



پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی زمین‌شناسی (گرایش آب‌شناسی)

تعیین منشاء شوری در پلانژ تاقدیس کارستی گر و برم فیروز

به کوشش

امین عساری

استاد راهنما:

دکتر عزت‌اله رئیسی اردکانی

شهریورماه ۹۰





به نام خدا

### اظہارنامہ

اینجانب امین عساری (۸۷۰۲۴۱) دانشجوی رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش آب‌شناسی دانشکده‌ی علوم اظہار می‌کنم کہ این پایان‌نامہ حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی کہ از منابع دیگران استفادہ کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام. همچنین اظہار می‌کنم کہ تحقیق و موضوع پایان‌نامہ‌ام تکراری نیست و تعہد می‌نمایم کہ بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننمودہ و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیہ حقوق این اثر مطابق با آیین‌نامہ مالکیت فکری و معنوی متعلق بہ دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی: امین عساری

تاریخ و امضا:



90,7,1





به نام خدا

تعیین منشا شوری در پلانژ تاقدیس کارستی گر و برم فیروز

به کوشش

امین عساری

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم  
برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی

زمین شناسی (گرایش آب‌شناسی)

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی کمیته‌ی پایان‌نامه، با درجه‌ی: عالی

دکتر عزت‌اله رئیسی اردکانی استاد بخش علوم زمین دانشگاه شیراز (استاد راهنما): .....

دکتر محمد زارع دانشیار بخش علوم زمین (استاد مشاور): .....

دکتر ضرغام محمدی استادیار بخش علوم زمین (استاد مشاور): .....

دکتر مهدی زارعی استادیار بخش علوم زمین (استاد مشاور): .....

شهریور ماه ۹۰

نقد و بررسی به شرح زیر

راه حل

## سپاس‌گذاری

در ابتدا لازم می‌دانم از استاد عزیز و ارجمندم جناب آقای دکتر عزت‌الله رئیسی که با راهنمایی‌ها و پیشنهادات ارزنده‌اشان بنده را در طول این مسیر خطیر راهنمایی نمودند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از جناب آقایان دکتر محمد زارع، دکتر ضرغام محمدی و دکتر مهدی زارعی که به عنوان اساتید مشاور، نقش مهمی را در هر چه بهتر شدن این پایان‌نامه بر عهده داشته‌اند از صمیم قلب سپاس‌گذاری نمایم. از جناب آقای دکتر علی فقیه نیز به خاطر پیشنهادات و نظرات سازنده‌اشان بسیار سپاس‌گذارم. همچنین از جناب آقای مهندس جهبذ برای در اختیار گذاشتن امکانات آزمایشگاه مکانیک خاک و نظرات سازنده‌اشان کمال امتنان و تشکر را دارم. انجام این پایان‌نامه بدون کمک سرکار خانم فرحتاج بهادری، مسئول آزمایشگاه هیدروشیمی بخش علوم زمین، که مسئولیت آنالیز نمونه‌های آب را بر عهده داشته‌اند، غیر ممکن می‌نمود. از جناب آقای مهندس کشکولی برای در اختیار گذاشتن نمونه‌های آب مربوط به چاه حفاری شده در منطقه برشنه نیز تشکر و قدردانی می‌نمایم. در انتها بر خود واجب می‌دانم که از جناب آقای عباس اوشنی که صادقانه و بی‌شائبه و به صورت مداوم نه تنها به بنده که به کل پرسنل بخش علوم زمین و دانشجویان همکاری دوستانه می‌نمایند سپاس‌گذاری نمایم.

## چکیده

تعیین منشاء شوری در پلانژ تاقدیس کارستی گر و برم‌فیروز

به کوشش

امین عساری

منطقه مورد مطالعه در ۸۰ کیلومتری شمال غربی شیراز و در مسیر جاده روستای برشنه به سمت چشمه شش‌پیر قرار دارد. از ۲۰ گمانه حفاری شده در سازند سروک و پابده-گورپی و همچنین ۸ چشمه خروجی از سازند سروک دو گمانه T4 و TL2 و همچنین چشمه موریکش و چاه T5 دارای محدوده هدایت الکتریکی بالایی نسبت به اطراف خود می‌باشند، بطوریکه در چاه T5 در عمق ۳۰۰ متری از سطح زمین هدایت الکتریکی به ۳۰۳۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌رسد. وجود چنین محدوده هدایت الکتریکی آن‌هم در سازند سروک که حداکثر هدایت الکتریکی در آن به ۳۹۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر می‌رسد غیرعادی می‌باشد. همچنین تیپ آب در این منابع شور از نوع کلرور-سدیم می‌باشد که متفاوت با سایر منابع (بی‌کربنات-کلسیم) می‌باشد. علاوه بر موارد بالا، در محدوده برم شش‌پیر سنگ‌های آذرین و دگرگونی (سری هرمز) دیده می‌شود که احتمالاً نشان‌دهنده یک گنبد نمکی در این محل می‌باشد که از بین رفته است. در این مطالعه برای بررسی بیشتر این فرضیه (احتمال وجود گنبد نمکی در زیرسطح) از سه روش هیدروشیمی (شامل عناصر اصلی و سنگین)، ایزوتوپی و زمین‌شناسی استفاده شده است. همچنین به بررسی سه عامل محتمل دیگر برای شوری آب که شامل ۱- نفوذ آب از درون برم شش‌پیر به درون آبخوان کارستی سروک، ۲- سازند پابده-گورپی و ۳- سازند کژدمی می‌باشند نیز پرداخته شده است. در انتها، این نتیجه به دست آمد که تنها عاملی

که می‌تواند باعث شوری آب در این گمانه‌ها و چشمه موریکش گردد گنبد نمکی می‌باشد و سایر عوامل نمی‌توانند باعث شوری آب در این حد گردند. همچنین برای بررسی بیشتر این گنبد نمکی، روش‌های ژئوالکتریک و گراویمتری پیشنهاد شده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول: منشا آب‌های شور و مروری بر تحقیقات گذشته.....
۱-۱-۱.....	کیفیت آب زیرزمینی.....
۴-۲-۱.....	سن و زمان اقامت آبهای زیرزمینی.....
۵-۲-۱-۱.....	تقسیم بندی آب‌های زیرزمینی به لحاظ سن.....
۶-۲-۲-۱.....	آب‌های فعال و غیرفعال (مرده) (Dead Water and Active Water).....
۷-۲-۳-۱.....	شیب سنی آب (Age Gradient).....
۷-۲-۴-۱.....	سن جرمی (Age Mass).....
۷-۲-۵-۱.....	اختلاط، پراکندگی، جابه‌جایی سن آب، میانگین سن، و توزیع سن.....
۷-۲-۶-۱.....	پراکندگی و جابه‌جایی سن آب زیرزمینی (Dispersion and Transport of Groundwater Age).....
۸-۲-۷-۱.....	میانگین سن و توزیع سن.....
۸-۲-۸-۱.....	میانگین زمان اقامت آب در قسمت‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی.....
۹-۲-۹-۱.....	ردیاب‌های زمانی آب زیرزمینی.....
۹-۲-۱۰-۱.....	تکنیک‌های تعیین سن آب زیرزمینی.....
۱۰-۳-۱.....	ترکیب شیمیایی آب باران.....
۱۴-۴-۱.....	آب‌های شور.....

- ۱۴-۴-۱- آب‌های مخازن نفتی و شورابه‌ها..... ۱۴
- ۳۲-۴-۲- آب‌های فسیل ..... ۳۲
- ۳۳-۴-۳- چشمه‌های آب‌گرم ..... ۳۳
- ۳۶-۴-۴- گنبد‌های نمکی ..... ۳۶
- ۳۷-۴-۴-۱- منشا گنبد‌های نمکی ..... ۳۷
- ۳۷-۴-۴-۲- گنبد‌های نمکی ایران ..... ۳۷
- ۳۸-۴-۴-۳- آب‌های شور شکل گرفته در اثر انحلال نمک و گنبد‌های نمکی ..... ۳۸
- ۳۹-۴-۴-۴- ترکیب‌های هالیت و دیگر تبخیری‌ها ..... ۳۹
- ۴۰-۴-۴-۵- هیدرووشیمی آب زیرزمینی در ارتباط با گنبد‌های نمکی ..... ۴۰
- ۴۲-۴-۵- آب‌های شور طبیعی ..... ۴۲
- ۴۵-۵-۱- روش‌های شیمیایی تعیین منشا شوری ..... ۴۵
- ۴۵-۵-۱- استفاده از نسبت  $K/Na$  ..... ۴۵
- ۴۵-۵-۲- استفاده از نسبت  $Br/TDS$  ..... ۴۵
- ۴۶-۵-۳- استفاده از مقادیر  $SO_4, Cl, HCO_3, Ca, Mg, Na$  ..... ۴۶
- ۴۶-۵-۴- استفاده از نسبت  $Na/Cl$  ..... ۴۶
- ۴۷-۵-۵- استفاده از نسبت  $K/Cl, Mg/Cl, Ca/Cl, SO_4/Cl$  ..... ۴۷
- ۴۸-۵-۶- استفاده از نسبت  $(Ca+Mg)/SO_4$  ..... ۴۸
- ۴۹-۵-۷- استفاده از نسبت  $SO_4/Cl$  ..... ۴۹
- ۴۹-۵-۸- استفاده از نسبت  $Br/Cl$  ..... ۴۹
- ۵۱-۵-۹- نسبت  $Cl/Br$  ..... ۵۱
- ۵۷-۵-۱۰- ایزوتوپ‌های 180 و D ..... ۵۷
- ۶۳-۶-۱- مروری بر مطالعات گذشته ..... ۶۳
- ۶۳-۶-۱- مطالعات ژئوشیمی صورت گرفته در ارتباط با آب‌های شوری که به طور طبیعی یافت میشوند ..... ۶۳



۱-۶-۲- مطالعات ژئوشیمی صورت گرفته در ارتباط با شوری نشات گرفته از انحلال نمک .....	۶۶
۱-۶-۳- مطالعات ژئوشیمی صورت گرفته در مورد نفوذ آب شور دریا .....	۶۷
۱-۶-۴- مطالعات ژئوشیمی صورت گرفته در ارتباط با شوری منتج از شورابه‌های میدین نفتی و گازی .....	۷۰
<b>فصل دوم: وضعیت جغرافیایی، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی منطقه.....</b>	
۱-۲- موقعیت جغرافیایی، فیزیوگرافیک و آب و هوای منطقه مورد مطالعه.....	۷۳
۱-۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه .....	۷۳
۲-۱-۲- فیزیوگرافی حوضه .....	۷۳
۳-۱-۲- آب و هوای منطقه مورد مطالعه .....	۷۶
۲-۲- زمین‌شناسی عمومی و ساختمانی منطقه.....	۷۷
۱-۲-۲- زمین‌شناسی ساختمانی زاگرس .....	۷۷
۲-۲-۲- چینه‌شناسی زاگرس .....	۷۸
۳-۲-۲- زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه.....	۸۱
۱-۳-۲-۲- ژئومورفولوژی .....	۸۱
۲-۳-۲-۲- زمین‌شناسی ساختمانی .....	۸۵
۳-۳-۲-۲- سازندهای زمین‌شناسی .....	۹۵
<b>فصل سوم: روش مطالعه.....</b>	
۱-۳- روش نمونه‌برداری .....	۱۰۰
۲-۳- اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌ها.....	۱۰۰
۳-۳- نمونه برداری برای آنالیز ایزوتوپی .....	۱۰۳
۴-۳- نمونه‌برداری برای آنالیز عناصر سنگین .....	۱۰۶
۵-۳- نمونه‌برداری از برف .....	۱۰۷

فصل چهارم: بررسی هیدروشیمی منابع آب موجود در منطقه و تعیین منشا شوری	
توسط روش‌های ایزوتوپی، هیدروشیمی و زمین‌شناسی	۱۱۱
۱-۴- منابع آب موجود در منطقه	۱۱۱
۱-۱-۴- گمانه‌ها	۱۱۱
۱-۴-۲- چشمه‌های خروجی از سازند آهکی سروک و پابده-گورپی	۱۲۹
۱-۴-۳- برم شش‌پیر	۱۴۱
۲-۴- هیدروشیمی منابع آب موجود در منطقه	۱۴۵
۳-۴- عناصر سنگین	۱۷۷
۴-۴- مدل حرکت آب زیرزمینی	۱۹۶
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۲۰۵
۱-۵- نتیجه‌گیری	۲۰۵
منابع فارسی	۲۰۹
منابع لاتین	۲۱۰

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان و شماره
۳.....	جدول شماره ۱-۱- غلظت یون‌ها (mmol/l) در آبخوان‌های با پترولوژی متفاوت.....
۸.....	جدول شماره ۱-۲- میانگین زمان اقامت آب زیرزمینی در منابع مختلف.....
۹.....	جدول شماره ۱-۳- فرآیندهای انسانی موثر بر ایزوتوپ‌ها.....
۱۰.....	جدول شماره ۱-۴- تکنیک‌های تعیین سن آب زیرزمینی.....
۱۴.....	جدول شماره ۱-۵- غلظت یون‌های مختلف بر حسب $\mu\text{mol/l}$ در نمونه‌های باران.....
۱۵.....	جدول شماره ۱-۶- ترکیب شیمیایی آب مخازن نفتی.....
۳۵.....	جدول شماره ۱-۷- ترکیب شیمیایی چشمه‌های آب گرم.....
۴۰.....	جدول شماره ۱-۸- ترکیب ژئوشیمیایی گنبد‌های نمکی در تگزاس و لوئیزیانا.....
۴۳.....	جدول شماره ۱-۹- ترکیب هیدروشیمی نمونه آب‌های مربوط به چشمه‌های خروجی از گنبد‌های نمکی.....
	جدول شماره ۱-۱۰- نتایج حاصل از بررسی ژئوشیمی ۲۶ نمونه حاصل از تبخیر نمونه‌های آب.....
۴۴.....	جدول شماره ۲-۱- مساحت کوه‌های منطقه سپیدان.....
۷۶.....	جدول شماره ۴-۱- تقسیم‌بندی منابع آب موجود در منطقه.....
۱۴۷.....	جدول شماره ۴-۲- تقسیم‌بندی سازندهای زاگرس بر اساس تیپ آب چشمه‌های خروجی از آن‌ها.....

- جدول شماره ۳-۴- ژئوشیمی سازند پابده-گورپی..... ۱۶۱
- جدول شماره ۴-۴- کانی‌های رسی موجود در سازند پابده-گورپی و درصد آن‌ها..... ۱۶۲
- جدول شماره ۵-۴- خصوصیات چشمه گوگردی..... ۱۷۶
- جدول شماره ۶-۴- غلظت میانگین عناصر سنگین در منابع مختلف..... ۱۸۷
- جدول شماره ۷-۴- نسبت عناصر فلزی در گمانه‌ها به چشمه‌ها..... ۱۸۷
- جدول شماره ۸-۴- نتایج آنالیز ایزوتوپی و شیمیایی..... ۱۹۰
- جدول شماره ۹-۴- خصوصیات هیدروشیمیایی میانگین چشمه موریکش..... ۱۹۶
- جدول شماره ۱-۵- روش‌ها و نتایج..... ۲۰۸

## فهرست شکل‌ها و تصاویر

صفحه

عنوان

- شکل شماره ۱-۱- توزیع یون کلر در باران در ایالات متحده آمریکا..... ۱۳
- شکل شماره ۲-۱- توزیع یون کلسیم در باران در ایالات متحده آمریکا..... ۱۳
- شکل شماره ۳-۱- خطوط هم‌غلظت مربوط به ماسه‌های پیتز-سیمپیون..... ۱۷
- شکل شماره ۴-۱- نمودار وزن مخصوص آب شور در مقابل غلظت کلسیم، سدیم و منیزیم... ۱۷
- شکل شماره ۵-۱- منحنی تبخیر آب (لیتیم-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۲۱
- شکل شماره ۶-۱- منحنی تبخیر آب (سدیم-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۲۱
- شکل شماره ۷-۱- منحنی تبخیر آب (پتاسیم-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۲۱
- شکل شماره ۸-۱- منحنی تبخیر آب (کلسیم-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۲۲
- شکل شماره ۹-۱- منحنی تبخیر آب (استرانسیم-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۲۲
- شکل شماره ۱۰-۱- منحنی تبخیر آب (منیزیم-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۲۲
- شکل شماره ۱۱-۱- منحنی تبخیر آب (بور-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۳۱
- شکل شماره ۱۲-۱- منحنی تبخیر آب (برم-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۳۲
- شکل شماره ۱۳-۱- منحنی تبخیر آب (ید-کلر) و توزیع شورابه‌های نفتی..... ۳۲
- شکل شماره ۱۴-۱- ارتباط شوری با درجه حرارت..... ۳۵
- شکل شماره ۱۵-۱- نمودار مقادیر کلر در مقابل Br/Cl..... ۴۱
- شکل شماره ۱۶-۱- افزایش غلظت مواد حل شده در آب در طول مسیر حرکت..... ۴۵

- شکل شماره ۱-۱۷- دسته‌بندی آب‌های حوضه‌ای عمیق و شورابه‌های نفتی بر اساس مقادیر TDS و غلظت یون برم..... ۴۶
- شکل شماره ۱-۱۸- نمودار پایپر اصلاح‌شده..... ۴۷
- شکل شماره ۱-۱۹- مقایسه نسبت وزنی Na/Cl و غلظت یون کلر در شورابه‌های نفتی و چشمه‌های شور در کانزاس..... ۴۸
- شکل شماره ۱-۲۰- دسته‌بندی آنالیزهای شورابه‌ها بر اساس نسبت Na/Cl و Br/Cl..... ۴۹
- شکل شماره ۱-۲۱- استفاده از نسبت مولی  $(Ca+Mg)/(SO_4)$  و Na/Cl در تشخیص چشمه‌های شور و شورابه‌های کم‌عمق زیرسطحی..... ۵۰
- شکل شماره ۱-۲۲- منحنی تداخل آب‌های شور و آب‌های شیرین..... ۵۱
- شکل شماره ۱-۲۳- طبقه‌بندی آب‌های شور با منشاهای مختلف با استفاده از پلات کردن مقادیر Cl/Br در مقابل Cl..... ۵۹
- شکل شماره ۲-۱- موقعیت محدوده مطالعاتی..... ۷۴
- شکل شماره ۲-۲- منحنی فراوانی ارتفاع در حوضه مورد مطالعه..... ۷۵
- شکل شماره ۲-۳- نقشه شیب فیزیوگرافیک حوضه..... ۷۵
- شکل شماره ۲-۴- شیب پرتگاه‌های واقع در محل بریدگی تاقدیس بره..... ۸۴
- شکل شماره ۲-۵- ارتفاع ۲۵۰۰ متری سازند پابده-گورپی و حالت گنبدی شکل آن..... ۸۴
- شکل شماره ۲-۶- ساختار شکل‌گرفته در اثر فرسایش تفریقی..... ۸۶
- شکل شماره ۲-۷- مجراهای دایره‌ای شکل در سازند سروک..... ۸۶
- شکل شماره ۲-۸- اختلاف ارتفاع زاگرس چین‌خورده و تراستی..... ۸۸
- شکل شماره ۲-۹- برگشتگی لایه‌ها در یال جنوبی تاقدیس گر..... ۸۸
- شکل شماره ۲-۱۰- آثار خراش برجای مانده در اثر پدیده زمین‌لغزش..... ۹۰
- شکل شماره ۲-۱۱- لایه‌های رسی در لوگ گمانه T6..... ۹۱
- شکل شماره ۲-۱۲- برگشتگی لایه‌ها در روستای ابنو..... ۹۱
- شکل شماره ۲-۱۳- آراگونیت‌های شعاعی در بین قطعات برشی در شرق برم شش‌پیر..... ۹۴

- شکل شماره ۲-۱۴- مقطع تیپ سازند سروک در کوه بنگستان..... ۹۶
- شکل شماره ۲-۱۵- مقطع تیپ سازند پابده-گورپی در کوه پابده..... ۹۷
- شکل شماره ۳-۱- مراحل نمونه برداری از برف..... ۱۰۹
- شکل شماره ۳-۲- نمونه برداری از برف توسط آگر دستی..... ۱۰۹
- شکل شماره ۴-۱- تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در گمانه BH-1..... ۱۱۲
- شکل شماره ۴-۲- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-2..... ۱۱۳
- شکل شماره ۴-۳- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-4..... ۱۱۴
- شکل شماره ۴-۴- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-5/2..... ۱۱۵
- شکل شماره ۴-۵- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-7..... ۱۱۶
- شکل شماره ۴-۶- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-8..... ۱۱۷
- شکل شماره ۴-۷- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-9..... ۱۱۸
- شکل شماره ۴-۸- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-10..... ۱۱۹
- شکل شماره ۴-۹- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-14..... ۱۲۰
- شکل شماره ۴-۱۰- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-15/1..... ۱۲۱
- شکل شماره ۴-۱۱- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-16..... ۱۲۲
- شکل شماره ۴-۱۲- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-T1..... ۱۲۳
- شکل شماره ۴-۱۳- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-T2..... ۱۲۴
- شکل شماره ۴-۱۴- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-T3..... ۱۲۵
- شکل شماره ۴-۱۵- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه BH-T4..... ۱۲۵
- شکل شماره ۴-۱۶- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چاه T5..... ۱۲۷
- شکل شماره ۴-۱۷- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه TL1..... ۱۲۸
- شکل شماره ۴-۱۸- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه TL2..... ۱۲۸
- شکل شماره ۴-۱۹- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در گمانه TL3..... ۱۲۹
- شکل شماره ۴-۲۰- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چشمه شش پیر..... ۱۳۰

- شکل شماره ۴-۲۱- تغییرات غلظت یون کلر و سدیم در سال‌های ۶۹ و ۸۷..... ۱۳۲
- شکل شماره ۴-۲۲- تغییرات غلظت یون‌ها در چشمه موریکش..... ۱۳۳
- شکل شماره ۴-۲۳- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چشمه برغان..... ۱۳۴
- شکل شماره ۴-۲۴- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چشمه گشنگان..... ۱۳۵
- شکل شماره ۴-۲۵- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چشمه ساختگاه..... ۱۳۶
- شکل شماره ۴-۲۶- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چشمه A1..... ۱۳۷
- شکل شماره ۴-۲۷- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چشمه A2..... ۱۳۷
- شکل شماره ۴-۲۸- تغییرات هدایت الکتریکی نسبت به زمان در چشمه شاداب..... ۱۳۸
- شکل شماره ۴-۲۹- نمونه‌ای از سنگ‌های آذرین و دگرگونی در محدوده برم شش‌پیر..... ۱۴۳
- شکل شماره ۴-۳۰- تغییرات هدایت الکتریکی در برم شش‌پیر در طول مدت نمونه‌برداری..... ۱۴۴
- شکل شماره ۴-۳۱- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-1..... ۱۴۸
- شکل شماره ۴-۳۲- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH2..... ۱۴۸
- شکل شماره ۴-۳۳- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-5/2..... ۱۴۹
- شکل شماره ۴-۳۴- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-7..... ۱۴۹
- شکل شماره ۴-۳۵- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-10..... ۱۵۰
- شکل شماره ۴-۳۶- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-14..... ۱۵۰
- شکل شماره ۴-۳۷- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-T1..... ۱۵۱
- شکل شماره ۴-۳۸- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-T2..... ۱۵۱
- شکل شماره ۴-۳۹- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-T3..... ۱۵۲
- شکل شماره ۴-۴۰- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-T5..... ۱۵۲
- شکل شماره ۴-۴۱- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-TL1..... ۱۵۳
- شکل شماره ۴-۴۲- نمودار غلظت یون‌های اصلی در گمانه BH-TL3..... ۱۵۳
- شکل شماره ۴-۴۳- نمودار غلظت یون‌های اصلی در چشمه شش‌پیر..... ۱۵۴
- شکل شماره ۴-۴۴- نمودار غلظت یون‌های اصلی در چشمه برغان..... ۱۵۴