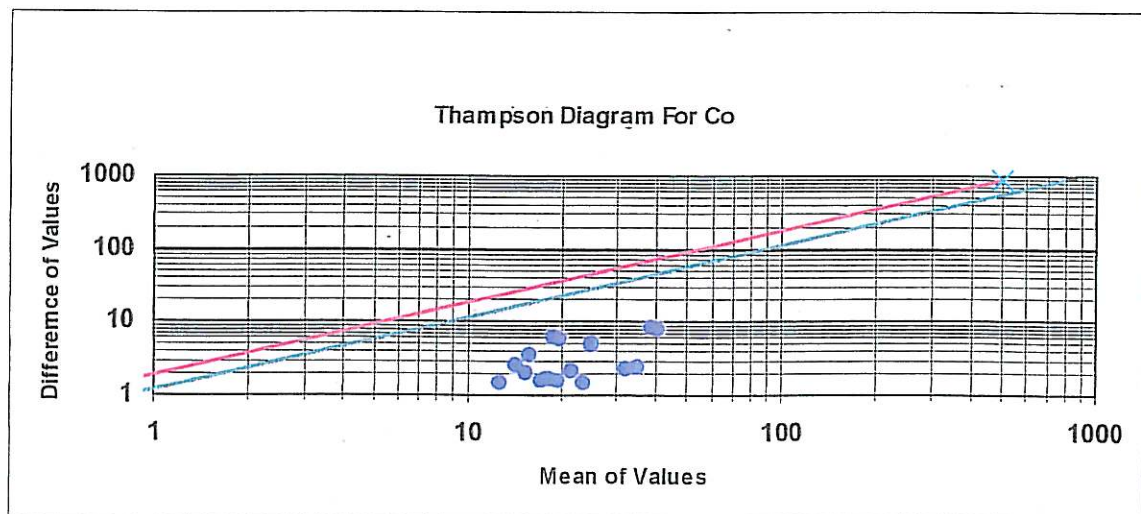
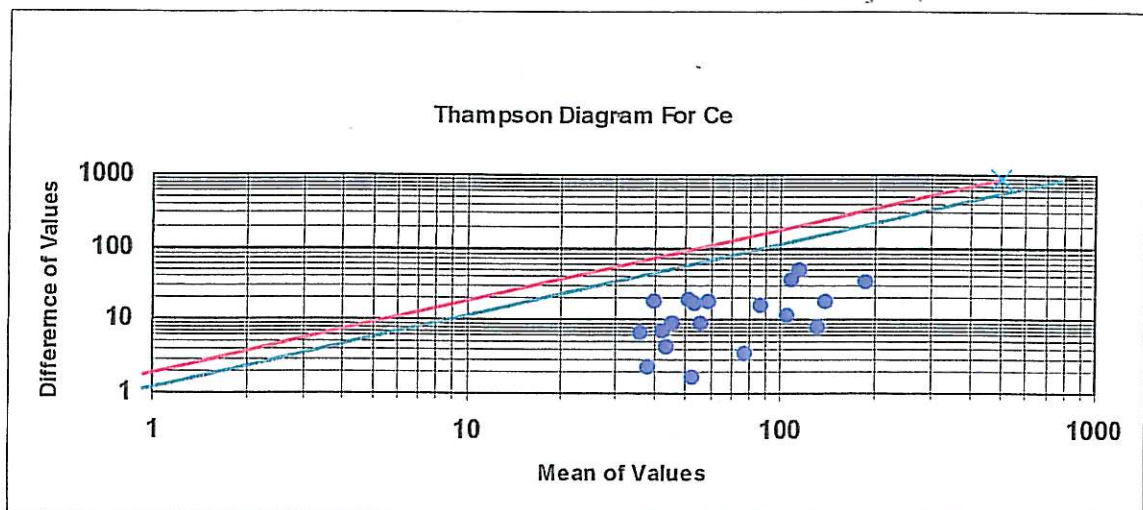
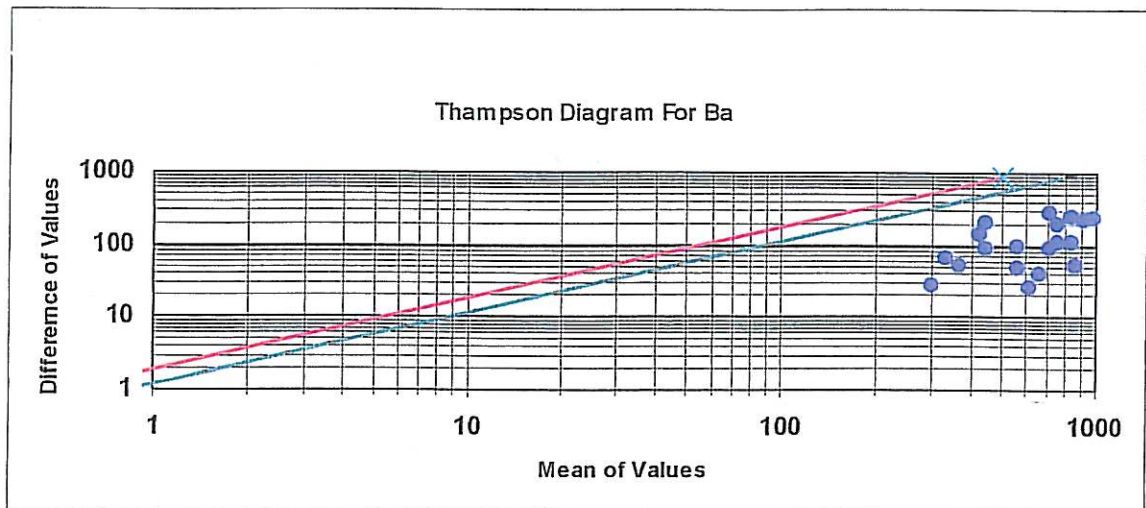
اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

|                               |                                                                                                                               |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rhabdophane-(Ce)              | (Ce,La)PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O                                                                                     |
| Rhabdophane-(La)              | (La,Ce)PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O                                                                                     |
| Rhabdophane-(Nd)              | (Nd,Ce,La)PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O                                                                                  |
| Smimovkite                    | (Th,Ce,Ca)(P,Si,Al)(O,F,OH) <sub>5</sub>                                                                                      |
| Vitusite-(Ce)                 | Na <sub>3</sub> (Ce,La,Nd)(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>                                                                     |
| Vudyavrite                    | Near Ce <sub>2</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>9</sub> , n SiO <sub>2</sub> , m H <sub>2</sub> O                                 |
| Xenotime-(Y)                  | YPO <sub>4</sub>                                                                                                              |
| کربناتها و سیلیکاتهای اورانیم |                                                                                                                               |
| Astrocyanite-(Ce)             | Cu <sub>2</sub> (Ce,Nd) <sub>2</sub> UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH) <sub>2</sub> , 1.5 H <sub>2</sub> O |
| Bijvoetite-(Y)                | (Y,Dy) <sub>2</sub> (UO <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> , 11 H <sub>2</sub> O   |
| Kamotoite-(Y)                 | 4 UO <sub>3</sub> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 3 CO <sub>2</sub> , 14.5 H <sub>2</sub> O                                 |
| Lepersonnite-(Gd)             | CaO(Gd,Y) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 24 UO <sub>3</sub> , 8 CO <sub>2</sub> , 4 SiO <sub>2</sub> , 6 H <sub>2</sub> O      |
| Shabaite-(Nd)                 | Ca(Nd,Sm,Y) <sub>2</sub> UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> , 6 H <sub>2</sub> O               |
| آرسناتها، سلفاتها و واناداتها |                                                                                                                               |
| Agardite-(Ce)                 | See Agardite-(La)                                                                                                             |
| Agardite-(La)                 | (La,Ca)Cu <sub>6</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>6</sub> , 3 H <sub>2</sub> O                                |
| Agardite-(Y)                  | (Y,Ca)Cu <sub>6</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>6</sub> , 3 H <sub>2</sub> O                                 |
| Arsenoflorencite-(Ce)         | (Ce,La)Al <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ,PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>                                    |
| Arsenoflorencite-(La)         | LaAl <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>                                                          |
| Arsenoflorencite-(Nd)         | NdAl <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>                                                          |
| Chemovite-(Y)                 | YAsO <sub>4</sub>                                                                                                             |
| Gasparite-(Ce)                | (Ce,REE)AsO <sub>4</sub>                                                                                                      |
| Goudeyite                     | Cu <sub>5</sub> (Al,Y)(AsO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>6</sub> , 3 H <sub>2</sub> O                                 |
| Kemmlitzite                   | (Sr,Ce)Al <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub> SO <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub>                                                     |
| Paranite-(Y)                  | Ca <sub>y</sub> YAsO <sub>4</sub> (WO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>                                                             |
| Retzian-(Ce)                  | Mn <sub>2</sub> CeAsO <sub>4</sub> (OH) <sub>4</sub>                                                                          |
| Retzian-(La)                  | (Mn,Mg) <sub>2</sub> (La,Ce,Nd)AsO <sub>4</sub> (OH) <sub>4</sub>                                                             |
| Retzian-(Nd)                  | Mn <sub>2</sub> (Nd,Ce,La)AsO <sub>4</sub> (OH) <sub>4</sub>                                                                  |
| Wakefieldite-(Ce)             | (Ce,Pb <sup>+2</sup> ,Pb <sup>+4</sup> )VO <sub>4</sub>                                                                       |
| Wakefieldite-(Y)              | YVO <sub>4</sub>                                                                                                              |



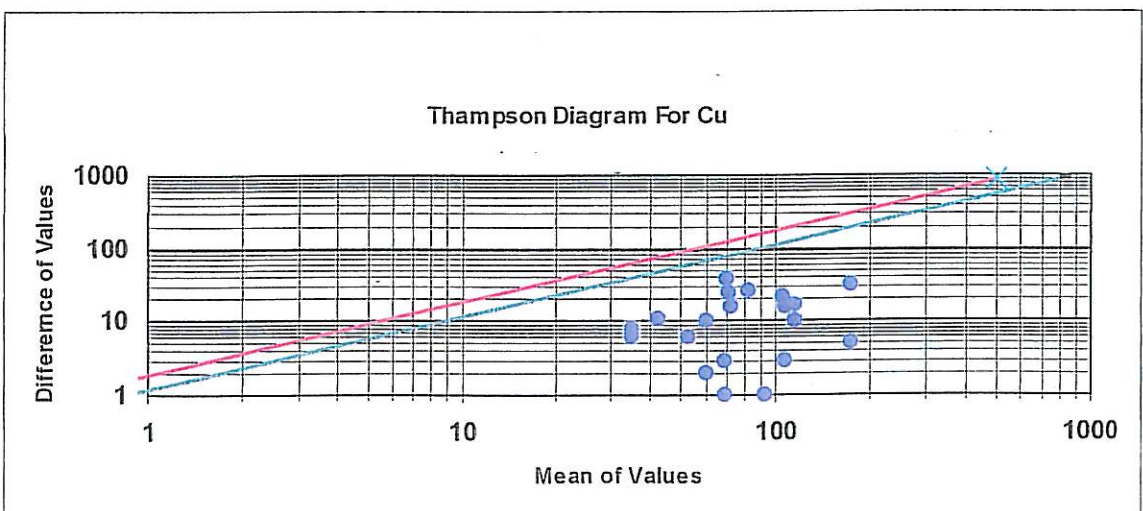
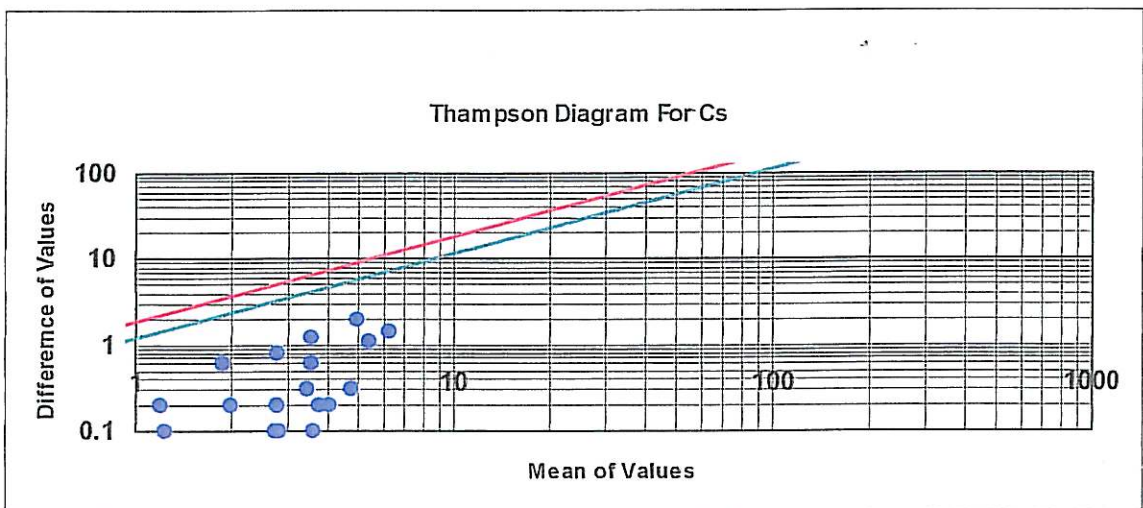
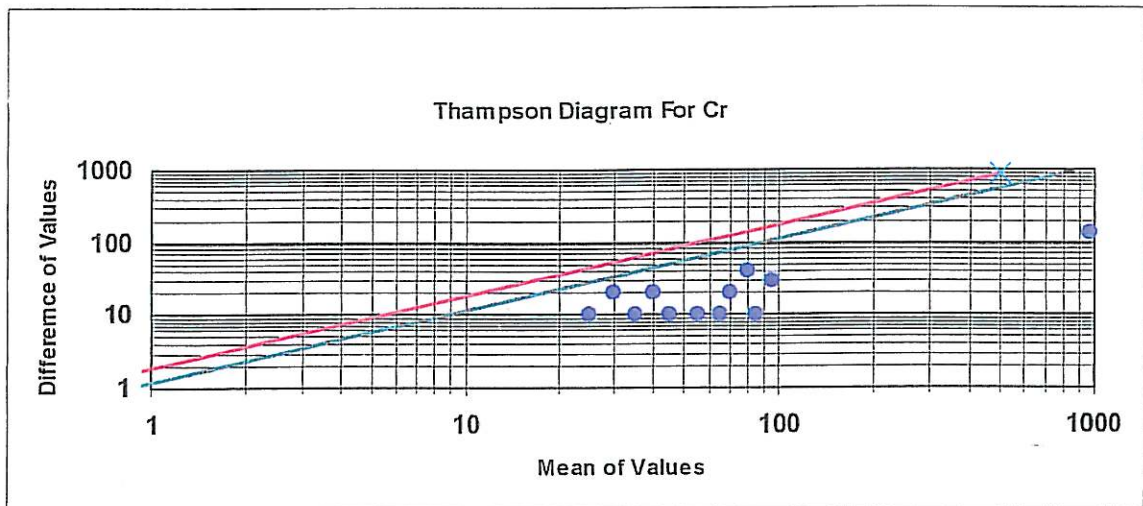
اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلبر و سراب

شکل ۱-۲: نمودار کنترلی تامپسون برای متغیرهای مختلف

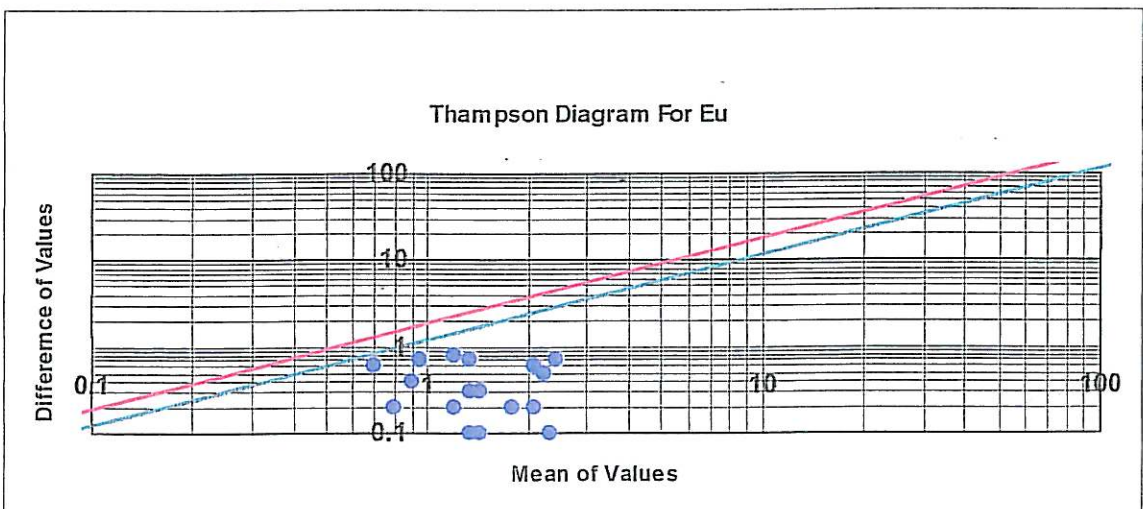
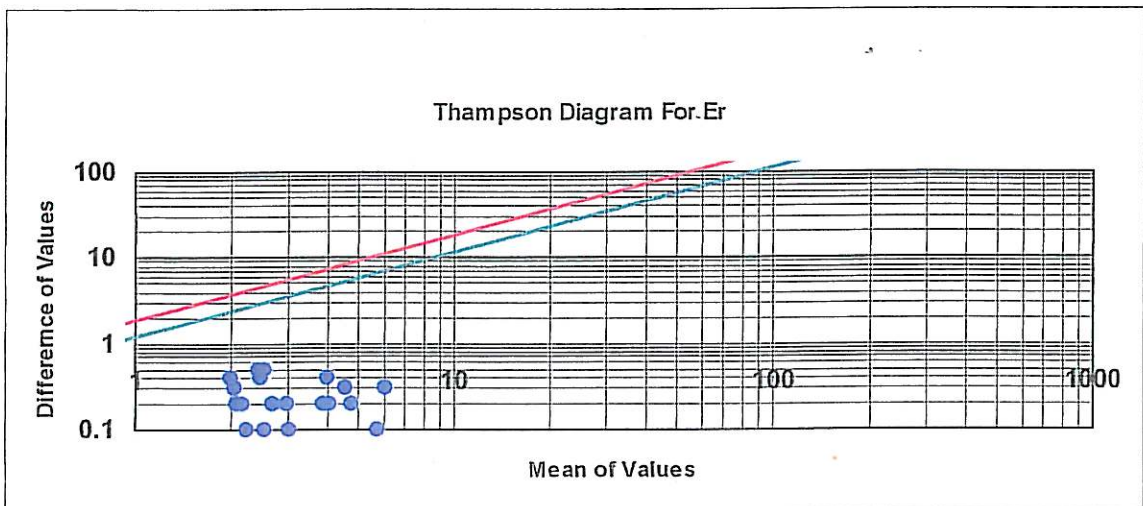
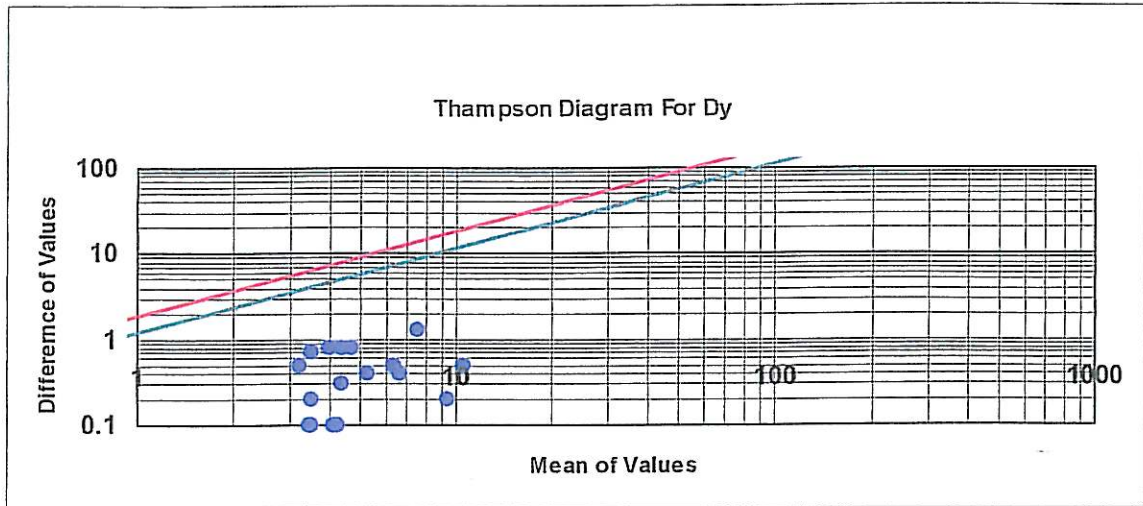




اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

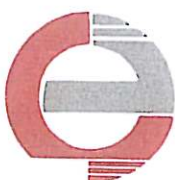
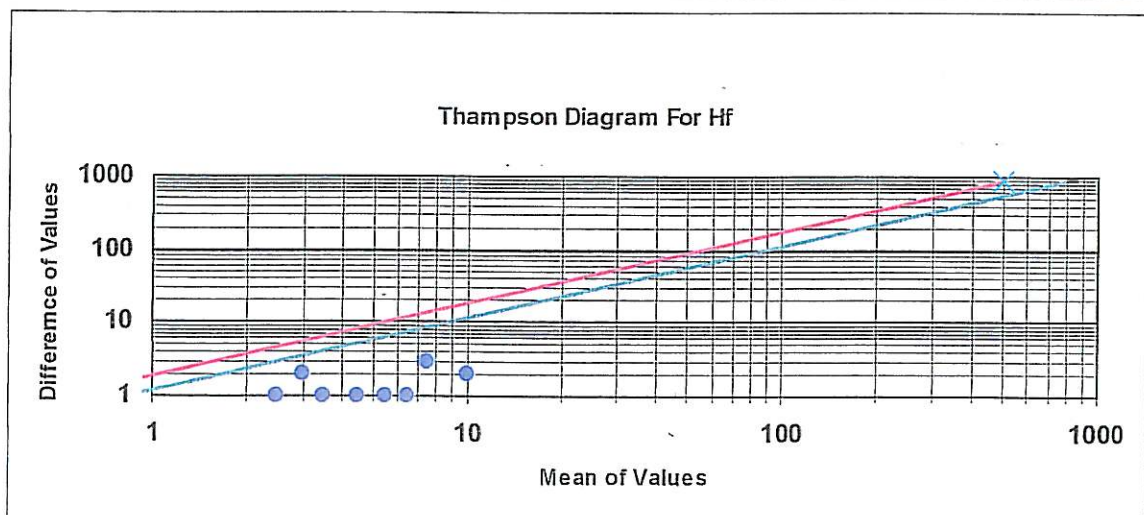
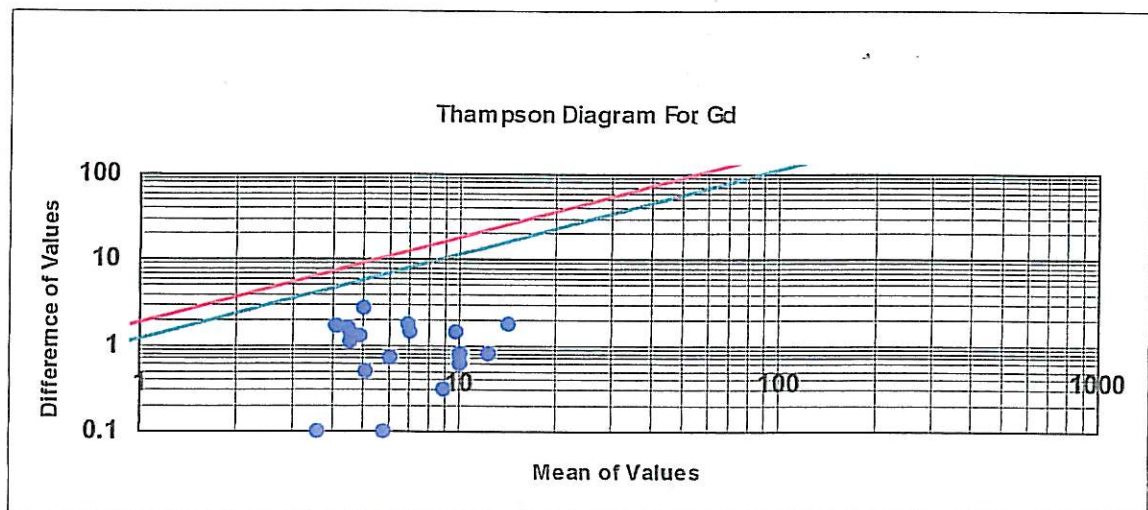
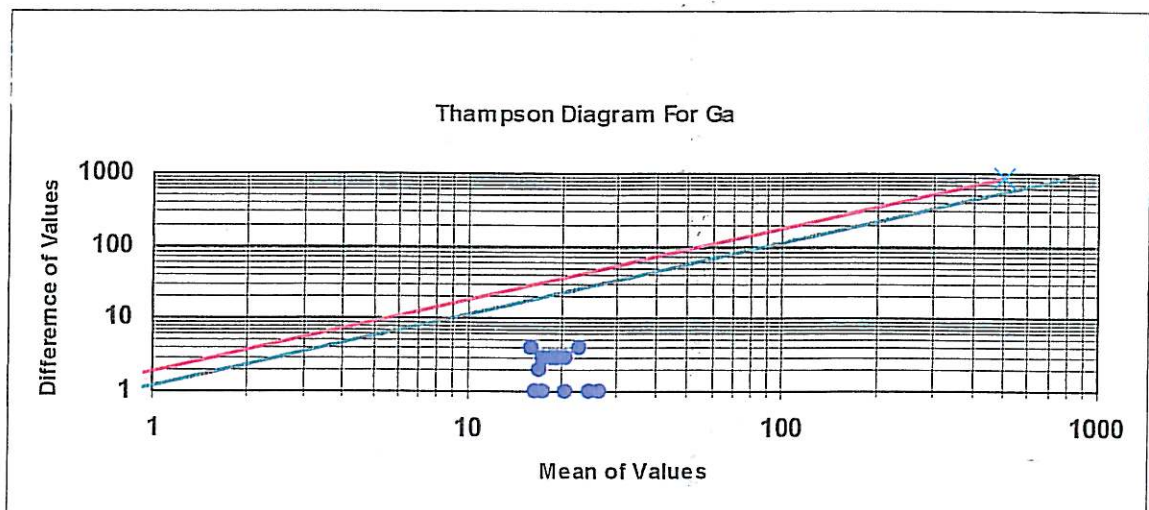


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپور و سراب

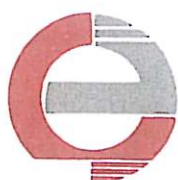
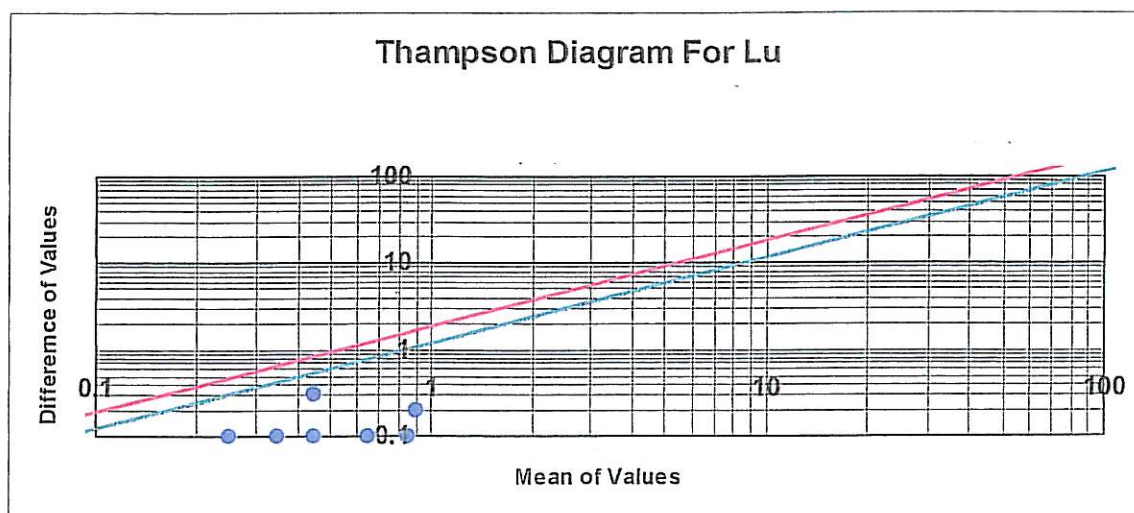
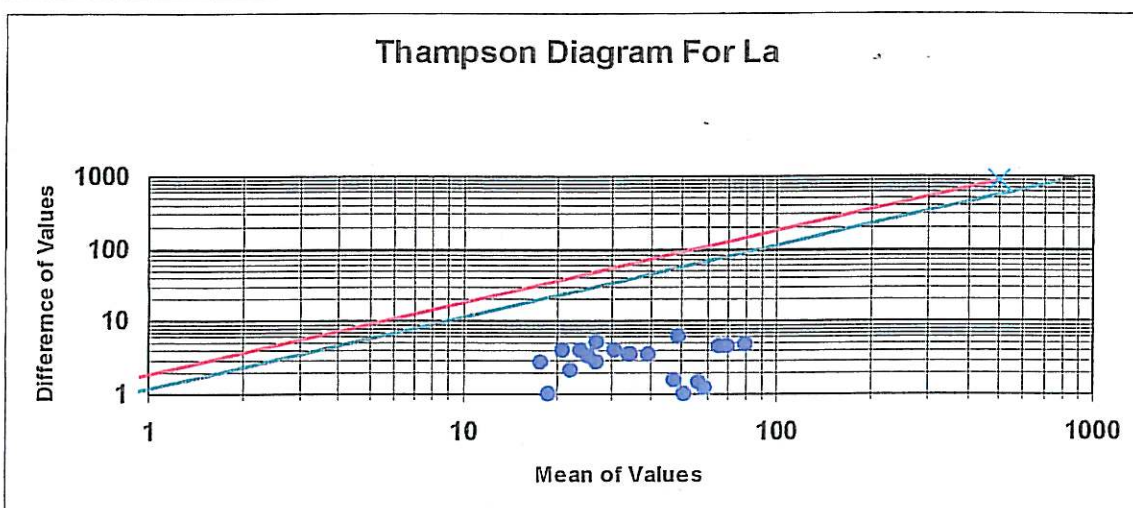
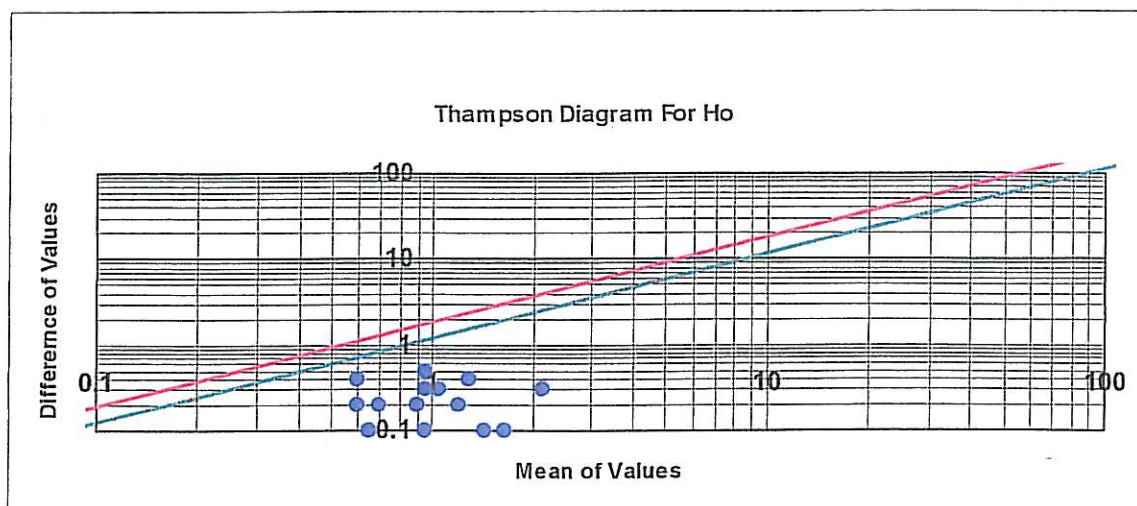




اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب



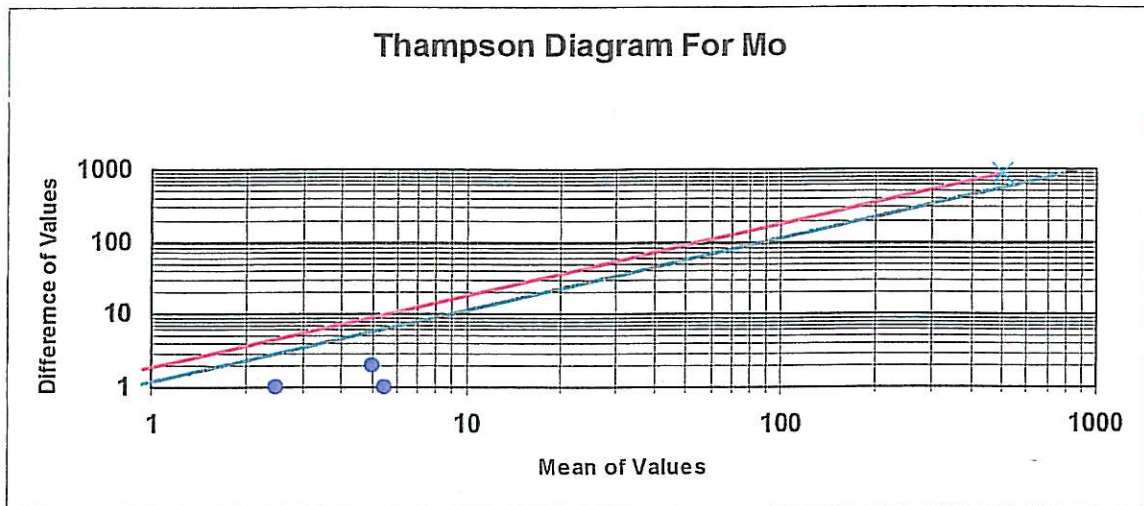
اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلبر و سراب



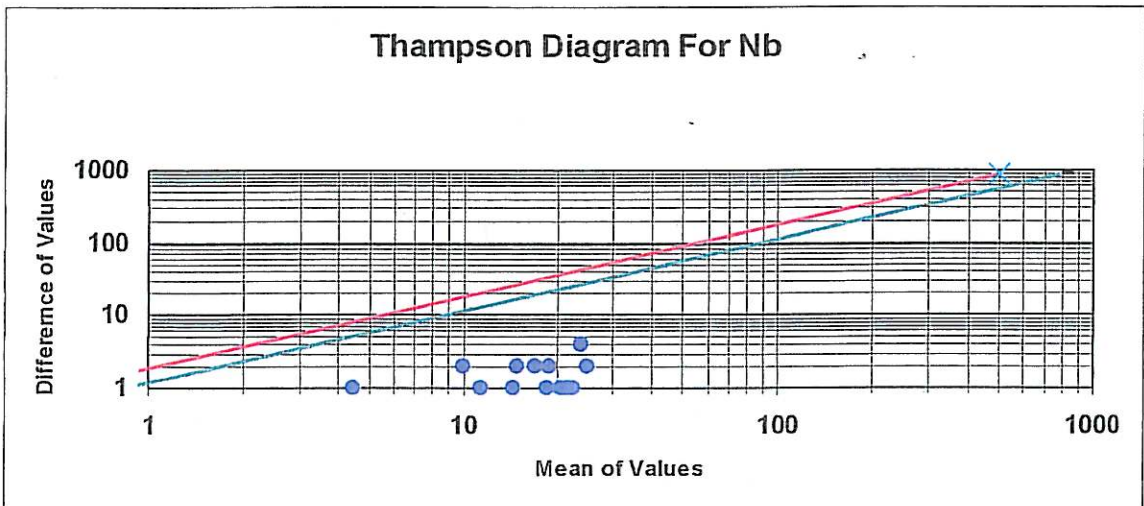


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلبر و سراب

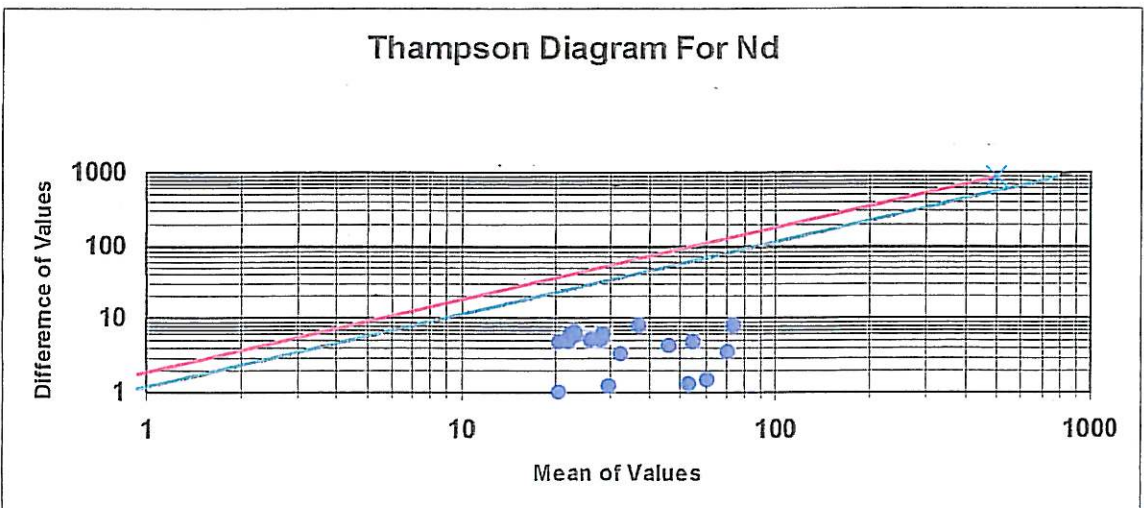
Thampson Diagram For Mo



Thampson Diagram For Nb

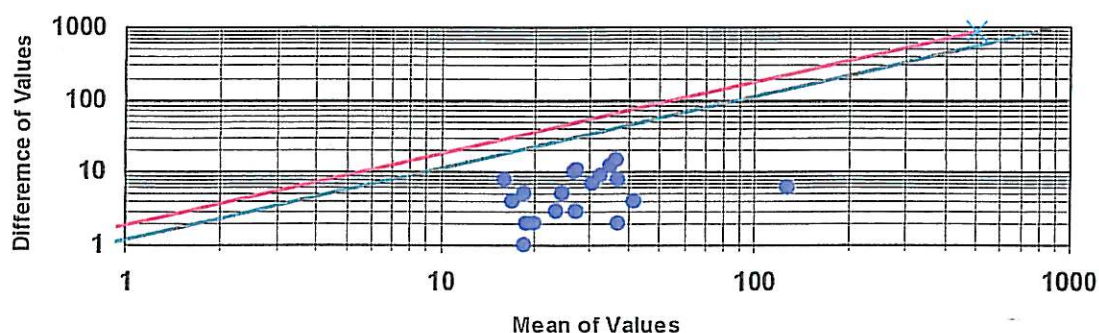


Thampson Diagram For Nd

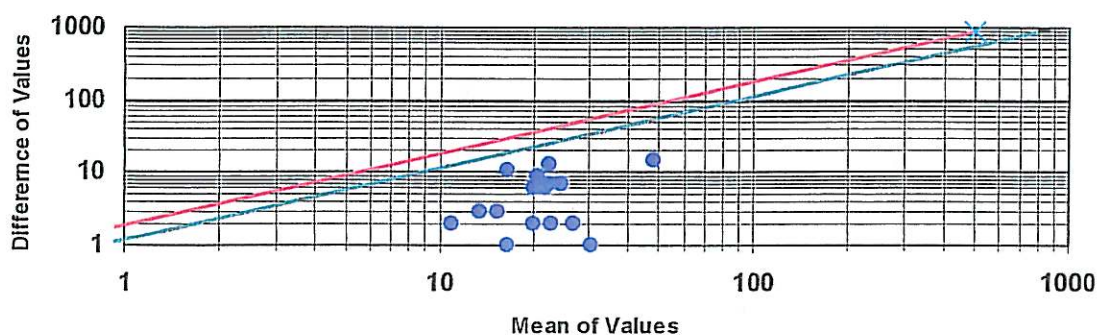


اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپیر و سراب

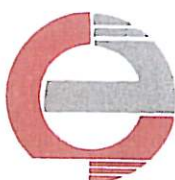
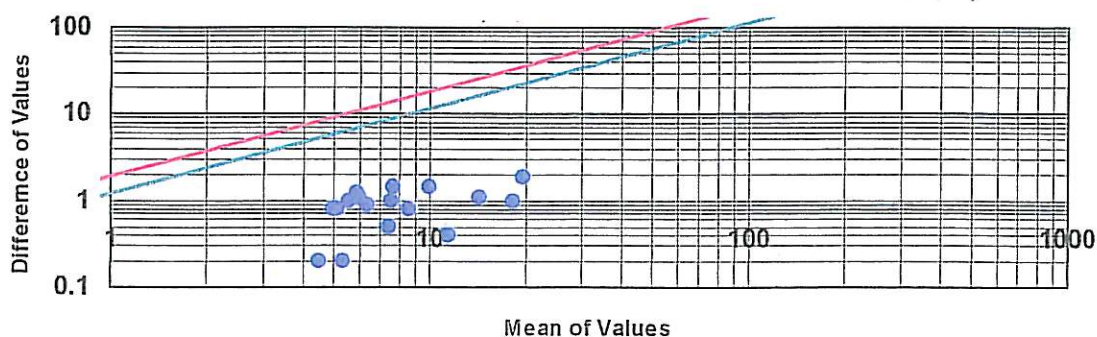
Thampson Diagram For Ni



Thampson Diagram For Pb



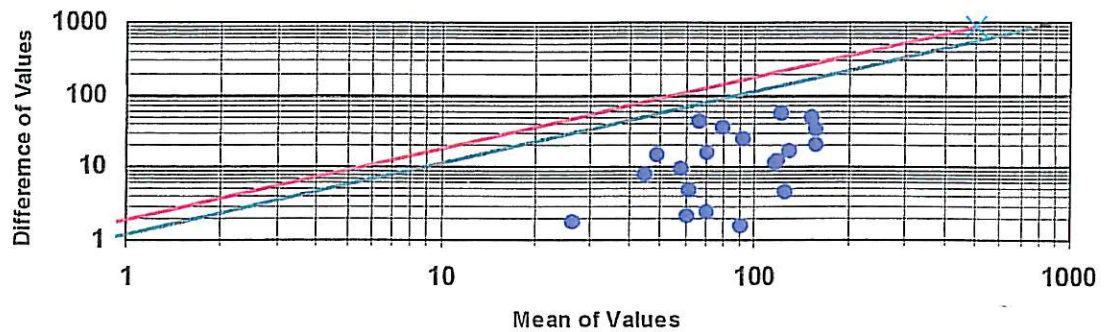
Thampson Diagram For Pr



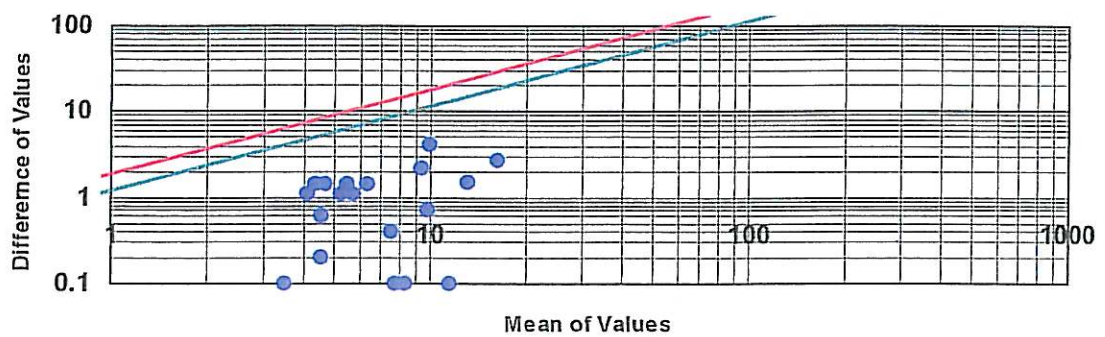


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپیر و سراب

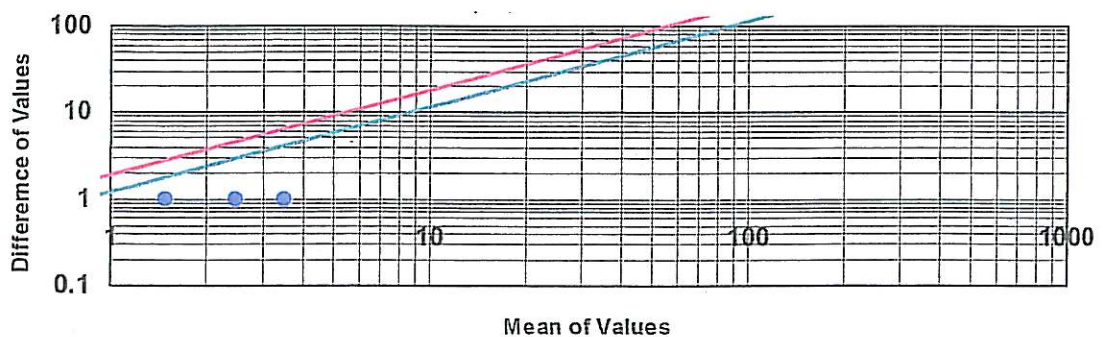
Thampson Diagram For Rb



Thampson Diagram For Sm

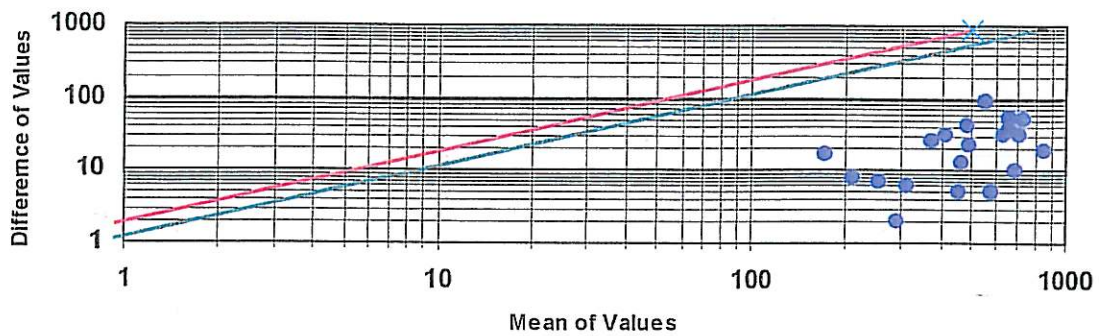


Thampson Diagram For Sn

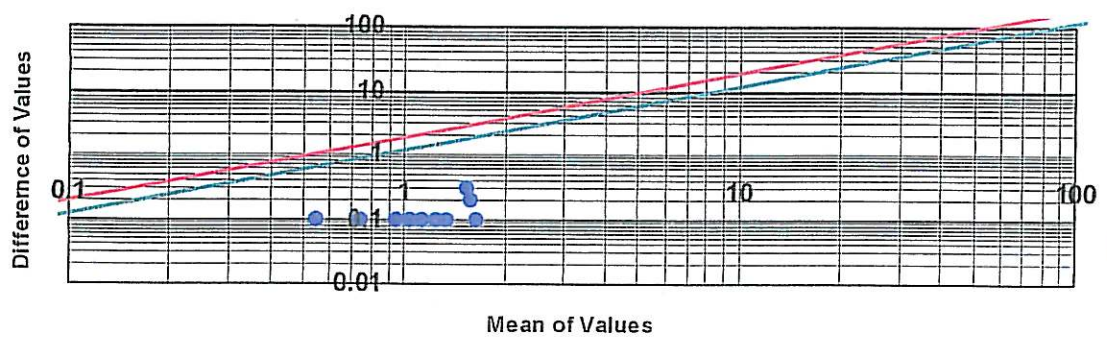


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلبر و سراب

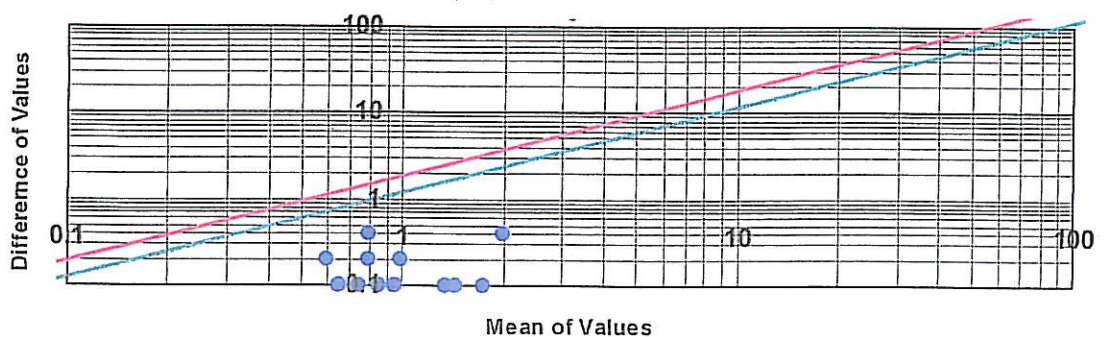
Thampson Diagram For Sr



Thampson Diagram For Ta



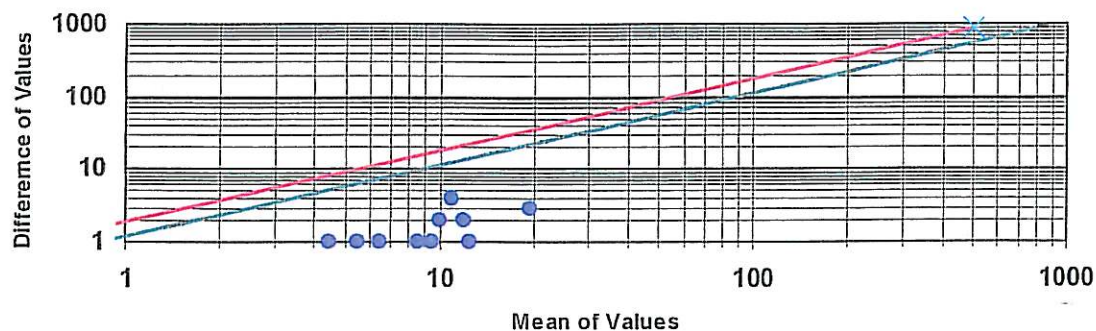
Thampson Diagram For Tb



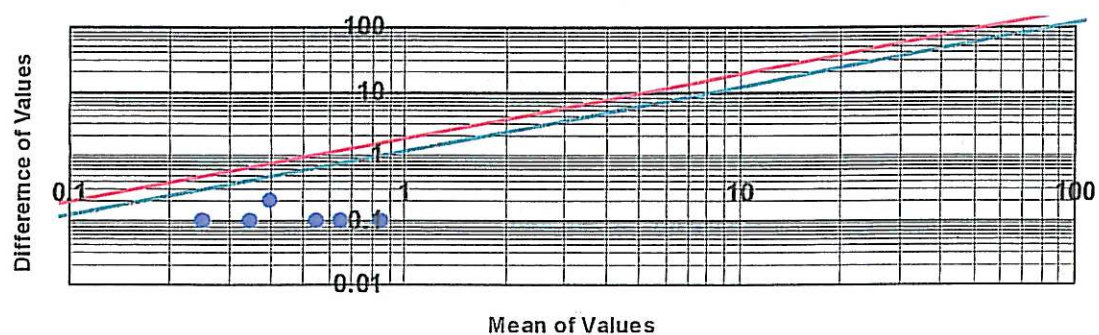


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

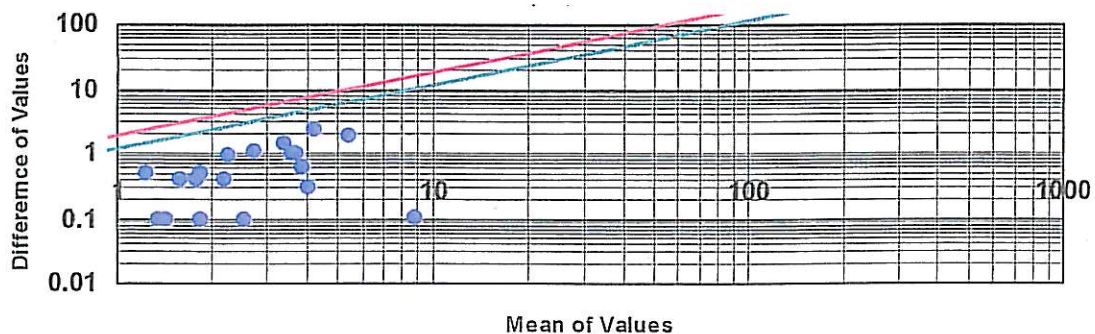
Thompson Diagram For Th



Thompson Diagram For Tm

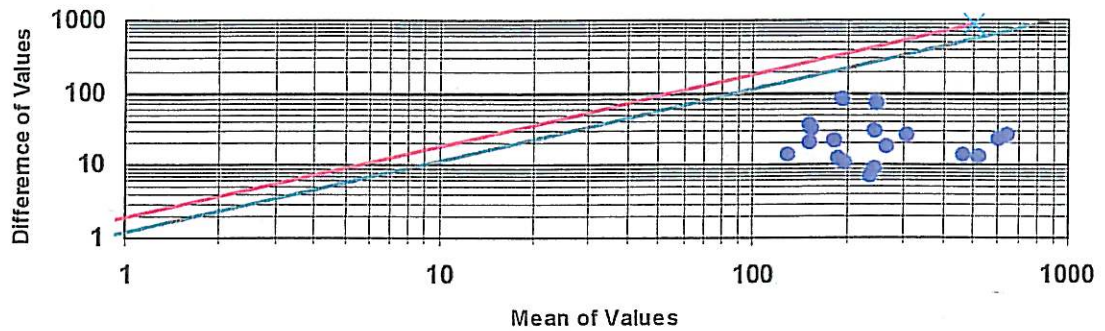


Thompson Diagram For U

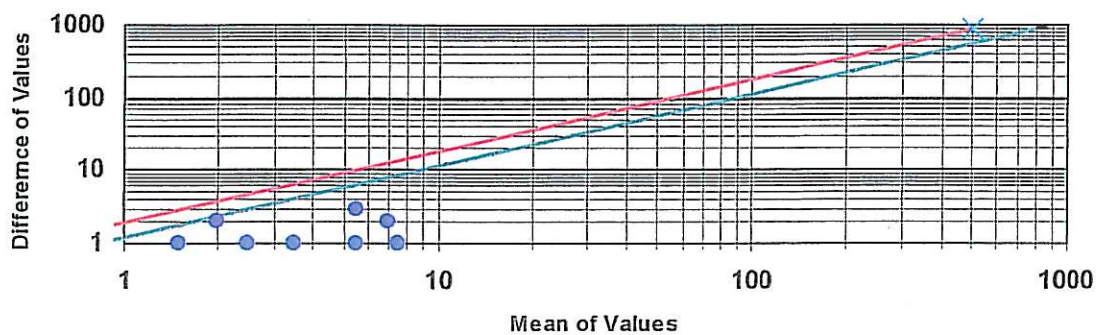


اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

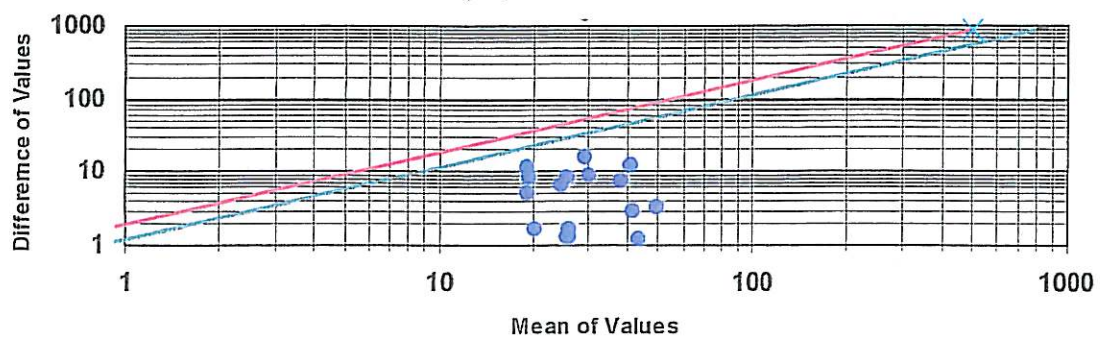
Thampson Diagram For V



Thampson Diagram For W



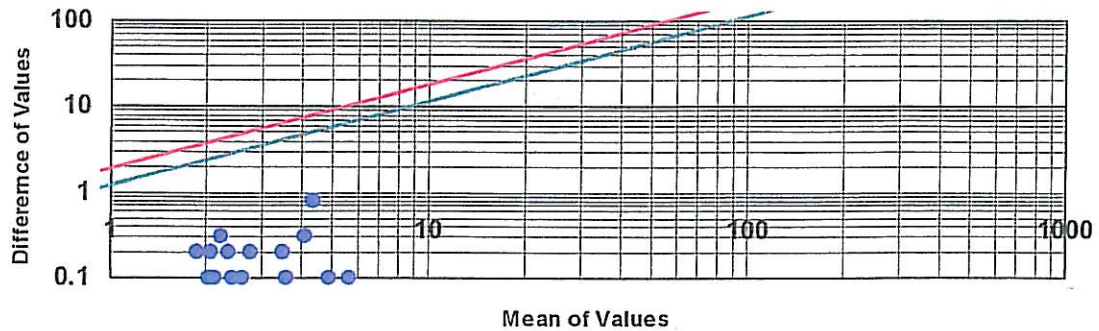
Thampson Diagram For Y



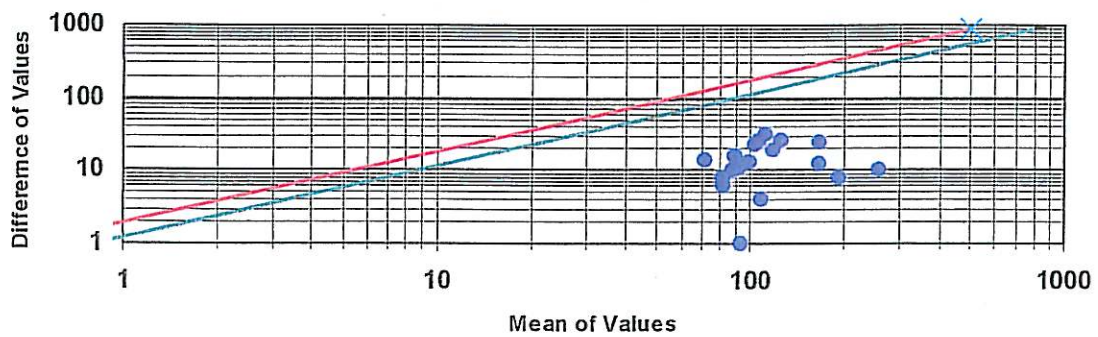


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

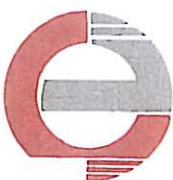
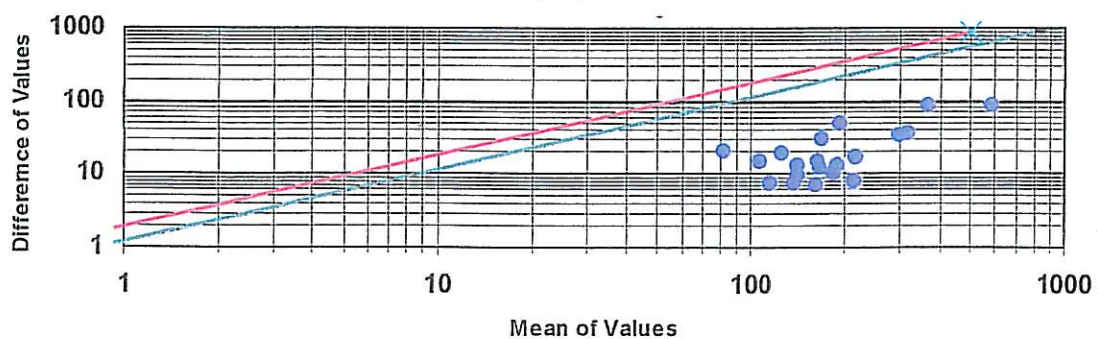
Thampson Diagram For Yb



Thampson Diagram For Zn

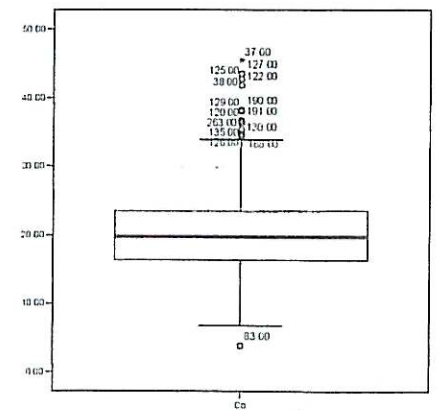
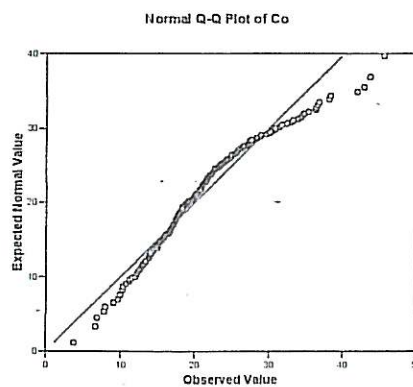
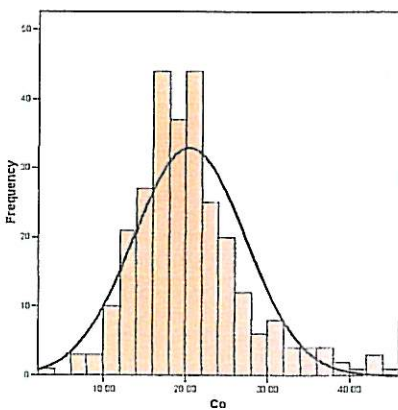
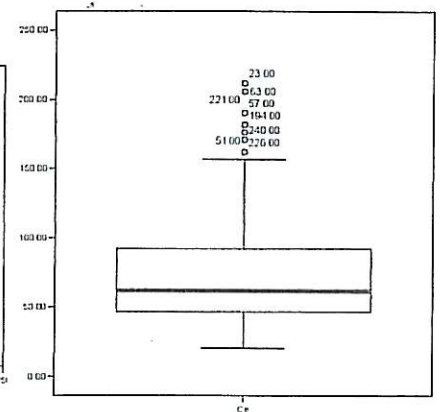
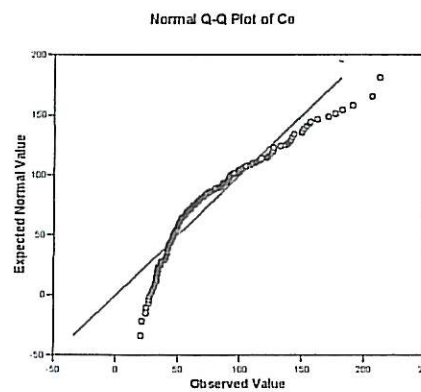
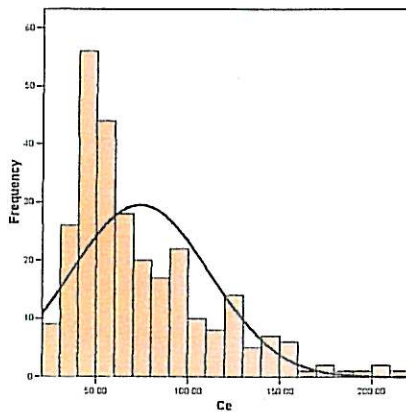
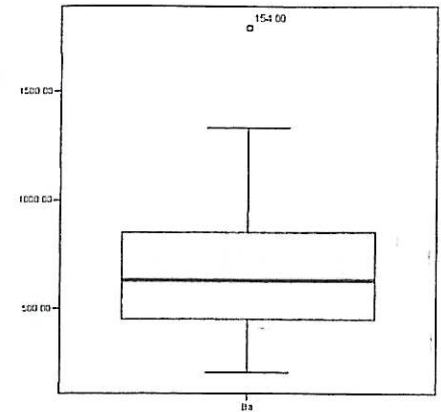
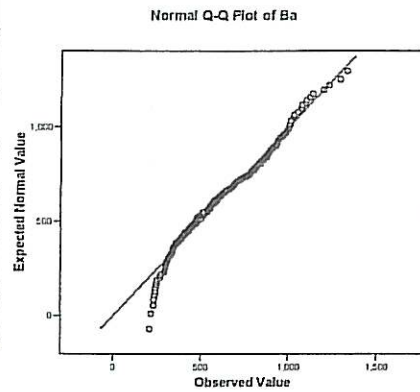
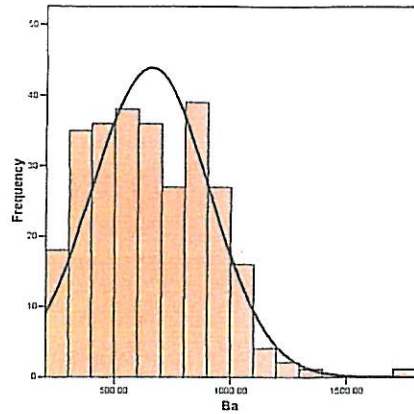


Thampson Diagram For Zr



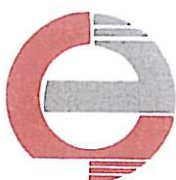
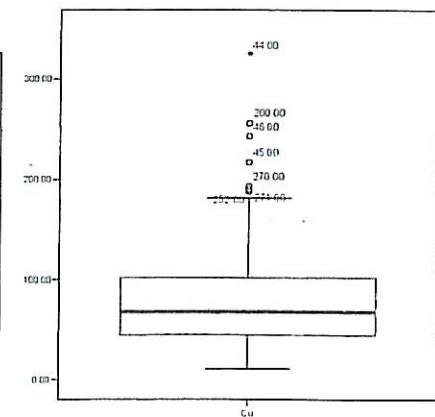
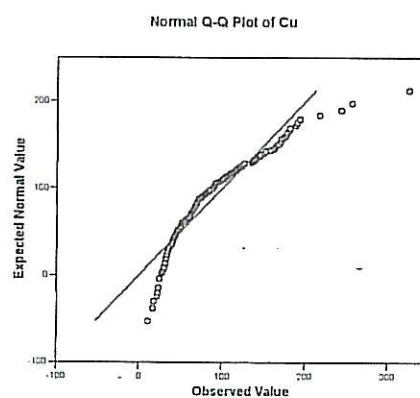
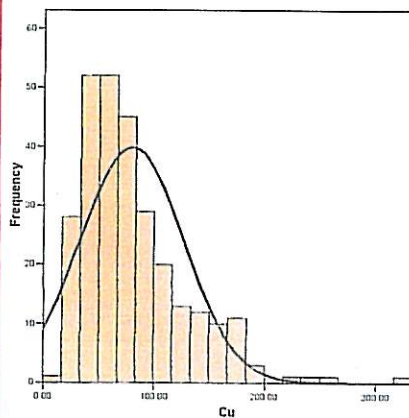
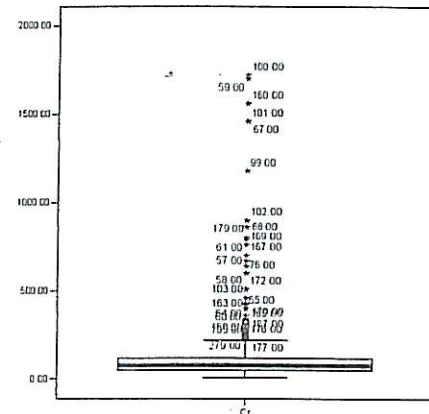
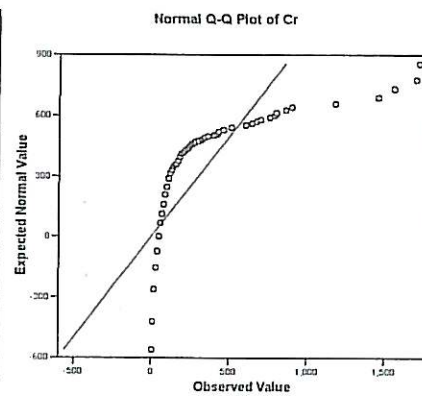
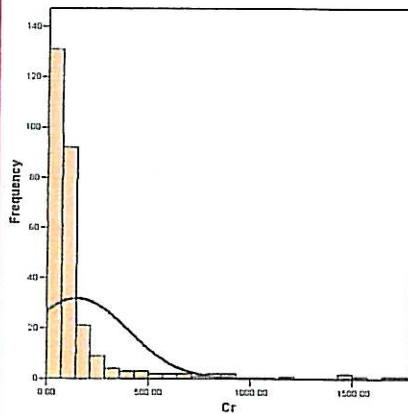
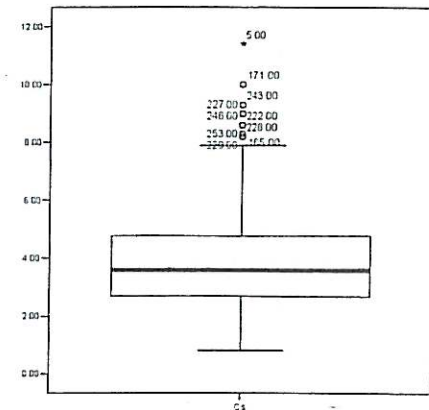
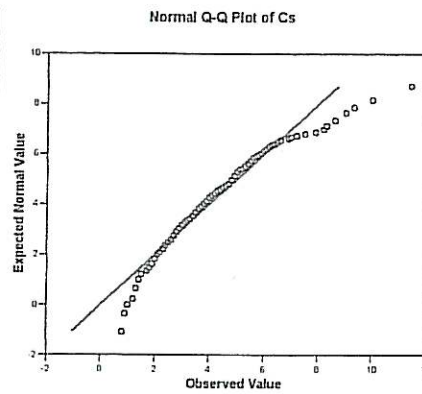
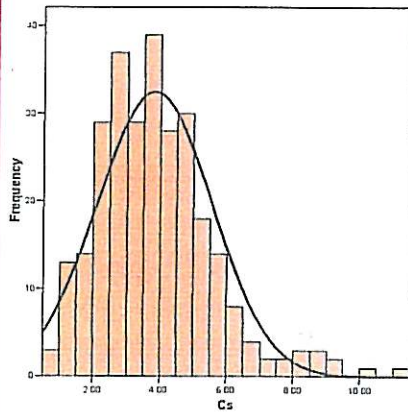
اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپور و سراب

۳-۱- هیستوگرام فراوانی و تجمعی و نمودارهای جعبه ای برای متغیرهای مختلف

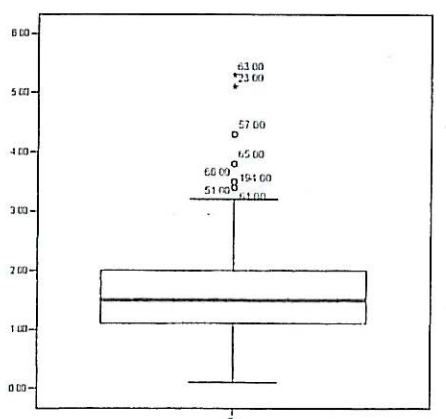
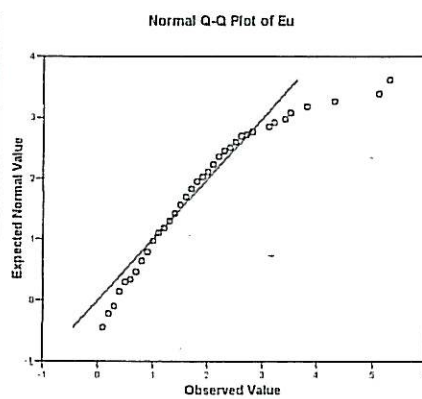
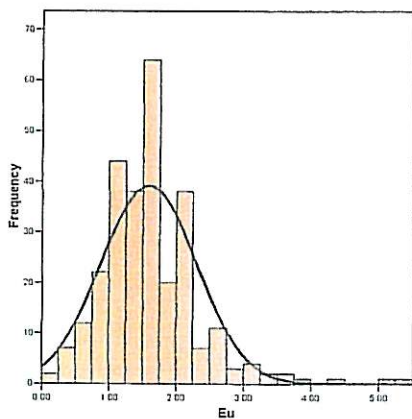
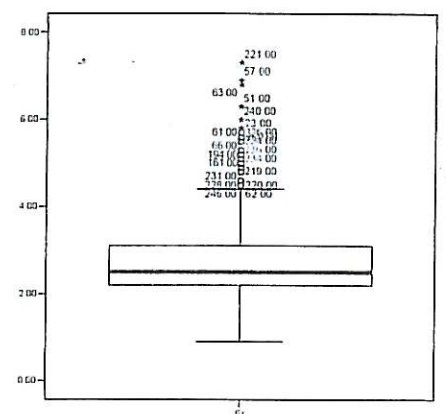
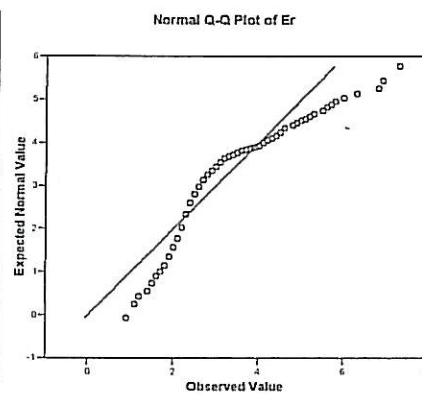
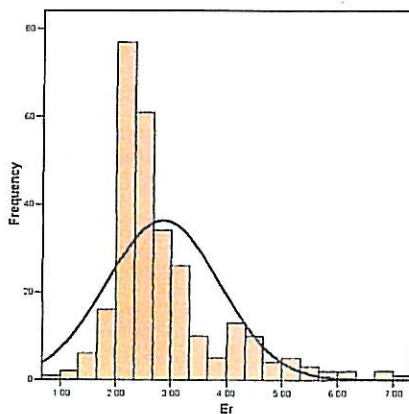
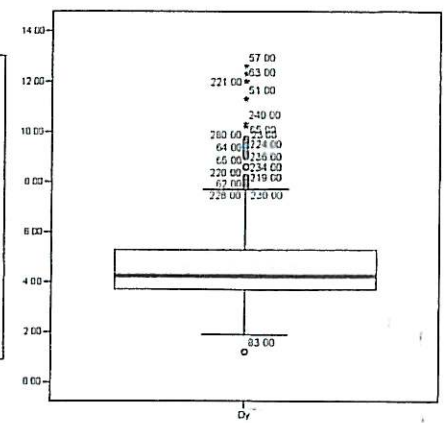
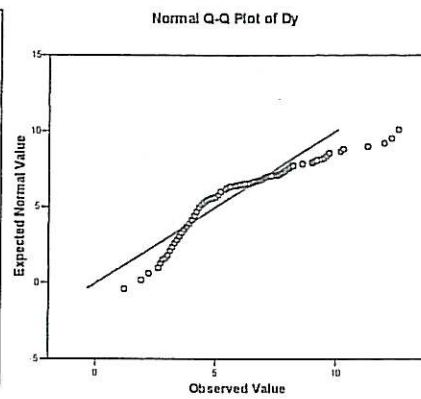
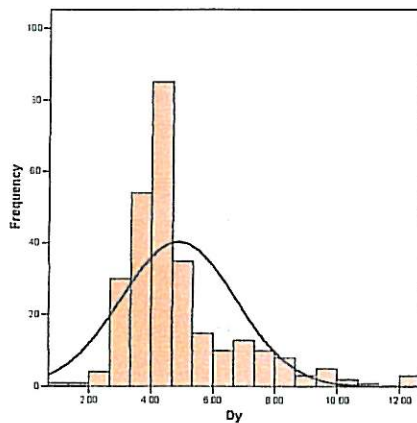




اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

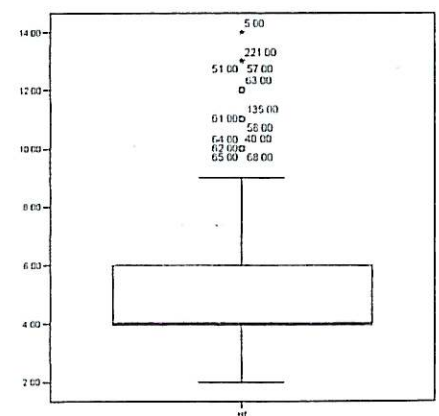
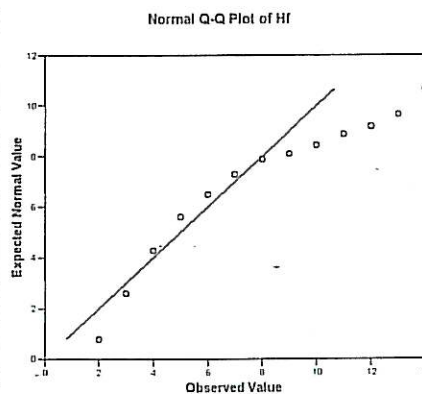
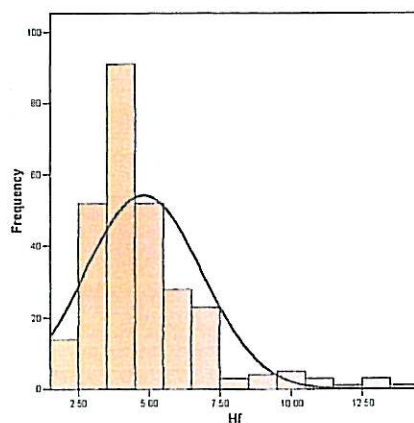
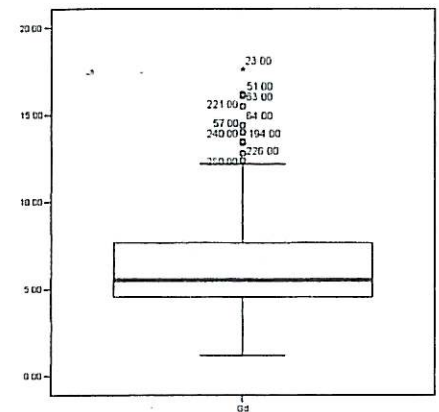
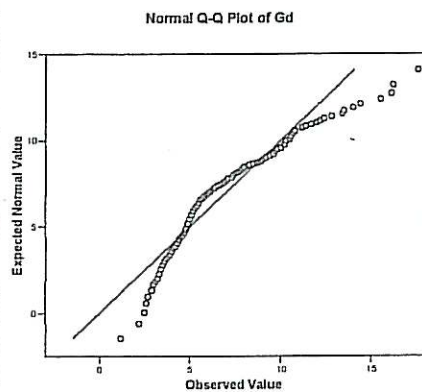
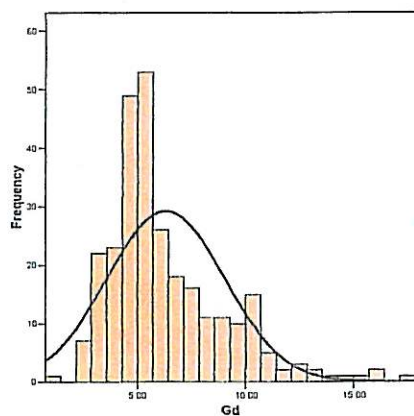
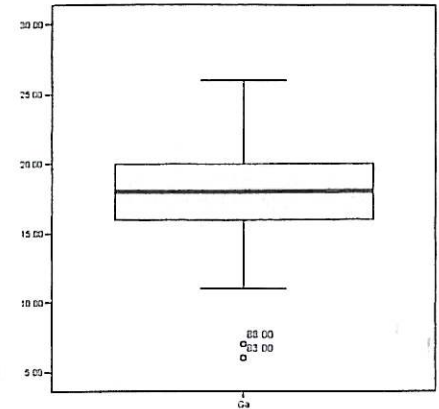
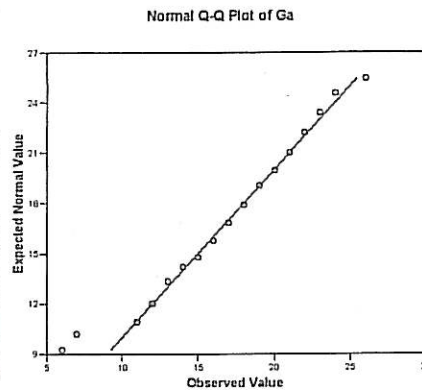
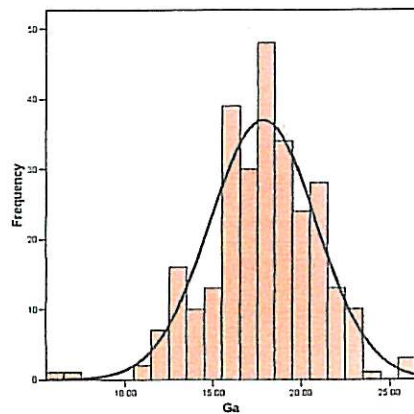


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلپیر و سراب

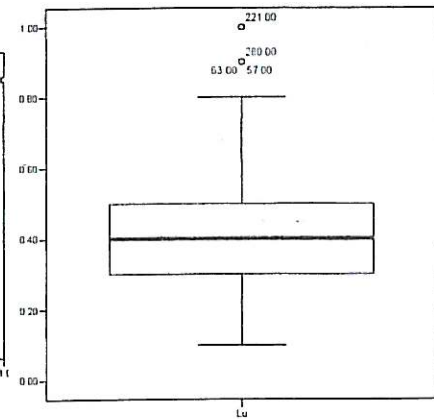
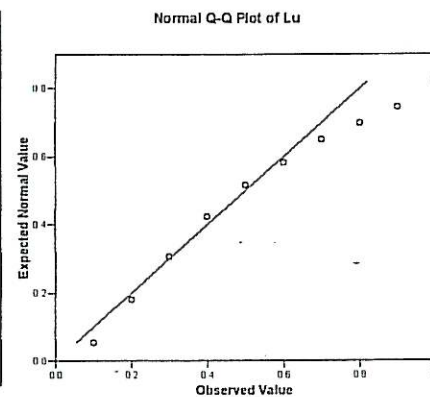
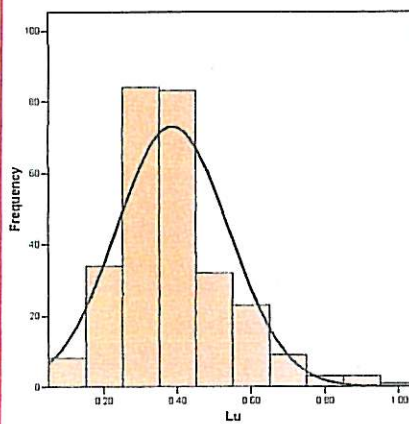
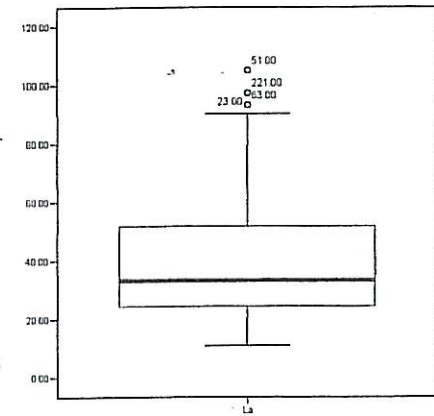
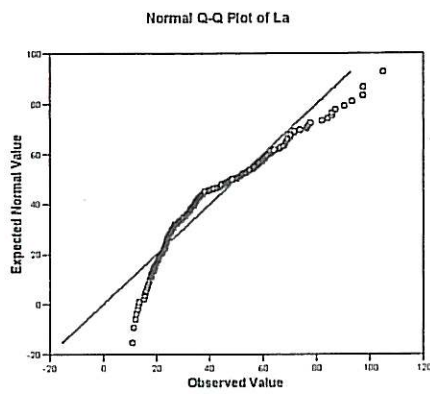
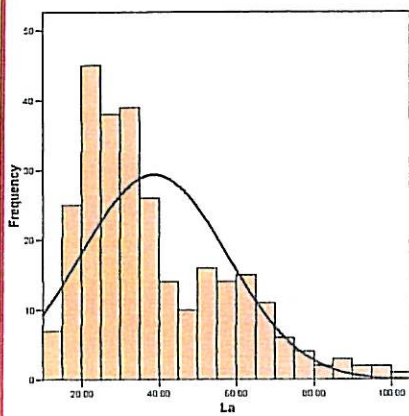
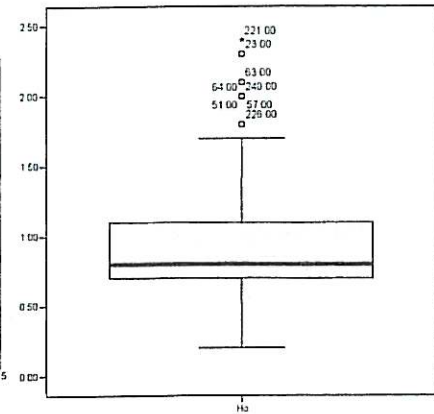
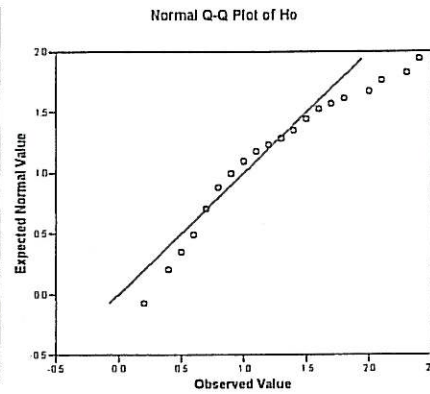
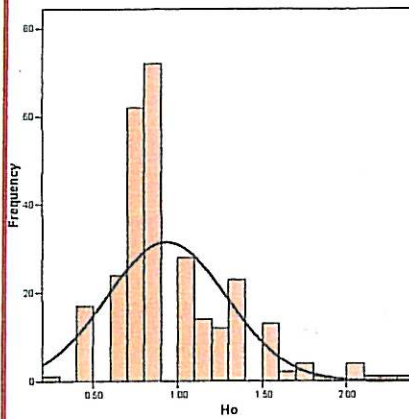




اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

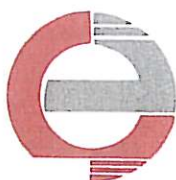
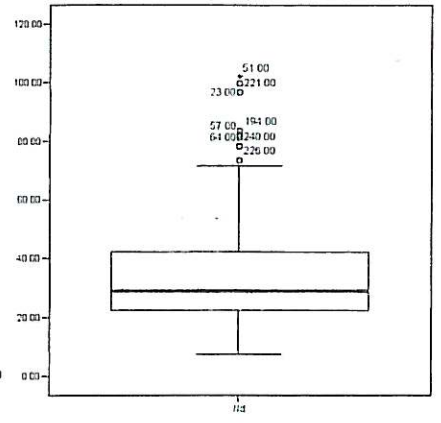
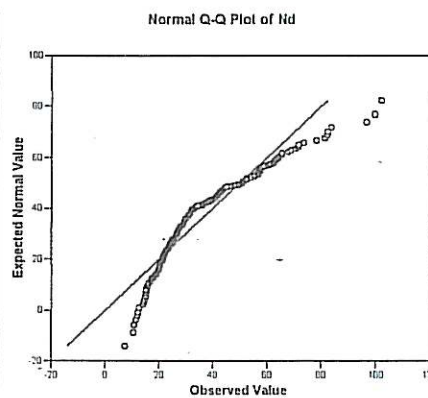
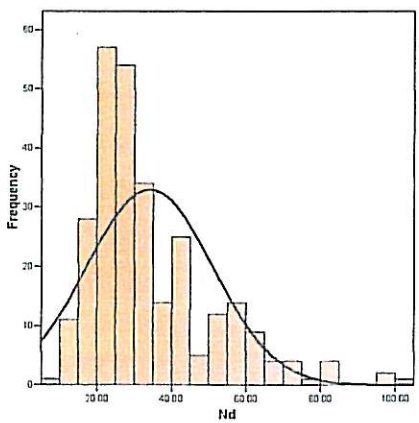
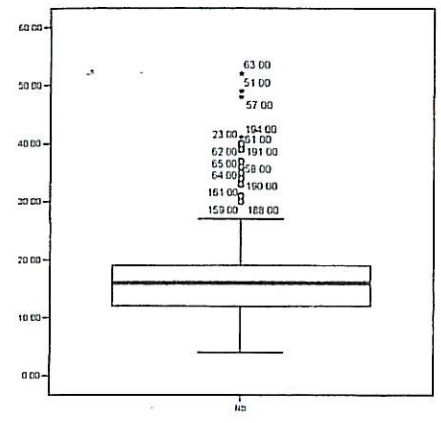
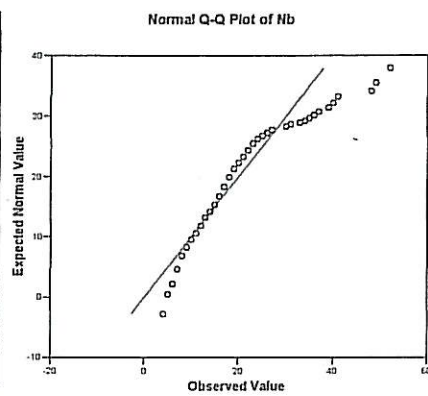
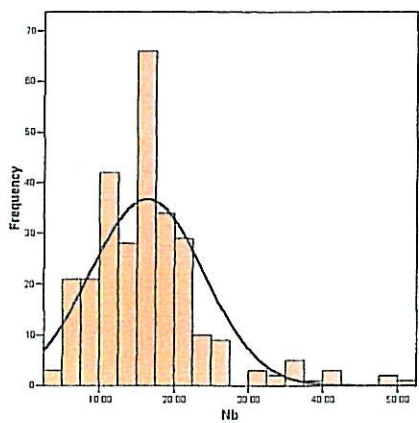
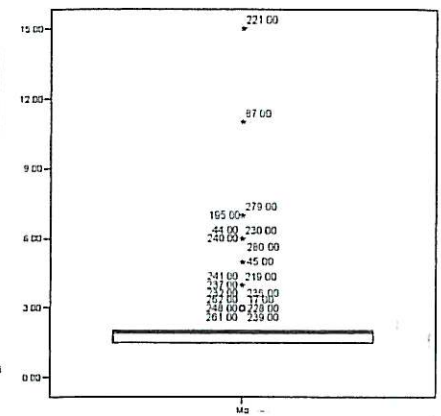
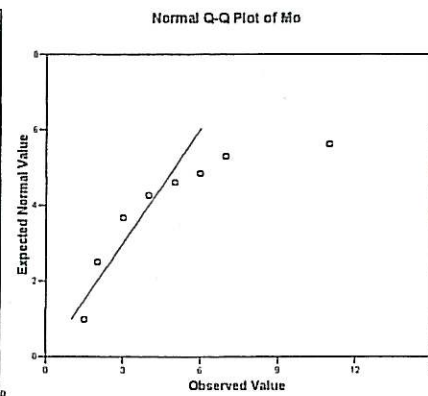
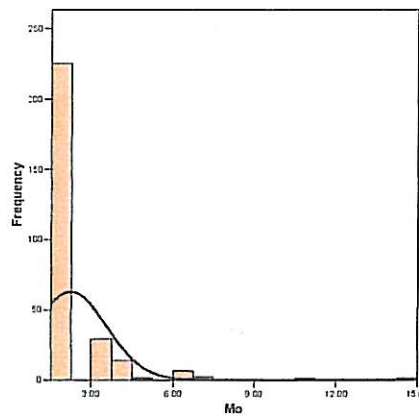


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

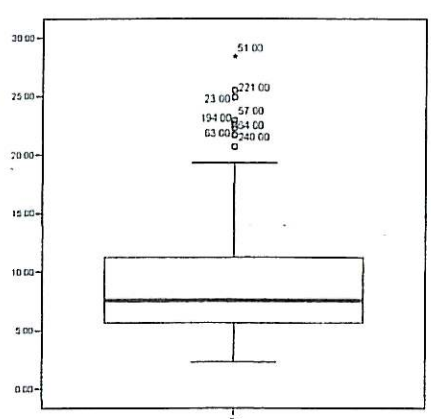
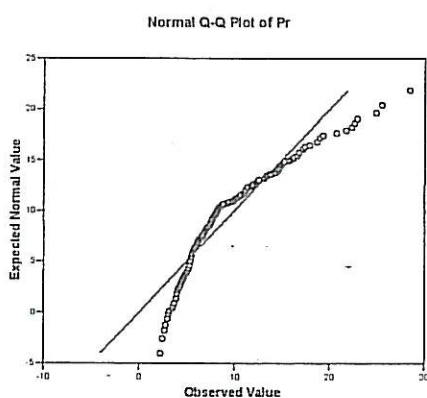
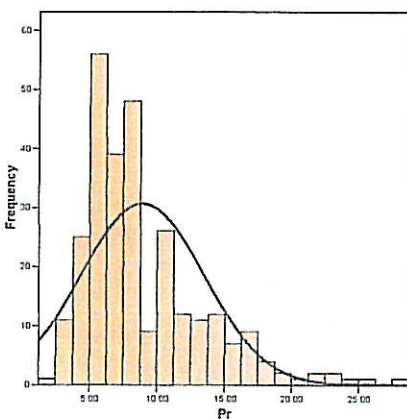
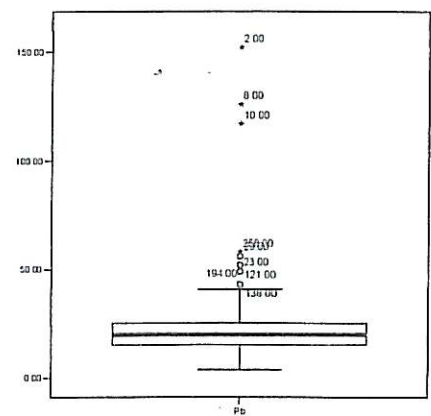
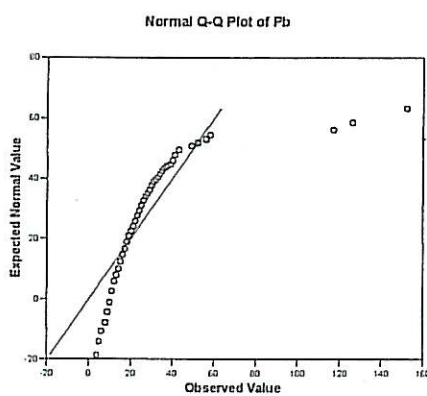
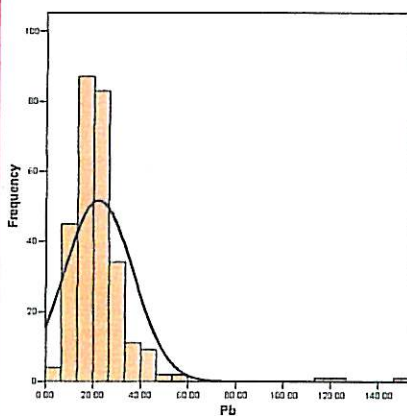
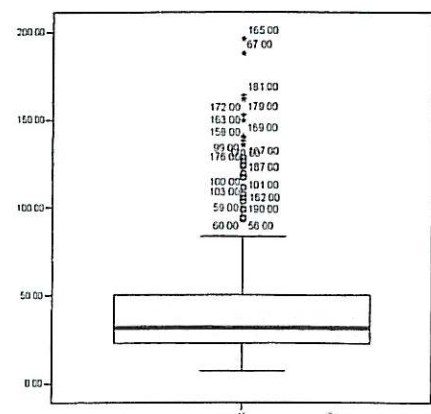
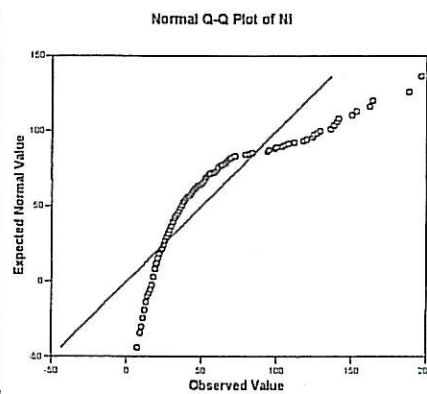
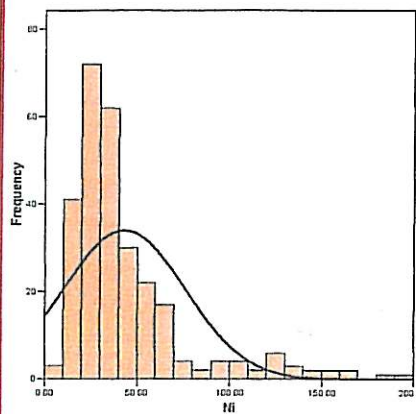




اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلبر و سراب

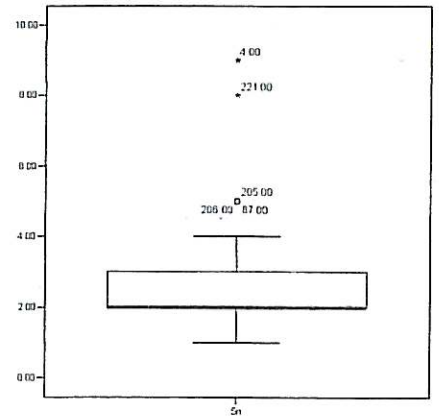
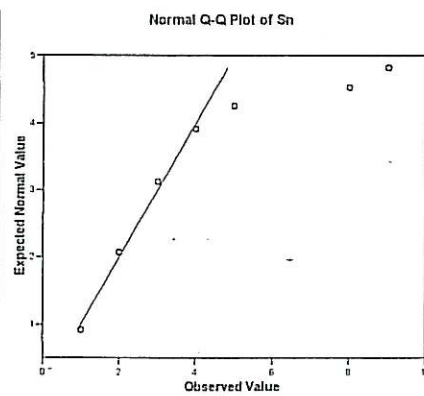
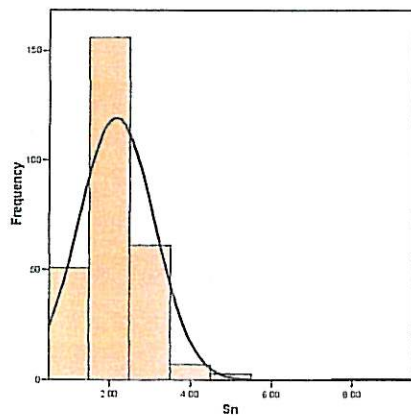
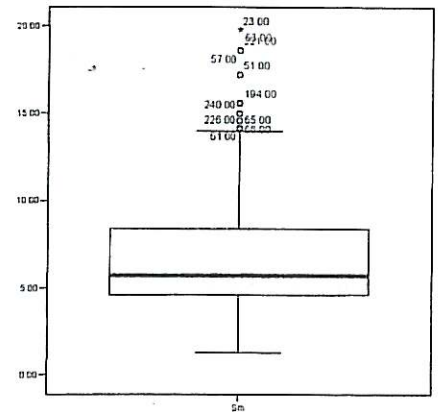
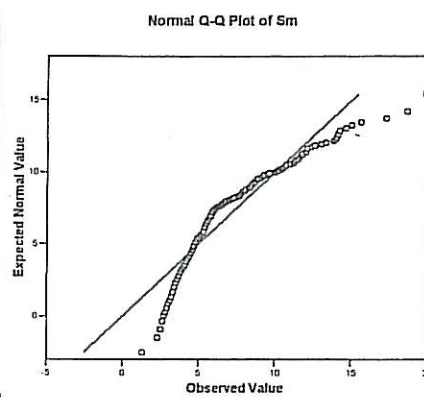
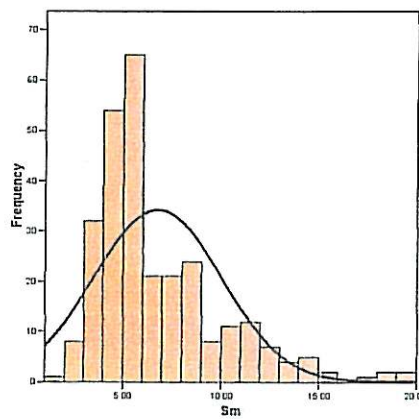
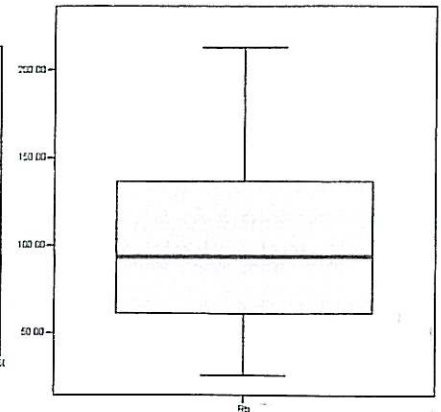
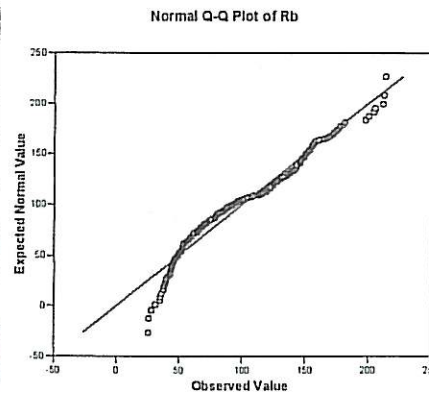
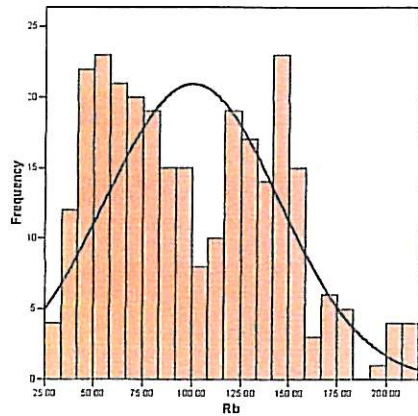


اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

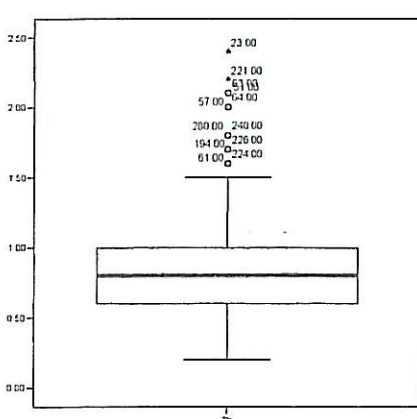
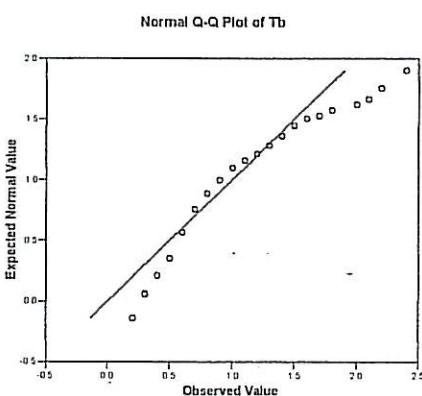
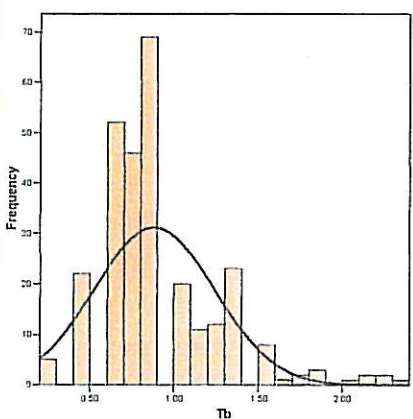
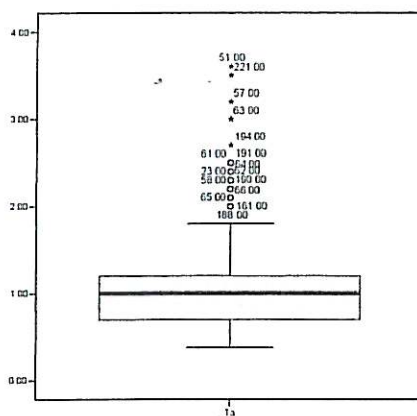
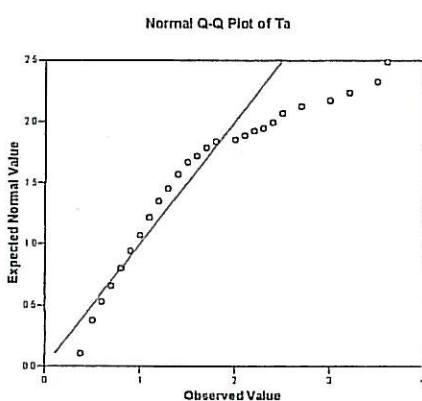
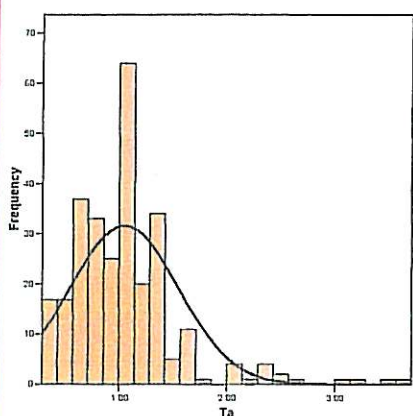
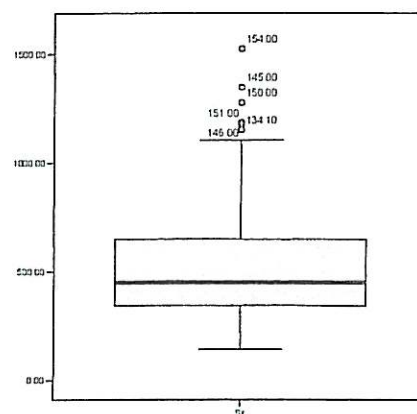
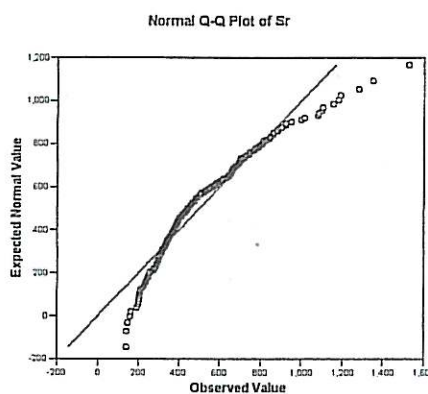
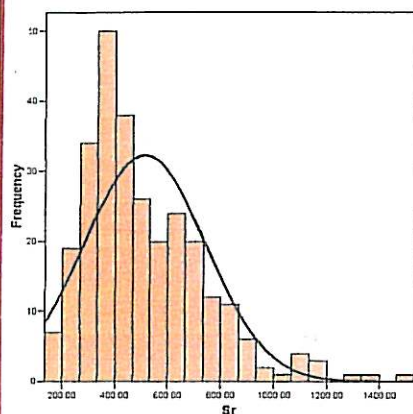




اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

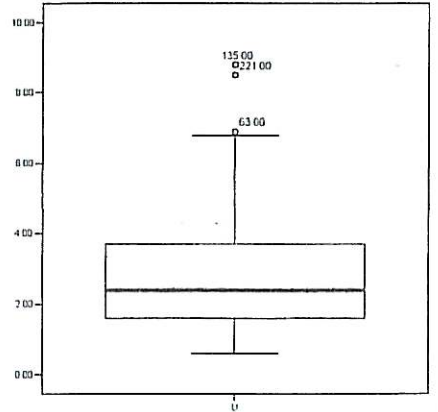
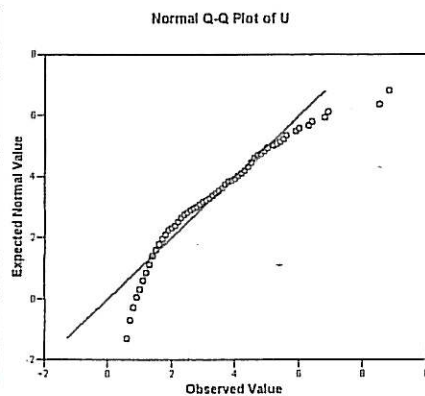
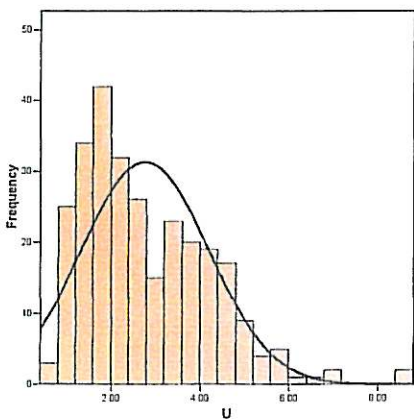
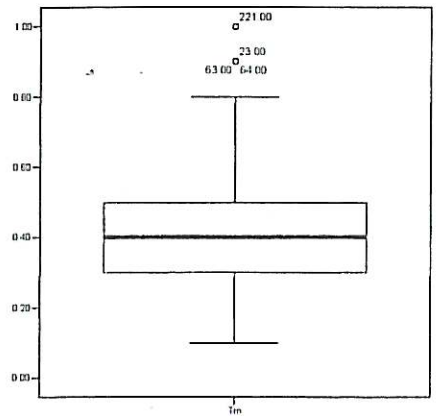
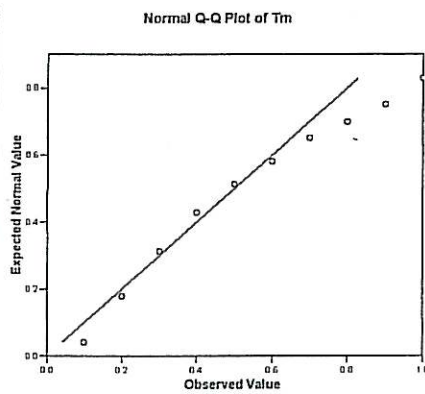
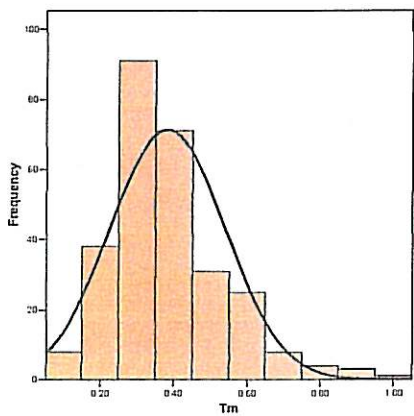
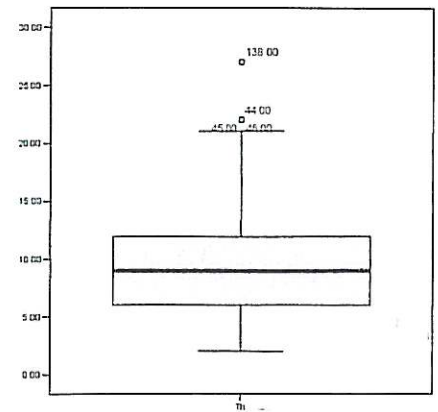
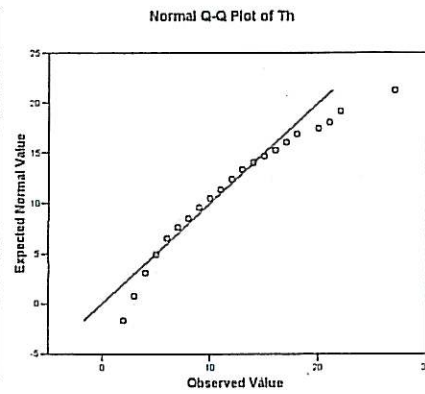
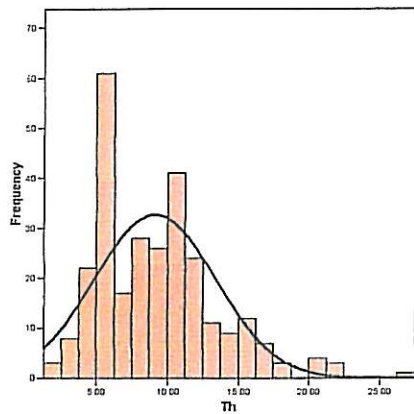


اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب

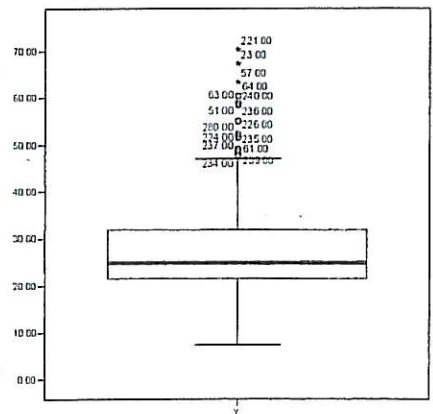
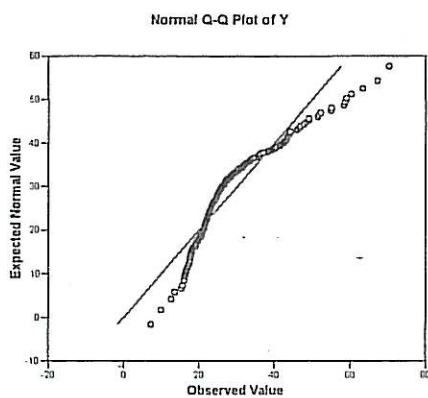
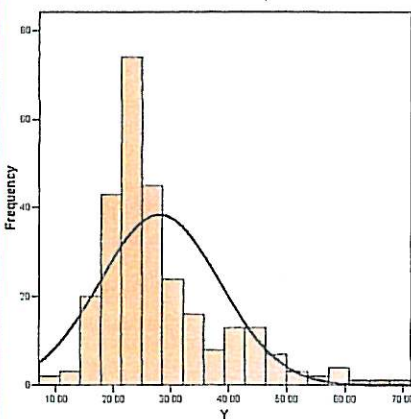
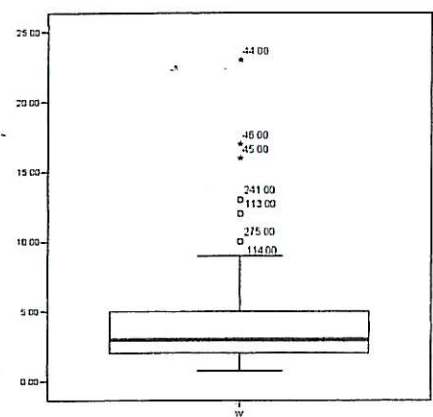
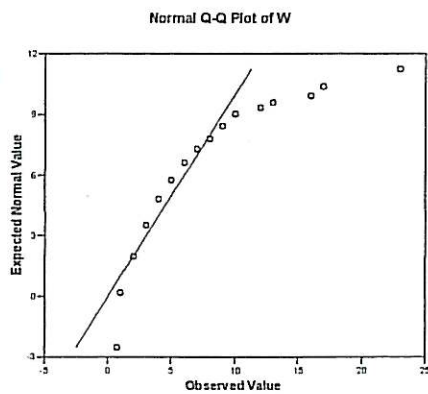
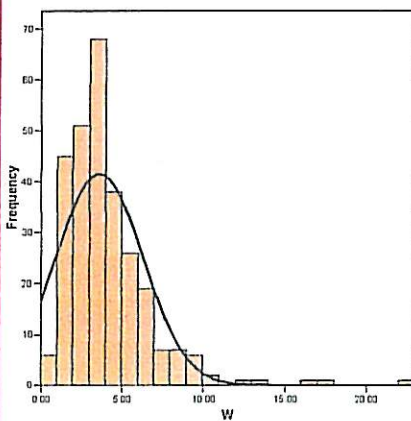
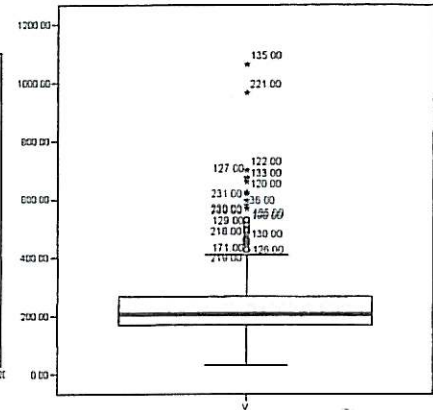
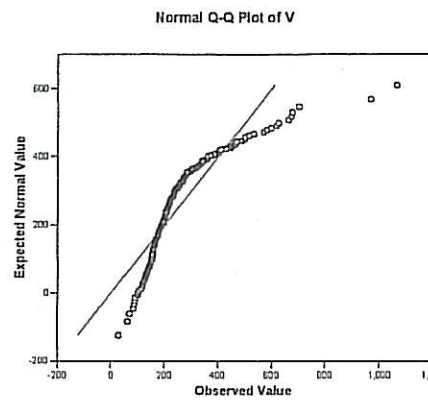
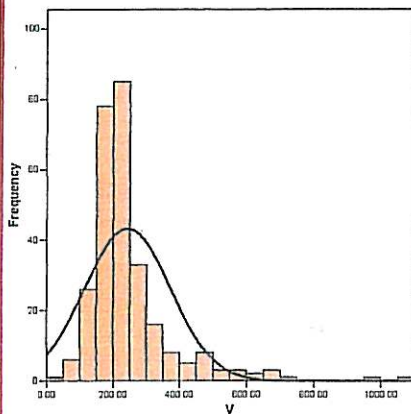




اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب



اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیر و سراب





اکتشاف ژئوشیمیایی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

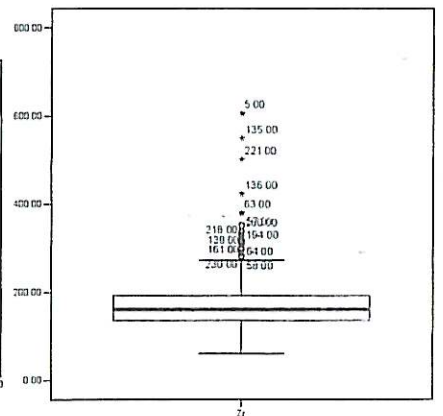
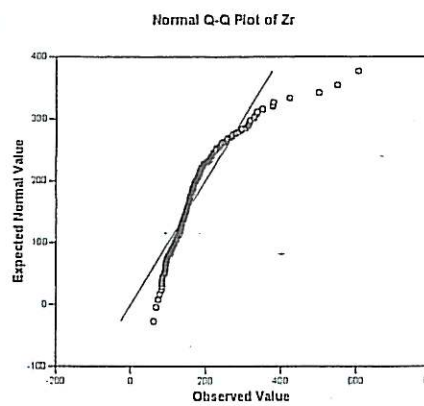
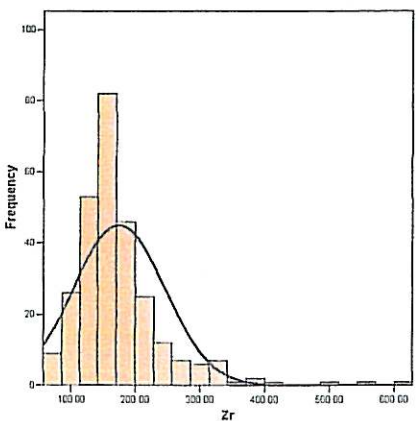
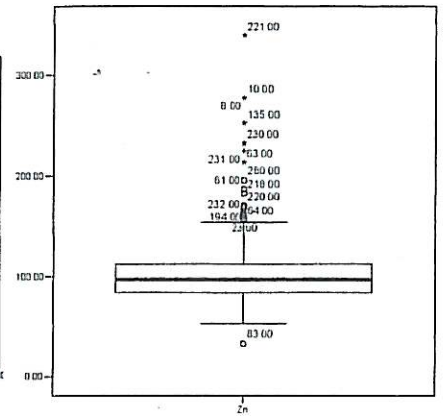
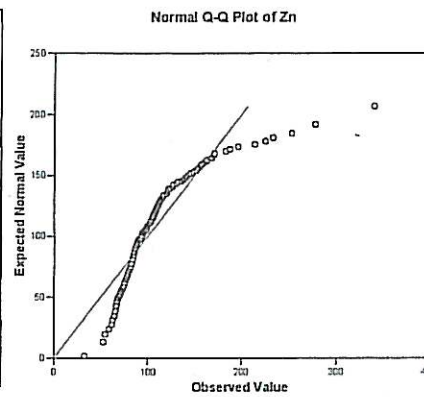
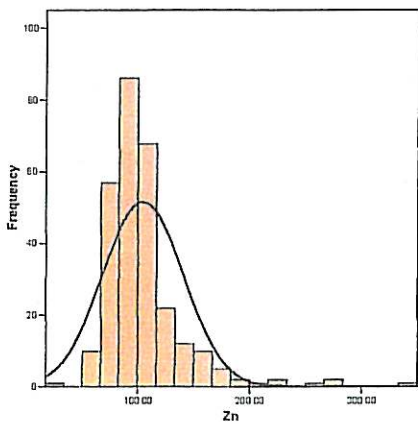
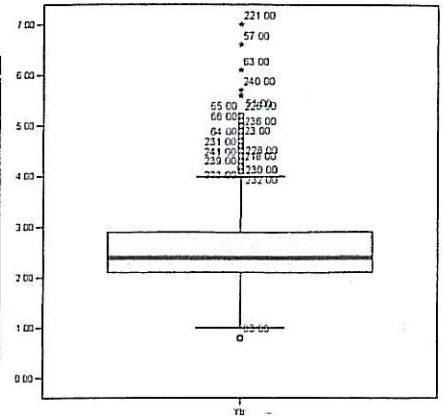
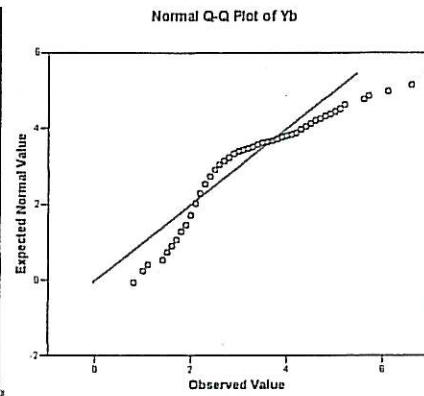
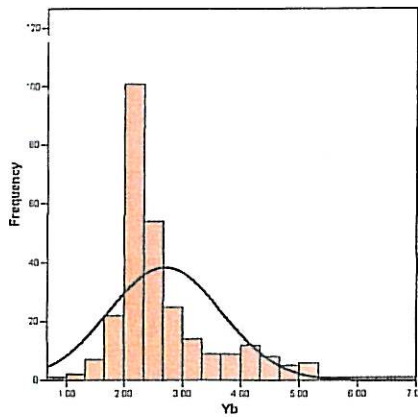


TABLE 5-1:THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar &amp; Sarab

| FIELD NO.          | 2      | 5      | 8        | 9      | 23      | 25     |
|--------------------|--------|--------|----------|--------|---------|--------|
| Total Volume cc A  | 2000   | 2700   | 2700     | 2700   | 3500    | 3500   |
| Panned Volume cc B | 2      | 7      | 20       | 1.5    | 6       | 3      |
| Study Volume cc C  | 2      | 7      | 20       | 1.5    | 6       | 3      |
| Heavy Volume cc Y  | 1      | 1      | 19.5     | 1.3    | 5       | 1      |
| Magnetite          | 388.50 | 172.67 | 11223.33 | 616.04 | 1628.00 | 177.60 |
| Hematite           | 105.20 | 64.29  | 379.89   | 17.73  | 67.63   | 72.14  |
| Ilmenite           | 0.01   | 0.00   | 0.00     | 0.01   | 0.00    | 1.61   |
| Chromite           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Garnets            | 0.01   | 0.01   | 86.67    | 0.01   | 308.57  | 0.01   |
| Pyroxenes          | 120.00 | 134.44 | 325.00   | 101.11 | 38.57   | 41.14  |
| Amphiboles         | 15.00  | 12.22  | 866.67   | 30.33  | 385.71  | 20.57  |
| Epidotes           | 17.50  | 1.43   | 176.94   | 47.19  | 0.01    | 72.00  |
| Biotite            | 0.00   | 0.00   | 0.01     | 0.01   | 0.00    | 0.00   |
| Pyrite oxide       | 0.01   | 0.01   | 0.01     | 0.01   | 0.01    | 0.01   |
| Pyrite Limonite    | 0.01   | 0.00   | 0.00     | 0.01   | 0.00    | 0.01   |
| Oligiste           | 15.60  | 0.01   | 0.01     | 0.01   | 0.00    | 1.78   |
| Limonite           | 1.75   | 1.43   | 0.01     | 1.18   | 0.00    | 1.20   |
| Martite            | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Spinel             | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Pyrolusite         | 0.01   | 0.01   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Goethite           | 0.01   | 0.01   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.01   |
| Zircon             | 0.01   | 0.01   | 3.25     | 0.22   | 6.43    | 0.13   |
| Apatite            | 0.15   | 0.11   | 195.00   | 0.14   | 17.14   | 0.09   |
| Rutile             | 0.00   | 0.01   | 0.01     | 0.00   | 0.01    | 0.01   |
| Barite             | 0.01   | 0.01   | 32.50    | 0.22   | 12.86   | 0.01   |
| Sphene             | 0.01   | 0.01   | 505.56   | 0.17   | 155.00  | 0.10   |
| Anatase            | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Leucosene          | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Pyrite             | 0.01   | 0.01   | 0.00     | 0.01   | 0.01    | 0.01   |
| Galena             | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Cerussite          | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Sphalerite         | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Flourite           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Chalcopyrite       | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Malachite          | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Cinnabar           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Scheelite          | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Gold               | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Orpiment           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Corundum           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Azorite            | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Diopaz             | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Brookite           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Pyromorphite       | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Mimetite           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Vanadinite         | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Native copper      | 0.00   | .01(2) | 0.00     | .01(1) | 0.00    | .01(1) |
| Native lead        | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Molybdenite        | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Litharge           | 0.00   | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00   |
| Ca,Carbonate       | 0.01   | 0.10   | 1.96     | 0.01   | 0.39    | 0.08   |
| Altered minerals   | 150.15 | 161.11 | 357.50   | 39.14  | 43.71   | 75.43  |
| Light minerals     | 0.01   | 0.00   | 0.01     | 0.00   | 0.01    | 0.01   |



TABLE 5-1:THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar &amp; Sarab

| FIELD NO.          | 37     | 44     | 45      | 46     | 49      | 51      |
|--------------------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|
| Total Volume cc A  | 3200   | 2500   | 3000    | 2400   | 2500    | 2500    |
| Panned Volume cc B | 2      | 2      | 7       | 3      | 7       | 13      |
| Study Volume cc C  | 2      | 2      | 7       | 3      | 7       | 13      |
| Heavy Volume cc Y  | 1.5    | 1.5    | 6       | 0.5    | 6       | 11.5    |
| Magnetite          | 276.81 | 590.52 | 1574.72 | 21.58  | 3480.96 | 2859.36 |
| Hematite           | 32.05  | 0.01   | 0.01    | 20.82  | 151.49  | 0.01    |
| Ilmenite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.01    | 0.00    |
| Chromite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Garnets            | 0.01   | 24.00  | 0.01    | 158.33 | 172.80  | 0.01    |
| Pyroxenes          | 18.28  | 3.60   | 66.00   | 0.01   | 43.20   | 179.40  |
| Amphiboles         | 109.69 | 216.00 | 858.00  | 35.63  | 302.40  | 2511.60 |
| Epidotes           | 170.63 | 12.60  | 0.01    | 0.01   | 50.40   | 0.00    |
| Biotite            | 0.00   | 0.00   | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.00    |
| Pyrite oxide       | 0.01   | 0.00   | 0.01    | 19.79  | 7.20    | 0.01    |
| Pyrite Limonite    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.01   | 0.01    | 0.01    |
| Oligiste           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.01    | 0.01    |
| Limonite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.01    | 0.00    |
| Martite            | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Spinel             | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyrolusite         | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Goethite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Zircon             | 2.95   | 0.27   | 0.90    | 0.09   | 43.20   | 2.07    |
| Apatite            | 0.56   | 5.40   | 30.00   | 10.63  | 64.80   | 41.40   |
| Rutile             | 0.01   | 0.00   | 0.01    | 0.00   | 0.01    | 0.01    |
| Barite             | 0.42   | 2.70   | 27.00   | 0.56   | 1.08    | 207.00  |
| Sphene             | 114.84 | 113.40 | 315.00  | 28.44  | 210.00  | 676.20  |
| Anatase            | 0.01   | 0.00   | 0.01    | 0.00   | 0.01    | 0.00    |
| Leucosene          | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyrite             | 0.00   | 0.01   | 0.00    | 0.01   | 0.01    | 0.01    |
| Galena             | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Cerussite          | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Sphalerite         | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Flourite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.01    | 0.01    |
| Chalcopryite       | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Malachite          | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Cinnabar           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Scheelite          | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | .01(3)  | 0.00    |
| Gold               | *      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Orpiment           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Corundum           | 0.01   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Azorite            | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Diopiaz            | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Brookite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyromorphite       | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Mimetite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Vanadinite         | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Native copper      | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Native lead        | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | .01(1)  | .01(1)  |
| Molybdenite        | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Litharge           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Ca,Carbonate       | 0.13   | 0.01   | 0.54    | 0.01   | 0.00    | 1.25    |
| Altered minerals   | 10.41  | 54.00  | 246.60  | 36.31  | 139.68  | 546.48  |
| Light minerals     | 0.01   | 0.01   | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01    |
| Monazite           | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | .01(1)  | 0.00    |
| Nigrin             | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.01    | 0.00    |



TABLE 5-1:THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar &amp; Sarab

| FIELD NO.          | 54      | 57      | 58      | 59     | 61      | 122     |
|--------------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Total Volume cc A  | 3000    | 2300    | 2500    | 3000   | 2300    | 2700    |
| Panned Volume cc B | 7       | 4       | 11      | 8      | 1       | 7       |
| Study Volume cc C  | 7       | 4       | 11      | 8      | 1       | 7       |
| Heavy Volume cc Y  | 6.5     | 1.5     | 8.5     | 6.5    | 0.7     | 6.5     |
| Magnetite          | 2345.68 | 304.04  | 4579.12 | 224.47 | 315.30  | 3080.18 |
| Hematite           | 10.26   | 154.37  | 125.19  | 0.01   | 32.02   | 8.86    |
| Ilmenite           | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00   | 0.01    | 0.00    |
| Chromite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Garnets            | 78.00   | 3.91    | 190.40  | 0.01   | 17.04   | 40.44   |
| Pyroxenes          | 5.85    | 146.74  | 214.20  | 936.00 | 45.65   | 505.56  |
| Amphiboles         | 585.00  | 88.04   | 571.20  | 819.00 | 63.91   | 202.22  |
| Epidotes           | 6.83    | 3.42    | 8.33    | 0.01   | 1.07    | 82.57   |
| Biotite            | 0.01    | 0.00    | 0.01    | 0.00   | 0.00    | 0.01    |
| Pyrite oxide       | 0.01    | 0.01    | 0.01    | 0.00   | 0.01    | 0.00    |
| Pyrite Limonite    | 0.00    | 0.01    | 0.01    | 0.00   | 0.01    | 0.01    |
| Oligiste           | 0.01    | 0.01    | 0.01    | 0.00   | 0.01    | 0.00    |
| Limonite           | 0.00    | 0.01    | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01    |
| Martite            | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Spinel             | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyrolusite         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Goethite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Zircon             | 0.98    | 0.29    | 15.30   | 0.01   | 0.14    | 1.08    |
| Apatite            | 26.00   | 0.20    | 51.00   | 6.50   | 0.09    | 0.72    |
| Rutile             | 0.01    | 0.01    | 0.01    | 0.01   | 0.01    | 0.01    |
| Barite             | 9.75    | 0.01    | 15.30   | 0.98   | 0.14    | 1.08    |
| Sphene             | 447.42  | 68.71   | 404.60  | 553.58 | 10.76   | 59.82   |
| Anatase            | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.01   | 0.00    | 0.00    |
| Leucosene          | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyrite             | 0.00    | 0.01    | 0.01    | 0.00   | 0.00    | 0.01    |
| Galena             | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Cerussite          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Sphalerite         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Flourite           | 0.00    | 0.00    | 0.01    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Chalcopyrite       | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Malachite          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Cinnabar           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Scheelite          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.01(1) | 0.00    |
| Gold               | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | *       |
| Orpiment           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Corundum           | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.01   | 0.00    | 0.00    |
| Azorite            | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Diopiaz            | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Brookite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyromorphite       | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Mimetite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Vanadinite         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Native copper      | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Native lead        | 0.00    | 0.01(2) | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Molybdenite        | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Litharge           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Ca,Carbonate       | 0.01    | 0.01    | 0.92    | 0.01   | 0.01    | 0.65    |
| Altered minerals   | 312.00  | 225.20  | 228.48  | 234.65 | 28.40   | 245.56  |
| Light minerals     | 0.01    | 0.01    | 0.01    | 0.01   | 0.00    | 0.01    |
| Powellite          | 0.01(1) | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    | 0.00    |



TABLE 5-1:THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar &amp; Sarab

| FIELD NO.          | 125      | 127     | 131      | 132      | 133      | 135     |
|--------------------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Total Volume cc A  | 2000     | 2000    | 2800     | 2000     | 3000     | 3000    |
| Panned Volume cc B | 44       | 17      | 21       | 28       | 25       | 8       |
| Study Volume cc C  | 30       | 17      | 21       | 28       | 25       | 8       |
| Heavy Volume cc Y  | 29       | 11.5    | 20.5     | 26.5     | 23.5     | 7.5     |
| Magnetite          | 30845.17 | 5718.72 | 12894.50 | 20590.50 | 12173.00 | 3108.00 |
| Hematite           | 0.01     | 0.01    | 115.53   | 348.48   | 288.42   | 21.04   |
| Ilmenite           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Chromite           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Garnets            | 0.01     | 0.00    | 878.57   | 106.00   | 94.00    | 80.00   |
| Pyroxenes          | 765.60   | 276.00  | 39.54    | 198.75   | 235.00   | 60.00   |
| Amphiboles         | 5742.00  | 2070.00 | 527.14   | 2186.25  | 940.00   | 660.00  |
| Epidotes           | 44.66    | 16.10   | 107.63   | 139.13   | 274.17   | 42.00   |
| Biotite            | 38.28    | 13.80   | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.01    |
| Pyrite oxide       | 0.00     | 0.00    | 0.01     | 0.00     | 0.01     | 0.00    |
| Pyrite Limonite    | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Oligiste           | 0.00     | 0.00    | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.00    |
| Limonite           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.01     | 0.01    |
| Martite            | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Spinel             | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Pyrolusite         | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Goethite           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Zircon             | 287.10   | 51.75   | 197.68   | 119.25   | 141.00   | 1.13    |
| Apatite            | 957.00   | 224.25  | 87.86    | 397.50   | 117.50   | 6.00    |
| Rutile             | 0.01     | 0.01    | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.01    |
| Barite             | 95.70    | 103.50  | 32.95    | 59.63    | 35.25    | 1.13    |
| Sphene             | 74.43    | 2.01    | 538.13   | 1252.13  | 685.42   | 218.75  |
| Anatase            | 0.01     | 0.01    | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.01    |
| Leucosene          | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Pyrite             | 0.00     | 0.00    | 3.66     | 0.00     | 3.92     | 0.01    |
| Galena             | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Cerussite          | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Sphalerite         | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Flourite           | 0.00     | 0.00    | 0.01     | 0.00     | 0.01     | 0.00    |
| Chalcopyrite       | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Malachite          | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Cinnabar           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Scheelite          | 0.00     | 0.00    | 0.00     | .01(1)   | 0.00     | .01(1)  |
| Gold               | *        | *       | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Orpiment           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Corundum           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Azorite            | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Diopaz             | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Brookite           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Pyromorphite       | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Mimetite           | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Vanadinite         | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Native copper      | 0.00     | .01(1)  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Native lead        | 0.00     | .01(1)  | 0.00     | 0.00     | .01(1)   | 0.00    |
| Molybdenite        | 0.00     | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Litharge           | .01(1)   | .01(1)  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    |
| Ca,Carbonate       | 5.76     | 15.58   | 1.98     | 3.59     | 2.12     | 0.07    |
| Altered minerals   | 1237.72  | 1243.73 | 303.11   | 461.10   | 390.10   | 189.08  |
| Light minerals     | 0.01     | 0.01    | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.01    |



TABLE 5-1: THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar &amp; Sarab

| FIELD NO.          | 136     | 150    | 154    | 156     | 161     | 165    |
|--------------------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|
| Total Volume cc A  | 3000    | 2800   | 3000   | 2500    | 2200    | 2300   |
| Panned Volume cc B | 11      | 1.5    | 4      | 9       | 2       | 1.5    |
| Study Volume cc C  | 11      | 1.5    | 4      | 9       | 2       | 1.5    |
| Heavy Volume cc Y  | 10.5    | 1      | 0.5    | 7.5     | 1       | 1      |
| Magnetite          | 5801.60 | 518.00 | 224.47 | 4133.64 | 47.09   | 128.37 |
| Hematite           | 7.36    | 11.27  | 0.53   | 37.87   | 4.78    | 54.43  |
| Ilmenite           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Chromite           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Garnets            | 0.00    | 8.57   | 0.40   | 72.00   | 0.01    | 2.96   |
| Pyroxenes          | 126.00  | 19.29  | 9.00   | 108.00  | 109.09  | 88.70  |
| Amphiboles         | 336.00  | 38.57  | 39.00  | 432.00  | 354.55  | 199.57 |
| Epidotes           | 0.01    | 15.00  | 3.50   | 126.00  | 0.01    | 2.59   |
| Biotite            | 0.01    | 0.01   | 0.01   | 0.01    | 0.00    | 0.00   |
| Pyrite oxide       | 0.00    | 0.01   | 0.01   | 0.01    | 0.00    | 0.01   |
| Pyrite Limonite    | 0.00    | 0.01   | 0.00   | 0.01    | 0.00    | 0.01   |
| Oligiste           | 0.00    | 0.01   | 0.00   | 0.01    | 0.00    | 0.01   |
| Limonite           | 0.00    | 0.01   | 0.00   | 0.01    | 0.00    | 15.52  |
| Martite            | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Spinel             | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Pyrolusite         | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.01    | 0.01    | 0.00   |
| Goethite           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Zircon             | 63.00   | 0.16   | 1.50   | 13.50   | 2.05    | 1.96   |
| Apatite            | 105.00  | 0.11   | 7.00   | 45.00   | 0.14    | 3.91   |
| Rutile             | 0.01    | 0.01   | 0.67   | 0.01    | 0.01    | 0.01   |
| Barite             | 1.58    | 0.01   | 2.25   | 27.00   | 4.09    | 1.96   |
| Sphene             | 122.50  | 30.13  | 0.06   | 241.50  | 122.50  | 70.00  |
| Anatase            | 0.01    | 0.00   | 0.01   | 0.00    | 0.01    | 0.00   |
| Leucosene          | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Pyrite             | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.01    | 0.01   |
| Galena             | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Cerussite          | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Sphalerite         | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Flourite           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Chalcopyrite       | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Malachite          | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Cinnabar           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Scheelite          | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Gold               | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Orpiment           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Corundum           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.01    | 0.00   |
| Azorite            | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Diopaz             | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Brookite           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Pyromorphite       | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Mimetite           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Vanadinite         | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Native copper      | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Native lead        | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.01(1) | 0.00   |
| Molybdenite        | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Litharge           | 0.00    | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00   |
| Ca, Carbonate      | 0.95    | 0.01   | 0.01   | 0.01    | 0.01    | 1.18   |
| Altered minerals   | 352.80  | 20.79  | 9.65   | 351.00  | 3.00    | 73.04  |
| Light minerals     | 0.01    | 0.00   | 0.01   | 0.01    | 0.01    | 0.01   |



TABLE 5-1: THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar & Sarab

| FIELD NO.          | 171   | 180      | 218      | 219      | 220     | 221      |
|--------------------|-------|----------|----------|----------|---------|----------|
| Total Volume cc A  | 2600  | 3000     | 3000     | 3500     | 3000    | 2500     |
| Panned Volume cc B | 1     | 33       | 86       | 29       | 25      | 31       |
| Study Volume cc C  | 1     | 33       | 30       | 29       | 25      | 31       |
| Heavy Volume cc Y  | 0.6   | 32       | 26.5     | 25.5     | 17.5    | 28.5     |
| Magnetite          | 22.71 | 14365.87 | 39350.73 | 12076.80 | 7252.00 | 18896.64 |
| Hematite           | 97.11 | 0.01     | 532.78   | 153.29   | 245.47  | 239.86   |
| Ilmenite           | 21.69 | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Chromite           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Garnets            | 0.01  | 0.01     | 0.01     | 11.66    | 0.01    | 0.01     |
| Pyroxenes          | 69.23 | 896.00   | 607.73   | 524.57   | 420.00  | 1094.40  |
| Amphiboles         | 41.54 | 2912.00  | 3342.53  | 786.86   | 1400.00 | 820.80   |
| Epidotes           | 0.01  | 261.33   | 354.51   | 0.01     | 163.33  | 15.96    |
| Biotite            | 0.00  | 0.01     | 607.73   | 0.01     | 140.00  | 0.01     |
| Pyrite oxide       | 0.01  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.01    | 0.01     |
| Pyrite Limonite    | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Oligiste           | 0.01  | 0.00     | 0.01     | 0.01     | 0.00    | 0.01     |
| Limonite           | 32.31 | 0.01     | 0.01     | 102.00   | 0.00    | 0.00     |
| Martite            | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.01     |
| Spinel             | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Pyrolusite         | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Goethite           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Zircon             | 0.01  | 48.00    | 113.95   | 32.79    | 26.25   | 102.60   |
| Apatite            | 0.07  | 480.00   | 1291.43  | 284.14   | 280.00  | 513.00   |
| Rutile             | 0.00  | 0.00     | 10.13    | 17.49    | 0.01    | 45.60    |
| Barite             | 0.01  | 144.00   | 11.40    | 98.36    | 26.25   | 20.52    |
| Sphene             | 0.00  | 3.73     | 212.71   | 127.50   | 40.83   | 23.94    |
| Anatase            | 0.00  | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.01    | 0.01     |
| Leucoxene          | 0.01  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Pyrite             | 0.00  | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.01    | 0.00     |
| Galena             | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Cerussite          | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Sphalerite         | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Flourite           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Chalcopyrite       | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Malachite          | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Cinnabar           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Scheelite          | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Gold               | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Orpiment           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Corundum           | 0.00  | 0.00     | 0.01     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Azorite            | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Diopaz             | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Brookite           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Pyromorphite       | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Mimetite           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Vanadinite         | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Native copper      | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Native lead        | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.01(1)  | 0.00    | 0.00     |
| Molybdenite        | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Litharge           | 0.00  | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00     |
| Ca, Carbonate      | 0.06  | 28.91    | 6.86     | 1.97     | 1.58    | 3.09     |
| Altered minerals   | 69.99 | 489.60   | 1033.15  | 319.11   | 581.00  | 772.92   |
| Light minerals     | 0.01  | 0.01     | 0.01     | 0.01     | 0.01    | 0.01     |
| Monazite           | 0.00  | 0.00     | 0.01(1)  | 0.00     | 0.00    | 0.00     |



TABLE 5-1:THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar & Sarab

| FIELD NO.          | 222     | 228     | 229     | 230      | 231    | 232     | 233     |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|
| Total Volume cc A  | 2400    | 2700    | 2300    | 2400     | 3000   | 4000    | 3000    |
| Panned Volume cc B | 4       | 13      | 17      | 22       | 2.5    | 7       | 12      |
| Study Volume cc C  | 4       | 13      | 17      | 22       | 2.5    | 7       | 12      |
| Heavy Volume cc Y  | 2.5     | 11.5    | 11.5    | 15       | 2      | 5.5     | 9       |
| Magnetite          | 1230.25 | 5736.37 | 7252.00 | 10360.00 | 328.07 | 1566.95 | 2066.82 |
| Hematite           | 26.30   | 80.65   | 157.80  | 263.00   | 105.20 | 6.51    | 20.51   |
| Ilmenite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Chromite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Garnets            | 0.01    | 0.00    | 0.01    | 0.00     | 0.01   | 0.01    | 0.01    |
| Pyroxenes          | 125.00  | 613.33  | 630.00  | 225.00   | 210.00 | 148.50  | 351.00  |
| Amphiboles         | 75.00   | 460.00  | 900.00  | 900.00   | 90.00  | 445.50  | 1521.00 |
| Epidotes           | 175.00  | 8.94    | 0.01    | 0.01     | 14.00  | 0.01    | 0.01    |
| Biotite            | 0.00    | 30.67   | 0.01    | 7.50     | 18.00  | 3.71    | 11.70   |
| Pyrite oxide       | 0.01    | 0.00    | 0.01    | 0.01     | 0.01   | 0.01    | 0.00    |
| Pyrite Limonite    | 0.01    | 0.00    | 0.01    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Oligiste           | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00     | 0.01   | 0.00    | 0.00    |
| Limonite           | 58.33   | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.01    |
| Martite            | 0.01    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Spinel             | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyrolusite         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Goethite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Zircon             | 0.01    | 1.92    | 45.00   | 28.13    | 0.01   | 0.01    | 8.10    |
| Apatite            | 0.01    | 230.00  | 240.00  | 318.75   | 0.20   | 0.41    | 135.00  |
| Rutile             | 0.01    | 17.04   | 0.01    | 0.01     | 0.00   | 0.01    | 1.20    |
| Barite             | 0.01    | 19.17   | 22.50   | 28.13    | 0.01   | 0.01    | 40.50   |
| Sphene             | 0.01    | 1.49    | 17.50   | 21.88    | 3.55   | 0.00    | 14.70   |
| Anatase            | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.01     | 0.01   | 0.00    | 0.01    |
| Leucosene          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyrite             | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Galena             | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Cerussite          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Sphalerite         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Flourite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Chalcopryrite      | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Malachite          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Cinnabar           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Scheelite          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Gold               | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Orpiment           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Corundum           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Azorite            | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Diopzaz            | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Brookite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Pyromorphite       | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Mimetite           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Vanadinite         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Native copper      | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.01(1)  | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Native lead        | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Molybdenite        | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Litharge           | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00   | 0.00    | 0.00    |
| Ca,Carbonate       | 0.01    | 1.15    | 1.36    | 0.00     | 0.01   | 0.01    | 0.01    |
| Altered minerals   | 112.50  | 400.20  | 184.20  | 231.38   | 220.04 | 153.12  | 531.18  |
| Light minerals     | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.01     | 0.00   | 0.01    | 0.01    |



TABLE 5-1: THE STUDY OF HEAVY MINERAL IN Kaleybar &amp; Sarab

| FIELD NO.          | 234    | 235     | 236     | 239     | 240     | 241    | 246     |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Total Volume cc A  | 2000   | 2500    | 3000    | 3000    | 3400    | 3500   | 3000    |
| Panned Volume cc B | 3      | 7       | 14      | 5       | 14      | 7      | 4       |
| Study Volume cc C  | 3      | 7       | 14      | 5       | 14      | 7      | 4       |
| Heavy Volume cc Y  | 2.5    | 5.5     | 10.5    | 4       | 11      | 3      | 3.5     |
| Magnetite          | 647.50 | 1367.52 | 5076.40 | 1049.81 | 4692.47 | 888.00 | 1208.67 |
| Hematite           | 98.63  | 16.20   | 552.30  | 8.42    | 425.44  | 45.09  | 122.73  |
| Ilmenite           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Chromite           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Garnets            | 0.00   | 0.00    | 0.01    | 0.01    | 0.00    | 0.00   | 0.01    |
| Pyroxenes          | 281.25 | 369.60  | 252.00  | 288.00  | 97.06   | 77.14  | 105.00  |
| Amphiboles         | 450.00 | 831.60  | 378.00  | 336.00  | 339.71  | 334.29 | 210.00  |
| Epidotes           | 6.56   | 10.78   | 44.10   | 5.60    | 56.62   | 3.00   | 81.67   |
| Biotite            | 56.25  | 92.40   | 25.20   | 48.00   | 48.53   | 0.01   | 3.50    |
| Pyrite oxide       | 0.00   | 0.01    | 0.01    | 0.01    | 0.01    | 0.00   | 0.01    |
| Pyrite Limonite    | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Oligiste           | 0.01   | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 1.68    | 0.00   | 0.01    |
| Limonite           | 0.01   | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00    | 0.01   | 0.01    |
| Martite            | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Spinel             | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Pyrolusite         | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Goethite           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Zircon             | 5.63   | 9.90    | 31.50   | 0.01    | 29.12   | 3.86   | 0.53    |
| Apatite            | 48.75  | 92.40   | 115.50  | 0.40    | 116.47  | 43.71  | 52.50   |
| Rutile             | 0.01   | 0.01    | 14.00   | 0.01    | 12.94   | 3.43   | 4.67    |
| Barite             | 28.13  | 49.50   | 47.25   | 0.01    | 29.12   | 3.86   | 10.50   |
| Sphene             | 4.38   | 0.01    | 24.50   | 0.00    | 33.97   | 0.30   | 12.25   |
| Anatase            | 0.00   | 0.01    | 0.01    | 0.00    | 0.01    | 0.01   | 0.01    |
| Leucosene          | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Pyrite             | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.01    | 0.00   | 0.01    |
| Galena             | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | .01(1)  | 0.00   | 0.00    |
| Cerussite          | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Sphalerite         | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Flourite           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Chalcopyrite       | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Malachite          | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Cinnabar           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Scheelite          | 0.00   | 0.00    | .01(1)  | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Gold               | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Orpiment           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Corundum           | 0.00   | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.01    | 0.01   | 0.00    |
| Azorite            | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Diopaz             | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Brookite           | 0.00   | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Pyromorphite       | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | .01(2)  | 0.00   | 0.00    |
| Mimetite           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Vanadinite         | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Native copper      | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Native lead        | 0.00   | 0.00    | .01(1)  | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Molybdenite        | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Litharge           | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00   | 0.00    |
| Ca, Carbonate      | 0.34   | 0.60    | 0.95    | 0.01    | 0.88    | 0.01   | 0.01    |
| Altered minerals   | 283.20 | 558.49  | 277.20  | 320.08  | 207.90  | 10.29  | 245.70  |
| Light minerals     | 0.01   | 0.01    | 0.01    | 0.01    | 0.00    | 0.01   | 0.01    |

اکتشاف ژئوشیمیائی عناصر کمیاب در محدوده شهرستان کلیبر و سراب

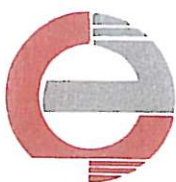
## پیوست‌های فصل دوم

داده‌های مربوط به خطای آنالیز  
نمودارهای خطاگیری تامپسون  
نمودارهای فراوانی و تجمعی داده‌های خام  
نمودارهای فراوانی و تجمعی داده‌های نرمال  
نتایج آنالیز داده‌های ژئوشیمیایی  
نتایج مطالعات نمونه‌های کانی‌سنگین





# پیوست نتایج آنالیز ژئوشیمیائی





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUEH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 1  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

CERTIFICATE VA05001309

Project: Tehran Padir  
P.O. No.: KAP-ALS93

This report is for 305 Pulp samples submitted to our lab in Tehran, Iran on 3-JAN-2005.

The following have access to data associated with this certificate:  
SOHRAB BATMANGLIDJ MOHAMMAD ZAIM

ANALYTICAL PROCEDURES

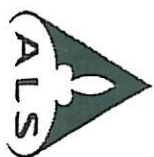
| ALS CODE | DESCRIPTION              | INSTRUMENT |
|----------|--------------------------|------------|
| ME-MS81  | 38 element fusion ICP-MS | ICP-MS     |

To: KANPANZHOUEH RESEARCH COMPANY  
ATTN: SOHRAB BATMANGLIDJ  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

Signature:





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

TO: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 2 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MSB1<br>Ag<br>ppm | ME-MSB1<br>Ba<br>ppm | ME-MSB1<br>Ce<br>ppm | ME-MSB1<br>Co<br>ppm | ME-MSB1<br>Cr<br>ppm | ME-MSB1<br>Cs<br>ppm | ME-MSB1<br>Cu<br>ppm | ME-MSB1<br>Dy<br>ppm | ME-MSB1<br>Er<br>ppm | ME-MSB1<br>Eu<br>ppm | ME-MSB1<br>Ga<br>ppm | ME-MSB1<br>Gd<br>ppm | ME-MSB1<br>Hf<br>ppm | ME-MSB1<br>Ho<br>ppm | ME-MSB1<br>La<br>ppm |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1                  | <1                                | 478                  | 46.5                 | 20.9                 | 90                   | 3.3                  | 50                   | 3.3                  | 1.9                  | 1.0                  | 20                   | 4.0                  | 4                    | 0.7                  | 25.7                 | 0.5                  |
| 2                  | <1                                | 453                  | 45.8                 | 17.7                 | 80                   | 3.0                  | 45                   | 3.0                  | 1.8                  | 1.1                  | 17                   | 4.4                  | 3                    | 0.7                  | 25.1                 | 0.5                  |
| 3                  | <1                                | 606                  | 75.3                 | 23.5                 | 110                  | 3.8                  | 66                   | 4.2                  | 2.6                  | 2.2                  | 21                   | 6.6                  | 3                    | 1.2                  | 35.7                 | 0.5                  |
| 4                  | <1                                | 608                  | 57.3                 | 19.4                 | 70                   | 3.5                  | 89                   | 3.2                  | 1.9                  | 0.8                  | 17                   | 5.1                  | 5                    | 0.8                  | 35.9                 | 0.5                  |
| 5                  | <1                                | 717                  | 98.5                 | 27.3                 | 60                   | 11.4                 | 140                  | 5.2                  | 3.4                  | 2.0                  | 21                   | 7.7                  | 14                   | 1.4                  | 43.1                 | 0.5                  |
| 6                  | <1                                | 516                  | 51.9                 | 19.9                 | 80                   | 4.4                  | 66                   | 4.1                  | 2.5                  | 0.7                  | 18                   | 6.4                  | 4                    | 1.0                  | 35.1                 | 0.5                  |
| 7                  | <1                                | 407                  | 57.6                 | 27.6                 | 110                  | 3.4                  | 124                  | 4.2                  | 2.5                  | 1.5                  | 18                   | 5.1                  | 4                    | 0.9                  | 27.7                 | 0.5                  |
| 8                  | <1                                | 464                  | 65.6                 | 22.0                 | 130                  | 3.6                  | 101                  | 3.3                  | 2.2                  | 0.4                  | 15                   | 5.9                  | 4                    | 1.0                  | 38.1                 | 0.5                  |
| 9                  | <1                                | 758                  | 91.6                 | 25.6                 | 110                  | 3.5                  | 89                   | 3.9                  | 2.4                  | 1.7                  | 22                   | 7.1                  | 4                    | 1.0                  | 46.2                 | 0.5                  |
| 10                 | <1                                | 438                  | 61.9                 | 22.0                 | 130                  | 3.5                  | 84                   | 3.7                  | 2.3                  | 1.0                  | 16                   | 5.2                  | 4                    | 0.9                  | 34.5                 | 0.5                  |
| 11                 | <1                                | 435                  | 69.3                 | 25.7                 | 110                  | 3.1                  | 58                   | 4.2                  | 2.5                  | 1.2                  | 18                   | 5.3                  | 5                    | 0.9                  | 39.8                 | 0.5                  |
| 12                 | <1                                | 418                  | 56.1                 | 28.8                 | 140                  | 3.5                  | 51                   | 4.2                  | 2.5                  | 2.5                  | 19                   | 4.8                  | 3                    | 0.9                  | 25.6                 | 0.5                  |
| 13                 | <1                                | 422                  | 49.2                 | 24.1                 | 130                  | 2.7                  | 51                   | 3.7                  | 2.3                  | 1.3                  | 16                   | 5.0                  | 4                    | 0.9                  | 26.2                 | 0.5                  |
| 14                 | <1                                | 450                  | 43.7                 | 24.5                 | 100                  | 2.4                  | 60                   | 3.9                  | 2.5                  | 1.0                  | 17                   | 4.4                  | 4                    | 0.8                  | 26.7                 | 0.5                  |
| 15                 | <1                                | 368                  | 46.2                 | 22.7                 | 80                   | 1.3                  | 39                   | 4.5                  | 2.8                  | 1.3                  | 16                   | 5.6                  | 4                    | 1.1                  | 27.0                 | 0.5                  |
| 16                 | <1                                | 407                  | 48.8                 | 23.8                 | 90                   | 4.2                  | 78                   | 3.9                  | 2.4                  | 0.4                  | 17                   | 6.1                  | 4                    | 1.0                  | 35.2                 | 0.5                  |
| 17                 | <1                                | 625                  | 109.5                | 15.0                 | 50                   | 5.9                  | 62                   | 5.2                  | 3.2                  | 2.1                  | 18                   | 9.8                  | 5                    | 1.4                  | 58.0                 | 0.5                  |
| 18                 | <1                                | 458                  | 56.8                 | 22.2                 | 80                   | 3.9                  | 61                   | 4.0                  | 2.4                  | 1.3                  | 17                   | 5.8                  | 4                    | 1.0                  | 31.3                 | 0.5                  |
| 19                 | <1                                | 486                  | 54.4                 | 18.1                 | 50                   | 4.2                  | 64                   | 3.1                  | 1.9                  | 0.2                  | 18                   | 4.5                  | 5                    | 0.7                  | 38.0                 | 0.5                  |
| 20                 | <1                                | 692                  | 100.5                | 22.5                 | 70                   | 4.4                  | 75                   | 4.6                  | 2.7                  | 2.2                  | 22                   | 7.3                  | 5                    | 0.8                  | 58.5                 | 0.5                  |
| 21                 | <1                                | 455                  | 63.2                 | 21.7                 | 90                   | 5.3                  | 75                   | 4.4                  | 2.6                  | 1.9                  | 16                   | 6.9                  | 3                    | 1.2                  | 32.6                 | 0.5                  |
| 22                 | <1                                | 251                  | 41.5                 | 20.1                 | 70                   | 5.7                  | 67                   | 3.3                  | 2.0                  | 1.4                  | 15                   | 4.4                  | 3                    | 0.8                  | 22.2                 | 0.5                  |
| 23                 | <1                                | 697                  | 212                  | 15.8                 | 30                   | 4.5                  | 29                   | 10.2                 | 5.7                  | 5.1                  | 21                   | 17.6                 | 7                    | 2.3                  | 97.3                 | 0.5                  |
| 24                 | <1                                | 625                  | 85.9                 | 18.3                 | 100                  | 5.5                  | 67                   | 4.9                  | 2.9                  | 1.6                  | 20                   | 7.4                  | 5                    | 1.2                  | 47.5                 | 0.5                  |
| 25                 | <1                                | 748                  | 140.5                | 18.8                 | 60                   | 6.9                  | 64                   | 7.1                  | 4.1                  | 3.2                  | 29                   | 10.2                 | 6                    | 1.4                  | 76.3                 | 0.5                  |
| 26                 | <1                                | 514                  | 79.4                 | 22.4                 | 80                   | 4.2                  | 55                   | 5.2                  | 3.0                  | 2.8                  | 20                   | 6.1                  | 5                    | 0.9                  | 37.7                 | 0.5                  |
| 27                 | <1                                | 797                  | 85.4                 | 20.5                 | 70                   | 4.9                  | 90                   | 5.0                  | 2.8                  | 3.1                  | 21                   | 5.3                  | 4                    | 0.9                  | 34.4                 | 0.5                  |
| 28                 | <1                                | 842                  | 94.5                 | 22.5                 | 70                   | 5.5                  | 78                   | 4.8                  | 2.7                  | 2.5                  | 19                   | 8.0                  | 4                    | 1.3                  | 44.2                 | 0.5                  |
| 29                 | <1                                | 630                  | 53.8                 | 17.4                 | 50                   | 6.0                  | 99                   | 4.2                  | 2.5                  | 1.5                  | 20                   | 4.9                  | 4                    | 0.7                  | 32.5                 | 0.5                  |
| 30                 | <1                                | 637                  | 64.2                 | 23.4                 | 80                   | 4.7                  | 86                   | 4.5                  | 2.6                  | 1.6                  | 20                   | 5.8                  | 4                    | 0.9                  | 34.5                 | 0.5                  |
| 31                 | <1                                | 590                  | 54.3                 | 21.6                 | 90                   | 7.5                  | 63                   | 4.0                  | 2.4                  | 1.1                  | 18                   | 5.5                  | 4                    | 1.0                  | 34.2                 | 0.5                  |
| 32                 | <1                                | 576                  | 53.4                 | 25.0                 | 70                   | 2.3                  | 60                   | 4.4                  | 2.7                  | 1.0                  | 18                   | 5.9                  | 6                    | 0.9                  | 32.5                 | 0.5                  |
| 33                 | <1                                | 386                  | 41.8                 | 21.6                 | 100                  | 3.1                  | 55                   | 3.6                  | 2.3                  | 0.9                  | 16                   | 4.7                  | 4                    | 0.9                  | 23.6                 | 0.5                  |
| 34                 | <1                                | 506                  | 41.2                 | 18.2                 | 60                   | 1.9                  | 62                   | 3.9                  | 2.6                  | 0.4                  | 14                   | 6.0                  | 4                    | 1.1                  | 26.8                 | 0.5                  |
| 35                 | <1                                | 596                  | 52.7                 | 28.9                 | 160                  | 3.9                  | 63                   | 4.0                  | 2.4                  | 1.3                  | 18                   | 5.5                  | 3                    | 1.0                  | 26.0                 | 0.5                  |
| 36                 | <1                                | 710                  | 59.8                 | 27.2                 | 90                   | 2.1                  | 72                   | 4.4                  | 2.6                  | 1.5                  | 19                   | 6.4                  | 6                    | 1.1                  | 33.3                 | 0.5                  |
| 37                 | <1                                | 546                  | 47.3                 | 45.4                 | 170                  | 2.4                  | 164                  | 4.5                  | 2.6                  | 2.0                  | 19                   | 4.9                  | 3                    | 0.8                  | 22.1                 | 0.5                  |
| 38                 | <1                                | 559                  | 45.4                 | 43.5                 | 180                  | 2.4                  | 171                  | 3.8                  | 2.3                  | 1.7                  | 18                   | 5.1                  | 3                    | 0.9                  | 21.2                 | 0.5                  |
| 39                 | <1                                | 831                  | 80.7                 | 23.2                 | 60                   | 2.8                  | 81                   | 5.5                  | 3.0                  | 3.1                  | 20                   | 6.2                  | 5                    | 1.0                  | 35.0                 | 0.5                  |
| 40                 | <1                                | 537                  | 89.0                 | 11.3                 | 40                   | 5.6                  | 46                   | 5.4                  | 3.1                  | 1.0                  | 18                   | 7.6                  | 10                   | 0.9                  | 66.4                 | 0.5                  |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 2 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS VAA05001309**

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MS01<br>Lu<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Mo<br>ppm<br>2 | ME-MS01<br>Nb<br>ppm<br>1 | ME-MS01<br>Nd<br>ppm<br>0.5 | ME-MS01<br>Ni<br>ppm<br>5 | ME-MS01<br>Pb<br>ppm<br>5 | ME-MS01<br>Pr<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Rb<br>ppm<br>0.2 | ME-MS01<br>Sm<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Sn<br>ppm<br>1 | ME-MS01<br>Sr<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Ta<br>ppm<br>0.5 | ME-MS01<br>Tb<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Th<br>ppm<br>1 | ME-MS01<br>Tl<br>ppm<br>0.5 |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1                  | 0.2                               | 2                           | 12                        | 22.6                      | 37                          | 18                        | 152                       | 5.8                         | 52.9                        | 4.6                         | 2                         | 509                         | 0.7                         | 0.6                         | 7                         | <0.5                        |
| 2                  | 0.3                               | <2                          | 12                        | 22.3                      | 35                          | 18                        | 152                       | 5.7                         | 60.7                        | 4.5                         | 1                         | 392                         | 0.7                         | 0.7                         | 8                         | <0.5                        |
| 3                  | 0.5                               | 2                           | 18                        | 32.5                      | 49                          | 22                        | 82.6                      | 8.2                         | 82.6                        | 6.7                         | 3                         | 400                         | 1.0                         | 1.0                         | 6                         | <0.5                        |
| 4                  | 0.3                               | 3                           | 15                        | 29.5                      | 35                          | 21                        | 7.8                       | 65.7                        | 4.9                         | 9                           | 9                         | 400                         | 0.9                         | 0.7                         | 9                         | <0.5                        |
| 5                  | 0.7                               | 3                           | 23                        | 40.6                      | 27                          | 27                        | 10.1                      | 98.7                        | 8.5                         | 3                           | 3                         | 460                         | 1.4                         | 1.2                         | 17                        | <0.5                        |
| 6                  | 0.4                               | 2                           | 13                        | 32.1                      | 47                          | 36                        | 8.1                       | 84.7                        | 5.3                         | 5.3                         | 2                         | 268                         | 0.8                         | 0.9                         | 9                         | <0.5                        |
| 7                  | 0.4                               | 2                           | 12                        | 27.8                      | 37                          | 18                        | 7.1                       | 62.3                        | 6.1                         | 2                           | 2                         | 335                         | 0.7                         | 0.8                         | 9                         | <0.5                        |
| 8                  | 0.4                               | 2                           | 24                        | 33.6                      | 63                          | 126                       | 8.6                       | 78.6                        | 5.1                         | 2                           | 2                         | 420                         | 1.4                         | 0.9                         | 9                         | <0.5                        |
| 9                  | 0.4                               | 2                           | 20                        | 41.8                      | 53                          | 27                        | 10.6                      | 73.6                        | 7.2                         | 3                           | 3                         | 724                         | 1.2                         | 1.0                         | 10                        | <0.5                        |
| 10                 | 0.4                               | 3                           | 23                        | 29.2                      | 52                          | 17                        | 7.7                       | 66.8                        | 5.3                         | 2                           | 2                         | 432                         | 1.4                         | 0.8                         | 8                         | <0.5                        |
| 11                 | 0.4                               | 2                           | 18                        | 32.7                      | 40                          | 33                        | 8.8                       | 60.7                        | 5.5                         | 5.5                         | 1                         | 329                         | 1.0                         | 0.8                         | 6                         | <0.5                        |
| 12                 | 0.4                               | 2                           | 17                        | 23.0                      | 38                          | 17                        | 5.8                       | 61.2                        | 5.4                         | 2                           | 2                         | 346                         | 0.9                         | 0.8                         | 6                         | <0.5                        |
| 13                 | 0.3                               | 2                           | 16                        | 24.1                      | 33                          | 20                        | 6.1                       | 56.6                        | 4.8                         | 2                           | 2                         | 359                         | 0.9                         | 0.7                         | 6                         | <0.5                        |
| 14                 | 0.3                               | 2                           | 21                        | 23.8                      | 27                          | 16                        | 6.2                       | 53.3                        | 4.7                         | 1                           | 1                         | 327                         | 1.1                         | 0.7                         | 5                         | <0.5                        |
| 15                 | 0.4                               | 2                           | 26                        | 26.5                      | 38                          | 12                        | 6.5                       | 56.8                        | 4.9                         | 2                           | 2                         | 207                         | 1.4                         | 0.9                         | 6                         | <0.5                        |
| 16                 | 0.3                               | 2                           | 16                        | 31.7                      | 66                          | 32                        | 8.2                       | 82.3                        | 4.7                         | 2                           | 2                         | 314                         | 1.0                         | 0.9                         | 9                         | <0.5                        |
| 17                 | 0.5                               | 3                           | 23                        | 52.5                      | 25                          | 41                        | 13.7                      | 152.0                       | 8.9                         | 4                           | 4                         | 462                         | 1.4                         | 1.4                         | 14                        | <0.5                        |
| 18                 | 0.4                               | 2                           | 16                        | 29.0                      | 38                          | 25                        | 7.4                       | 73.1                        | 5.6                         | 2                           | 2                         | 409                         | 0.9                         | 0.9                         | 8                         | <0.5                        |
| 19                 | 0.2                               | <2                          | 16                        | 31.8                      | 30                          | 19                        | 8.4                       | 65.3                        | 4.7                         | 1                           | 1                         | 504                         | 0.9                         | 0.6                         | 8                         | <0.5                        |
| 20                 | 0.3                               | 2                           | 22                        | 44.9                      | 32                          | 25                        | 12.5                      | 89.5                        | 8.5                         | 2                           | 2                         | 743                         | 1.2                         | 1.0                         | 12                        | <0.5                        |
| 21                 | 0.5                               | 3                           | 16                        | 31.7                      | 42                          | 20                        | 7.9                       | 78.4                        | 6.1                         | 2                           | 2                         | 442                         | 0.9                         | 1.1                         | 8                         | <0.5                        |
| 22                 | 0.3                               | 2                           | 12                        | 20.3                      | 28                          | 21                        | 5.4                       | 62.5                        | 4.4                         | 1                           | 1                         | 417                         | 0.7                         | 0.7                         | 6                         | <0.5                        |
| 23                 | 0.8                               | 2                           | 40                        | 99.7                      | 11                          | 49                        | 25.5                      | 153.5                       | 19.8                        | 3                           | 3                         | 662                         | 2.4                         | 2.4                         | 18                        | <0.5                        |
| 24                 | 0.4                               | 4                           | 17                        | 43.1                      | 46                          | 34                        | 11.2                      | 116.5                       | 7.8                         | 2                           | 2                         | 417                         | 1.1                         | 1.1                         | 14                        | <0.5                        |
| 25                 | 0.5                               | 2                           | 25                        | 62.6                      | 27                          | 40                        | 16.8                      | 128.5                       | 12.4                        | 2                           | 2                         | 686                         | 1.3                         | 1.5                         | 15                        | <0.5                        |
| 26                 | 0.4                               | 2                           | 18                        | 31.2                      | 29                          | 24                        | 8.3                       | 80.2                        | 8.3                         | 2                           | 2                         | 459                         | 1.0                         | 0.9                         | 9                         | <0.5                        |
| 27                 | 0.3                               | 3                           | 14                        | 29.0                      | 24                          | 23                        | 7.6                       | 89.5                        | 7.9                         | 2                           | 2                         | 524                         | 0.7                         | 0.8                         | 9                         | <0.5                        |
| 28                 | 0.5                               | 3                           | 16                        | 39.5                      | 45                          | 27                        | 10.2                      | 123.0                       | 8.0                         | 3                           | 3                         | 442                         | 0.9                         | 1.2                         | 13                        | <0.5                        |
| 29                 | 0.3                               | 2                           | 11                        | 30.2                      | 22                          | 56                        | 7.7                       | 64.9                        | 6.3                         | 1                           | 1                         | 504                         | 0.6                         | 0.7                         | 9                         | <0.5                        |
| 30                 | 0.3                               | 2                           | 14                        | 31.7                      | 31                          | 33                        | 8.2                       | 79.0                        | 6.7                         | 2                           | 2                         | 452                         | 0.8                         | 0.8                         | 9                         | <0.5                        |
| 31                 | 0.4                               | 2                           | 16                        | 31.1                      | 45                          | 29                        | 8.1                       | 96.3                        | 5.6                         | 2                           | 2                         | 317                         | 0.9                         | 0.9                         | 9                         | <0.5                        |
| 32                 | 0.4                               | 2                           | 13                        | 32.1                      | 27                          | 16                        | 8.2                       | 58.7                        | 6.1                         | 1                           | 1                         | 500                         | 0.8                         | 0.8                         | 8                         | <0.5                        |
| 33                 | 0.3                               | <2                          | 12                        | 23.5                      | 44                          | 15                        | 5.9                       | 53.3                        | 4.5                         | 1                           | 1                         | 342                         | 0.7                         | 0.7                         | 6                         | <0.5                        |
| 34                 | 0.4                               | 2                           | 11                        | 27.0                      | 34                          | 13                        | 6.7                       | 55.7                        | 4.7                         | 2                           | 2                         | 350                         | 0.7                         | 0.9                         | 6                         | <0.5                        |
| 35                 | 0.4                               | 3                           | 13                        | 25.6                      | 67                          | 22                        | 6.3                       | 82.1                        | 5.3                         | 2                           | 2                         | 291                         | 0.8                         | 0.9                         | 6                         | <0.5                        |
| 36                 | 0.5                               | 2                           | 12                        | 33.1                      | 30                          | 15                        | 8.3                       | 68.2                        | 6.6                         | 2                           | 2                         | 535                         | 0.7                         | 1.0                         | 8                         | <0.5                        |
| 37                 | 0.4                               | <2                          | 8                         | 22.1                      | 68                          | 9                         | 5.5                       | 86.9                        | 6.0                         | 2                           | 2                         | 477                         | <0.5                        | 0.8                         | 5                         | <0.5                        |
| 38                 | 0.4                               | <2                          | 7                         | 23.3                      | 69                          | 11                        | 5.5                       | 92.2                        | 5.6                         | 2                           | 2                         | 464                         | <0.5                        | 0.8                         | 5                         | <0.5                        |
| 39                 | 0.5                               | 2                           | 12                        | 30.2                      | 25                          | 37                        | 8.0                       | 113.5                       | 8.4                         | 2                           | 2                         | 647                         | 0.8                         | 0.9                         | 9                         | <0.5                        |
| 40                 | 0.3                               | <2                          | 25                        | 50.8                      | 15                          | 39                        | 14.4                      | 120.0                       | 8.7                         | 1                           | 1                         | 770                         | 1.7                         | 1.0                         | 16                        | <0.5                        |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

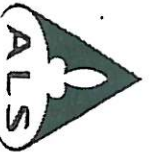
To: KANPANZHOUEH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 2 - C  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309**

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Unit<br>LOR | ME-MSB1          |                 | ME-MSB1       |               | ME-MSB1         |                  | ME-MSB1        |                  | ME-MSB1 |  | ME-MSB1 |  |
|--------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|---------|--|---------|--|
|                    |                                  | Tm<br>ppm<br>0.1 | U<br>ppm<br>0.5 | V<br>ppm<br>5 | W<br>ppm<br>1 | Y<br>ppm<br>0.5 | Yb<br>ppm<br>0.1 | Zn<br>ppm<br>5 | Zr<br>ppm<br>0.5 |         |  |         |  |
| 1                  |                                  | 0.3              | 1.3             | 200           | 2             | 19.8            | 1.8              | 87             | 126.5            |         |  |         |  |
| 2                  |                                  | 0.3              | 1.2             | 160           | 2             | 20.9            | 1.7              | 68             | 115.0            |         |  |         |  |
| 3                  |                                  | 0.5              | 1.9             | 207           | 1             | 34.0            | 2.3              | 110            | 152.0            |         |  |         |  |
| 4                  |                                  | 0.3              | 1.3             | 162           | 4             | 21.3            | 1.8              | 122            | 163.5            |         |  |         |  |
| 5                  |                                  | 0.6              | 3.4             | 331           | 6             | 43.1            | 3.4              | 115            | 605              |         |  |         |  |
| 6                  |                                  | 0.4              | 1.4             | 223           | 1             | 31.0            | 2.3              | 91             | 136.0            |         |  |         |  |
| 7                  |                                  | 0.4              | 2.3             | 215           | 3             | 28.0            | 2.2              | 78             | 137.0            |         |  |         |  |
| 8                  |                                  | 0.4              | 1.6             | 178           | 2             | 30.3            | 2.1              | 278            | 159.0            |         |  |         |  |
| 9                  |                                  | 0.4              | 1.8             | 221           | 3             | 29.4            | 2.2              | 109            | 183.0            |         |  |         |  |
| 10                 |                                  | 0.4              | 1.7             | 158           | 3             | 26.0            | 2.2              | 278            | 158.5            |         |  |         |  |
| 11                 |                                  | 0.3              | 1.3             | 222           | 3             | 25.7            | 2.4              | 80             | 151.0            |         |  |         |  |
| 12                 |                                  | 0.3              | 1.6             | 177           | 3             | 23.9            | 2.1              | 71             | 140.0            |         |  |         |  |
| 13                 |                                  | 0.3              | 1.3             | 207           | 4             | 23.4            | 2.2              | 76             | 141.0            |         |  |         |  |
| 14                 |                                  | 0.3              | 1.2             | 201           | 3             | 21.2            | 2.2              | 75             | 138.0            |         |  |         |  |
| 15                 |                                  | 0.4              | 1.4             | 170           | 2             | 29.9            | 2.5              | 79             | 153.0            |         |  |         |  |
| 16                 |                                  | 0.4              | 1.5             | 184           | 3             | 26.1            | 2.2              | 82             | 131.5            |         |  |         |  |
| 17                 |                                  | 0.5              | 4.3             | 236           | 3             | 40.1            | 2.9              | 117            | 219              |         |  |         |  |
| 18                 |                                  | 0.4              | 1.7             | 220           | 5             | 24.9            | 2.3              | 76             | 143.0            |         |  |         |  |
| 19                 |                                  | 0.3              | 1.1             | 165           | 4             | 17.7            | 1.8              | 77             | 131.5            |         |  |         |  |
| 20                 |                                  | 0.3              | 2.3             | 170           | 4             | 24.7            | 2.2              | 87             | 171.5            |         |  |         |  |
| 21                 |                                  | 0.5              | 2.2             | 200           | 1             | 32.4            | 2.5              | 82             | 134.5            |         |  |         |  |
| 22                 |                                  | 0.3              | 1.5             | 167           | 2             | 21.1            | 2.0              | 62             | 108.5            |         |  |         |  |
| 23                 |                                  | 0.9              | 6.3             | 347           | 3             | 67.3            | 4.7              | 157            | 330              |         |  |         |  |
| 24                 |                                  | 0.4              | 2.5             | 213           | 5             | 34.3            | 2.7              | 86             | 170.5            |         |  |         |  |
| 25                 |                                  | 0.5              | 3.7             | 278           | 5             | 40.2            | 3.5              | 142            | 217              |         |  |         |  |
| 26                 |                                  | 0.3              | 2.2             | 228           | 3             | 25.7            | 2.6              | 97             | 167.5            |         |  |         |  |
| 27                 |                                  | 0.3              | 3.2             | 219           | 4             | 24.8            | 2.5              | 102            | 159.5            |         |  |         |  |
| 28                 |                                  | 0.5              | 3.0             | 260           | 2             | 37.0            | 2.7              | 91             | 167.0            |         |  |         |  |
| 29                 |                                  | 0.3              | 2.0             | 241           | 2             | 21.3            | 2.2              | 160            | 137.0            |         |  |         |  |
| 30                 |                                  | 0.3              | 1.9             | 238           | 4             | 25.7            | 2.4              | 104            | 142.5            |         |  |         |  |
| 31                 |                                  | 0.4              | 2.1             | 210           | 2             | 27.3            | 2.4              | 82             | 136.5            |         |  |         |  |
| 32                 |                                  | 0.4              | 1.7             | 405           | 3             | 28.0            | 2.8              | 77             | 184.5            |         |  |         |  |
| 33                 |                                  | 0.3              | 1.2             | 208           | 1             | 25.3            | 2.2              | 66             | 135.5            |         |  |         |  |
| 34                 |                                  | 0.4              | 1.3             | 233           | 2             | 33.2            | 2.4              | 53             | 122.5            |         |  |         |  |
| 35                 |                                  | 0.4              | 1.6             | 231           | 1             | 30.5            | 2.1              | 84             | 118.5            |         |  |         |  |
| 36                 |                                  | 0.5              | 2.2             | 570           | 2             | 32.9            | 2.5              | 85             | 256              |         |  |         |  |
| 37                 |                                  | 0.3              | 1.3             | 360           | 3             | 24.6            | 2.1              | 107            | 94.6             |         |  |         |  |
| 38                 |                                  | 0.3              | 1.3             | 374           | 3             | 25.9            | 2.0              | 104            | 93.6             |         |  |         |  |
| 39                 |                                  | 0.4              | 2.9             | 237           | 5             | 29.6            | 2.8              | 105            | 160.5            |         |  |         |  |
| 40                 |                                  | 0.3              | 2.8             | 231           | 8             | 26.9            | 2.8              | 109            | 194.5            |         |  |         |  |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUP RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

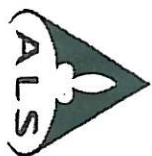
Page: 3 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method Analyte Units LOR | ME-MSB1 Ag ppm 1 | ME-MSB1 Ba ppm 0.5 | ME-MSB1 Ce ppm 0.5 | ME-MSB1 Co ppm 0.5 | ME-MSB1 Cr ppm 10 | ME-MSB1 Cs ppm 0.1 | ME-MSB1 Cu ppm 5 | ME-MSB1 Dy ppm 0.1 | ME-MSB1 Er ppm 0.1 | ME-MSB1 Eu ppm 0.1 | ME-MSB1 Ga ppm 1 | ME-MSB1 Gd ppm 0.1 | ME-MSB1 Hf ppm 1 | ME-MSB1 Ho ppm 0.1 | ME-MSB1 La ppm 0.5 |
|--------------------|--------------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| 41                 | <1                       | 683              | 86.4               | 13.8               | 40                 | 5.5               | 71                 | 4.6              | 2.8                | 1.1                | 18                 | 6.9              | 7                  | 0.9              | 58.8               |                    |
| 42                 | <1                       | 805              | 94.0               | 15.9               | 50                 | 5.2               | 78                 | 5.1              | 2.9                | 1.7                | 20                 | 7.9              | 6                  | 1.1              | 58.7               |                    |
| 43                 | <1                       | 1025             | 88.0               | 18.0               | 60                 | 4.5               | 72                 | 5.5              | 3.1                | 2.2                | 18                 | 8.0              | 6                  | 1.0              | 54.0               |                    |
| 44                 | <1                       | 500              | 117.0              | 10.3               | 20                 | 4.7               | 325                | 5.1              | 3.1                | 2.1                | 23                 | 7.8              | 7                  | 1.1              | 67.5               |                    |
| 45                 | <1                       | 305              | 95.5               | 9.7                | 20                 | 2.8               | 217                | 5.4              | 3.4                | 1.7                | 23                 | 6.3              | 9                  | 0.8              | 66.1               |                    |
| 46                 | <1                       | 335              | 108.0              | 10.3               | 20                 | 3.0               | 243                | 5.4              | 3.2                | 1.8                | 23                 | 7.0              | 7                  | 1.0              | 69.3               |                    |
| 47                 | <1                       | 814              | 92.1               | 21.1               | 60                 | 4.4               | 80                 | 4.6              | 2.8                | 1.4                | 20                 | 7.1              | 7                  | 1.0              | 56.4               |                    |
| 48                 | <1                       | 606              | 73.7               | 14.4               | 60                 | 5.9               | 52                 | 4.1              | 2.7                | 1.0                | 19                 | 5.8              | 8                  | 0.8              | 51.9               |                    |
| 49                 | <1                       | 553              | 84.4               | 12.9               | 50                 | 4.1               | 116                | 4.3              | 2.7                | 1.4                | 19                 | 6.2              | 6                  | 0.9              | 52.0               |                    |
| 50                 | <1                       | 1000             | 104.0              | 13.0               | 50                 | 6.1               | 36                 | 5.5              | 3.0                | 2.5                | 21                 | 6.7              | 5                  | 1.0              | 57.1               |                    |
| 51                 | <1                       | 663              | 176.5              | 10.8               | 20                 | 3.9               | 24                 | 11.3             | 6.3                | 3.5                | 20                 | 16.2             | 13                 | 2.0              | 105.0              |                    |
| 52                 | <1                       | 379              | 32.6               | 15.2               | 80                 | 1.5               | 41                 | 3.3              | 2.0                | 0.3                | 13                 | 3.7              | 4                  | 0.7              | 23.4               |                    |
| 53                 | <1                       | 274              | 36.0               | 22.3               | 100                | 1.2               | 34                 | 3.6              | 2.2                | 0.8                | 16                 | 3.8              | 6                  | 0.6              | 23.0               |                    |
| 54                 | <1                       | 786              | 52.1               | 6.7                | <10                | 4.3               | 18                 | 2.2              | 1.2                | 0.8                | 18                 | 3.0              | 3                  | 0.4              | 33.0               |                    |
| 55                 | <1                       | 348              | 50.8               | 20.0               | 120                | 3.6               | 50                 | 4.4              | 2.4                | 1.6                | 16                 | 4.9              | 4                  | 0.9              | 27.8               |                    |
| 56                 | <1                       | 340              | 59.3               | 21.5               | 270                | 4.6               | 34                 | 5.0              | 2.9                | 1.3                | 19                 | 4.9              | 6                  | 0.8              | 34.4               |                    |
| 57                 | <1                       | 490              | 190.5              | 20.8               | 670                | 2.9               | 17                 | 12.6             | 6.9                | 4.3                | 22                 | 14.0             | 13                 | 2.0              | 90.3               |                    |
| 58                 | <1                       | 355              | 112.5              | 20.3               | 510                | 3.7               | 28                 | 7.7              | 4.3                | 2.0                | 18                 | 10.6             | 11                 | 1.5              | 67.9               |                    |
| 59                 | <1                       | 231              | 44.9               | 18.0               | 1700               | 2.0               | 24                 | 3.8              | 2.4                | 0.7                | 13                 | 4.1              | 7                  | 0.7              | 27.5               |                    |
| 60                 | <1                       | 398              | 76.6               | 22.4               | 300                | 4.0               | 36                 | 4.6              | 2.7                | 1.0                | 17                 | 6.8              | 7                  | 1.0              | 50.2               |                    |
| 61                 | <1                       | 477              | 156.5              | 20.9               | 790                | 3.6               | 25                 | 9.6              | 5.5                | 3.4                | 22                 | 12.0             | 11                 | 1.7              | 84.3               |                    |
| 62                 | <1                       | 476              | 150.0              | 17.7               | 80                 | 5.7               | 40                 | 7.9              | 4.5                | 2.5                | 23                 | 11.2             | 10                 | 1.5              | 85.9               |                    |
| 63                 | <1                       | 608              | 206                | 20.8               | 50                 | 3.7               | 22                 | 12.0             | 6.8                | 5.3                | 26                 | 15.5             | 12                 | 2.1              | 93.2               |                    |
| 64                 | <1                       | 645              | 153.5              | 22.6               | 420                | 3.9               | 42                 | 9.0              | 5.2                | 3.1                | 22                 | 14.4             | 10                 | 2.0              | 87.0               |                    |
| 65                 | <1                       | 553              | 139.5              | 21.9               | 400                | 3.5               | 25                 | 9.7              | 5.6                | 3.8                | 21                 | 10.5             | 10                 | 1.5              | 70.3               |                    |
| 66                 | <1                       | 822              | 151.5              | 16.2               | 90                 | 4.2               | 25                 | 9.2              | 5.2                | 3.5                | 23                 | 10.8             | 9                  | 1.5              | 77.7               |                    |
| 67                 | <1                       | 245              | 35.5               | 35.3               | 1460               | 2.5               | 58                 | 3.5              | 2.1                | 1.2                | 16                 | 3.5              | 4                  | 0.7              | 18.0               |                    |
| 68                 | <1                       | 403              | 90.3               | 21.5               | 860                | 3.4               | 30                 | 6.7              | 4.0                | 1.8                | 18                 | 7.4              | 10                 | 1.1              | 54.7               |                    |
| 69                 | <1                       | 426              | 55.9               | 18.2               | 180                | 3.6               | 35                 | 4.3              | 2.6                | 0.7                | 16                 | 5.6              | 5                  | 1.0              | 32.8               |                    |
| 70                 | <1                       | 477              | 70.6               | 21.9               | 330                | 3.3               | 33                 | 5.8              | 3.5                | 1.9                | 18                 | 6.7              | 7                  | 1.2              | 36.3               |                    |
| 71                 | <1                       | 472              | 73.5               | 21.8               | 240                | 3.5               | 32                 | 5.9              | 3.5                | 2.5                | 19                 | 5.5              | 6                  | 1.0              | 33.7               |                    |
| 72                 | <1                       | 495              | 56.5               | 23.3               | 210                | 3.1               | 43                 | 5.1              | 3.1                | 1.3                | 19                 | 5.2              | 5                  | 1.0              | 29.6               |                    |
| 73                 | <1                       | 504              | 50.0               | 19.0               | 210                | 2.7               | 32                 | 4.3              | 2.7                | 1.2                | 16                 | 4.0              | 5                  | 0.7              | 25.2               |                    |
| 74                 | <1                       | 578              | 54.4               | 20.5               | 260                | 2.7               | 39                 | 4.7              | 2.8                | 1.8                | 16                 | 5.1              | 4                  | 0.9              | 25.9               |                    |
| 75                 | <1                       | 471              | 63.9               | 21.6               | 130                | 4.6               | 31                 | 5.2              | 3.1                | 1.8                | 19                 | 4.8              | 5                  | 0.8              | 28.8               |                    |
| 76                 | <1                       | 325              | 42.4               | 16.8               | 600                | 2.6               | 25                 | 3.5              | 2.1                | 1.6                | 13                 | 3.1              | 4                  | 0.6              | 20.0               |                    |
| 77                 | <1                       | 505              | 76.5               | 21.6               | 250                | 2.9               | 33                 | 5.1              | 3.0                | 2.1                | 15                 | 5.8              | 4                  | 1.0              | 32.3               |                    |
| 78                 | <1                       | 351              | 50.2               | 19.2               | 180                | 3.4               | 46                 | 3.9              | 2.4                | 1.2                | 14                 | 4.3              | 4                  | 0.8              | 24.3               |                    |
| 80                 | <1                       | 389              | 41.3               | 17.6               | 80                 | 2.7               | 51                 | 3.7              | 2.3                | 0.9                | 14                 | 3.8              | 4                  | 0.7              | 21.8               |                    |
| 82                 | <1                       | 360              | 42.2               | 13.4               | 60                 | 2.3               | 23                 | 3.1              | 2.0                | 1.0                | 12                 | 3.0              | 5                  | 0.6              | 21.6               |                    |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY  
ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

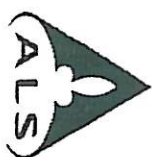
To: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAHAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 3 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Method<br>Sample Description | ME-MS01<br>Lu<br>ppm | ME-MS01<br>Mo<br>ppm | ME-MS01<br>Nb<br>ppm | ME-MS01<br>Nd<br>ppm | ME-MS01<br>Ni<br>ppm | ME-MS01<br>Pb<br>ppm | ME-MS01<br>Pr<br>ppm | ME-MS01<br>Rb<br>ppm | ME-MS01<br>Sm<br>ppm | ME-MS01<br>Sn<br>ppm | ME-MS01<br>Sr<br>ppm | ME-MS01<br>Ta<br>ppm | ME-MS01<br>Tb<br>ppm | ME-MS01<br>Th<br>ppm | ME-MS01<br>Ti<br>ppm |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 41                           | 0.4                  | 2                    | 17                   | 42.4                 | 32                   | 35                   | 12.0                 | 142.5                | 7.1                  | 1                    | 715                  | 1.0                  | 0.9                  | 15                   | <0.5                 |
| 42                           | 0.5                  | 2                    | 17                   | 43.4                 | 32                   | 36                   | 12.0                 | 155.0                | 8.1                  | 2                    | 771                  | 1.0                  | 1.1                  | 16                   | <0.5                 |
| 43                           | 0.4                  | <2                   | 13                   | 43.3                 | 28                   | 40                   | 11.4                 | 131.0                | 8.8                  | 2                    | 1080                 | 0.8                  | 1.1                  | 13                   | <0.5                 |
| 44                           | 0.6                  | 6                    | 16                   | 42.1                 | 20                   | 18                   | 12.3                 | 96.0                 | 7.9                  | 2                    | 510                  | 1.0                  | 1.1                  | 22                   | <0.5                 |
| 45                           | 0.5                  | 5                    | 17                   | 37.6                 | 17                   | 17                   | 11.1                 | 57.7                 | 7.6                  | 1                    | 694                  | 1.1                  | 0.8                  | 22                   | <0.5                 |
| 46                           | 0.5                  | 6                    | 18                   | 40.5                 | 20                   | 22                   | 12.3                 | 66.5                 | 7.8                  | 2                    | 687                  | 1.1                  | 0.9                  | 22                   | <0.5                 |
| 47                           | 0.5                  | 3                    | 15                   | 42.4                 | 51                   | 29                   | 11.4                 | 120.0                | 7.4                  | 2                    | 633                  | 0.9                  | 1.0                  | 15                   | <0.5                 |
| 48                           | 0.3                  | 2                    | 17                   | 33.6                 | 39                   | 30                   | 9.9                  | 124.5                | 6.0                  | 2                    | 537                  | 1.1                  | 0.8                  | 16                   | <0.5                 |
| 49                           | 0.4                  | 2                    | 14                   | 36.4                 | 34                   | 21                   | 10.4                 | 114.5                | 6.7                  | 2                    | 554                  | 0.9                  | 0.9                  | 14                   | <0.5                 |
| 50                           | 0.4                  | 2                    | 21                   | 37.4                 | 25                   | 41                   | 11.0                 | 167.5                | 8.1                  | 2                    | 809                  | 1.2                  | 0.9                  | 15                   | <0.5                 |
| 51                           | 0.7                  | 2                    | 49                   | 102.0                | 16                   | 30                   | 28.4                 | 141.5                | 17.2                 | 3                    | 692                  | 3.6                  | 2.2                  | 20                   | <0.5                 |
| 52                           | 0.3                  | <2                   | 12                   | 20.0                 | 61                   | 6                    | 5.2                  | 49.5                 | 3.7                  | 1                    | 422                  | 0.8                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |
| 53                           | 0.3                  | <2                   | 22                   | 18.8                 | 53                   | 5                    | 5.1                  | 37.8                 | 3.9                  | 1                    | 394                  | 1.5                  | 0.5                  | 4                    | <0.5                 |
| 54                           | 0.2                  | <2                   | 12                   | 19.6                 | 7                    | 25                   | 5.7                  | 197.5                | 3.4                  | 1                    | 1000                 | 0.6                  | 0.4                  | 10                   | <0.5                 |
| 55                           | 0.4                  | 2                    | 12                   | 24.3                 | 51                   | 15                   | 6.4                  | 71.9                 | 5.4                  | 2                    | 314                  | 0.9                  | 0.8                  | 7                    | <0.5                 |
| 56                           | 0.4                  | <2                   | 17                   | 26.4                 | 95                   | 19                   | 7.4                  | 74.9                 | 5.9                  | 2                    | 206                  | 1.1                  | 0.7                  | 10                   | <0.5                 |
| 57                           | 0.9                  | <2                   | 48                   | 82.3                 | 46                   | 24                   | 22.9                 | 125.0                | 18.6                 | 3                    | 584                  | 3.2                  | 2.1                  | 17                   | <0.5                 |
| 58                           | 0.6                  | <2                   | 34                   | 61.2                 | 70                   | 22                   | 16.6                 | 107.5                | 11.0                 | 2                    | 415                  | 2.4                  | 1.4                  | 17                   | <0.5                 |
| 59                           | 0.3                  | <2                   | 15                   | 22.5                 | 100                  | 6                    | 6.1                  | 45.5                 | 4.4                  | 1                    | 279                  | 1.0                  | 0.6                  | 7                    | <0.5                 |
| 60                           | 0.4                  | <2                   | 22                   | 38.7                 | 95                   | 29                   | 11.0                 | 101.5                | 6.6                  | 3                    | 472                  | 1.3                  | 0.9                  | 12                   | <0.5                 |
| 61                           | 0.7                  | <2                   | 39                   | 70.6                 | 52                   | 28                   | 19.0                 | 122.5                | 14.2                 | 3                    | 592                  | 2.5                  | 1.7                  | 18                   | <0.5                 |
| 62                           | 0.6                  | 2                    | 37                   | 67.8                 | 40                   | 35                   | 18.7                 | 143.0                | 13.0                 | 4                    | 504                  | 2.3                  | 1.5                  | 20                   | <0.5                 |
| 63                           | 0.9                  | <2                   | 52                   | 82.1                 | 18                   | 32                   | 22.6                 | 136.5                | 19.8                 | 3                    | 699                  | 3.0                  | 2.1                  | 21                   | <0.5                 |
| 64                           | 0.8                  | 2                    | 36                   | 81.3                 | 66                   | 33                   | 21.7                 | 141.0                | 13.9                 | 3                    | 652                  | 2.4                  | 2.0                  | 18                   | <0.5                 |
| 65                           | 0.7                  | <2                   | 35                   | 57.4                 | 43                   | 23                   | 16.0                 | 102.5                | 14.1                 | 2                    | 633                  | 2.1                  | 1.5                  | 15                   | <0.5                 |
| 66                           | 0.6                  | <2                   | 35                   | 63.6                 | 25                   | 34                   | 17.4                 | 155.5                | 14.6                 | 3                    | 851                  | 2.1                  | 1.5                  | 16                   | <0.5                 |
| 67                           | 0.3                  | <2                   | 8                    | 15.3                 | 188                  | 14                   | 4.0                  | 45.8                 | 3.7                  | 2                    | 239                  | 0.6                  | 0.6                  | 4                    | <0.5                 |
| 68                           | 0.4                  | <2                   | 25                   | 44.2                 | 64                   | 22                   | 12.6                 | 78.4                 | 9.2                  | 2                    | 487                  | 1.5                  | 1.1                  | 14                   | <0.5                 |
| 69                           | 0.4                  | 2                    | 15                   | 28.7                 | 59                   | 20                   | 7.6                  | 91.7                 | 5.4                  | 2                    | 314                  | 1.1                  | 0.9                  | 9                    | <0.5                 |
| 70                           | 0.6                  | 2                    | 18                   | 31.6                 | 51                   | 21                   | 8.5                  | 85.5                 | 7.0                  | 3                    | 381                  | 1.3                  | 1.0                  | 12                   | <0.5                 |
| 71                           | 0.4                  | 2                    | 17                   | 27.7                 | 47                   | 22                   | 7.5                  | 80.3                 | 7.2                  | 3                    | 363                  | 1.1                  | 0.9                  | 9                    | <0.5                 |
| 72                           | 0.4                  | <2                   | 14                   | 26.2                 | 48                   | 18                   | 6.8                  | 74.4                 | 5.8                  | 2                    | 365                  | 1.0                  | 0.8                  | 8                    | <0.5                 |
| 73                           | 0.3                  | <2                   | 12                   | 21.9                 | 44                   | 17                   | 6.1                  | 64.7                 | 4.9                  | 2                    | 365                  | 0.8                  | 0.6                  | 7                    | <0.5                 |
| 74                           | 0.4                  | 2                    | 12                   | 23.5                 | 50                   | 19                   | 6.0                  | 74.0                 | 5.2                  | 2                    | 368                  | 0.8                  | 0.8                  | 7                    | <0.5                 |
| 75                           | 0.4                  | 2                    | 15                   | 24.9                 | 60                   | 18                   | 6.7                  | 75.9                 | 5.8                  | 2                    | 192.5                | 1.0                  | 0.7                  | 8                    | <0.5                 |
| 76                           | 0.3                  | <2                   | 10                   | 15.8                 | 60                   | 14                   | 4.5                  | 54.0                 | 3.7                  | 2                    | 200                  | 0.8                  | 0.5                  | 6                    | <0.5                 |
| 77                           | 0.5                  | 2                    | 15                   | 27.4                 | 67                   | 16                   | 7.5                  | 79.0                 | 6.4                  | 2                    | 341                  | 1.0                  | 0.9                  | 8                    | <0.5                 |
| 78                           | 0.4                  | 2                    | 11                   | 21.1                 | 79                   | 24                   | 5.6                  | 65.1                 | 4.5                  | 2                    | 248                  | 0.8                  | 0.7                  | 7                    | <0.5                 |
| 80                           | 0.3                  | 2                    | 11                   | 19.2                 | 40                   | 15                   | 4.9                  | 53.6                 | 4.0                  | 3                    | 252                  | 0.7                  | 0.6                  | 6                    | <0.5                 |
| 82                           | 0.3                  | 2                    | 16                   | 15.1                 | 25                   | 15                   | 4.3                  | 59.0                 | 3.0                  | 3                    | 141.0                | 1.1                  | 0.5                  | 7                    | <0.5                 |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

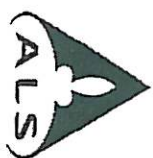
Page: 3 - C  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MS81   |          | ME-MS81  |          | ME-MS81  |           | ME-MS81   |           | ME-MS81 |  | ME-MS81 |  | ME-MS81 |  |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|--|---------|--|---------|--|
|                    |                                   | Tm<br>ppm | U<br>ppm | V<br>ppm | W<br>ppm | Y<br>ppm | Yb<br>ppm | Zn<br>ppm | Zr<br>ppm |         |  |         |  |         |  |
| 41                 |                                   | 0.4       | 2.6      | 235      | 6        | 27.6     | 2.5       | 105       | 190.5     |         |  |         |  |         |  |
| 42                 |                                   | 0.5       | 3.3      | 247      | 4        | 30.4     | 2.9       | 120       | 195.0     |         |  |         |  |         |  |
| 43                 |                                   | 0.4       | 3.3      | 281      | 3        | 28.0     | 2.8       | 88        | 157.0     |         |  |         |  |         |  |
| 44                 |                                   | 0.5       | 2.8      | 132      | 23       | 31.8     | 3.4       | 67        | 213       |         |  |         |  |         |  |
| 45                 |                                   | 0.4       | 2.7      | 100      | 16       | 27.0     | 3.7       | 68        | 196.0     |         |  |         |  |         |  |
| 46                 |                                   | 0.5       | 2.9      | 106      | 17       | 32.0     | 3.4       | 72        | 191.0     |         |  |         |  |         |  |
| 47                 |                                   | 0.4       | 3.0      | 287      | 6        | 33.5     | 2.7       | 111       | 236       |         |  |         |  |         |  |
| 48                 |                                   | 0.3       | 2.5      | 171      | 6        | 23.6     | 2.6       | 81        | 188.5     |         |  |         |  |         |  |
| 49                 |                                   | 0.4       | 2.4      | 166      | 6        | 29.7     | 2.8       | 83        | 170.5     |         |  |         |  |         |  |
| 50                 |                                   | 0.4       | 4.3      | 164      | 3        | 26.7     | 2.7       | 89        | 161.0     |         |  |         |  |         |  |
| 51                 |                                   | 0.8       | 4.0      | 298      | 4        | 59.0     | 5.6       | 130       | 314       |         |  |         |  |         |  |
| 52                 |                                   | 0.3       | 0.9      | 146      | 2        | 20.5     | 2.1       | 67        | 106.5     |         |  |         |  |         |  |
| 53                 |                                   | 0.2       | 1.0      | 124      | 3        | 16.0     | 2.0       | 78        | 135.5     |         |  |         |  |         |  |
| 54                 |                                   | 0.2       | 2.1      | 84       | 3        | 10.0     | 1.0       | 65        | 98.7      |         |  |         |  |         |  |
| 55                 |                                   | 0.4       | 1.6      | 139      | 5        | 27.4     | 2.4       | 103       | 128.5     |         |  |         |  |         |  |
| 56                 |                                   | 0.3       | 1.8      | 153      | 5        | 23.3     | 2.8       | 93        | 159.0     |         |  |         |  |         |  |
| 57                 |                                   | 0.8       | 5.6      | 283      | 4        | 63.3     | 6.6       | 171       | 378       |         |  |         |  |         |  |
| 58                 |                                   | 0.6       | 4.4      | 183      | 5        | 43.2     | 4.3       | 126       | 280       |         |  |         |  |         |  |
| 59                 |                                   | 0.3       | 1.8      | 63       | 4        | 19.1     | 2.3       | 80        | 182.0     |         |  |         |  |         |  |
| 60                 |                                   | 0.4       | 2.4      | 157      | 4        | 26.9     | 2.6       | 100       | 184.5     |         |  |         |  |         |  |
| 61                 |                                   | 0.7       | 5.3      | 256      | 5        | 49.0     | 5.2       | 187       | 351       |         |  |         |  |         |  |
| 62                 |                                   | 0.6       | 5.4      | 242      | 6        | 43.9     | 4.2       | 162       | 289       |         |  |         |  |         |  |
| 63                 |                                   | 0.9       | 6.9      | 363      | 5        | 58.6     | 6.1       | 214       | 380       |         |  |         |  |         |  |
| 64                 |                                   | 0.9       | 5.0      | 318      | 6        | 60.3     | 4.7       | 156       | 312       |         |  |         |  |         |  |
| 65                 |                                   | 0.6       | 4.8      | 269      | 4        | 43.6     | 5.2       | 141       | 297       |         |  |         |  |         |  |
| 66                 |                                   | 0.6       | 4.8      | 269      | 4        | 46.7     | 5.0       | 144       | 295       |         |  |         |  |         |  |
| 67                 |                                   | 0.3       | 1.1      | 178      | 3        | 21.0     | 2.0       | 116       | 107.5     |         |  |         |  |         |  |
| 68                 |                                   | 0.5       | 3.5      | 222      | 4        | 31.4     | 3.9       | 139       | 258       |         |  |         |  |         |  |
| 69                 |                                   | 0.4       | 1.8      | 154      | 3        | 29.0     | 2.5       | 83        | 158.0     |         |  |         |  |         |  |
| 70                 |                                   | 0.5       | 3.4      | 221      | 3        | 33.8     | 3.3       | 112       | 222       |         |  |         |  |         |  |
| 71                 |                                   | 0.4       | 2.7      | 184      | 2        | 28.4     | 3.2       | 112       | 187.0     |         |  |         |  |         |  |
| 72                 |                                   | 0.4       | 1.8      | 208      | 4        | 28.7     | 2.9       | 104       | 163.0     |         |  |         |  |         |  |
| 73                 |                                   | 0.3       | 1.9      | 180      | 3        | 21.4     | 2.6       | 101       | 166.5     |         |  |         |  |         |  |
| 74                 |                                   | 0.4       | 2.3      | 204      | 2        | 25.0     | 2.8       | 111       | 157.0     |         |  |         |  |         |  |
| 75                 |                                   | 0.4       | 2.4      | 167      | 2        | 24.4     | 3.1       | 108       | 200       |         |  |         |  |         |  |
| 76                 |                                   | 0.3       | 2.2      | 128      | 1        | 17.0     | 2.0       | 89        | 154.0     |         |  |         |  |         |  |
| 77                 |                                   | 0.5       | 3.4      | 200      | 1        | 28.9     | 2.6       | 108       | 194.5     |         |  |         |  |         |  |
| 78                 |                                   | 0.4       | 2.1      | 140      | 1        | 22.4     | 2.1       | 102       | 139.0     |         |  |         |  |         |  |
| 80                 |                                   | 0.3       | 1.6      | 169      | 6        | 20.5     | 2.2       | 89        | 148.5     |         |  |         |  |         |  |
| 82                 |                                   | 0.3       | 2.8      | 158      | 1        | 17.4     | 1.9       | 86        | 216       |         |  |         |  |         |  |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookspark Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUEH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 4 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MSB1<br>Ag<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Ba<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Ce<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Co<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Cr<br>ppm<br>10 | ME-MSB1<br>Cs<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Cu<br>ppm<br>5 | ME-MSB1<br>Dy<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Er<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Eu<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Ga<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Gd<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Hf<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Ho<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>La<br>ppm<br>0.5 |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 83                 | <1                                | 300                       | 20.1                        | 3.8                         | 16.6                        | 110                        | 1.2                         | 11                        | 1.2                         | 0.9                         | 0.1                         | 6                         | 1.2                         | 3                         | 0.2                         | 13.0                        |
| 84                 | <1                                | 339                       | 40.3                        | 20.1                        | 16.6                        | 110                        | 2.4                         | 25                        | 3.6                         | 2.3                         | 1.5                         | 12                        | 3.5                         | 3                         | 0.8                         | 17.2                        |
| 85                 | <1                                | 395                       | 37.7                        | 20.1                        | 16.6                        | 110                        | 2.1                         | 34                        | 3.7                         | 2.4                         | 0.8                         | 14                        | 3.4                         | 4                         | 0.6                         | 20.9                        |
| 86                 | <1                                | 317                       | 34.1                        | 19.8                        | 16.6                        | 70                         | 2.3                         | 33                        | 3.8                         | 2.5                         | 0.8                         | 14                        | 2.7                         | 5                         | 0.6                         | 16.6                        |
| 87                 | <1                                | 614                       | 59.0                        | 22.4                        | 110                         | 110                        | 3.9                         | 104                       | 5.0                         | 3.1                         | 2.1                         | 17                        | 5.2                         | 4                         | 1.0                         | 25.9                        |
| 88                 | <1                                | 292                       | 20.9                        | 7.8                         | 17.2                        | 40                         | 2.0                         | 31                        | 1.9                         | 1.1                         | 0.7                         | 7                         | 2.2                         | 2                         | 0.4                         | 11.4                        |
| 89-1               | <1                                | 266                       | 33.8                        | 17.2                        | 17.2                        | 100                        | 1.9                         | 40                        | 3.6                         | 2.2                         | 0.9                         | 12                        | 3.5                         | 3                         | 0.7                         | 18.1                        |
| 89-2               | <1                                | 415                       | 32.3                        | 13.2                        | 13.2                        | 60                         | 2.4                         | 37                        | 3.0                         | 2.0                         | 0.4                         | 13                        | 2.9                         | 4                         | 0.5                         | 19.3                        |
| 90                 | <1                                | 479                       | 46.6                        | 17.4                        | 17.4                        | 80                         | 2.7                         | 36                        | 4.0                         | 2.5                         | 1.7                         | 15                        | 3.9                         | 4                         | 0.8                         | 20.4                        |
| 91                 | <1                                | 581                       | 57.0                        | 21.3                        | 21.3                        | 100                        | 4.0                         | 47                        | 4.4                         | 2.7                         | 1.7                         | 17                        | 4.0                         | 4                         | 0.8                         | 23.7                        |
| 92                 | <1                                | 540                       | 52.2                        | 20.5                        | 20.5                        | 100                        | 4.0                         | 41                        | 4.3                         | 2.8                         | 1.5                         | 17                        | 4.2                         | 4                         | 0.8                         | 23.5                        |
| 93                 | <1                                | 354                       | 42.0                        | 17.0                        | 17.0                        | 60                         | 3.3                         | 51                        | 3.6                         | 2.3                         | 0.7                         | 16                        | 3.7                         | 4                         | 0.7                         | 24.3                        |
| 94                 | <1                                | 340                       | 41.1                        | 15.8                        | 15.8                        | 80                         | 4.0                         | 37                        | 3.6                         | 2.3                         | 1.1                         | 14                        | 4.0                         | 3                         | 0.8                         | 21.3                        |
| 95                 | <1                                | 399                       | 51.2                        | 18.9                        | 18.9                        | 110                        | 3.8                         | 40                        | 4.4                         | 2.6                         | 1.4                         | 17                        | 4.0                         | 4                         | 0.7                         | 24.2                        |
| 96                 | <1                                | 230                       | 41.9                        | 17.6                        | 17.6                        | 100                        | 2.7                         | 39                        | 3.7                         | 2.3                         | 0.9                         | 12                        | 3.6                         | 4                         | 0.7                         | 20.2                        |
| 97                 | <1                                | 288                       | 40.8                        | 18.0                        | 18.0                        | 100                        | 3.7                         | 35                        | 3.5                         | 2.2                         | 0.5                         | 14                        | 3.9                         | 4                         | 0.6                         | 21.3                        |
| 98                 | <1                                | 538                       | 58.1                        | 18.9                        | 18.9                        | 90                         | 5.0                         | 56                        | 3.3                         | 2.0                         | 1.0                         | 13                        | 4.1                         | 3                         | 0.6                         | 28.7                        |
| 99                 | <1                                | 207                       | 27.1                        | 27.1                        | 27.1                        | 1180                       | 1.5                         | 35                        | 3.1                         | 1.9                         | 1.0                         | 12                        | 2.9                         | 2                         | 0.5                         | 13.5                        |
| 100                | <1                                | 331                       | 46.3                        | 23.1                        | 23.1                        | 1720                       | 1.8                         | 35                        | 3.3                         | 2.0                         | 1.0                         | 12                        | 4.3                         | 3                         | 0.7                         | 23.7                        |
| 101                | <1                                | 327                       | 47.4                        | 24.4                        | 24.4                        | 1460                       | 1.9                         | 34                        | 3.5                         | 2.0                         | 1.0                         | 13                        | 3.6                         | 4                         | 0.6                         | 24.1                        |
| 102                | <1                                | 312                       | 39.3                        | 22.6                        | 22.6                        | 900                        | 2.2                         | 32                        | 3.4                         | 2.0                         | 1.3                         | 13                        | 3.6                         | 3                         | 0.7                         | 19.4                        |
| 103                | <1                                | 332                       | 36.7                        | 22.6                        | 22.6                        | 460                        | 2.5                         | 30                        | 3.3                         | 2.1                         | 0.9                         | 12                        | 3.3                         | 4                         | 0.6                         | 17.4                        |
| 104                | <1                                | 440                       | 39.4                        | 16.8                        | 16.8                        | 70                         | 2.2                         | 62                        | 3.7                         | 2.2                         | 1.2                         | 13                        | 3.5                         | 3                         | 0.7                         | 19.1                        |
| 105                | <1                                | 450                       | 41.2                        | 15.0                        | 15.0                        | 60                         | 1.4                         | 41                        | 4.2                         | 2.6                         | 1.0                         | 13                        | 4.8                         | 4                         | 0.9                         | 20.8                        |
| 106                | <1                                | 506                       | 42.8                        | 24.2                        | 24.2                        | 80                         | 1.3                         | 61                        | 4.3                         | 2.6                         | 1.3                         | 17                        | 4.3                         | 6                         | 0.8                         | 24.0                        |
| 107                | <1                                | 552                       | 42.1                        | 21.0                        | 21.0                        | 80                         | 1.4                         | 67                        | 3.6                         | 2.2                         | 0.8                         | 15                        | 4.3                         | 5                         | 0.8                         | 23.5                        |
| 108                | <1                                | 567                       | 48.0                        | 24.9                        | 24.9                        | 90                         | 1.3                         | 65                        | 4.2                         | 2.5                         | 1.5                         | 17                        | 4.5                         | 4                         | 0.8                         | 23.5                        |
| 109                | <1                                | 567                       | 47.5                        | 26.1                        | 26.1                        | 120                        | 1.5                         | 84                        | 3.8                         | 2.3                         | 1.5                         | 18                        | 5.5                         | 4                         | 0.9                         | 25.0                        |
| 110                | <1                                | 808                       | 46.1                        | 20.5                        | 20.5                        | 80                         | 2.1                         | 80                        | 3.0                         | 1.8                         | 1.1                         | 16                        | 5.3                         | 3                         | 0.8                         | 25.9                        |
| 111                | <1                                | 630                       | 46.6                        | 18.4                        | 18.4                        | 100                        | 2.7                         | 67                        | 3.6                         | 2.0                         | 1.6                         | 16                        | 4.7                         | 5                         | 0.7                         | 24.6                        |
| 112                | <1                                | 851                       | 59.2                        | 24.8                        | 24.8                        | 140                        | 3.1                         | 93                        | 4.1                         | 2.3                         | 2.5                         | 18                        | 6.4                         | 3                         | 1.0                         | 25.1                        |
| 113                | <1                                | 563                       | 48.6                        | 23.5                        | 23.5                        | 170                        | 2.6                         | 76                        | 3.5                         | 2.1                         | 1.4                         | 17                        | 5.2                         | 4                         | 0.8                         | 26.1                        |
| 114                | <1                                | 781                       | 48.8                        | 25.7                        | 25.7                        | 110                        | 1.8                         | 73                        | 3.9                         | 2.2                         | 2.0                         | 18                        | 5.5                         | 3                         | 0.9                         | 24.1                        |
| 115                | <1                                | 618                       | 36.1                        | 21.1                        | 21.1                        | 50                         | 2.2                         | 69                        | 3.1                         | 1.9                         | 0.8                         | 16                        | 4.8                         | 3                         | 0.8                         | 20.0                        |
| 116                | <1                                | 569                       | 42.9                        | 19.9                        | 19.9                        | 80                         | 2.7                         | 58                        | 3.3                         | 2.1                         | 1.1                         | 17                        | 4.6                         | 3                         | 0.7                         | 22.6                        |
| 117                | <1                                | 701                       | 45.2                        | 24.0                        | 24.0                        | 110                        | 2.0                         | 69                        | 3.8                         | 2.2                         | 1.9                         | 18                        | 5.2                         | 3                         | 0.9                         | 24.0                        |
| 118                | <1                                | 807                       | 51.3                        | 21.0                        | 21.0                        | 150                        | 2.0                         | 68                        | 3.6                         | 2.1                         | 2.0                         | 16                        | 5.4                         | 3                         | 0.8                         | 24.4                        |
| 119                | <1                                | 694                       | 44.1                        | 21.4                        | 21.4                        | 60                         | 3.0                         | 80                        | 3.1                         | 1.9                         | 1.0                         | 17                        | 4.7                         | 4                         | 0.7                         | 24.1                        |
| 120                | <1                                | 401                       | 32.7                        | 36.5                        | 36.5                        | 40                         | 1.3                         | 68                        | 4.0                         | 2.2                         | 1.0                         | 17                        | 5.8                         | 2                         | 1.0                         | 19.2                        |
| 121                | <1                                | 720                       | 52.2                        | 27.4                        | 27.4                        | 110                        | 3.1                         | 64                        | 3.9                         | 2.1                         | 2.1                         | 18                        | 4.8                         | 3                         | 0.8                         | 23.0                        |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUE RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAHAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

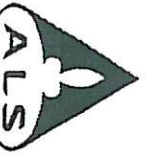
Page: 4 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309**

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MSB1<br>Lu<br>ppm | ME-MSB1<br>Mo<br>ppm | ME-MSB1<br>Nb<br>ppm | ME-MSB1<br>Nd<br>ppm | ME-MSB1<br>Ni<br>ppm | ME-MSB1<br>Pb<br>ppm | ME-MSB1<br>Pr<br>ppm | ME-MSB1<br>Rb<br>ppm | ME-MSB1<br>Sm<br>ppm | ME-MSB1<br>Sn<br>ppm | ME-MSB1<br>Sr<br>ppm | ME-MSB1<br>Ta<br>ppm | ME-MSB1<br>Tb<br>ppm | ME-MSB1<br>Th<br>ppm | ME-MSB1<br>Tl<br>ppm |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 83                 | 0.1                               | <2                   | 6                    | 7.4                  | 13                   | 11                   | 2.3                  | 35.0                 | 1.3                  | 1                    | 277                  | 0.5                  | 0.2                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 84                 | 0.4                               | 2                    | 11                   | 15.6                 | 37                   | 15                   | 4.0                  | 52.3                 | 3.5                  | 3                    | 236                  | 0.7                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 85                 | 0.3                               | 2                    | 12                   | 17.4                 | 31                   | 23                   | 4.6                  | 47.2                 | 3.6                  | 2                    | 242                  | 0.8                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 86                 | 0.3                               | <2                   | 12                   | 14.8                 | 31                   | 16                   | 4.1                  | 43.3                 | 3.3                  | 2                    | 204                  | 0.8                  | 0.5                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 87                 | 0.4                               | 11                   | 10                   | 24.4                 | 60                   | 22                   | 6.3                  | 81.5                 | 5.8                  | 5                    | 230                  | 0.7                  | 0.9                  | 7                    | <0.5                 |                      |
| 88                 | 0.2                               | <2                   | 4                    | 10.6                 | 23                   | 11                   | 2.7                  | 31.1                 | 2.3                  | 1                    | 319                  | <0.5                 | 0.4                  | 3                    | <0.5                 |                      |
| 89-1               | 0.3                               | 2                    | 10                   | 17.0                 | 35                   | 14                   | 4.4                  | 38.7                 | 3.3                  | 1                    | 220                  | 0.6                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 89-2               | 0.3                               | 2                    | 10                   | 16.2                 | 29                   | 23                   | 4.4                  | 56.0                 | 2.9                  | 2                    | 249                  | 0.7                  | 0.5                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 90                 | 0.4                               | 2                    | 15                   | 16.8                 | 32                   | 27                   | 4.6                  | 70.8                 | 4.2                  | 3                    | 209                  | 1.0                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 91                 | 0.4                               | 2                    | 13                   | 20.0                 | 46                   | 18                   | 5.3                  | 86.6                 | 5.4                  | 3                    | 237                  | 0.8                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 92                 | 0.3                               | <2                   | 13                   | 20.4                 | 43                   | 23                   | 5.5                  | 84.0                 | 4.9                  | 2                    | 226                  | 0.9                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 93                 | 0.3                               | 2                    | 12                   | 20.4                 | 29                   | 17                   | 5.5                  | 62.1                 | 3.7                  | 1                    | 316                  | 0.8                  | 0.6                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 94                 | 0.3                               | <2                   | 11                   | 20.0                 | 40                   | 11                   | 5.3                  | 53.8                 | 4.3                  | 1                    | 163.0                | 0.8                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 95                 | 0.3                               | <2                   | 13                   | 19.7                 | 51                   | 40                   | 5.4                  | 58.8                 | 5.0                  | 2                    | 158.5                | 0.9                  | 0.6                  | 7                    | <0.5                 |                      |
| 96                 | 0.3                               | <2                   | 9                    | 18.4                 | 42                   | 21                   | 4.8                  | 47.9                 | 4.0                  | 2                    | 147.0                | 0.6                  | 0.6                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 97                 | 0.3                               | <2                   | 10                   | 19.9                 | 58                   | 15                   | 5.2                  | 57.6                 | 3.8                  | 2                    | 140.5                | 0.7                  | 0.6                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 98                 | 0.3                               | <2                   | 10                   | 25.1                 | 61                   | 14                   | 6.6                  | 75.4                 | 4.5                  | 2                    | 402                  | 0.7                  | 0.6                  | 8                    | <0.5                 |                      |
| 99                 | 0.3                               | <2                   | 7                    | 12.6                 | 129                  | 9                    | 3.2                  | 28.1                 | 2.9                  | 1                    | 202                  | 0.5                  | 0.5                  | 4                    | <0.5                 |                      |
| 100                | 0.3                               | <2                   | 10                   | 20.9                 | 120                  | 11                   | 5.6                  | 45.4                 | 4.1                  | 2                    | 315                  | 0.7                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 101                | 0.3                               | <2                   | 11                   | 20.5                 | 108                  | 12                   | 5.4                  | 42.9                 | 3.9                  | 1                    | 342                  | 0.7                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 102                | 0.3                               | <2                   | 10                   | 16.8                 | 125                  | 11                   | 4.4                  | 48.6                 | 3.5                  | 1                    | 257                  | 0.7                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 103                | 0.3                               | <2                   | 9                    | 15.0                 | 104                  | 11                   | 4.1                  | 53.7                 | 3.3                  | 1                    | 249                  | 0.6                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 104                | 0.3                               | 2                    | 9                    | 17.8                 | 35                   | 11                   | 4.6                  | 51.0                 | 4.1                  | 3                    | 355                  | 0.6                  | 0.6                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 105                | 0.4                               | <2                   | 9                    | 21.6                 | 29                   | 12                   | 5.2                  | 46.4                 | 4.4                  | 2                    | 340                  | 0.7                  | 0.8                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 106                | 0.3                               | <2                   | 8                    | 20.6                 | 28                   | 13                   | 5.5                  | 45.2                 | 4.5                  | 1                    | 475                  | 0.5                  | 0.7                  | 7                    | <0.5                 |                      |
| 107                | 0.4                               | 2                    | 7                    | 21.4                 | 33                   | 15                   | 5.6                  | 52.9                 | 4.2                  | 1                    | 480                  | 0.5                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 108                | 0.4                               | <2                   | 8                    | 20.3                 | 31                   | 18                   | 5.5                  | 50.0                 | 4.7                  | 2                    | 478                  | 0.5                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 109                | 0.4                               | <2                   | 8                    | 23.6                 | 40                   | 21                   | 5.6                  | 54.1                 | 4.5                  | 2                    | 492                  | 0.5                  | 0.8                  | 7                    | <0.5                 |                      |
| 110                | 0.3                               | <2                   | 8                    | 25.6                 | 37                   | 26                   | 6.1                  | 79.4                 | 4.7                  | 2                    | 454                  | 0.5                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 111                | 0.3                               | <2                   | 7                    | 22.8                 | 40                   | 17                   | 5.7                  | 79.4                 | 4.8                  | 2                    | 394                  | 0.5                  | 0.7                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 112                | 0.4                               | 2                    | 7                    | 25.3                 | 48                   | 29                   | 6.2                  | 87.0                 | 5.9                  | 2                    | 481                  | <0.5                 | 0.9                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 113                | 0.3                               | 2                    | 7                    | 26.2                 | 53                   | 20                   | 6.4                  | 73.2                 | 5.1                  | 2                    | 386                  | 0.5                  | 0.8                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 114                | 0.3                               | 2                    | 7                    | 24.7                 | 36                   | 22                   | 5.9                  | 69.8                 | 5.4                  | 2                    | 495                  | 0.5                  | 0.8                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 115                | 0.3                               | <2                   | 6                    | 21.3                 | 30                   | 23                   | 5.0                  | 69.4                 | 3.7                  | 1                    | 450                  | <0.5                 | 0.7                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 116                | 0.3                               | <2                   | 7                    | 21.8                 | 38                   | 27                   | 5.4                  | 68.1                 | 4.4                  | 2                    | 444                  | 0.5                  | 0.7                  | 5                    | <0.5                 |                      |
| 117                | 0.3                               | <2                   | 7                    | 23.7                 | 35                   | 20                   | 5.7                  | 66.8                 | 5.0                  | 2                    | 479                  | <0.5                 | 0.8                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 118                | 0.4                               | <2                   | 7                    | 24.0                 | 43                   | 14                   | 5.7                  | 94.2                 | 5.4                  | 2                    | 393                  | <0.5                 | 0.8                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 119                | 0.3                               | <2                   | 7                    | 24.6                 | 37                   | 18                   | 5.8                  | 100.5                | 4.3                  | 2                    | 404                  | <0.5                 | 0.6                  | 6                    | <0.5                 |                      |
| 120                | 0.3                               | <2                   | 5                    | 24.6                 | 27                   | 26                   | 5.4                  | 25.6                 | 4.7                  | 1                    | 644                  | <0.5                 | 0.9                  | 3                    | <0.5                 |                      |
| 121                | 0.4                               | 2                    | 8                    | 21.4                 | 45                   | 43                   | 5.2                  | 69.1                 | 4.9                  | 2                    | 371                  | 0.5                  | 0.7                  | 5                    | <0.5                 |                      |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

TO: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAHAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 4 - C  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TID

Project: Tehran Padir

CERTIFICATE OF ANALYSIS      VA05001309

| CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309 |                          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Sample Description                 | Method Analyte Units LOR | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 | ME-MSB1 |
|                                    |                          | Tm ppm  | U ppm   | V ppm   | W ppm   | Y ppm   | Yb ppm  | Zn ppm  | Zr ppm  |         |         |         |
| 83                                 | 0.1                      | 1.5     | 30      | 1       | 7.3     | 0.8     | 33      | 101.0   |         |         |         |         |
| 84                                 | 0.4                      | 2.1     | 157     | 1       | 22.0    | 2.1     | 94      | 147.0   |         |         |         |         |
| 85                                 | 0.3                      | 1.6     | 334     | 7       | 18.0    | 2.1     | 126     | 145.5   |         |         |         |         |
| 86                                 | 0.3                      | 1.6     | 180     | 2       | 18.0    | 2.5     | 106     | 156.5   |         |         |         |         |
| 87                                 | 0.4                      | 2.3     | 186     | 2       | 28.2    | 2.7     | 120     | 149.0   |         |         |         |         |
| 88                                 | 0.2                      | 1.0     | 90      | 9       | 12.7    | 1.1     | 55      | 61.0    |         |         |         |         |
| 89-1                               | 0.3                      | 1.4     | 205     | 8       | 18.9    | 2.0     | 76      | 125.5   |         |         |         |         |
| 89-2                               | 0.2                      | 1.5     | 241     | 3       | 16.0    | 2.0     | 106     | 132.5   |         |         |         |         |
| 90                                 | 0.4                      | 2.5     | 174     | 1       | 22.9    | 2.5     | 110     | 182.0   |         |         |         |         |
| 91                                 | 0.4                      | 2.3     | 192     | 1       | 24.0    | 2.5     | 120     | 179.5   |         |         |         |         |
| 92                                 | 0.3                      | 2.1     | 177     | 2       | 22.9    | 2.5     | 110     | 160.0   |         |         |         |         |
| 93                                 | 0.3                      | 1.6     | 152     | 8       | 21.5    | 2.2     | 87      | 157.5   |         |         |         |         |
| 94                                 | 0.3                      | 1.6     | 143     | 3       | 21.4    | 2.1     | 84      | 136.0   |         |         |         |         |
| 95                                 | 0.3                      | 1.8     | 146     | 3       | 20.6    | 2.6     | 99      | 160.5   |         |         |         |         |
| 96                                 | 0.3                      | 1.7     | 148     | 3       | 19.2    | 2.1     | 97      | 125.0   |         |         |         |         |
| 97                                 | 0.3                      | 1.4     | 154     | 3       | 20.1    | 2.0     | 86      | 129.0   |         |         |         |         |
| 98                                 | 0.3                      | 1.9     | 140     | 3       | 20.1    | 1.8     | 80      | 132.0   |         |         |         |         |
| 99                                 | 0.2                      | 1.6     | 154     | <1      | 16.6    | 1.7     | 84      | 93.9    |         |         |         |         |
| 100                                | 0.3                      | 1.5     | 87      | <1      | 20.0    | 1.9     | 104     | 152.0   |         |         |         |         |
| 101                                | 0.3                      | 1.5     | 130     | 1       | 18.0    | 1.9     | 102     | 159.0   |         |         |         |         |
| 102                                | 0.3                      | 1.5     | 122     | 1       | 17.7    | 2.0     | 86      | 141.0   |         |         |         |         |
| 103                                | 0.3                      | 1.4     | 113     | 1       | 17.6    | 2.0     | 73      | 135.0   |         |         |         |         |
| 104                                | 0.3                      | 1.6     | 136     | 1       | 18.5    | 2.1     | 109     | 117.5   |         |         |         |         |
| 105                                | 0.4                      | 1.5     | 180     | 1       | 27.1    | 2.4     | 68      | 141.5   |         |         |         |         |
| 106                                | 0.3                      | 2.3     | 514     | 2       | 21.1    | 2.5     | 89      | 211     |         |         |         |         |
| 107                                | 0.3                      | 1.9     | 402     | 1       | 21.6    | 2.2     | 84      | 191.0   |         |         |         |         |
| 108                                | 0.3                      | 2.3     | 500     | 2       | 22.1    | 2.4     | 95      | 185.5   |         |         |         |         |
| 109                                | 0.4                      | 2.1     | 451     | 2       | 24.6    | 2.4     | 88      | 166.5   |         |         |         |         |
| 110                                | 0.3                      | 1.8     | 323     | 1       | 21.8    | 1.8     | 84      | 116.5   |         |         |         |         |
| 111                                | 0.3                      | 2.0     | 212     | 2       | 19.4    | 2.1     | 84      | 195.5   |         |         |         |         |
| 112                                | 0.4                      | 2.5     | 278     | 1       | 24.3    | 2.1     | 112     | 133.0   |         |         |         |         |
| 113                                | 0.4                      | 1.6     | 266     | 12      | 23.4    | 2.0     | 87      | 148.0   |         |         |         |         |
| 114                                | 0.4                      | 2.1     | 358     | 10      | 22.9    | 2.2     | 94      | 115.5   |         |         |         |         |
| 115                                | 0.3                      | 1.4     | 231     | 2       | 20.6    | 1.9     | 84      | 93.5    |         |         |         |         |
| 116                                | 0.3                      | 1.8     | 220     | 1       | 20.6    | 1.9     | 88      | 108.0   |         |         |         |         |
| 117                                | 0.4                      | 1.9     | 391     | 1       | 22.0    | 2.1     | 96      | 117.0   |         |         |         |         |
| 118                                | 0.4                      | 2.2     | 224     | 1       | 21.8    | 1.9     | 86      | 131.0   |         |         |         |         |
| 119                                | 0.3                      | 1.7     | 205     | 2       | 19.8    | 1.7     | 86      | 123.5   |         |         |         |         |
| 120                                | 0.4                      | 0.8     | 626     | 1       | 25.5    | 2.0     | 109     | 72.5    |         |         |         |         |
| 121                                | 0.4                      | 2.1     | 271     | 1       | 22.5    | 2.1     | 116     | 118.5   |         |         |         |         |



TO: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 5 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

**CERTIFICATE OF ANALYSIS**    **VA05001309**

| Sample Description | Method Analyte Units LOR | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 | ME-MS01 |
|--------------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                    |                          | Ag ppm  | Ba ppm  | Co ppm  | Co ppm  | Cr ppm  | Cs ppm  | Cu ppm  | Dy ppm  | Er ppm  | Eu ppm  | Ga ppm  | Gd ppm  | Hf ppm  | Ho ppm  | La ppm  |         |         |         |
| 122                | <1                       | 429     | 36.5    | 41.8    | 50      | 1.4     | 68      | 4.2     | 2.3     | 1.5     | 18      | 6.2     | 2       | 1.1     | 18.2    |         |         |         |         |
| 123                | <1                       | 602     | 50.1    | 24.9    | 80      | 2.5     | 62      | 4.4     | 2.5     | 2.2     | 18      | 5.1     | 3       | 0.9     | 23.4    |         |         |         |         |
| 124                | <1                       | 603     | 49.5    | 28.2    | 80      | 2.0     | 49      | 4.3     | 2.4     | 1.9     | 16      | 6.8     | 3       | 0.9     | 25.8    |         |         |         |         |
| 125                | <1                       | 678     | 51.8    | 42.7    | 80      | 1.7     | 117     | 4.5     | 2.4     | 1.8     | 21      | 6.1     | 3       | 0.9     | 26.7    |         |         |         |         |
| 126                | <1                       | 667     | 51.9    | 34.7    | 70      | 2.9     | 177     | 4.3     | 2.3     | 1.7     | 19      | 6.5     | 3       | 1.0     | 28.2    |         |         |         |         |
| 127                | <1                       | 581     | 49.7    | 43.5    | 90      | 1.4     | 76      | 5.1     | 2.7     | 2.2     | 21      | 6.5     | 2       | 1.0     | 25.1    |         |         |         |         |
| 128                | <1                       | 371     | 31.2    | 28.3    | 170     | 3.7     | 89      | 3.2     | 1.9     | 0.6     | 15      | 4.4     | 3       | 0.8     | 19.2    |         |         |         |         |
| 129                | <1                       | 464     | 40.7    | 38.0    | 60      | 2.3     | 66      | 2.4     | 2.4     | 1.8     | 19      | 5.5     | 2       | 0.9     | 20.9    |         |         |         |         |
| 130                | <1                       | 469     | 34.2    | 34.3    | 50      | 2.1     | 62      | 4.0     | 2.2     | 1.2     | 18      | 5.5     | 3       | 0.9     | 18.6    |         |         |         |         |
| 131                | <1                       | 815     | 86.7    | 19.9    | 80      | 5.0     | 79      | 4.8     | 2.8     | 2.0     | 19      | 8.7     | 4       | 1.2     | 47.9    |         |         |         |         |
| 132                | <1                       | 731     | 91.5    | 21.4    | 110     | 4.8     | 62      | 4.7     | 2.7     | 2.6     | 19      | 8.2     | 4       | 1.2     | 47.9    |         |         |         |         |
| 133                | <1                       | 823     | 91.7    | 28.5    | 90      | 3.2     | 62      | 5.5     | 3.1     | 2.3     | 21      | 9.4     | 7       | 1.4     | 50.4    |         |         |         |         |
| 134                | <1                       | 887     | 92.2    | 20.6    | 120     | 5.5     | 71      | 5.2     | 2.9     | 2.1     | 20      | 9.0     | 5       | 1.3     | 51.5    |         |         |         |         |
| 134-A              | <1                       | 1120    | 98.9    | 123.0   | 60      | 3.8     | 70      | 5.0     | 3.9     | 2.2     | 22      | 9.6     | 5       | 1.2     | 55.2    |         |         |         |         |
| 135                | <1                       | 540     | 99.9    | 36.2    | 100     | 2.9     | 61      | 6.5     | 3.8     | 2.4     | 26      | 10.5    | 11      | 1.6     | 51.7    |         |         |         |         |
| 136                | <1                       | 776     | 102.0   | 30.1    | 80      | 3.5     | 53      | 6.8     | 4.0     | 2.7     | 23      | 10.6    | 9       | 1.5     | 56.9    |         |         |         |         |
| 137                | <1                       | 835     | 85.5    | 17.3    | 60      | 5.0     | 76      | 4.6     | 2.7     | 1.7     | 20      | 7.5     | 6       | 0.9     | 54.5    |         |         |         |         |
| 138                | <1                       | 642     | 105.0   | 9.1     | 20      | 4.4     | 90      | 4.2     | 2.6     | 1.8     | 23      | 7.9     | 7       | 1.1     | 70.2    |         |         |         |         |
| 139                | <1                       | 814     | 85.3    | 16.7    | 60      | 4.8     | 76      | 4.5     | 2.6     | 1.7     | 19      | 7.9     | 5       | 1.0     | 53.2    |         |         |         |         |
| 140                | <1                       | 895     | 92.2    | 17.1    | 60      | 4.9     | 70      | 5.1     | 2.9     | 2.2     | 21      | 7.8     | 5       | 1.0     | 52.3    |         |         |         |         |
| 141                | <1                       | 909     | 102.5   | 17.2    | 60      | 5.3     | 71      | 5.4     | 3.0     | 2.5     | 21      | 8.5     | 5       | 1.2     | 60.9    |         |         |         |         |
| 142                | <1                       | 931     | 110.0   | 19.1    | 60      | 4.3     | 73      | 5.4     | 3.1     | 2.2     | 21      | 9.6     | 6       | 1.3     | 63.1    |         |         |         |         |
| 143                | <1                       | 650     | 75.0    | 16.7    | 90      | 4.4     | 71      | 4.2     | 2.5     | 1.6     | 18      | 6.5     | 5       | 0.9     | 41.5    |         |         |         |         |
| 144                | <1                       | 669     | 73.0    | 17.4    | 80      | 4.9     | 69      | 4.1     | 2.4     | 1.3     | 16      | 5.8     | 4       | 0.7     | 37.5    |         |         |         |         |
| 145                | <1                       | 1195    | 93.8    | 13.9    | 30      | 5.1     | 48      | 5.0     | 2.8     | 2.1     | 18      | 7.0     | 4       | 0.8     | 50.6    |         |         |         |         |
| 146                | <1                       | 1225    | 121.0   | 15.0    | 50      | 4.9     | 44      | 6.9     | 3.7     | 2.8     | 17      | 9.6     | 6       | 1.0     | 59.6    |         |         |         |         |
| 147                | <1                       | 1010    | 79.8    | 18.8    | 50      | 6.5     | 69      | 4.7     | 2.5     | 1.9     | 18      | 6.4     | 4       | 0.7     | 41.7    |         |         |         |         |
| 148                | <1                       | 639     | 72.3    | 16.8    | 80      | 5.0     | 67      | 4.2     | 2.4     | 1.2     | 16      | 5.4     | 4       | 0.7     | 37.5    |         |         |         |         |
| 149                | <1                       | 688     | 76.1    | 17.5    | 80      | 5.0     | 68      | 4.2     | 2.4     | 1.3     | 17      | 5.6     | 4       | 0.7     | 38.2    |         |         |         |         |
| 150                | <1                       | 1330    | 90.1    | 16.2    | 60      | 4.6     | 50      | 5.2     | 2.8     | 2.3     | 18      | 7.0     | 4       | 0.8     | 44.6    |         |         |         |         |
| 151                | <1                       | 906     | 90.8    | 18.6    | 40      | 4.8     | 69      | 5.1     | 2.7     | 2.2     | 18      | 7.4     | 4       | 0.8     | 47.3    |         |         |         |         |
| 152                | <1                       | 887     | 90.8    | 18.6    | 40      | 4.9     | 71      | 5.2     | 2.6     | 2.1     | 18      | 7.8     | 4       | 0.9     | 48.4    |         |         |         |         |
| 153                | <1                       | 646     | 85.8    | 20.9    | 100     | 6.2     | 65      | 5.6     | 3.0     | 1.8     | 19      | 7.4     | 5       | 0.9     | 46.0    |         |         |         |         |
| 154                | <1                       | 1790    | 98.4    | 16.0    | 30      | 4.1     | 54      | 4.9     | 2.4     | 2.4     | 18      | 7.5     | 3       | 0.7     | 44.7    |         |         |         |         |
| 155                | <1                       | 1005    | 89.9    | 17.9    | 50      | 5.0     | 62      | 5.2     | 2.7     | 2.1     | 18      | 7.3     | 4       | 0.8     | 44.2    |         |         |         |         |
| 156                | <1                       | 982     | 83.8    | 16.9    | 50      | 5.1     | 65      | 5.1     | 2.7     | 2.0     | 17      | 7.0     | 4       | 0.8     | 44.6    |         |         |         |         |
| 157                | <1                       | 505     | 61.2    | 21.1    | 160     | 5.3     | 45      | 4.5     | 2.6     | 1.2     | 16      | 5.6     | 4       | 0.9     | 44.6    |         |         |         |         |
| 158                | <1                       | 293     | 42.3    | 29.6    | 210     | 4.5     | 59      | 4.2     | 2.3     | 0.9     | 16      | 4.3     | 3       | 0.7     | 22.5    |         |         |         |         |
| 159                | <1                       | 879     | 141.0   | 16.5    | 40      | 4.9     | 32      | 6.9     | 3.6     | 2.5     | 21      | 9.6     | 6       | 1.1     | 66.6    |         |         |         |         |
| 160                | <1                       | 741     | 102.5   | 18.2    | 120     | 4.8     | 39      | 5.4     | 3.0     | 1.9     | 18      | 7.3     | 5       | 0.9     | 52.4    |         |         |         |         |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

TO: KANPANZHOUE RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 5 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method Analyte Units LOR | ME-MS81    | ME-MS81  | ME-MS81  | ME-MS81    | ME-MS81  | ME-MS81  | ME-MS81    | ME-MS81    | ME-MS81    | ME-MS81  | ME-MS81    | ME-MS81    | ME-MS81    | ME-MS81  | ME-MS81    |
|--------------------|--------------------------|------------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|----------|------------|
|                    |                          | Lu ppm 0.1 | Mo ppm 2 | Nb ppm 1 | Nd ppm 0.5 | Ni ppm 5 | Pb ppm 5 | Pr ppm 0.1 | Rb ppm 0.2 | Sm ppm 0.1 | Sn ppm 1 | Sr ppm 0.1 | Ta ppm 0.5 | Tb ppm 0.1 | Th ppm 1 | Ti ppm 0.5 |
| 122                | 0.4                      | <2         | 5        | 23.1     | 28         | 41       | 5.1      | 26.0       | 5.3        | 2          | 639      | <0.5       | 0.9        | 5          | <0.5     |            |
| 123                | 0.4                      | <2         | 9        | 21.9     | 30         | 25       | 5.4      | 50.1       | 5.3        | 2          | 614      | 0.5        | 0.7        | 5          | <0.5     |            |
| 124                | 0.4                      | <2         | 13       | 26.8     | 37         | 16       | 6.3      | 40.2       | 5.3        | 2          | 655      | 0.8        | 1.0        | 4          | <0.5     |            |
| 125                | 0.4                      | <2         | 5        | 28.2     | 31         | 25       | 6.4      | 43.3       | 6.5        | 3          | 897      | <0.5       | 0.9        | 5          | <0.5     |            |
| 126                | 0.3                      | <2         | 7        | 28.7     | 41         | 19       | 6.8      | 59.8       | 5.7        | 2          | 709      | <0.5       | 0.9        | 6          | <0.5     |            |
| 127                | 0.4                      | 2          | 4        | 27.6     | 32         | 16       | 6.3      | 35.8       | 6.2        | 2          | 808      | <0.5       | 1.0        | 4          | <0.5     |            |
| 128                | 0.3                      | <2         | 8        | 19.4     | 72         | 23       | 4.5      | 44.3       | 3.6        | 1          | 454      | 0.6        | 0.7        | 4          | <0.5     |            |
| 129                | 0.4                      | <2         | 6        | 21.5     | 29         | 18       | 5.1      | 37.6       | 5.3        | 2          | 664      | <0.5       | 0.8        | 4          | <0.5     |            |
| 130                | 0.4                      | <2         | 5        | 21.9     | 29         | 15       | 5.0      | 34.8       | 4.7        | 2          | 731      | <0.5       | 0.8        | 3          | <0.5     |            |
| 131                | 0.5                      | 2          | 15       | 41.2     | 44         | 27       | 10.6     | 121.5      | 7.6        | 2          | 724      | 0.9        | 1.2        | 12         | <0.5     |            |
| 132                | 0.5                      | 2          | 16       | 36.4     | 63         | 24       | 9.4      | 109.0      | 8.1        | 3          | 674      | 0.9        | 1.1        | 11         | <0.5     |            |
| 133                | 0.6                      | 2          | 16       | 44.0     | 33         | 22       | 11.0     | 97.6       | 8.5        | 2          | 791      | 0.9        | 1.3        | 12         | <0.5     |            |
| 134                | 0.5                      | 2          | 16       | 44.0     | 53         | 30       | 11.2     | 130.0      | 7.8        | 2          | 843      | 1.0        | 1.3        | 14         | <0.5     |            |
| 134-A              | 0.4                      | 3          | 19       | 51.0     | 38         | 29       | 12.5     | 142.5      | 8.7        | 3          | 1155     | 1.1        | 1.3        | 12         | <0.5     |            |
| 135                | 0.7                      | 2          | 16       | 48.5     | 20         | 26       | 11.8     | 69.5       | 9.5        | 3          | 582      | 1.0        | 1.5        | 21         | <0.5     |            |
| 136                | 0.6                      | 2          | 17       | 50.8     | 27         | 24       | 12.4     | 87.2       | 10.0       | 2          | 863      | 1.1        | 1.5        | 17         | <0.5     |            |
| 137                | 0.4                      | 2          | 14       | 42.5     | 37         | 30       | 11.2     | 125.5      | 7.3        | 2          | 831      | 0.8        | 1.0        | 13         | <0.5     |            |
| 138                | 0.5                      | 2          | 21       | 42.1     | 19         | 43       | 11.9     | 212        | 6.5        | 2          | 749      | 1.0        | 1.0        | 27         | <0.5     |            |
| 139                | 0.4                      | 2          | 14       | 42.6     | 38         | 31       | 11.0     | 124.5      | 7.0        | 2          | 799      | 0.9        | 1.1        | 13         | <0.5     |            |
| 140                | 0.4                      | 2          | 15       | 41.3     | 34         | 30       | 10.7     | 122.0      | 7.8        | 2          | 863      | 0.8        | 1.0        | 12         | <0.5     |            |
| 141                | 0.4                      | 2          | 16       | 47.9     | 36         | 30       | 12.3     | 143.5      | 8.7        | 2          | 864      | 0.9        | 1.2        | 13         | <0.5     |            |
| 142                | 0.6                      | 2          | 19       | 53.9     | 31         | 28       | 13.2     | 136.5      | 9.5        | 3          | 924      | 1.1        | 1.4        | 12         | <0.5     |            |
| 143                | 0.4                      | 2          | 13       | 33.1     | 55         | 26       | 8.6      | 104.5      | 5.9        | 3          | 584      | 0.8        | 0.9        | 11         | <0.5     |            |
| 144                | 0.3                      | 2          | 13       | 29.5     | 53         | 19       | 7.8      | 105.0      | 5.9        | 3          | 552      | 0.8        | 0.8        | 10         | <0.5     |            |
| 145                | 0.3                      | 2          | 15       | 37.0     | 22         | 26       | 10.0     | 135.5      | 7.8        | 2          | 1350     | 0.8        | 0.9        | 13         | <0.5     |            |
| 146                | 0.5                      | 2          | 18       | 50.6     | 25         | 24       | 13.2     | 125.0      | 11.3       | 2          | 1180     | 1.1        | 1.2        | 14         | <0.5     |            |
| 147                | 0.3                      | <2         | 14       | 34.2     | 35         | 26       | 8.7      | 172.0      | 7.0        | 2          | 923      | 0.7        | 0.8        | 11         | <0.5     |            |
| 148                | 0.3                      | 2          | 13       | 29.7     | 52         | 20       | 7.8      | 102.5      | 5.9        | 3          | 567      | 0.8        | 0.7        | 10         | <0.5     |            |
| 149                | 0.3                      | 2          | 13       | 30.0     | 52         | 20       | 7.7      | 108.5      | 6.1        | 3          | 577      | 0.8        | 0.7        | 10         | <0.5     |            |
| 150                | 0.4                      | 2          | 15       | 34.8     | 25         | 26       | 9.3      | 154.5      | 8.7        | 2          | 1280     | 0.8        | 0.9        | 11         | <0.5     |            |
| 151                | 0.3                      | <2         | 18       | 41.0     | 25         | 19       | 10.4     | 119.5      | 8.6        | 2          | 1190     | 1.1        | 0.9        | 11         | <0.5     |            |
| 152                | 0.3                      | <2         | 17       | 44.5     | 25         | 20       | 11.2     | 126.0      | 8.4        | 2          | 1105     | 1.0        | 1.0        | 12         | <0.5     |            |
| 153                | 0.4                      | 2          | 19       | 39.9     | 60         | 20       | 10.3     | 115.5      | 7.6        | 3          | 606      | 1.2        | 1.0        | 13         | <0.5     |            |
| 154                | 0.2                      | 2          | 18       | 40.9     | 18         | 24       | 10.0     | 159.0      | 8.9        | 2          | 1525     | 1.2        | 0.9        | 10         | <0.5     |            |
| 155                | 0.3                      | 2          | 18       | 38.4     | 30         | 35       | 9.8      | 119.0      | 8.5        | 3          | 1085     | 1.1        | 0.9        | 11         | <0.5     |            |
| 156                | 0.3                      | 2          | 17       | 38.0     | 31         | 21       | 10.0     | 116.5      | 8.1        | 3          | 1100     | 1.1        | 0.9        | 11         | <0.5     |            |
| 157                | 0.4                      | 2          | 15       | 26.7     | 72         | 17       | 7.0      | 93.5       | 5.4        | 2          | 448      | 1.0        | 0.8        | 10         | <0.5     |            |
| 158                | 0.3                      | 2          | 12       | 19.4     | 138        | 12       | 4.9      | 69.2       | 4.2        | 3          | 383      | 0.8        | 0.6        | 6          | <0.5     |            |
| 159                | 0.5                      | <2         | 30       | 55.6     | 23         | 26       | 15.0     | 170.5      | 11.4       | 3          | 951      | 1.8        | 1.3        | 16         | <0.5     |            |
| 160                | 0.4                      | <2         | 21       | 39.4     | 54         | 22       | 10.7     | 127.0      | 8.4        | 2          | 648      | 1.3        | 1.0        | 14         | <0.5     |            |



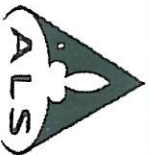
TO: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS**    **VA05001309**

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MSB1           | ME-MSB1         | ME-MSB1       | ME-MSB1       | ME-MSB1         | ME-MSB1          | ME-MSB1        | ME-MSB1          | ME-MSB1 | ME-MSB1 |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|---------|---------|
|                    |                                   | Trm<br>ppm<br>0.1 | U<br>ppm<br>0.5 | V<br>ppm<br>5 | W<br>ppm<br>1 | Y<br>ppm<br>0.5 | Yb<br>ppm<br>0.1 | Zn<br>ppm<br>5 | Zr<br>ppm<br>0.5 |         |         |
| 122                |                                   | 0.4               | 1.1             | 703           | 2             | 26.1            | 2.3              | 122            | 83.6             |         |         |
| 123                |                                   | 0.4               | 1.9             | 217           | 1             | 22.8            | 2.4              | 95             | 132.0            |         |         |
| 124                |                                   | 0.5               | 1.4             | 336           | 1             | 28.4            | 2.2              | 94             | 137.0            |         |         |
| 125                |                                   | 0.4               | 1.5             | 582           | 2             | 25.0            | 2.4              | 136            | 83.8             |         |         |
| 126                |                                   | 0.4               | 1.4             | 458           | 1             | 25.1            | 2.3              | 112            | 99.6             |         |         |
| 127                |                                   | 0.5               | 1.3             | 677           | <1            | 27.1            | 2.4              | 139            | 81.8             |         |         |
| 128                |                                   | 0.3               | 0.9             | 258           | 2             | 21.4            | 1.8              | 94             | 96.2             |         |         |
| 129                |                                   | 0.4               | 1.1             | 498           | <1            | 23.3            | 2.3              | 121            | 85.4             |         |         |
| 130                |                                   | 0.4               | 0.9             | 450           | 1             | 24.3            | 2.0              | 104            | 86.3             |         |         |
| 131                |                                   | 0.6               | 3.2             | 269           | 3             | 31.5            | 2.6              | 114            | 186.0            |         |         |
| 132                |                                   | 0.6               | 3.6             | 201           | 1             | 31.2            | 2.5              | 108            | 196.0            |         |         |
| 133                |                                   | 0.6               | 4.5             | 662           | 2             | 35.6            | 3.2              | 149            | 337              |         |         |
| 134                |                                   | 0.5               | 3.6             | 283           | 5             | 31.7            | 2.9              | 107            | 203              |         |         |
| 134-A              |                                   | 0.6               | 3.7             | 490           | 5             | 33.6            | 2.8              | 121            | 206              |         |         |
| 135                |                                   | 0.7               | 8.8             | 1065          | 2             | 40.3            | 3.7              | 253            | 549              |         |         |
| 136                |                                   | 0.7               | 6.8             | 673           | 8             | 39.7            | 4.2              | 152            | 423              |         |         |
| 137                |                                   | 0.4               | 2.9             | 201           | 8             | 27.5            | 2.6              | 106            | 208              |         |         |
| 138                |                                   | 0.5               | 6.4             | 158           | 6             | 28.7            | 2.6              | 101            | 317              |         |         |
| 139                |                                   | 0.5               | 3.0             | 202           | 4             | 27.5            | 2.6              | 107            | 182.0            |         |         |
| 140                |                                   | 0.5               | 3.2             | 200           | 4             | 26.8            | 2.9              | 106            | 182.5            |         |         |
| 141                |                                   | 0.5               | 3.5             | 240           | 4             | 30.4            | 3.0              | 116            | 210              |         |         |
| 142                |                                   | 0.6               | 3.7             | 340           | 3             | 35.6            | 2.9              | 121            | 270              |         |         |
| 143                |                                   | 0.4               | 2.3             | 150           | 3             | 25.6            | 2.5              | 103            | 179.5            |         |         |
| 144                |                                   | 0.3               | 2.4             | 158           | 3             | 24.1            | 2.2              | 104            | 187.0            |         |         |
| 145                |                                   | 0.3               | 4.1             | 216           | 3             | 26.0            | 2.6              | 90             | 185.0            |         |         |
| 146                |                                   | 0.4               | 4.3             | 200           | 2             | 33.7            | 3.3              | 109            | 252              |         |         |
| 147                |                                   | 0.3               | 3.2             | 206           | 2             | 24.8            | 2.3              | 111            | 156.0            |         |         |
| 148                |                                   | 0.3               | 2.2             | 160           | 3             | 23.1            | 2.2              | 100            | 180.5            |         |         |
| 149                |                                   | 0.3               | 2.3             | 162           | 2             | 24.8            | 2.2              | 99             | 177.5            |         |         |
| 150                |                                   | 0.3               | 3.6             | 237           | 4             | 26.4            | 2.6              | 89             | 173.0            |         |         |
| 151                |                                   | 0.3               | 3.3             | 302           | 2             | 25.4            | 2.4              | 110            | 174.5            |         |         |
| 152                |                                   | 0.3               | 3.4             | 339           | 2             | 26.7            | 2.4              | 114            | 166.5            |         |         |
| 153                |                                   | 0.4               | 2.8             | 235           | 3             | 29.3            | 2.8              | 108            | 139.5            |         |         |
| 154                |                                   | 0.3               | 3.6             | 356           | 2             | 26.1            | 2.0              | 98             | 167.5            |         |         |
| 155                |                                   | 0.3               | 3.3             | 275           | 3             | 26.7            | 2.4              | 111            | 164.5            |         |         |
| 156                |                                   | 0.3               | 3.1             | 237           | 3             | 25.0            | 2.4              | 95             | 176.5            |         |         |
| 157                |                                   | 0.4               | 2.5             | 194           | 2             | 26.8            | 2.5              | 100            | 132.0            |         |         |
| 158                |                                   | 0.2               | 1.4             | 164           | 3             | 22.3            | 2.3              | 99             | 272              |         |         |
| 159                |                                   | 0.5               | 4.5             | 242           | 1             | 35.7            | 3.2              | 146            | 229              |         |         |
| 160                |                                   | 0.4               | 3.5             | 178           | 2             | 30.1            | 2.8              | 104            |                  |         |         |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUE RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 6 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MS01<br>Ag<br>ppm | ME-MS01<br>Ba<br>ppm | ME-MS01<br>Ce<br>ppm | ME-MS01<br>Co<br>ppm | ME-MS01<br>Cr<br>ppm | ME-MS01<br>Cs<br>ppm | ME-MS01<br>Cu<br>ppm | ME-MS01<br>Dy<br>ppm | ME-MS01<br>Er<br>ppm | ME-MS01<br>Eu<br>ppm | ME-MS01<br>Ga<br>ppm | ME-MS01<br>Gd<br>ppm | ME-MS01<br>Hf<br>ppm | ME-MS01<br>Ho<br>ppm | ME-MS01<br>La<br>ppm |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 161                | <1                                | 804                  | 143.5                | 16.6                 | 80                   | 4.7                  | 33                   | 8.6                  | 4.0                  | 2.3                  | 1.2                  | 20                   | 11.4                 | 7                    | 1.5                  | 71.6                 |
| 162                | <1                                | 445                  | 50.1                 | 24.9                 | 190                  | 3.8                  | 52                   | 4.0                  | 4.1                  | 2.3                  | 1.2                  | 15                   | 4.3                  | 3                    | 0.7                  | 24.5                 |
| 163                | <1                                | 297                  | 41.4                 | 30.4                 | 430                  | 5.3                  | 50                   | 4.1                  | 4.1                  | 2.3                  | 1.2                  | 16                   | 4.5                  | 4                    | 0.7                  | 20.6                 |
| 164                | <1                                | 384                  | 50.5                 | 24.2                 | 170                  | 4.8                  | 49                   | 4.6                  | 2.7                  | 2.7                  | 1.1                  | 16                   | 4.6                  | 4                    | 0.7                  | 24.6                 |
| 165                | <1                                | 247                  | 36.4                 | 31.3                 | 320                  | 8.3                  | 45                   | 4.0                  | 4.0                  | 2.4                  | 1.0                  | 15                   | 4.2                  | 3                    | 0.7                  | 18.3                 |
| 166                | <1                                | 539                  | 50.8                 | 21.6                 | 130                  | 2.3                  | 42                   | 4.4                  | 4.4                  | 2.5                  | 1.3                  | 16                   | 5.0                  | 5                    | 0.7                  | 25.8                 |
| 167                | <1                                | 376                  | 33.5                 | 26.4                 | 700                  | 3.2                  | 41                   | 3.3                  | 1.9                  | 0.9                  | 0.9                  | 13                   | 3.3                  | 3                    | 0.5                  | 16.8                 |
| 168                | <1                                | 1070                 | 90.0                 | 31.5                 | 110                  | 5.3                  | 71                   | 6.0                  | 3.1                  | 2.2                  | 2.2                  | 20                   | 7.7                  | 5                    | 0.9                  | 43.9                 |
| 169                | <1                                | 341                  | 32.6                 | 26.4                 | 760                  | 2.8                  | 46                   | 3.1                  | 1.9                  | 1.0                  | 1.0                  | 13                   | 3.4                  | 3                    | 0.6                  | 17.4                 |
| 170                | <1                                | 295                  | 29.4                 | 25.4                 | 430                  | 3.0                  | 43                   | 3.0                  | 1.8                  | 0.9                  | 0.9                  | 13                   | 3.0                  | 3                    | 0.6                  | 15.8                 |
| 171                | <1                                | 876                  | 126.0                | 19.4                 | 20                   | 10.0                 | 66                   | 6.5                  | 3.5                  | 3.5                  | 2.5                  | 22                   | 9.2                  | 6                    | 1.3                  | 64.4                 |
| 172                | <1                                | 339                  | 30.1                 | 25.9                 | 510                  | 2.9                  | 46                   | 3.1                  | 3.1                  | 1.8                  | 0.9                  | 14                   | 3.2                  | 2                    | 0.7                  | 15.2                 |
| 173                | <1                                | 674                  | 89.6                 | 23.1                 | 30                   | 6.1                  | 70                   | 7.2                  | 4.1                  | 4.1                  | 2.3                  | 22                   | 8.8                  | 5                    | 1.5                  | 45.8                 |
| 174                | <1                                | 559                  | 56.7                 | 20.0                 | 100                  | 5.8                  | 50                   | 5.2                  | 3.1                  | 3.1                  | 1.5                  | 19                   | 5.6                  | 5                    | 1.0                  | 29.9                 |
| 175                | <1                                | 707                  | 55.9                 | 17.6                 | 70                   | 4.8                  | 43                   | 5.2                  | 3.2                  | 3.2                  | 1.5                  | 19                   | 5.5                  | 4                    | 1.1                  | 29.0                 |
| 176                | <1                                | 431                  | 31.6                 | 30.7                 | 230                  | 4.0                  | 49                   | 3.2                  | 2.0                  | 2.0                  | 0.9                  | 15                   | 3.3                  | 3                    | 0.7                  | 15.6                 |
| 177                | <1                                | 488                  | 33.7                 | 31.7                 | 230                  | 4.2                  | 50                   | 3.5                  | 3.5                  | 2.2                  | 1.0                  | 16                   | 3.6                  | 3                    | 0.8                  | 16.6                 |
| 178                | <1                                | 472                  | 32.7                 | 32.7                 | 220                  | 4.2                  | 45                   | 3.4                  | 2.2                  | 2.2                  | 1.0                  | 16                   | 3.4                  | 3                    | 0.8                  | 16.1                 |
| 179                | <1                                | 309                  | 24.0                 | 30.0                 | 800                  | 2.6                  | 44                   | 2.7                  | 1.7                  | 1.7                  | 0.7                  | 13                   | 2.7                  | 2                    | 0.6                  | 12.4                 |
| 180                | <1                                | 319                  | 26.5                 | 33.9                 | 1560                 | 2.3                  | 41                   | 2.7                  | 1.6                  | 1.6                  | 0.7                  | 13                   | 2.6                  | 3                    | 0.4                  | 12.0                 |
| 181                | <1                                | 239                  | 24.4                 | 33.0                 | 640                  | 2.7                  | 41                   | 2.6                  | 2.0                  | 2.0                  | 0.9                  | 14                   | 2.5                  | 2                    | 0.4                  | 10.9                 |
| 182                | <1                                | 435                  | 46.3                 | 25.9                 | 180                  | 1.5                  | 44                   | 3.8                  | 2.1                  | 2.1                  | 1.3                  | 16                   | 4.4                  | 4                    | 0.6                  | 23.5                 |
| 183                | <1                                | 475                  | 46.5                 | 26.7                 | 180                  | 1.3                  | 41                   | 4.0                  | 2.1                  | 2.1                  | 1.3                  | 16                   | 4.3                  | 4                    | 0.7                  | 23.3                 |
| 184                | <1                                | 986                  | 33.9                 | 18.4                 | 110                  | 1.7                  | 32                   | 2.8                  | 1.7                  | 1.7                  | 1.0                  | 16                   | 2.9                  | 2                    | 0.5                  | 18.1                 |
| 185                | <1                                | 1290                 | 28.4                 | 15.3                 | 30                   | 1.0                  | 25                   | 2.2                  | 1.4                  | 1.4                  | 1.0                  | 18                   | 2.5                  | 2                    | 0.4                  | 15.6                 |
| 186                | <1                                | 215                  | 26.3                 | 25.6                 | 340                  | 2.0                  | 36                   | 2.6                  | 1.5                  | 1.5                  | 0.8                  | 11                   | 2.6                  | 2                    | 0.4                  | 13.2                 |
| 187                | <1                                | 241                  | 33.4                 | 26.5                 | 360                  | 2.0                  | 34                   | 2.9                  | 1.6                  | 1.6                  | 1.0                  | 11                   | 3.3                  | 2                    | 0.5                  | 17.2                 |
| 188                | <1                                | 365                  | 56.9                 | 34.5                 | 170                  | 0.9                  | 45                   | 4.3                  | 2.3                  | 2.3                  | 1.6                  | 19                   | 5.1                  | 4                    | 0.7                  | 26.6                 |
| 189                | <1                                | 303                  | 48.3                 | 33.2                 | 200                  | 0.9                  | 47                   | 4.1                  | 2.1                  | 2.1                  | 1.6                  | 19                   | 4.6                  | 4                    | 0.6                  | 22.8                 |
| 190                | <1                                | 236                  | 51.4                 | 38.2                 | 140                  | 2.8                  | 61                   | 4.2                  | 2.2                  | 2.2                  | 1.5                  | 17                   | 4.9                  | 4                    | 0.7                  | 24.5                 |
| 191                | <1                                | 255                  | 60.8                 | 36.7                 | 140                  | 1.3                  | 73                   | 4.7                  | 2.4                  | 2.4                  | 1.7                  | 18                   | 5.6                  | 4                    | 0.8                  | 29.4                 |
| 192                | <1                                | 302                  | 40.8                 | 32.4                 | 180                  | 0.6                  | 50                   | 4.2                  | 2.3                  | 2.3                  | 1.4                  | 18                   | 4.5                  | 3                    | 0.7                  | 19.8                 |
| 194                | <1                                | 717                  | 182.0                | 17.1                 | 40                   | 4.2                  | 33                   | 9.4                  | 5.0                  | 5.0                  | 3.4                  | 21                   | 13.5                 | 8                    | 1.7                  | 85.7                 |
| 195                | <1                                | 855                  | 67.9                 | 17.6                 | 280                  | 4.0                  | 108                  | 4.0                  | 2.3                  | 2.3                  | 1.4                  | 19                   | 4.9                  | 4                    | 0.7                  | 34.3                 |
| 196                | <1                                | 879                  | 70.7                 | 17.8                 | 100                  | 3.7                  | 118                  | 4.0                  | 2.3                  | 2.3                  | 1.3                  | 18                   | 5.2                  | 4                    | 0.7                  | 33.1                 |
| 197                | <1                                | 901                  | 64.5                 | 17.3                 | 80                   | 3.5                  | 106                  | 3.8                  | 2.1                  | 2.1                  | 1.4                  | 18                   | 4.8                  | 4                    | 0.6                  | 32.2                 |
| 198                | <1                                | 897                  | 61.9                 | 13.8                 | 50                   | 3.3                  | 89                   | 3.8                  | 2.2                  | 2.2                  | 1.4                  | 17                   | 4.8                  | 4                    | 0.7                  | 31.7                 |
| 199                | <1                                | 940                  | 65.7                 | 14.9                 | 70                   | 3.0                  | 90                   | 4.0                  | 2.1                  | 2.1                  | 1.4                  | 18                   | 5.0                  | 4                    | 0.7                  | 33.2                 |
| 200                | <1                                | 1050                 | 67.2                 | 15.4                 | 30                   | 2.7                  | 256                  | 4.0                  | 2.2                  | 2.2                  | 1.5                  | 18                   | 5.1                  | 4                    | 0.7                  | 34.5                 |
| 201                | <1                                | 949                  | 66.2                 | 14.0                 | 50                   | 2.8                  | 150                  | 3.9                  | 2.3                  | 2.3                  | 1.5                  | 17                   | 5.1                  | 4                    | 0.7                  | 34.7                 |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

TO: KANPANZHOU RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 6 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOF | ME-MSB1<br>Lu<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Mo<br>ppm<br>2 | ME-MSB1<br>Nb<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Nd<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Ni<br>ppm<br>5 | ME-MSB1<br>Pb<br>ppm<br>5 | ME-MSB1<br>Pr<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Rb<br>ppm<br>0.2 | ME-MSB1<br>Sm<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Sn<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Sr<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Ta<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Tb<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Th<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Ti<br>ppm<br>0.5 |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 161                |                                   | 0.6                         | <2                        | 33                        | 62.2                        | 34                        | 25                        | 16.2                        | 150.0                       | 12.6                        | 3                         | 811                         | 2.1                         | 1.5                         | 17                        | <0.5                        |
| 162                |                                   | 0.3                         | 2                         | 14                        | 21.2                        | 106                       | 16                        | 5.3                         | 75.7                        | 4.8                         | 3                         | 497                         | 0.9                         | 0.6                         | 6                         | <0.5                        |
| 163                |                                   | 0.3                         | 2                         | 17                        | 18.7                        | 150                       | 9                         | 4.7                         | 56.0                        | 4.3                         | 2                         | 404                         | 1.1                         | 0.7                         | 5                         | <0.5                        |
| 164                |                                   | 0.3                         | <2                        | 13                        | 22.6                        | 99                        | 15                        | 5.7                         | 81.0                        | 5.1                         | 2                         | 255                         | 0.9                         | 0.7                         | 7                         | <0.5                        |
| 165                |                                   | 0.3                         | <2                        | 12                        | 17.2                        | 196                       | 15                        | 4.2                         | 72.0                        | 3.8                         | 2                         | 299                         | 0.8                         | 0.6                         | 5                         | <0.5                        |
| 166                |                                   | 0.3                         | 2                         | 16                        | 23.4                        | 43                        | 12                        | 6.0                         | 60.6                        | 5.1                         | 2                         | 545                         | 1.0                         | 0.7                         | 6                         | <0.5                        |
| 167                |                                   | 0.2                         | <2                        | 10                        | 15.0                        | 127                       | 10                        | 3.7                         | 52.6                        | 3.5                         | 2                         | 416                         | 0.6                         | 0.4                         | 4                         | <0.5                        |
| 168                |                                   | 0.4                         | 2                         | 15                        | 38.8                        | 43                        | 24                        | 10.0                        | 128.5                       | 9.1                         | 2                         | 1015                        | 0.8                         | 1.0                         | 10                        | <0.5                        |
| 169                |                                   | 0.3                         | <2                        | 9                         | 16.0                        | 141                       | 11                        | 4.0                         | 48.6                        | 3.4                         | 2                         | 368                         | 0.5                         | 0.5                         | 3                         | <0.5                        |
| 170                |                                   | 0.3                         | <2                        | 9                         | 14.0                        | 136                       | 8                         | 3.5                         | 46.3                        | 3.0                         | 1                         | 331                         | 0.6                         | 0.5                         | 4                         | <0.5                        |
| 171                |                                   | 0.6                         | 3                         | 27                        | 55.4                        | 18                        | 31                        | 14.8                        | 174.0                       | 10.4                        | 2                         | 906                         | 1.4                         | 1.4                         | 16                        | <0.5                        |
| 172                |                                   | 0.3                         | <2                        | 8                         | 14.4                        | 162                       | 8                         | 3.6                         | 51.6                        | 3.2                         | 1                         | 331                         | 0.5                         | 0.6                         | 3                         | <0.5                        |
| 173                |                                   | 0.7                         | 2                         | 20                        | 43.6                        | 24                        | 33                        | 11.2                        | 116.0                       | 9.2                         | 3                         | 885                         | 1.1                         | 1.4                         | 11                        | <0.5                        |
| 174                |                                   | 0.5                         | 2                         | 14                        | 26.9                        | 55                        | 22                        | 7.0                         | 89.3                        | 5.8                         | 2                         | 418                         | 0.8                         | 0.9                         | 8                         | <0.5                        |
| 175                |                                   | 0.5                         | <2                        | 13                        | 27.1                        | 35                        | 16                        | 6.9                         | 78.4                        | 5.5                         | 2                         | 529                         | 0.8                         | 0.9                         | 7                         | <0.5                        |
| 176                |                                   | 0.4                         | <2                        | 10                        | 14.6                        | 124                       | 15                        | 3.7                         | 61.3                        | 3.2                         | 2                         | 298                         | 0.6                         | 0.6                         | 4                         | <0.5                        |
| 177                |                                   | 0.4                         | <2                        | 10                        | 15.6                        | 124                       | 13                        | 4.0                         | 66.4                        | 3.4                         | 1                         | 307                         | 0.6                         | 0.6                         | 4                         | <0.5                        |
| 178                |                                   | 0.4                         | <2                        | 10                        | 15.2                        | 112                       | 11                        | 3.9                         | 66.9                        | 3.4                         | 1                         | 304                         | 0.6                         | 0.6                         | 4                         | <0.5                        |
| 179                |                                   | 0.3                         | <2                        | 7                         | 12.3                        | 153                       | 9                         | 3.0                         | 43.7                        | 2.6                         | 1                         | 297                         | <0.5                        | 0.5                         | 3                         | <0.5                        |
| 180                |                                   | 0.1                         | 2                         | 8                         | 11.5                        | 140                       | 25                        | 2.8                         | 44.1                        | 2.6                         | 2                         | 314                         | 0.5                         | 0.3                         | 3                         | <0.5                        |
| 181                |                                   | 0.1                         | <2                        | 7                         | 10.8                        | 164                       | 11                        | 2.5                         | 42.5                        | 2.5                         | 2                         | 299                         | 0.5                         | 0.3                         | 2                         | <0.5                        |
| 182                |                                   | 0.2                         | 2                         | 18                        | 22.0                        | 55                        | 30                        | 5.3                         | 51.1                        | 4.4                         | 2                         | 479                         | 1.2                         | 0.5                         | 4                         | <0.5                        |
| 183                |                                   | 0.2                         | 2                         | 18                        | 21.4                        | 61                        | 10                        | 5.3                         | 49.3                        | 4.5                         | 2                         | 487                         | 1.2                         | 0.6                         | 4                         | <0.5                        |
| 184                |                                   | 0.2                         | 2                         | 8                         | 15.1                        | 50                        | 23                        | 3.9                         | 52.9                        | 3.1                         | 1                         | 592                         | 0.6                         | 0.4                         | 4                         | <0.5                        |
| 185                |                                   | 0.1                         | 2                         | 4                         | 12.6                        | 14                        | <5                        | 3.1                         | 43.4                        | 2.8                         | 1                         | 762                         | <0.5                        | 0.3                         | 4                         | <0.5                        |
| 186                |                                   | 0.1                         | <2                        | 9                         | 12.1                        | 138                       | 14                        | 3.0                         | 38.9                        | 2.7                         | 2                         | 343                         | 0.6                         | 0.3                         | 2                         | <0.5                        |
| 187                |                                   | 0.1                         | <2                        | 12                        | 15.3                        | 118                       | 11                        | 3.9                         | 37.6                        | 3.2                         | 1                         | 381                         | 0.9                         | 0.4                         | 2                         | <0.5                        |
| 188                |                                   | 0.2                         | <2                        | 30                        | 24.7                        | 67                        | 34                        | 6.3                         | 44.9                        | 5.3                         | 3                         | 428                         | 2.0                         | 0.7                         | 4                         | <0.5                        |
| 189                |                                   | 0.2                         | <2                        | 25                        | 22.0                        | 82                        | 10                        | 5.4                         | 39.4                        | 4.7                         | 2                         | 389                         | 1.7                         | 0.6                         | 4                         | <0.5                        |
| 190                |                                   | 0.1                         | 2                         | 31                        | 23.4                        | 94                        | 14                        | 5.9                         | 61.9                        | 5.0                         | 2                         | 334                         | 2.2                         | 0.6                         | 4                         | <0.5                        |
| 191                |                                   | 0.2                         | 2                         | 37                        | 27.1                        | 84                        | 31                        | 6.9                         | 39.5                        | 5.5                         | 3                         | 376                         | 2.5                         | 0.7                         | 4                         | <0.5                        |
| 192                |                                   | 0.2                         | 2                         | 17                        | 20.1                        | 56                        | 23                        | 4.8                         | 41.5                        | 4.6                         | 2                         | 453                         | 1.1                         | 0.6                         | 3                         | <0.5                        |
| 194                |                                   | 0.6                         | 2                         | 41                        | 83.6                        | 19                        | 52                        | 22.3                        | 165.0                       | 15.6                        | 4                         | 845                         | 2.7                         | 1.8                         | 17                        | <0.5                        |
| 195                |                                   | 0.2                         | 7                         | 18                        | 28.4                        | 36                        | 19                        | 7.7                         | 151.5                       | 5.6                         | 3                         | 371                         | 1.2                         | 0.6                         | 10                        | <0.5                        |
| 196                |                                   | 0.2                         | 4                         | 19                        | 28.9                        | 31                        | 10                        | 7.6                         | 146.5                       | 5.9                         | 3                         | 364                         | 1.2                         | 0.6                         | 10                        | <0.5                        |
| 197                |                                   | 0.2                         | 2                         | 17                        | 27.5                        | 27                        | 14                        | 7.2                         | 142.5                       | 5.6                         | 2                         | 378                         | 1.1                         | 0.6                         | 9                         | <0.5                        |
| 198                |                                   | 0.2                         | 2                         | 18                        | 26.9                        | 21                        | 9                         | 7.1                         | 139.5                       | 5.4                         | 2                         | 429                         | 1.2                         | 0.6                         | 9                         | <0.5                        |
| 199                |                                   | 0.2                         | 3                         | 19                        | 28.0                        | 25                        | 11                        | 7.4                         | 146.0                       | 5.6                         | 2                         | 438                         | 1.2                         | 0.6                         | 10                        | <0.5                        |
| 200                |                                   | 0.2                         | 2                         | 17                        | 29.6                        | 20                        | 20                        | 7.7                         | 147.0                       | 5.8                         | 2                         | 575                         | 1.1                         | 0.6                         | 9                         | <0.5                        |
| 201                |                                   | 0.2                         | 2                         | 19                        | 29.5                        | 20                        | 18                        | 7.7                         | 143.5                       | 5.7                         | 2                         | 488                         | 1.2                         | 0.6                         | 10                        | <0.5                        |





To: KANPANZHOU RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Project: Tehran Padir

CERTIFICATE OF ANALYSIS      VA05001309

Page: 6 - C  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TID

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MS81   |          | ME-MS81  |          | ME-MS81  |           | ME-MS81   |           | ME-MS81  |           | ME-MS81   |           | ME-MS81  |           |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
|                    |                                   | Tm<br>ppm | U<br>ppm | V<br>ppm | W<br>ppm | Y<br>ppm | Yb<br>ppm | Zn<br>ppm | Zr<br>ppm | Y<br>ppm | Yb<br>ppm | Zn<br>ppm | Zr<br>ppm | Y<br>ppm | Yb<br>ppm |
| 161                | 0.6                               | 6.0       | 284      | 9        | 43.5     | 4.4      | 138       | 316       |           |          |           |           |           |          |           |
| 162                | 0.3                               | 1.9       | 157      | 3        | 22.5     | 2.2      | 130       | 150.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 163                | 0.3                               | 1.6       | 155      | 1        | 21.5     | 2.1      | 102       | 148.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 164                | 0.3                               | 1.8       | 148      | 2        | 25.4     | 2.5      | 89        | 155.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 165                | 0.3                               | 1.4       | 160      | 1        | 21.0     | 2.3      | 99        | 134.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 166                | 0.3                               | 1.9       | 254      | 2        | 22.4     | 2.4      | 93        | 190.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 167                | 0.2                               | 1.1       | 174      | 2        | 18.3     | 1.8      | 84        | 120.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 168                | 0.4                               | 3.1       | 388      | 3        | 30.3     | 2.9      | 146       | 185.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 169                | 0.3                               | 1.0       | 186      | 2        | 19.2     | 1.7      | 74        | 95.0      |           |          |           |           |           |          |           |
| 170                | 0.3                               | 0.9       | 158      | 1        | 18.2     | 1.7      | 66        | 95.7      |           |          |           |           |           |          |           |
| 171                | 0.6                               | 5.6       | 464      | 5        | 38.3     | 3.4      | 158       | 265       |           |          |           |           |           |          |           |
| 172                | 0.3                               | 1.1       | 182      | 1        | 19.4     | 1.8      | 72        | 90.2      |           |          |           |           |           |          |           |
| 173                | 0.7                               | 3.8       | 362      | 3        | 41.5     | 3.8      | 154       | 211       |           |          |           |           |           |          |           |
| 174                | 0.5                               | 1.8       | 189      | 3        | 32.3     | 3.0      | 100       | 161.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 175                | 0.5                               | 1.8       | 205      | 1        | 32.5     | 3.0      | 81        | 171.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 176                | 0.3                               | 1.2       | 200      | 1        | 19.9     | 2.0      | 83        | 110.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 177                | 0.4                               | 1.3       | 225      | 1        | 21.7     | 2.2      | 85        | 116.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 178                | 0.4                               | 1.3       | 201      | 2        | 21.7     | 2.2      | 80        | 122.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 179                | 0.3                               | 0.8       | 199      | 3        | 17.0     | 1.6      | 74        | 84.7      |           |          |           |           |           |          |           |
| 180                | 0.1                               | 0.8       | 191      | 5        | 17.3     | 1.6      | 88        | 104.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 181                | 0.1                               | 0.7       | 176      | 4        | 16.5     | 1.5      | 79        | 96.9      |           |          |           |           |           |          |           |
| 182                | 0.2                               | 1.3       | 257      | 4        | 23.2     | 2.0      | 114       | 147.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 183                | 0.2                               | 1.4       | 258      | 3        | 22.8     | 2.0      | 114       | 142.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 184                | 0.1                               | 1.3       | 160      | 1        | 17.7     | 1.8      | 77        | 93.1      |           |          |           |           |           |          |           |
| 185                | 0.1                               | 1.1       | 152      | 1        | 15.3     | 1.4      | 69        | 67.2      |           |          |           |           |           |          |           |
| 186                | 0.1                               | 0.6       | 118      | 2        | 16.7     | 1.5      | 63        | 76.8      |           |          |           |           |           |          |           |
| 187                | 0.1                               | 0.7       | 119      | 1        | 18.2     | 1.5      | 72        | 90.7      |           |          |           |           |           |          |           |
| 188                | 0.2                               | 1.4       | 216      | 1        | 24.8     | 2.1      | 130       | 175.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 189                | 0.2                               | 1.3       | 203      | 4        | 22.8     | 2.0      | 113       | 146.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 190                | 0.2                               | 1.7       | 134      | 5        | 23.3     | 2.0      | 112       | 162.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 191                | 0.2                               | 1.2       | 159      | 9        | 26.5     | 2.3      | 127       | 186.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 192                | 0.2                               | 1.1       | 307      | 1        | 22.9     | 2.1      | 136       | 120.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 194                | 0.7                               | 5.9       | 301      | 2        | 55.1     | 4.8      | 166       | 308       |           |          |           |           |           |          |           |
| 195                | 0.2                               | 4.4       | 258      | 6        | 23.6     | 2.2      | 107       | 148.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 196                | 0.2                               | 4.2       | 220      | 4        | 24.9     | 2.3      | 112       | 163.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 197                | 0.2                               | 3.2       | 208      | 7        | 22.8     | 2.1      | 86        | 147.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 198                | 0.2                               | 3.6       | 168      | 5        | 21.8     | 2.2      | 75        | 149.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 199                | 0.2                               | 4.2       | 213      | 4        | 22.6     | 2.1      | 84        | 157.5     |           |          |           |           |           |          |           |
| 200                | 0.2                               | 3.2       | 182      | 3        | 23.7     | 2.3      | 80        | 146.0     |           |          |           |           |           |          |           |
| 201                | 0.2                               | 4.1       | 240      | 6        | 22.4     | 2.3      | 87        | 150.5     |           |          |           |           |           |          |           |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUEH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 7 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309**

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MSB1<br>Ag<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Ba<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Ce<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Co<br>ppm<br>0.5 | ME-MSB1<br>Cr<br>ppm<br>10 | ME-MSB1<br>Cs<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Cu<br>ppm<br>5 | ME-MSB1<br>Dy<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Er<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Eu<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Ga<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Gd<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>Hf<br>ppm<br>1 | ME-MSB1<br>Ho<br>ppm<br>0.1 | ME-MSB1<br>La<br>ppm<br>0.5 |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 202                | <1                                | 998                         | 80.5                        | 14.1                        | 20                          | 3.5                        | 166                         | 4.3                       | 2.4                         | 1.5                         | 19                          | 5.5                       | 5                           | 0.7                       | 39.7                        |                             |
| 203                | <1                                | 938                         | 77.8                        | 14.6                        | 30                          | 3.6                        | 170                         | 4.5                       | 2.5                         | 1.6                         | 18                          | 5.8                       | 5                           | 0.8                       | 40.1                        |                             |
| 204                | 4                                 | 878                         | 71.2                        | 13.4                        | 40                          | 3.5                        | 150                         | 4.2                       | 2.3                         | 1.5                         | 17                          | 5.3                       | 4                           | 0.7                       | 37.7                        |                             |
| 205                | 1                                 | 817                         | 68.0                        | 11.6                        | 40                          | 3.9                        | 114                         | 4.1                       | 2.3                         | 1.2                         | 18                          | 5.1                       | 5                           | 0.7                       | 35.2                        |                             |
| 206                | <1                                | 881                         | 69.1                        | 13.9                        | 60                          | 3.4                        | 100                         | 4.1                       | 2.3                         | 1.4                         | 17                          | 5.0                       | 5                           | 0.7                       | 35.8                        |                             |
| 207                | 2                                 | 873                         | 67.5                        | 12.2                        | 60                          | 2.5                        | 124                         | 4.0                       | 2.2                         | 1.4                         | 16                          | 5.1                       | 4                           | 0.7                       | 35.7                        |                             |
| 208                | <1                                | 963                         | 68.9                        | 13.8                        | 40                          | 4.2                        | 123                         | 4.3                       | 2.3                         | 1.5                         | 17                          | 5.3                       | 5                           | 0.7                       | 36.5                        |                             |
| 209                | 1                                 | 544                         | 45.1                        | 10.0                        | 40                          | 3.6                        | 102                         | 2.7                       | 1.5                         | 0.9                         | 13                          | 3.4                       | 3                           | 0.4                       | 24.2                        |                             |
| 212                | <1                                | 761                         | 72.4                        | 18.2                        | 100                         | 3.4                        | 126                         | 4.5                       | 2.5                         | 1.5                         | 18                          | 5.5                       | 5                           | 0.8                       | 37.0                        |                             |
| 213                | <1                                | 1070                        | 108.0                       | 15.6                        | 30                          | 4.7                        | 112                         | 6.7                       | 3.5                         | 1.9                         | 20                          | 8.7                       | 5                           | 1.2                       | 53.7                        |                             |
| 214                | 1                                 | 1135                        | 116.5                       | 16.0                        | 20                          | 4.2                        | 98                          | 6.9                       | 3.9                         | 2.0                         | 21                          | 9.0                       | 6                           | 1.3                       | 54.6                        |                             |
| 215                | <1                                | 913                         | 91.2                        | 18.2                        | 50                          | 5.6                        | 180                         | 5.2                       | 2.9                         | 1.6                         | 20                          | 6.8                       | 5                           | 1.0                       | 44.0                        |                             |
| 216                | <1                                | 943                         | 96.2                        | 18.4                        | 50                          | 5.4                        | 170                         | 5.9                       | 3.2                         | 1.7                         | 21                          | 7.4                       | 5                           | 1.1                       | 46.7                        |                             |
| 217                | <1                                | 839                         | 82.7                        | 19.6                        | 60                          | 4.7                        | 162                         | 5.1                       | 3.0                         | 1.6                         | 21                          | 6.2                       | 5                           | 0.9                       | 40.6                        |                             |
| 218                | <1                                | 945                         | 126.5                       | 20.2                        | 50                          | 4.8                        | 146                         | 8.0                       | 4.3                         | 2.0                         | 22                          | 10.3                      | 8                           | 1.5                       | 60.8                        |                             |
| 219                | <1                                | 966                         | 122.0                       | 19.2                        | 60                          | 4.7                        | 139                         | 7.8                       | 4.6                         | 2.1                         | 21                          | 10.2                      | 7                           | 1.4                       | 60.8                        |                             |
| 220                | <1                                | 994                         | 127.0                       | 19.7                        | 40                          | 4.8                        | 152                         | 8.0                       | 4.5                         | 2.1                         | 22                          | 10.2                      | 7                           | 1.4                       | 64.2                        |                             |
| 221                | <1                                | 768                         | 206                         | 21.2                        | 20                          | 3.3                        | 55                          | 12.3                      | 7.3                         | 2.1                         | 26                          | 16.1                      | 13                          | 2.4                       | 97.4                        |                             |
| 222                | <1                                | 1010                        | 142.0                       | 10.8                        | 10                          | 8.6                        | 99                          | 7.9                       | 4.6                         | 1.7                         | 19                          | 10.3                      | 6                           | 1.4                       | 71.8                        |                             |
| 223                | <1                                | 1010                        | 124.0                       | 10.4                        | 20                          | 7.9                        | 92                          | 7.0                       | 4.1                         | 1.7                         | 19                          | 9.6                       | 6                           | 1.3                       | 61.2                        |                             |
| 224                | <1                                | 994                         | 155.5                       | 11.2                        | 20                          | 6.5                        | 81                          | 9.1                       | 5.3                         | 1.9                         | 19                          | 12.2                      | 7                           | 1.7                       | 76.7                        |                             |
| 225                | <1                                | 928                         | 113.0                       | 17.0                        | 40                          | 5.4                        | 170                         | 7.0                       | 4.0                         | 1.8                         | 20                          | 8.9                       | 6                           | 1.3                       | 56.8                        |                             |
| 226                | <1                                | 838                         | 162.0                       | 12.2                        | 20                          | 5.3                        | 70                          | 9.6                       | 5.5                         | 1.8                         | 20                          | 12.4                      | 6                           | 1.8                       | 77.2                        |                             |
| 227                | <1                                | 931                         | 115.5                       | 10.0                        | 10                          | 9.0                        | 92                          | 6.1                       | 3.5                         | 1.7                         | 21                          | 8.3                       | 5                           | 1.1                       | 57.1                        |                             |
| 228                | <1                                | 736                         | 142.0                       | 12.8                        | 20                          | 8.2                        | 114                         | 7.8                       | 4.5                         | 1.6                         | 21                          | 10.2                      | 6                           | 1.5                       | 69.2                        |                             |
| 229                | <1                                | 1005                        | 125.0                       | 12.6                        | 20                          | 8.2                        | 102                         | 6.9                       | 4.1                         | 1.7                         | 21                          | 9.2                       | 7                           | 1.3                       | 61.7                        |                             |
| 230                | <1                                | 1025                        | 127.0                       | 22.8                        | 40                          | 3.7                        | 92                          | 7.8                       | 4.4                         | 2.0                         | 24                          | 9.8                       | 7                           | 1.4                       | 60.4                        |                             |
| 231                | <1                                | 959                         | 122.5                       | 22.1                        | 30                          | 3.5                        | 89                          | 7.7                       | 4.5                         | 2.0                         | 23                          | 10.2                      | 7                           | 1.4                       | 60.0                        |                             |
| 232                | <1                                | 1095                        | 126.5                       | 17.8                        | 30                          | 3.8                        | 91                          | 7.6                       | 4.2                         | 2.0                         | 22                          | 10.0                      | 6                           | 1.4                       | 60.4                        |                             |
| 233                | <1                                | 1100                        | 123.5                       | 17.2                        | 20                          | 3.8                        | 92                          | 7.7                       | 4.4                         | 2.1                         | 21                          | 10.0                      | 7                           | 1.4                       | 61.1                        |                             |
| 234                | <1                                | 854                         | 138.5                       | 15.6                        | 50                          | 7.0                        | 110                         | 8.2                       | 4.9                         | 1.6                         | 21                          | 10.6                      | 7                           | 1.5                       | 68.5                        |                             |
| 235                | <1                                | 923                         | 139.0                       | 15.0                        | 50                          | 5.5                        | 90                          | 8.1                       | 4.9                         | 1.7                         | 21                          | 10.8                      | 6                           | 1.5                       | 68.3                        |                             |
| 236                | <1                                | 773                         | 151.5                       | 12.4                        | 20                          | 6.3                        | 82                          | 8.6                       | 5.1                         | 1.5                         | 18                          | 11.7                      | 6                           | 1.6                       | 73.9                        |                             |
| 237                | <1                                | 865                         | 136.5                       | 14.4                        | 40                          | 6.3                        | 102                         | 8.2                       | 4.8                         | 1.8                         | 20                          | 10.8                      | 7                           | 1.5                       | 68.7                        |                             |
| 238                | <1                                | 1030                        | 126.5                       | 13.4                        | 30                          | 6.0                        | 94                          | 6.5                       | 3.8                         | 1.6                         | 21                          | 9.2                       | 5                           | 1.3                       | 58.0                        |                             |
| 239                | <1                                | 1005                        | 142.0                       | 12.6                        | 40                          | 6.2                        | 92                          | 8.0                       | 4.6                         | 1.7                         | 20                          | 10.7                      | 6                           | 1.5                       | 70.4                        |                             |
| 240                | <1                                | 874                         | 171.0                       | 14.1                        | 30                          | 3.9                        | 50                          | 10.3                      | 6.0                         | 2.0                         | 21                          | 13.4                      | 9                           | 2.0                       | 82.1                        |                             |
| 241                | <1                                | 791                         | 132.5                       | 14.4                        | 50                          | 7.2                        | 85                          | 7.3                       | 4.3                         | 1.7                         | 22                          | 9.7                       | 7                           | 1.4                       | 63.6                        |                             |
| 242                | <1                                | 1075                        | 114.0                       | 6.9                         | 10                          | 6.4                        | 54                          | 6.4                       | 3.6                         | 1.6                         | 19                          | 8.3                       | 5                           | 1.2                       | 58.1                        |                             |
| 243                | <1                                | 858                         | 124.5                       | 8.0                         | 10                          | 9.3                        | 91                          | 6.5                       | 3.9                         | 1.4                         | 18                          | 9.1                       | 6                           | 1.2                       | 63.3                        |                             |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

TO: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 7 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS    VA05001309**

| CERTIFICATE OF ANALYSIS VA03001309 |                          |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|--|--|--|--|--|
| Sample Description                 | Method Analyte Units LOR | ME-MSB1 Lu ppm | ME-MSB4 Mo ppm | ME-MSB1 Nb ppm | ME-MSB1 Nd ppm | ME-MSB1 Ni ppm | ME-MSB1 Pb ppm | ME-MSB1 Pr ppm | ME-MSB4 Rb ppm | ME-MSB4 Sm ppm | ME-MSB1 Sn ppm | ME-MSB1 Sr ppm | ME-MSB1 Ta ppm | ME-MSB1 Tb ppm | ME-MSB4 Th ppm | ME-MSB1 TI ppm |  |  |  |  |  |  |
|                                    | 0.1                      | 2              | 1              | 0.5            | 5              | 5              | 5              | 0.1            | 0.2            | 0.1            | 1              | 0.1            | 0.5            | 0.1            | 1              | 0.5            |  |  |  |  |  |  |
| 202                                | 0.3                      | 3              | 22             | 33.0           | 15             | 17             | 8.7            | 149.5          | 6.4            | 2              | 433            | 1.4            | 0.7            | 14             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 203                                | 0.2                      | 2              | 23             | 33.7           | 18             | 20             | 8.8            | 147.0          | 6.6            | 2              | 329            | 1.4            | 0.7            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 204                                | 0.2                      | 2              | 20             | 31.8           | 22             | 25             | 8.3            | 146.5          | 5.9            | 2              | 397            | 1.3            | 0.6            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 205                                | 0.3                      | 2              | 18             | 30.0           | 29             | 15             | 8.0            | 134.0          | 5.9            | 5              | 208            | 1.3            | 0.6            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 206                                | 0.2                      | 3              | 21             | 28.9           | 29             | 18             | 7.7            | 131.5          | 5.8            | 5              | 353            | 1.4            | 0.6            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 207                                | 0.2                      | 3              | 20             | 29.3           | 21             | 13             | 7.9            | 131.5          | 5.8            | 2              | 405            | 1.3            | 0.6            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 208                                | 0.2                      | 2              | 19             | 30.6           | 19             | 12             | 8.1            | 149.5          | 6.2            | 2              | 432            | 1.2            | 0.7            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 209                                | 0.1                      | <2             | 12             | 20.5           | 22             | 10             | 5.4            | 87.8           | 3.9            | 2              | 690            | 0.8            | 0.4            | 8              | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 212                                | 0.3                      | 4              | 21             | 32.2           | 26             | 38             | 8.4            | 122.5          | 6.5            | 3              | 383            | 1.4            | 0.7            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 213                                | 0.4                      | 3              | 17             | 50.6           | 18             | 16             | 13.2           | 147.0          | 10.2           | 2              | 767            | 1.2            | 1.1            | 10             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 214                                | 0.5                      | 3              | 17             | 52.3           | 14             | 19             | 13.4           | 140.5          | 10.6           | 2              | 814            | 1.2            | 1.2            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 215                                | 0.3                      | 3              | 18             | 41.5           | 26             | 18             | 10.6           | 153.0          | 8.1            | 3              | 571            | 1.3            | 0.9            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 216                                | 0.4                      | 2              | 20             | 43.2           | 28             | 20             | 11.2           | 150.5          | 8.5            | 3              | 525            | 1.4            | 1.0            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 217                                | 0.4                      | 2              | 19             | 36.3           | 26             | 18             | 9.3            | 146.0          | 7.4            | 2              | 464            | 1.3            | 0.8            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 218                                | 0.6                      | 4              | 22             | 59.1           | 21             | 22             | 15.1           | 136.0          | 11.7           | 3              | 631            | 1.6            | 1.4            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 219                                | 0.5                      | 4              | 22             | 57.5           | 22             | 21             | 14.7           | 138.5          | 11.6           | 3              | 619            | 1.5            | 1.3            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 220                                | 0.6                      | 4              | 23             | 60.4           | 22             | 29             | 15.8           | 150.0          | 11.8           | 3              | 616            | 1.6            | 1.4            | 13             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 221                                | 1.0                      | 15             | 40             | 96.6           | 13             | 29             | 24.9           | 122.0          | 18.6           | 8              | 538            | 3.5            | 2.2            | 17             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 222                                | 0.5                      | 3              | 21             | 65.3           | 11             | 24             | 17.2           | 212            | 12.0           | 2              | 695            | 1.4            | 1.3            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 223                                | 0.5                      | 3              | 18             | 56.7           | 11             | 21             | 14.6           | 204            | 10.5           | 2              | 671            | 1.2            | 1.2            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 224                                | 0.7                      | 4              | 19             | 71.5           | 13             | 22             | 18.7           | 181.0          | 13.8           | 3              | 681            | 1.3            | 1.6            | 13             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 225                                | 0.5                      | 2              | 22             | 52.1           | 18             | 21             | 13.5           | 150.5          | 10.0           | 2              | 550            | 1.4            | 1.2            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 226                                | 0.7                      | 4              | 21             | 73.5           | 17             | 24             | 19.3           | 156.0          | 14.1           | 3              | 663            | 1.4            | 1.7            | 13             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 227                                | 0.4                      | 2              | 19             | 49.6           | 12             | 25             | 13.2           | 177.5          | 9.3            | 2              | 745            | 1.1            | 1.0            | 9              | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 228                                | 0.6                      | 3              | 27             | 63.1           | 17             | 14             | 16.8           | 177.5          | 11.6           | 2              | 649            | 1.6            | 1.3            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 229                                | 0.5                      | 3              | 21             | 56.6           | 16             | 12             | 14.8           | 200            | 10.7           | 3              | 664            | 1.4            | 1.2            | 14             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 230                                | 0.6                      | 6              | 22             | 57.6           | 21             | 25             | 14.9           | 128.0          | 11.5           | 4              | 701            | 1.7            | 1.3            | 10             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 231                                | 0.6                      | 6              | 23             | 57.3           | 19             | 13             | 14.6           | 120.0          | 11.6           | 4              | 669            | 1.7            | 1.3            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 232                                | 0.5                      | 4              | 18             | 57.3           | 19             | 22             | 14.6           | 139.0          | 11.2           | 3              | 781            | 1.3            | 1.3            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 233                                | 0.6                      | 4              | 18             | 58.2           | 18             | 26             | 14.8           | 143.0          | 11.3           | 3              | 792            | 1.4            | 1.3            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 234                                | 0.6                      | 3              | 26             | 62.3           | 29             | 25             | 16.3           | 176.5          | 12.1           | 3              | 599            | 1.7            | 1.3            | 13             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 235                                | 0.6                      | 4              | 21             | 64.6           | 26             | 23             | 16.8           | 172.5          | 12.1           | 3              | 655            | 1.4            | 1.4            | 11             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 236                                | 0.7                      | 4              | 20             | 71.7           | 31             | 13             | 18.7           | 157.5          | 13.3           | 3              | 598            | 1.3            | 1.5            | 10             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 237                                | 0.6                      | 4              | 22             | 64.1           | 31             | 23             | 16.6           | 154.5          | 12.0           | 3              | 611            | 1.5            | 1.4            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 238                                | 0.5                      | 3              | 20             | 54.3           | 18             | 29             | 14.2           | 175.0          | 10.6           | 3              | 686            | 1.3            | 1.2            | 10             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 239                                | 0.6                      | 3              | 21             | 65.2           | 20             | 40             | 17.2           | 180.0          | 12.0           | 2              | 744            | 1.3            | 1.4            | 10             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 240                                | 0.8                      | 6              | 23             | 78.3           | 21             | 28             | 20.7           | 146.0          | 15.0           | 4              | 700            | 1.7            | 1.8            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 241                                | 0.6                      | 4              | 24             | 57.7           | 35             | 15             | 15.2           | 169.0          | 10.6           | 3              | 656            | 1.6            | 1.2            | 15             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 242                                | 0.5                      | 4              | 16             | 51.5           | 9              | 18             | 13.9           | 213            | 9.6            | 2              | 884            | 1.0            | 1.1            | 8              | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |
| 243                                | 0.5                      | 2              | 20             | 56.6           | 10             | 27             | 15.3           | 205            | 10.2           | 3              | 641            | 1.3            | 1.1            | 12             | <0.5           |                |  |  |  |  |  |  |



TO: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Project: Tehran Padir

CERTIFICATE OF ANALYSIS      VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MSB1   |          | ME-MSB1  |          | ME-MSB1  |          | ME-MSB1   |           | ME-MSB1   |     | ME-MSB1 |   | ME-MSB1 |     | ME-MSB1 |     |
|--------------------|-----------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----|---------|---|---------|-----|---------|-----|
|                    |                                   | Tm<br>ppm | U<br>ppm | V<br>ppm | W<br>ppm | X<br>ppm | Y<br>ppm | Yb<br>ppm | Zn<br>ppm | Zr<br>ppm | 0.1 | 0.5     | 1 | 5       | 0.5 | 0.1     | 0.5 |
| 202                | 0.2                               | 5.2       | 207      | 5        | 23.4     | 2.4      | 85       | 178.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 203                | 0.3                               | 4.8       | 227      | 6        | 24.9     | 2.5      | 87       | 165.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 204                | 0.2                               | 4.2       | 180      | 9        | 23.2     | 2.3      | 83       | 156.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 205                | 0.2                               | 2.8       | 138      | 5        | 24.7     | 2.4      | 90       | 167.5     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 206                | 0.2                               | 4.4       | 249      | 6        | 22.4     | 2.3      | 95       | 170.5     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 207                | 0.2                               | 4.7       | 267      | 9        | 21.8     | 2.3      | 84       | 153.5     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 208                | 0.3                               | 4.1       | 170      | 5        | 23.7     | 2.3      | 79       | 160.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 209                | 0.1                               | 3.7       | 149      | 4        | 16.0     | 1.5      | 63       | 97.3      |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 212                | 0.3                               | 4.6       | 301      | 6        | 24.7     | 2.4      | 106      | 167.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 213                | 0.4                               | 3.3       | 341      | 5        | 36.2     | 3.4      | 132      | 166.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 214                | 0.5                               | 4.0       | 326      | 5        | 37.0     | 3.6      | 142      | 218       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 215                | 0.4                               | 3.7       | 238      | 7        | 31.5     | 2.9      | 114      | 165.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 216                | 0.4                               | 4.3       | 268      | 3        | 33.2     | 3.1      | 126      | 182.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 217                | 0.3                               | 4.6       | 224      | 5        | 28.6     | 3.0      | 106      | 172.0     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 218                | 0.6                               | 5.0       | 461      | 6        | 42.2     | 4.2      | 183      | 320       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 219                | 0.5                               | 4.5       | 429      | 4        | 41.5     | 4.3      | 168      | 243       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 220                | 0.6                               | 4.6       | 469      | 3        | 45.9     | 4.5      | 170      | 225       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 221                | 1.0                               | 8.5       | 968      | 7        | 70.3     | 7.0      | 340      | 501       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 222                | 0.6                               | 4.5       | 162      | 4        | 47.0     | 4.5      | 87       | 243       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 223                | 0.5                               | 4.4       | 169      | 3        | 41.7     | 4.0      | 83       | 242       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 224                | 0.7                               | 4.6       | 212      | 5        | 51.5     | 5.1      | 100      | 228       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 225                | 0.5                               | 4.5       | 258      | 2        | 39.3     | 3.9      | 122      | 211       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 226                | 0.7                               | 4.9       | 230      | 3        | 52.3     | 5.2      | 124      | 228       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 227                | 0.4                               | 2.9       | 101      | 3        | 35.9     | 3.4      | 76       | 162.5     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 228                | 0.6                               | 3.7       | 118      | 3        | 46.3     | 4.5      | 94       | 223       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 229                | 0.5                               | 5.0       | 200      | 6        | 42.9     | 4.0      | 104      | 247       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 230                | 0.6                               | 3.6       | 598      | 8        | 44.2     | 4.3      | 233      | 282       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 231                | 0.6                               | 4.0       | 619      | 5        | 42.4     | 4.5      | 225      | 256       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 232                | 0.5                               | 3.8       | 411      | 3        | 42.6     | 4.1      | 163      | 234       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 233                | 0.6                               | 4.3       | 403      | 4        | 44.0     | 4.2      | 152      | 239       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 234                | 0.6                               | 5.4       | 193      | 3        | 47.8     | 4.8      | 120      | 226       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 235                | 0.6                               | 4.0       | 250      | 3        | 49.1     | 4.5      | 120      | 205       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 236                | 0.7                               | 3.6       | 204      | 3        | 55.0     | 4.9      | 106      | 217       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 237                | 0.6                               | 5.6       | 237      | 4        | 47.8     | 4.6      | 116      | 239       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 238                | 0.5                               | 4.1       | 182      | 4        | 42.2     | 3.8      | 115      | 211       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 239                | 0.6                               | 3.9       | 188      | 3        | 48.5     | 4.3      | 99       | 214       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 240                | 0.8                               | 4.5       | 334      | 7        | 56.3     | 5.7      | 154      | 328       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 241                | 0.6                               | 4.9       | 184      | 13       | 44.2     | 4.3      | 108      | 269       |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 242                | 0.4                               | 2.6       | 70       | 4        | 38.5     | 3.7      | 59       | 174.5     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |
| 243                | 0.5                               | 4.5       | 89       | 2        | 43.3     | 3.8      | 73       | 186.5     |           |           |     |         |   |         |     |         |     |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUEH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAWAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 8 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOH | ME-MS81<br>Ag<br>ppm | ME-MS81<br>Ba<br>ppm | ME-MS81<br>Ce<br>ppm | ME-MS81<br>Co<br>ppm | ME-MS81<br>Cr<br>ppm | ME-MS81<br>Cs<br>ppm | ME-MS81<br>Cu<br>ppm | ME-MS81<br>Dy<br>ppm | ME-MS81<br>Er<br>ppm | ME-MS81<br>Eu<br>ppm | ME-MS81<br>Ga<br>ppm | ME-MS81<br>Gd<br>ppm | ME-MS81<br>Hf<br>ppm | ME-MS81<br>Ho<br>ppm | ME-MS81<br>La<br>ppm |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 244                | <1                                | 1050                 | 105.0                | 15.7                 | 40                   | 4.7                  | 118                  | 6.2                  | 3.4                  | 1.7                  | 20                   | 8.0                  | 5                    | 1.1                  | 50.8                 | 0.5                  |
| 245                | <1                                | 974                  | 115.0                | 17.4                 | 40                   | 5.5                  | 178                  | 7.0                  | 4.1                  | 1.8                  | 20                   | 9.0                  | 6                    | 1.3                  | 56.4                 | 0.5                  |
| 246                | <1                                | 893                  | 126.5                | 14.9                 | 20                   | 8.6                  | 168                  | 7.5                  | 4.5                  | 1.7                  | 21                   | 9.7                  | 5                    | 1.4                  | 62.4                 | 0.5                  |
| 247                | <1                                | 982                  | 98.6                 | 16.6                 | 50                   | 4.0                  | 135                  | 6.1                  | 3.3                  | 1.7                  | 19                   | 8.0                  | 5                    | 1.1                  | 46.7                 | 0.5                  |
| 248                | <1                                | 845                  | 67.7                 | 20.9                 | 90                   | 3.4                  | 120                  | 4.0                  | 2.3                  | 1.3                  | 20                   | 5.1                  | 4                    | 0.6                  | 33.0                 | 0.5                  |
| 249                | <1                                | 823                  | 62.0                 | 21.4                 | 70                   | 2.7                  | 106                  | 3.9                  | 2.2                  | 1.4                  | 20                   | 4.9                  | 4                    | 0.7                  | 30.0                 | 0.5                  |
| 250                | <1                                | 783                  | 66.7                 | 16.6                 | 100                  | 4.9                  | 138                  | 3.7                  | 2.2                  | 1.4                  | 19                   | 4.7                  | 4                    | 0.6                  | 34.2                 | 0.5                  |
| 251                | <1                                | 757                  | 60.9                 | 20.5                 | 80                   | 3.1                  | 108                  | 4.2                  | 2.3                  | 1.4                  | 19                   | 4.9                  | 4                    | 0.7                  | 31.4                 | 0.5                  |
| 252                | <1                                | 729                  | 86.6                 | 19.7                 | 110                  | 5.9                  | 188                  | 5.6                  | 3.3                  | 2.1                  | 22                   | 7.0                  | 5                    | 1.0                  | 44.4                 | 0.5                  |
| 253                | <1                                | 810                  | 62.5                 | 17.3                 | 60                   | 8.6                  | 150                  | 4.1                  | 2.3                  | 1.6                  | 23                   | 5.0                  | 4                    | 0.7                  | 32.2                 | 0.5                  |
| 254                | <1                                | 930                  | 71.9                 | 15.1                 | 50                   | 2.9                  | 118                  | 4.2                  | 2.4                  | 1.5                  | 19                   | 5.4                  | 5                    | 0.7                  | 36.6                 | 0.5                  |
| 255                | <1                                | 876                  | 61.5                 | 15.6                 | 30                   | 2.3                  | 137                  | 3.7                  | 2.4                  | 1.4                  | 17                   | 4.9                  | 4                    | 0.6                  | 31.6                 | 0.5                  |
| 256                | <1                                | 779                  | 55.6                 | 15.2                 | 40                   | 2.6                  | 158                  | 3.9                  | 2.5                  | 1.4                  | 16                   | 5.7                  | 4                    | 0.8                  | 33.6                 | 0.5                  |
| 257                | <1                                | 346                  | 31.0                 | 30.8                 | 60                   | 2.4                  | 58                   | 3.5                  | 2.2                  | 1.1                  | 16                   | 3.3                  | 4                    | 0.4                  | 19.0                 | 0.5                  |
| 258                | <1                                | 680                  | 50.3                 | 17.6                 | 50                   | 6.6                  | 181                  | 3.5                  | 2.3                  | 1.3                  | 19                   | 4.3                  | 3                    | 0.6                  | 30.3                 | 0.5                  |
| 259                | <1                                | 536                  | 34.3                 | 19.8                 | 80                   | 1.9                  | 104                  | 2.8                  | 1.8                  | 0.4                  | 13                   | 4.0                  | 3                    | 0.5                  | 25.2                 | 0.5                  |
| 260                | <1                                | 931                  | 64.8                 | 18.2                 | 60                   | 2.0                  | 126                  | 4.7                  | 2.9                  | 2.3                  | 18                   | 4.9                  | 3                    | 0.7                  | 30.3                 | 0.5                  |
| 261                | <1                                | 783                  | 61.0                 | 20.8                 | 80                   | 3.2                  | 145                  | 4.1                  | 2.6                  | 1.3                  | 16                   | 6.0                  | 4                    | 0.8                  | 36.8                 | 0.5                  |
| 262                | <1                                | 684                  | 78.8                 | 18.0                 | 40                   | 3.7                  | 109                  | 6.6                  | 4.2                  | 1.5                  | 18                   | 6.3                  | 7                    | 0.8                  | 47.0                 | 0.5                  |
| 263                | <1                                | 538                  | 46.6                 | 36.3                 | 110                  | 1.8                  | 84                   | 3.7                  | 2.2                  | 1.6                  | 16                   | 5.1                  | 2                    | 0.8                  | 21.6                 | 0.5                  |
| 264                | <1                                | 674                  | 50.5                 | 27.3                 | 130                  | 3.4                  | 124                  | 4.0                  | 2.5                  | 1.5                  | 18                   | 4.7                  | 3                    | 0.7                  | 26.9                 | 0.5                  |
| 265                | <1                                | 728                  | 58.3                 | 24.5                 | 160                  | 2.6                  | 121                  | 4.2                  | 2.6                  | 1.5                  | 16                   | 5.3                  | 3                    | 0.7                  | 28.4                 | 0.5                  |
| 266                | <1                                | 573                  | 46.7                 | 20.9                 | 100                  | 4.4                  | 142                  | 4.4                  | 3.0                  | 1.4                  | 19                   | 4.8                  | 5                    | 0.6                  | 30.9                 | 0.5                  |
| 267                | <1                                | 776                  | 55.4                 | 16.9                 | 60                   | 4.8                  | 162                  | 4.1                  | 2.6                  | 1.4                  | 17                   | 5.3                  | 4                    | 0.7                  | 31.5                 | 0.5                  |
| 268                | <1                                | 687                  | 52.6                 | 18.6                 | 90                   | 4.0                  | 164                  | 3.5                  | 2.4                  | 1.0                  | 16                   | 5.0                  | 4                    | 0.7                  | 32.1                 | 0.5                  |
| 269                | <1                                | 921                  | 66.3                 | 17.5                 | 40                   | 3.8                  | 140                  | 4.2                  | 2.8                  | 1.7                  | 17                   | 5.9                  | 4                    | 0.8                  | 34.0                 | 0.5                  |
| 270                | <1                                | 691                  | 49.8                 | 16.0                 | 80                   | 3.0                  | 193                  | 3.7                  | 2.4                  | 1.2                  | 16                   | 4.8                  | 4                    | 0.7                  | 33.0                 | 0.5                  |
| 271                | <1                                | 661                  | 45.1                 | 14.4                 | 40                   | 3.3                  | 190                  | 3.2                  | 2.2                  | 0.4                  | 16                   | 4.9                  | 5                    | 0.6                  | 36.0                 | 0.5                  |
| 272                | <1                                | 701                  | 47.3                 | 15.0                 | 30                   | 2.8                  | 176                  | 3.5                  | 2.3                  | 0.9                  | 16                   | 4.9                  | 4                    | 0.6                  | 32.4                 | 0.5                  |
| 273                | <1                                | 559                  | 50.8                 | 23.6                 | 100                  | 5.0                  | 99                   | 4.0                  | 2.5                  | 1.5                  | 19                   | 4.7                  | 3                    | 0.7                  | 28.9                 | 0.5                  |
| 274                | <1                                | 935                  | 73.6                 | 20.6                 | 70                   | 2.9                  | 117                  | 5.1                  | 3.2                  | 2.2                  | 20                   | 5.3                  | 4                    | 0.7                  | 34.5                 | 0.5                  |
| 275                | <1                                | 572                  | 41.0                 | 16.8                 | 90                   | 2.8                  | 174                  | 3.4                  | 2.2                  | 0.8                  | 15                   | 4.1                  | 5                    | 0.5                  | 35.5                 | 0.5                  |
| 276                | <1                                | 552                  | 44.5                 | 12.0                 | 40                   | 3.5                  | 108                  | 3.6                  | 2.4                  | 0.5                  | 14                   | 4.7                  | 5                    | 0.6                  | 35.5                 | 0.5                  |
| 277                | <1                                | 552                  | 42.4                 | 25.0                 | 180                  | 2.9                  | 113                  | 3.4                  | 2.1                  | 0.7                  | 15                   | 4.9                  | 3                    | 0.7                  | 26.7                 | 0.5                  |
| 278                | <1                                | 621                  | 43.5                 | 20.5                 | 130                  | 2.5                  | 144                  | 3.5                  | 2.2                  | 1.2                  | 15                   | 4.0                  | 4                    | 0.5                  | 26.3                 | 0.5                  |
| 279                | <1                                | 862                  | 71.0                 | 18.4                 | 240                  | 4.0                  | 144                  | 4.0                  | 2.5                  | 1.7                  | 19                   | 6.1                  | 3                    | 0.8                  | 37.3                 | 0.5                  |
| 280                | <1                                | 889                  | 149.5                | 20.2                 | 30                   | 2.8                  | 96                   | 9.5                  | 5.8                  | 2.4                  | 21                   | 12.8                 | 7                    | 1.7                  | 67.9                 | 0.5                  |
| 281                | <1                                | 590                  | 45.0                 | 13.4                 | 20                   | 2.0                  | 85                   | 4.3                  | 2.7                  | 1.5                  | 17                   | 3.2                  | 6                    | 0.4                  | 28.0                 | 0.5                  |
| 282                | <1                                | 616                  | 42.7                 | 12.8                 | 40                   | 1.8                  | 102                  | 3.4                  | 2.3                  | 0.8                  | 15                   | 3.8                  | 5                    | 0.5                  | 29.9                 | 0.5                  |
| 283                | <1                                | 848                  | 62.4                 | 12.2                 | 30                   | 3.0                  | 135                  | 4.1                  | 2.6                  | 1.3                  | 17                   | 5.1                  | 4                    | 0.7                  | 35.4                 | 0.5                  |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOU RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 8 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method                  | ME-MS01          | ME-MS01        | ME-MS01        | ME-MS01          | ME-MS01        | ME-MS01        | ME-MS01          | ME-MS01          | ME-MS01          | ME-MS01        | ME-MS01          | ME-MS01          | ME-MS01          | ME-MS01        | ME-MS01          |
|--------------------|-------------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|
|                    | Analyte<br>Units<br>LOR | Lu<br>ppm<br>0.1 | Mo<br>ppm<br>2 | Nb<br>ppm<br>1 | Nd<br>ppm<br>0.5 | Ni<br>ppm<br>5 | Pb<br>ppm<br>5 | Pr<br>ppm<br>0.1 | Rb<br>ppm<br>0.2 | Sm<br>ppm<br>0.1 | Sr<br>ppm<br>1 | Sr<br>ppm<br>0.1 | Ta<br>ppm<br>0.5 | Tb<br>ppm<br>0.1 | Th<br>ppm<br>1 | Ti<br>ppm<br>0.5 |
| 244                | 0.4                     | 2                | 17             | 46.9           | 20               | 18             | 11.9           | 161.0            | 9.1              | 2                | 656            | 1.1              | 1.0              | 10               | <0.5           |                  |
| 245                | 0.5                     | 2                | 23             | 52.1           | 19               | 16             | 13.5           | 157.0            | 10.1             | 2                | 557            | 1.4              | 1.2              | 12               | <0.5           |                  |
| 246                | 0.6                     | 2                | 27             | 56.8           | 16               | 24             | 14.8           | 200              | 11.0             | 2                | 699            | 1.5              | 1.3              | 11               | <0.5           |                  |
| 247                | 0.4                     | 2                | 18             | 45.2           | 20               | 12             | 11.4           | 142.5            | 8.8              | 2                | 569            | 1.2              | 1.0              | 11               | <0.5           |                  |
| 248                | 0.2                     | 3                | 17             | 28.1           | 25               | 18             | 7.3            | 138.0            | 5.6              | 2                | 395            | 1.1              | 0.6              | 9                | <0.5           |                  |
| 249                | 0.2                     | 2                | 15             | 25.8           | 23               | 22             | 6.7            | 126.5            | 5.4              | 2                | 401            | 1.0              | 0.6              | 8                | <0.5           |                  |
| 250                | 0.2                     | 2                | 17             | 27.8           | 33               | 15             | 7.2            | 142.5            | 5.4              | 2                | 355            | 1.1              | 0.6              | 9                | <0.5           |                  |
| 251                | 0.2                     | 2                | 15             | 26.7           | 26               | 12             | 6.9            | 117.5            | 5.4              | 2                | 409            | 1.0              | 0.6              | 8                | <0.5           |                  |
| 252                | 0.4                     | 2                | 19             | 37.1           | 43               | 13             | 9.5            | 155.0            | 7.7              | 3                | 318            | 1.2              | 0.9              | 10               | <0.5           |                  |
| 253                | 0.2                     | 2                | 15             | 28.5           | 32               | 9              | 6.9            | 131.0            | 5.4              | 2                | 523            | 1.0              | 0.6              | 9                | <0.5           |                  |
| 254                | 0.3                     | 2                | 19             | 30.9           | 17               | 22             | 7.9            | 157.5            | 5.9              | 2                | 443            | 1.2              | 0.6              | 10               | <0.5           |                  |
| 255                | 0.3                     | 2                | 16             | 27.5           | 13               | 16             | 7.1            | 138.0            | 5.6              | 2                | 392            | 1.0              | 0.7              | 8                | <0.5           |                  |
| 256                | 0.4                     | 2                | 16             | 29.3           | 18               | 15             | 7.8            | 146.0            | 4.8              | 2                | 356            | 1.1              | 0.8              | 9                | <0.5           |                  |
| 257                | 0.2                     | 2                | 9              | 18.2           | 22               | 17             | 4.7            | 44.3             | 3.6              | 1                | 289            | 0.6              | 0.5              | 4                | <0.5           |                  |
| 258                | 0.3                     | 2                | 12             | 25.0           | 28               | 58             | 6.9            | 104.5            | 4.2              | 1                | 477            | 0.8              | 0.6              | 7                | <0.5           |                  |
| 259                | 0.2                     | 2                | 10             | 23.9           | 29               | 11             | 6.2            | 84.7             | 3.4              | 1                | 386            | 0.7              | 0.5              | 5                | <0.5           |                  |
| 260                | 0.4                     | 2                | 17             | 26.6           | 13               | 16             | 6.8            | 123.0            | 5.8              | 2                | 442            | 1.0              | 0.7              | 8                | <0.5           |                  |
| 261                | 0.4                     | 3                | 15             | 32.0           | 30               | 14             | 8.4            | 124.5            | 5.5              | 2                | 379            | 1.1              | 0.9              | 8                | <0.5           |                  |
| 262                | 0.4                     | 3                | 18             | 41.5           | 18               | 17             | 11.2           | 92.3             | 7.8              | 1                | 510            | 1.2              | 0.8              | 8                | <0.5           |                  |
| 263                | 0.4                     | 2                | 9              | 22.4           | 31               | 24             | 5.5            | 67.7             | 4.8              | 2                | 305            | 0.6              | 0.8              | 4                | <0.5           |                  |
| 264                | 0.4                     | 2                | 12             | 24.4           | 37               | 16             | 6.5            | 96.0             | 4.8              | 2                | 332            | 0.9              | 0.7              | 6                | <0.5           |                  |
| 265                | 0.4                     | 2                | 14             | 26.6           | 36               | 16             | 6.7            | 97.7             | 5.4              | 2                | 343            | 0.9              | 0.8              | 6                | <0.5           |                  |
| 266                | 0.3                     | 2                | 15             | 26.7           | 30               | 18             | 7.3            | 94.9             | 4.8              | 1                | 286            | 1.0              | 0.6              | 8                | <0.5           |                  |
| 267                | 0.4                     | 2                | 15             | 28.2           | 23               | 19             | 7.5            | 135.5            | 5.1              | 2                | 338            | 1.1              | 0.7              | 8                | <0.5           |                  |
| 268                | 0.3                     | 2                | 15             | 29.4           | 32               | 19             | 7.5            | 120.5            | 4.6              | 2                | 308            | 1.0              | 0.7              | 8                | <0.5           |                  |
| 269                | 0.4                     | 2                | 16             | 30.6           | 22               | 18             | 8.0            | 128.5            | 5.7              | 2                | 289            | 1.1              | 0.8              | 9                | <0.5           |                  |
| 270                | 0.4                     | 2                | 16             | 27.1           | 27               | 19             | 7.5            | 116.0            | 4.7              | 1                | 381            | 1.0              | 0.7              | 8                | <0.5           |                  |
| 271                | 0.3                     | 2                | 17             | 31.6           | 25               | 19             | 8.4            | 121.0            | 4.0              | 1                | 360            | 1.1              | 0.7              | 9                | <0.5           |                  |
| 272                | 0.3                     | 2                | 16             | 28.6           | 20               | 18             | 7.5            | 119.0            | 4.2              | 1                | 366            | 1.0              | 0.7              | 8                | <0.5           |                  |
| 273                | 0.4                     | 2                | 14             | 26.5           | 35               | 21             | 7.0            | 87.7             | 5.1              | 2                | 276            | 1.0              | 0.7              | 7                | <0.5           |                  |
| 274                | 0.4                     | 2                | 19             | 30.2           | 18               | 25             | 7.9            | 109.0            | 6.8              | 2                | 339            | 1.1              | 0.8              | 8                | <0.5           |                  |
| 275                | 0.3                     | 2                | 14             | 25.9           | 27               | 17             | 7.0            | 99.6             | 3.8              | 1                | 377            | 0.9              | 0.5              | 7                | <0.5           |                  |
| 276                | 0.3                     | 2                | 17             | 30.6           | 18               | 18             | 8.3            | 91.1             | 4.1              | 1                | 289            | 1.1              | 0.6              | 8                | <0.5           |                  |
| 277                | 0.3                     | 2                | 11             | 26.8           | 44               | 13             | 6.6            | 86.8             | 3.8              | 1                | 300            | 0.8              | 0.7              | 6                | <0.5           |                  |
| 278                | 0.2                     | 2                | 13             | 22.6           | 39               | 17             | 6.1            | 95.3             | 4.1              | 1                | 442            | 0.9              | 0.5              | 6                | <0.5           |                  |
| 279                | 0.5                     | 7                | 17             | 33.9           | 31               | 14             | 8.9            | 148.5            | 5.7              | 3                | 460            | 1.1              | 0.8              | 9                | <0.5           |                  |
| 280                | 0.9                     | 6                | 20             | 68.9           | 19               | 14             | 17.9           | 125.0            | 14.0             | 4                | 652            | 1.6              | 1.8              | 9                | <0.5           |                  |
| 281                | 0.2                     | 2                | 17             | 20.5           | 7                | 13             | 6.1            | 79.4             | 4.6              | 1                | 397            | 1.0              | 0.4              | 8                | <0.5           |                  |
| 282                | 0.3                     | 2                | 14             | 24.9           | 12               | 18             | 6.8            | 93.9             | 4.2              | 1                | 384            | 1.0              | 0.5              | 7                | <0.5           |                  |
| 283                | 0.4                     | 2                | 19             | 31.0           | 21               | 17             | 8.1            | 132.5            | 5.5              | 2                | 303            | 1.3              | 0.7              | 9                | <0.5           |                  |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOV RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 8 - C  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

### CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309

| Sample Description | Method Analyte Units LOR | ME-MS81 Tm ppm 0.1 | ME-MS81 U ppm 0.5 | ME-MS81 V ppm 5 | ME-MS81 W ppm 1 | ME-MS81 Y ppm 0.5 | ME-MS81 Yb ppm 0.1 | ME-MS81 Zn ppm 5 | ME-MS81 Zr ppm 0.5 |
|--------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 244                |                          | 0.4                | 3.4               | 200             | 2               | 36.3              | 3.3                | 97               | 175.5              |
| 245                |                          | 0.5                | 4.4               | 252             | 3               | 40.7              | 3.9                | 126              | 220                |
| 246                |                          | 0.6                | 3.7               | 132             | 3               | 43.5              | 4.4                | 104              | 184.5              |
| 247                |                          | 0.4                | 4.2               | 225             | 3               | 35.8              | 3.3                | 95               | 173.5              |
| 248                |                          | 0.2                | 3.5               | 222             | 3               | 23.4              | 2.2                | 90               | 151.0              |
| 249                |                          | 0.2                | 2.9               | 204             | 3               | 23.1              | 2.2                | 87               | 136.5              |
| 250                |                          | 0.2                | 3.3               | 180             | 5               | 22.2              | 2.2                | 81               | 145.5              |
| 251                |                          | 0.2                | 3.0               | 212             | 3               | 24.2              | 2.4                | 83               | 142.5              |
| 252                |                          | 0.4                | 3.5               | 198             | 4               | 34.8              | 3.1                | 100              | 167.5              |
| 253                |                          | 0.2                | 4.0               | 166             | 3               | 21.4              | 2.3                | 90               | 149.0              |
| 254                |                          | 0.2                | 4.1               | 208             | 3               | 25.2              | 2.5                | 94               | 173.5              |
| 255                |                          | 0.3                | 2.9               | 167             | 4               | 22.2              | 2.2                | 83               | 164.0              |
| 256                |                          | 0.4                | 3.0               | 190             | 2               | 23.9              | 2.3                | 78               | 153.0              |
| 257                |                          | 0.2                | 1.0               | 213             | 1               | 13.6              | 2.0                | 82               | 111.0              |
| 258                |                          | 0.3                | 2.7               | 154             | 2               | 17.6              | 2.0                | 85               | 129.0              |
| 259                |                          | 0.2                | 1.2               | 210             | 3               | 17.9              | 1.7                | 66               | 103.5              |
| 260                |                          | 0.4                | 3.7               | 186             | 3               | 21.6              | 2.6                | 92               | 169.0              |
| 261                |                          | 0.4                | 2.6               | 202             | 4               | 25.1              | 2.3                | 76               | 151.0              |
| 262                |                          | 0.4                | 2.6               | 249             | 8               | 25.9              | 3.6                | 94               | 190.5              |
| 263                |                          | 0.3                | 1.6               | 283             | <1              | 23.2              | 1.9                | 102              | 113.5              |
| 264                |                          | 0.3                | 2.2               | 220             | 1               | 20.9              | 2.2                | 87               | 138.0              |
| 265                |                          | 0.4                | 2.5               | 316             | 2               | 23.2              | 2.3                | 94               | 129.5              |
| 266                |                          | 0.3                | 2.4               | 180             | 4               | 18.4              | 2.8                | 88               | 159.5              |
| 267                |                          | 0.3                | 3.1               | 196             | 7               | 21.6              | 2.4                | 85               | 158.0              |
| 268                |                          | 0.3                | 2.3               | 253             | 4               | 22.3              | 2.2                | 86               | 147.0              |
| 269                |                          | 0.4                | 3.2               | 192             | 2               | 24.1              | 2.5                | 86               | 165.0              |
| 270                |                          | 0.3                | 2.7               | 269             | 9               | 19.2              | 2.1                | 87               | 145.0              |
| 271                |                          | 0.3                | 1.8               | 276             | 6               | 19.4              | 2.1                | 93               | 157.0              |
| 272                |                          | 0.3                | 2.2               | 234             | 3               | 18.4              | 2.1                | 82               | 145.5              |
| 273                |                          | 0.3                | 2.2               | 217             | 3               | 22.2              | 2.3                | 84               | 150.0              |
| 274                |                          | 0.3                | 3.7               | 257             | 6               | 22.7              | 2.7                | 107              | 185.0              |
| 275                |                          | 0.2                | 2.2               | 217             | 10              | 16.4              | 2.0                | 78               | 137.5              |
| 276                |                          | 0.3                | 2.1               | 209             | 5               | 17.4              | 2.2                | 67               | 151.0              |
| 277                |                          | 0.3                | 1.7               | 269             | 5               | 21.2              | 2.0                | 79               | 113.5              |
| 278                |                          | 0.2                | 2.5               | 188             | 2               | 16.2              | 2.0                | 71               | 122.5              |
| 279                |                          | 0.4                | 5.5               | 278             | 7               | 25.9              | 2.3                | 94               | 160.5              |
| 280                |                          | 0.8                | 3.9               | 532             | 3               | 51.8              | 5.0                | 196              | 335                |
| 281                |                          | 0.2                | 2.6               | 128             | 4               | 12.7              | 2.5                | 70               | 170.5              |
| 282                |                          | 0.2                | 2.2               | 156             | 6               | 15.6              | 2.1                | 69               | 146.0              |
| 283                |                          | 0.3                | 2.9               | 176             | 4               | 22.1              | 2.4                | 76               | 168.0              |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

To: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

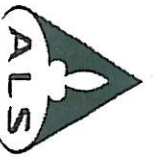
Project: Tehran Padir

Page: 9 - A  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

**CERTIFICATE OF ANALYSIS VA05001309**

| Sample Description | Method Analyte Units LOR | ME-MSB1 Ag ppm | ME-MSB1 Ba ppm | ME-MSB1 Ce ppm | ME-MSB1 Co ppm | ME-MSB1 Cr ppm | ME-MSB1 Cs ppm | ME-MSB1 Cu ppm | ME-MSB1 Dy ppm | ME-MSB1 Er ppm | ME-MSB1 Eu ppm | ME-MSB1 Ga ppm | ME-MSB1 Gd ppm | ME-MSB1 Hf ppm | ME-MSB1 Ho ppm | ME-MSB1 La ppm |
|--------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ALSMU              |                          | <1             | 572            | 90.5           | 13.0           | 30             | 5.6            | 120            | 6.9            | 4.7            | 0.8            | 18             | 9.2            | 7              | 1.1            | 64.0           |
| ASPSU              |                          | <1             | 284            | 37.0           | 27.4           | 1030           | 1.6            | 38             | 3.6            | 2.2            | 1.4            | 13             | 3.7            | 3              | 0.6            | 18.4           |
| AUMHH              |                          | <1             | 604            | 52.1           | 19.1           | 60             | 4.0            | 115            | 4.1            | 2.6            | 1.5            | 17             | 5.4            | 3              | 0.7            | 28.5           |
| BJSMU              |                          | <1             | 708            | 50.4           | 13.3           | 20             | 3.0            | 106            | 4.2            | 2.8            | 1.2            | 16             | 3.7            | 6              | 0.5            | 32.9           |
| BMSTM              |                          | <1             | 643            | 75.2           | 16.4           | 40             | 3.7            | 106            | 6.1            | 4.0            | 1.4            | 18             | 6.3            | 6              | 0.8            | 48.6           |
| EFAMS              |                          | <1             | 804            | 91.6           | 11.9           | 20             | 4.9            | 116            | 6.5            | 4.2            | 1.3            | 18             | 8.9            | 6              | 1.1            | 56.5           |
| HONRY              |                          | <1             | 781            | 131.5          | 18.6           | 20             | 2.7            | 69             | 9.3            | 5.7            | 1.8            | 21             | 12.0           | 7              | 1.6            | 72.4           |
| JPAKN              |                          | <1             | 615            | 94.9           | 27.5           | 110            | 4.0            | 65             | 5.2            | 3.1            | 2.1            | 21             | 7.9            | 4              | 1.2            | 41.3           |
| KHORD              |                          | <1             | 588            | 111.5          | 33.8           | 60             | 2.7            | 59             | 6.9            | 4.0            | 2.3            | 27             | 9.9            | 9              | 1.6            | 50.7           |
| MASPP              |                          | <1             | 695            | 41.8           | 21.0           | 60             | 1.9            | 64             | 3.5            | 2.2            | 0.7            | 17             | 3.9            | 4              | 0.6            | 22.0           |
| MOOHM              |                          | <1             | 301            | 39.2           | 20.6           | 60             | 1.1            | 31             | 4.2            | 2.6            | 0.6            | 17             | 4.3            | 4              | 0.8            | 23.8           |
| MUNTS              |                          | <1             | 493            | 39.2           | 44.3           | 40             | 1.2            | 69             | 4.8            | 2.7            | 1.7            | 18             | 5.9            | 2              | 1.0            | 16.4           |
| SABMN              |                          | <1             | 495            | 61.3           | 22.7           | 70             | 3.6            | 89             | 3.5            | 2.1            | 0.9            | 18             | 6.4            | 2              | 1.2            | 29.4           |
| TAGHI              |                          | <1             | 856            | 61.5           | 16.4           | 50             | 3.9            | 159            | 3.9            | 2.3            | 1.0            | 19             | 4.9            | 4              | 0.7            | 32.5           |
| VSSAC              |                          | <1             | 393            | 49.9           | 21.9           | 90             | 4.2            | 48             | 4.4            | 2.7            | 1.3            | 18             | 5.1            | 3              | 1.0            | 23.4           |
| WSTRU              |                          | <1             | 551            | 48.5           | 33.1           | 70             | 3.2            | 83             | 3.4            | 1.9            | 0.7            | 17             | 5.0            | 2              | 0.8            | 23.1           |
| XXAMU              |                          | <1             | 844            | 91.3           | 18.8           | 50             | 4.6            | 67             | 5.5            | 3.1            | 2.0            | 21             | 6.4            | 4              | 0.8            | 46.2           |
| YMSTM              |                          | <1             | 1045           | 135.0          | 24.3           | 30             | 3.6            | 93             | 7.8            | 4.7            | 2.0            | 25             | 10.6           | 7              | 1.5            | 59.2           |
| ZXOAP              |                          | <1             | 760            | 60.8           | 43.4           | 70             | 2.8            | 172            | 5.1            | 2.8            | 1.9            | 22             | 5.8            | 2              | 0.9            | 25.5           |
| ZZSMX              |                          | <1             | 1105           | 205            | 17.7           | 30             | 3.7            | 56             | 10.8           | 6.3            | 2.5            | 25             | 15.2           | 6              | 2.3            | 77.3           |





**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd  
212 Brooksbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

TO: KANPANZHOUEH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAMAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 9 - B  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS** VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LoR | ME-MS01<br>Lu<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Mo<br>ppm<br>2 | ME-MS01<br>Nb<br>ppm<br>1 | ME-MS01<br>Nd<br>ppm<br>0.5 | ME-MS01<br>Ni<br>ppm<br>5 | ME-MS01<br>Pb<br>ppm<br>5 | ME-MS01<br>Pr<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Rb<br>ppm<br>0.2 | ME-MS01<br>Sm<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Sn<br>ppm<br>1 | ME-MS01<br>Sr<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Ta<br>ppm<br>0.5 | ME-MS01<br>Tb<br>ppm<br>0.1 | ME-MS01<br>Th<br>ppm<br>1 | ME-MS01<br>Ti<br>ppm<br>0.5 |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| ALSMU              |                                   | 0.6                         | 2                         | 22                        | 60.8                        | 26                        | 16                        | 16.3                        | 126.5                       | 8.0                         | 2                         | 508                         | 1.5                         | 1.3                         | 11                        | <0.5                        |
| ASPSU              |                                   | 0.4                         | <2                        | 10                        | 17.2                        | 131                       | 11                        | 4.6                         | 40.8                        | 3.6                         | 1                         | 250                         | 0.7                         | 0.6                         | 5                         | <0.5                        |
| AUMHH              |                                   | 0.3                         | 2                         | 9                         | 29.0                        | 32                        | 41                        | 7.2                         | 60.1                        | 5.2                         | 2                         | 481                         | 0.6                         | 0.8                         | 8                         | <0.5                        |
| BJSMU              |                                   | 0.3                         | <2                        | 18                        | 25.4                        | 15                        | 15                        | 7.1                         | 93.7                        | 4.8                         | 1                         | 400                         | 1.1                         | 0.5                         | 9                         | <0.5                        |
| BMSTM              |                                   | 0.4                         | 3                         | 16                        | 42.4                        | 20                        | 23                        | 11.6                        | 90.7                        | 7.4                         | 1                         | 466                         | 1.2                         | 0.9                         | 9                         | <0.5                        |
| EFAMS              |                                   | 0.5                         | 2                         | 18                        | 53.0                        | 18                        | 16                        | 14.2                        | 141.0                       | 8.4                         | 2                         | 632                         | 1.2                         | 1.2                         | 9                         | <0.5                        |
| HONRY              |                                   | 0.8                         | 5                         | 21                        | 72.5                        | 18                        | 14                        | 18.9                        | 112.5                       | 12.5                        | 3                         | 621                         | 1.7                         | 1.7                         | 13                        | <0.5                        |
| JPAKN              |                                   | 0.5                         | 2                         | 18                        | 34.4                        | 44                        | 22                        | 9.1                         | 104.5                       | 8.4                         | 2                         | 472                         | 1.1                         | 1.1                         | 10                        | <0.5                        |
| KHORD              |                                   | 0.6                         | 2                         | 14                        | 44.3                        | 12                        | 28                        | 11.4                        | 71.9                        | 10.2                        | 2                         | 577                         | 0.9                         | 1.4                         | 18                        | <0.5                        |
| MASPP              |                                   | 0.2                         | <2                        | 8                         | 19.5                        | 28                        | 19                        | 5.1                         | 63.3                        | 4.5                         | 1                         | 459                         | 0.5                         | 0.6                         | 6                         | <0.5                        |
| MOOHM              |                                   | 0.3                         | <2                        | 24                        | 20.0                        | 36                        | 10                        | 5.3                         | 42.2                        | 4.3                         | 1                         | 215                         | 1.3                         | 0.7                         | 5                         | <0.5                        |
| MUNTS              |                                   | 0.4                         | <2                        | 4                         | 19.8                        | 22                        | 28                        | 4.6                         | 27.4                        | 5.8                         | 1                         | 681                         | <0.5                        | 0.9                         | 3                         | <0.5                        |
| SABMN              |                                   | 0.6                         | 2                         | 12                        | 26.1                        | 41                        | 16                        | 6.6                         | 98.1                        | 5.1                         | 2                         | 310                         | 0.8                         | 1.0                         | 7                         | <0.5                        |
| TAGHI              |                                   | 0.3                         | <2                        | 17                        | 25.5                        | 22                        | 25                        | 7.0                         | 137.5                       | 5.4                         | 1                         | 386                         | 1.0                         | 0.7                         | 8                         | <0.5                        |
| VSSAC              |                                   | 0.4                         | <2                        | 12                        | 21.0                        | 44                        | 22                        | 5.5                         | 63.2                        | 4.9                         | 2                         | 179.5                       | 0.8                         | 0.8                         | 7                         | <0.5                        |
| WSTRU              |                                   | 0.3                         | <2                        | 9                         | 23.0                        | 33                        | 14                        | 5.5                         | 88.6                        | 4.7                         | 1                         | 291                         | 0.5                         | 0.7                         | 5                         | <0.5                        |
| XXAMU              |                                   | 0.4                         | 2                         | 14                        | 33.3                        | 27                        | 31                        | 9.3                         | 110.5                       | 7.9                         | 1                         | 844                         | 0.7                         | 0.9                         | 13                        | <0.5                        |
| YMSTM              |                                   | 0.6                         | 4                         | 21                        | 52.8                        | 16                        | 19                        | 13.8                        | 123.5                       | 11.6                        | 3                         | 691                         | 1.4                         | 1.4                         | 10                        | <0.5                        |
| ZXQAP              |                                   | 0.4                         | <2                        | 7                         | 23.5                        | 33                        | 21                        | 5.9                         | 61.9                        | 7.1                         | 2                         | 760                         | <0.5                        | 0.9                         | 6                         | <0.5                        |
| ZZSMX              |                                   | 1.0                         | 5                         | 22                        | 70.3                        | 19                        | 21                        | 18.8                        | 166.5                       | 17.7                        | 4                         | 732                         | 1.5                         | 2.2                         | 13                        | <0.5                        |



**ALS Chemex**  
EXCELLENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ALS Canada Ltd.  
212 Brookbank Avenue  
North Vancouver BC V7J 2C1  
Phone: 604 984 0221 Fax: 604 984 0218

TO: KANPANZHOUH RESEARCH COMPANY  
NO 4 VAZIRIPOUR AVE MIRDAHAD BLDG  
TEHRAN 15456  
IRAN

Page: 9 - C  
Total # Pages: 9 (A - C)  
Finalized Date: 19-JAN-2005  
Account: TLD

Project: Tehran Padir

**CERTIFICATE OF ANALYSIS** VA05001309

| Sample Description | Method<br>Analyte<br>Units<br>LOR | ME-MS01<br>Tm<br>ppm | ME-MS01<br>U<br>ppm | ME-MS01<br>V<br>ppm | ME-MS01<br>W<br>ppm | ME-MS01<br>Y<br>ppm | ME-MS01<br>Yb<br>ppm | ME-MS01<br>Zn<br>ppm | ME-MS01<br>Zr<br>ppm |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ALSMU              | 0.5                               | 3.1                  | 171                 | 4                   | 35.1                | 4.0                 | 93                   | 209                  |                      |
| ASPSU              | 0.3                               | 1.4                  | 136                 | 1                   | 17.7                | 2.1                 | 78                   | 133.5                |                      |
| AUMHH              | 0.3                               | 2.4                  | 234                 | 1                   | 21.4                | 2.2                 | 172                  | 146.5                |                      |
| BUSMU              | 0.2                               | 2.7                  | 134                 | 6                   | 15.2                | 2.5                 | 65                   | 172.0                |                      |
| BMSTM              | 0.4                               | 2.5                  | 240                 | 7                   | 25.8                | 3.4                 | 93                   | 180.5                |                      |
| EFAMS              | 0.5                               | 3.1                  | 194                 | 3                   | 34.6                | 3.8                 | 92                   | 219                  |                      |
| HONRY              | 0.8                               | 4.2                  | 519                 | 4                   | 48.6                | 4.9                 | 188                  | 299                  |                      |
| JPAKN              | 0.5                               | 3.3                  | 257                 | 2                   | 34.7                | 2.7                 | 128                  | 218                  |                      |
| KHORD              | 0.6                               | 8.7                  | 1140                | 2                   | 43.2                | 3.6                 | 263                  | 637                  |                      |
| MASPP              | 0.2                               | 1.9                  | 296                 | 3                   | 16.6                | 2.0                 | 84                   | 136.0                |                      |
| MOOHM              | 0.3                               | 1.3                  | 138                 | 3                   | 21.7                | 2.4                 | 85                   | 183.0                |                      |
| MUNTS              | 0.4                               | 1.0                  | 653                 | 1                   | 26.8                | 2.2                 | 128                  | 92.4                 |                      |
| SABMN              | 0.5                               | 2.1                  | 231                 | 6                   | 37.4                | 2.1                 | 98                   | 164.5                |                      |
| TAGHI              | 0.3                               | 2.7                  | 258                 | 5                   | 21.1                | 2.1                 | 106                  | 172.0                |                      |
| VSSAC              | 0.4                               | 2.0                  | 164                 | 4                   | 27.8                | 2.4                 | 94                   | 149.0                |                      |
| WSTRU              | 0.3                               | 1.5                  | 285                 | 2                   | 24.9                | 1.8                 | 98                   | 118.5                |                      |
| XXAMU              | 0.3                               | 4.2                  | 189                 | 7                   | 25.1                | 2.7                 | 110                  | 196.0                |                      |
| YMSM               | 0.6                               | 4.2                  | 621                 | 8                   | 43.0                | 4.0                 | 233                  | 315                  |                      |
| ZXQAP              | 0.4                               | 1.8                  | 472                 | 2                   | 26.4                | 2.3                 | 138                  | 114.5                |                      |
| ZZSMX              | 0.9                               | 6.4                  | 334                 | 7                   | 66.5                | 5.6                 | 178                  | 413                  |                      |



