

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۱-۱-۱	مقدمه
۲-۱	موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی به منطقه
۳-۱	آب و هوا و جغرافیایی انسانی
۴-۱	ژئومورفولوژی
۵-۱	پیشینه تحقیق
۶-۱	هدف کلی از مطالعه
۷-۱	روشهای مطالعاتی
۸	فصل دوم: زمین شناسی عمومی منطقه
۱-۲	زمین شناسی ایران
۲-۲	افیولیت های ایران
۱-۲-۲	افیولیت های پرکامبرین
۲-۲-۲	افیولیت های پالئوزویک
۳-۲-۲	افیولیت های مزوزویک
۳-۲	تقسیم بندی ساختاری منطقه مورد مطالعه
۱-۳-۲	آمیزه رنگین
۱۴	پریدوتیت های هارزبورژیتی متامورف شده (تکتونیت ها)
۱۴	پریدوتیت های کومولا (لایه ای)
۱۴	گابروی کومولا (لایه ای)
۱۴	پلاژیوگرانیت ها
۱۵	دایک های صفحه ای
۱۵	گدازه های بالشی
۱۵	سنگ های دگرگونی همراه با افیولیت ملانژ نائین
۱۵	سریانتینیت ها
۱۶	رودنژیت

عنوان	صفحه
لیستونیت ها و بربیریت ها.....	۱۶
اسپیلیت ها.....	۱۷
۲-۳-۲- ولکانیک های ترشیری در بخش غربی منطقه.....	۱۸
۳-۳-۲- رسوبات ترشیری در بخش شرقی منطقه.....	۱۸
۴-۲- زمین ساخت شمال نائین.....	۱۸
فصل سوم: روابط صحرایی و پتروگرافی	
۱-۳- مقدمه.....	۲۲
۲-۳- ویژگی صحرایی واحدهای سنگی مرتبط با رودنژیت ها.....	۲۳
۳-۳- پتروگرافی و کانی شناسی سنگ میزبان رودنژیت ها.....	۲۷
۱-۳-۳- هارزبورژیت.....	۲۷
۲-۳-۳- سرپانتینیت.....	۲۹
۴-۳- پتروگرافی و کانی شناسی سنگ منشأ رودنژیت ها.....	۳۴
۱-۴-۳- پتروگرافی دلریت و میکرو گابروها.....	۳۴
۲-۴-۳- پتروگرافی گابروپگماتوئیدی.....	۳۴
۳-۴-۳- پتروگرافی آمفیبولیت ها.....	۳۵
۵-۳- رودنژیت.....	۳۷
۱-۵-۳- پتروگرافی و کانی شناسی گابروپگماتوئید، میکروگابرو و دلریت رودنژیته شده.....	۳۸
۲-۵-۳- پتروگرافی و کانی شناسی دایک های آمفیبولیتی رودنژیته شده.....	۴۶
۶-۳- مطالعات پراش اشعه X (XRD).....	۴۸
فصل چهارم: شیمی کانی	
۱-۴- مقدمه.....	۵۰
۲-۴- پلاژیوکلاز.....	۵۱
۳-۴- کلینوپیروکسن.....	۵۳
۴-۴- گارنت.....	۵۷
۵-۴- کلریت.....	۵۹
۶-۴- اپیدوت.....	۶۱

عنوان	صفحه
۷-۴- اسفن (تیتانیت).....	۶۲
۸-۴- پرهنیت.....	۶۴
۹-۴- زنولیت.....	۶۴
۱۰-۴- پکتولیت.....	۶۴
فصل پنجم: ژئوشیمی و پتروژنز	
۱-۵- مقدمه.....	۶۹
۲-۵- استفاده از نتایج تجزیه شیمیایی در ژئوشیمیایی رودنژیت ها.....	۷۳
۱-۲-۵- طبقه بندی کاکس و همکاران.....	۷۳
۲-۲-۵- نمودارهای هارکر.....	۷۴
۳-۲-۵- نمودار های مقایسه ای.....	۷۷
۱-۳-۲-۵- نمودار غنی شدگی و تهی شدگی.....	۷۷
۲-۳-۲-۵- نمودار روندتغییرات اکسیدهای اصلی داخل همیافتی سرپانتینیت - رودنژیت.....	۷۷
۴-۲-۵- نمودار ACF.....	۷۹
۳-۵- ژئوشیمی و پتروژنز.....	۸۰
۱-۳-۵- ژئوشیمی عناصر کمیاب.....	۸۰
۲-۳-۵- بهنجار سازی عناصر خاکی کمیاب.....	۸۱
۳-۳-۵- نمودارهای چند عنصری بهنجار شده (نمودارهای عنکبوتی).....	۸۱
فصل ششم: مطالعات سیالات درگیر و ایزوتوپ های پایدار	
۱-۶- مقدمه.....	۸۵
۲-۶- آماده سازی نمونه ها جهت مطالعه سیالات درگیر.....	۸۶
۳-۶- مطالعات پتروگرافی (شکل و انواع) سیالات درگیر.....	۸۷
۴-۶- مطالعه میکرومتری سیالات درگیر.....	۸۹
۱-۴-۶- تعیین دمای همگن شدن.....	۸۹
۲-۴-۶- تعیین شوری.....	۸۹
۳-۶-۴- تعیین چگالی.....	۹۲
۵-۶- منشأ سیال گرمایی.....	۹۳

صفحه	عنوان
۹۴	۶-۶- مطالعات ایزوتوپ های پایدار (H و O).....
۹۸	فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۸	۷-۱- نتیجه گیری.....
۱۰۰	۷-۲- پیشنهادات.....
۱۰۱	منابع و مأخذ:.....

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- نقشه زمین شناسی شمال نائین (اقتباس از داوود زاده، ۱۹۷۲).....	۴
شکل ۲-۱- نقشه راههای دسترسی به منطقه (اقتباس از اطلس گیاشناسی، ۱۳۸۴).....	۵
شکل ۱-۲- واحد های رسوبی - ساختمانی ایران (نبوی، ۱۳۵۵).....	۹
شکل ۲-۲- موقعیت افیولیت نائین در نقشه پراکندگی افیولیت های ایران (حسنی پاک وقاضی، ۱۹۹۹).....	۱۲
شکل ۳-۲- موقعیت افیولیت ملانژ نائین در کنار سایر افیولیت های موجود در امتداد زمین درز تتیسی آسیا و خاورمیانه. بخش های تیره بیانگر آمیزه های رنگین و افیولیت ها می باشد (کلمن، ۱۹۸۱).....	۱۳
شکل ۴-۲- تصویر ماهواره ای ETM ⁺ تهیه شده از منطقه مورد مطالعه.....	۲۰
شکل ۵-۲- دورنمایی از کوه زرد.....	۲۰
شکل ۶-۲- نقشه تکتونیکی شمال نائین (داوود زاده، ۱۹۷۲).....	۲۱
شکل ۱-۳- رخنمون سرپانتینیت های منطقه.....	۲۴
شکل ۲-۳- دایک رودنژیتهی بودین شده.....	۲۴
شکل ۴-۳- مرز تدریجی بین قسمت رودنژیتهی شده و قسمت نادگرسان دایک.....	۲۵
شکل ۵-۳- نمایی از رگچه زنونلیتهی در رودنژیته میزبان.....	۲۵
شکل ۶-۳- آمفیبولیت اپیدوتیتی شده.....	۲۶
شکل ۷-۳- آمفیبولیت با برگوارگی و خط وارگی.....	۲۶
شکل ۸-۳- نیمرخ صحرایی مفهومی از انواع رخداد رودنژیته در جنوب کوه زرد.....	۲۷
شکل ۹-۳- تنوع بافت های میکروسکوپی در هارزبورژیت ها: (A) بافت غربالی (XPL)، (B) بافت پرفیروبلاستیک (XPL)، (C) ارتوپیروکسن ها با حاشیه خلیجی که الیوین ها درون ارتوپیروکسن بافت پوئی کلیتیک را نشان می دهند (XPL)، (D) کرومیت های آمیبی در اطراف پیروکسن (XPL).....	۲۹
شکل ۱۰-۳- سرپانتین با بافت مشبک (XPL).....	۳۲
شکل ۱۱-۳- (A) کروم اسپینل با بافت کششی - جدایشی (pull-apart) که تحت تاثیر مگنیتیتهی شدن قرار گرفته است (XPL)، (B) همان تصویر در (XPL)، (C) مگنیتیت های پراکنده که به مرور به هم متصل وبه صورت رگه ای در حاشیه بافت مشبک مشاهده می شوند (PPL)، (D) همان تصویر در (XPL)، (E) کلریت رگه ای و زنونلیته در سرپانتینیت ها (XPL)، (F) ترمولیت - اکتینولیت با بافت سوزنی (XPL).....	۳۳
شکل ۱۲-۳- بافت اینترسرتال در دلریت، پلاژیوکلازهای سوسوریتی و پرهنیتهی شده و پیروکسن های بی شکل اورالینیزیته شده (XPL).....	۳۴

- شکل ۳-۱۳- بافت ساب افیتیک در میکروگابرو (XPL)..... ۳۵
- شکل ۳-۱۴- A) آمفیبول های نیمه شکل دار تا ستونی که اسفن گوه ای شکل و دانه پراکنده اند (B.XPL) همان تصویر در (PPL). C) آمفیبول های تقریباً شش گوش با رخ های دو جهتی و اپیدوت حاصل دگرسانی آمفیبول ها (XPL). E) همان تصویر در (PPL)..... ۳۶
- شکل ۳-۱۵- A) مراحل اولیه رودنژیته شدن که بافت اولیه سنگ حفظ شده و پلاژیوکلازها به پرهنیت تبدیل شده اند (B.XPL) پرهنیت به صورت بادبزنی (C.XPL) پراکندگی هیدروگروسولار ایزوتروپ و پیروکسن ها که از سنگ اولیه باقی مانده اند (D.XPL) هیدروگروسولار انیزوتروپ به همراه زئولیت در (XPL). E) همان تصویر در (PPL). F) تبدیل مستقیم پلاژیوکلاز به هیدروگروسولار بدون کانی حدواسط (XPL)..... ۴۰
- شکل ۳-۱۶- A) تبدیل پیروکسن به کلریت با رنگ اینترفرانس آبی - خاکستری (XPI). B) ترمولیت - اکتینولیت حاصل از آلتراسیون پیروکسن (C.XPI) همان تصویر در (PPI). C) تبدیل ترمولیت - اکتینولیت به کلریت (XPI). E) یک پیروکسن و توسعه بافت جدایشی کششی در آن (XPI). F) دیوپسیدهای ثانویه و نوظهور به صورت پراکنده در متن سنگ (XPI)..... ۴۲
- شکل ۳-۱۷- A) اسفن با بافت حلقوی اطراف پیروکسنی که به هیدروگروسولار تبدیل شده است (XPI). B) همان تصویر در (PPI). C) تشکیل کانی کلسیت به طور مستقل در کنار کانی زئولیت (XPI)..... ۴۳
- شکل ۳-۱۸- A) زئولیت به صورت جانیشینی که پلاژیوکلاز از حاشیه شروع به زئولیتی شدن کرده است (XPL). B) زئولیت به صورت رگه ای سنگ رودنژیت را قطع کرده است (XPL) C) رگه پکتولیت (XPL)..... ۴۵
- شکل ۳-۱۹- A) آمفیبول اپیدوتی شده و پلاژیوکلاز پرهنیتی شده در مراحل اولیه رودنژیته شدن آمفیبولیت ها (XPL). B) پلاژیوکلاز پرهنیتی شده به صورت روزنه ای بین آمفیبول ها (XPL). C) اسفن و زئولیت به حالت پیچ و تاب خورده در آمفیبولیت های به شدت رودنژیته شده (XPL)..... ۴۷
- شکل ۳-۲۰- نمودار آنالیز XRD رودنژیت های منطقه..... ۴۹
- شکل ۴-۱- موقعیت ترکیبی پلاژیوکلازهای سنگ منشأ رودنژیت ها (نمودار برگرفته از دیر و همکاران، ۱۹۹۲). ۵۱
- شکل ۴-۲- موقعیت ترکیبی کلینوپیروکسن های موجود در رودنژیت ها در نمودار J - Q (نمودار برگرفته از موریموتو، ۱۹۸۹)..... ۵۵
- شکل ۴-۳- موقعیت ترکیبی کلینوپیروکسن های موجود در رودنژیت ها در نمودار Ae - Jd - Q (نمودار برگرفته از موریموتو، ۱۹۸۹)..... ۵۵
- شکل ۴-۴- موقعیت ترکیبی پیروکسن های موجود در رودنژیت ها در مثلث Wo - En - Fs (نمودار برگرفته از موریموتو، ۱۹۸۹)..... ۵۶

- شکل ۴-۵- نمودار تعیین آذرین یا دگرگون بودن کلینوپیروکسن های رودنژیت ها (برگر و همکاران، ۲۰۰۵)..... ۵۶
- شکل ۴-۶- موقعیت گارنت های موجود در رودنژیت ها در نمودار سه تایی..... ۵۷
- شکل ۴-۷- نمودار ترکیب کلریت های موجود در رودنژیت های منطقه (نمودار برگرفته از هی، ۱۹۵۴)..... ۶۱
- شکل ۴-۸- تصاویر میکروسکوپ الکترونی (BSE) از کانی های موجود در رودنژیت ها..... ۶۸
- شکل ۵-۱- رده بندی شیمیایی و نامگذاری سنگ منشأ رودنژیت ها (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹)..... ۷۳
- شکل ۵-۲- نمودار های تغییرات اکسیدهای اصلی در برابر سیلیس (نمودار های هارکر)..... ۷۵
- شکل ۵-۳- نمودار های تغییرات اکسیدهای اصلی در برابر سیلیس (نمودار های هارکر)..... ۷۶
- شکل ۵-۴- نمودار غنی شدگی و تهی شدگی رودنژیت ها..... ۷۷
- شکل ۵-۵- نمودار مقایسه تغییرات ترکیب شیمیایی، در همیافتی سرپانتینیت - رودنژیت..... ۷۸
- شکل ۵-۶- دیاگرام ACF به منظور مقایسه ترکیب شیمیایی رودنژیت های منطقه مورد مطالعه با میدان رودنژیت های کلمن (کلمن، ۱۹۷۷)..... ۷۹
- ۵-۷- الگوی نرمالیزه شده عناصر کمیاب خاکی نسبت به کندریت (نمودار برگرفته از سان و مکدوناف، ۱۹۸۹)..... ۸۳
- شکل ۵-۸- الگوی نرمالیزه شده عناصر کمیاب نسبت به گوشته اولیه (نمودار برگرفته سان و مکدوناف، ۱۹۸۹)..... ۸۳
- شکل ۵-۹- نمودار Nb/Th-Y (نمودار برگرفته از ژنر و همکاران، ۱۹۹۱)..... ۸۴
- شکل ۶-۱-۱ (A) سیال درگیر اولیه بیضوی شکل دوفازی. (B) سیال درگیر بی شکل دوفازی غنی از مایع و تک فازی (فقط مایع). (C) سیال درگیر دوفازی غنی از مایع..... ۸۸
- شکل ۶-۲- هیستوگرام دمای همگن شدن در مقابل فراوانی سیالات..... ۹۰
- شکل ۶-۳- کاهش نقطه انجماد آب خالص در اثر تغییرات مقدار درصد نمک در محلول..... ۹۰
- شکل ۶-۴- هیستوگرام درصد شوری در مقابل فراوانی..... ۹۱
- شکل ۶-۵- نمودار دما - شوری تعیین کننده چگالی سیالات (ویلکینسون، ۲۰۰۱)..... ۹۲
- شکل ۶-۶- نمودار تعیین فشار بخار آب بر اساس دمای همگن شدن و میزان شوری (کونینگهام، ۱۹۷۸)..... ۹۲
- شکل ۶-۷- نمودار تعیین فشار بخار آب بر اساس دمای همگن شدن و چگالی..... ۹۳
- شکل ۶-۸- تعیین منشأ سیال با استفاده از میزان شوری نسبت به دمای همگن شدن (کسلر، ۲۰۰۵)..... ۹۴
- شکل ۶-۸- نمودار δD در مقابل $\delta^{18}O$ برای انواع آبهای مختلف و موقعیت قرارگیری نمونه های رودنژیتی منطقه نائین..... ۹۷

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- علائم اختصاری به کار رفته جهت نامگذاری کانی ها در تصاویر میکروسکوپی (ویتنی و ایوانز، ۲۰۱۰).....	۲۳
جدول ۴-۱- نتایج آنالیز EDS و فرمول ساختاری پلاژیوکلازهای سنگ منشأ رودنژیت ها.....	۵۲
جدول ۴-۲- نتایج آنالیز میکروپروپ (کلینوپیروکسن های ثانویه) و EDS (کلینوپیروکسن های اولیه) و محاسبه فرمول ساختاری آن ها.....	۵۴
جدول ۴-۳- نتایج آنالیز میکروپروپ و محاسبه فرمول ساختاری گارنت ها.....	۵۸
جدول ۴-۴- نتایج آنالیز میکروپروپ و محاسبه فرمول ساختاری کلریت.....	۶۰
جدول ۴-۵- نتایج آنالیز EDS و محاسبه فرمول ساختاری اپیدوت.....	۶۳
جدول ۴-۶- نتایج آنالیز میکروپروپ و محاسبه فرمول ساختاری اسفن.....	۶۵
جدول ۴-۷- نتایج آنالیز EDS و محاسبه فرمول ساختاری کانی پرهنیت.....	۶۵
جدول ۴-۸- نتایج آنالیز میکروپروپ و محاسبه فرمول ساختاری زنونلیت.....	۶۶
جدول ۴-۹- نتایج آنالیز میکروپروپ و محاسبه فرمول ساختاری پکتولیت.....	۶۷
جدول ۵-۱- نتایج آنالیز شیمیایی (ICP-MS) رودنژیت های افیولیت نائین.....	۷۰
جدول ۵-۲- نتایج آنالیز شیمیایی (XRF) رودنژیت های افیولیت نائین.....	۷۱
جدول ۵-۳- نتایج تجزیه شیمیایی سنگ های همراه با رودنژیت های افیولیت نائین.....	۷۲
جدول ۵-۴- نتایج تجزیه شیمیایی رودنژیت ها و سنگ های همراه با آن.....	۷۸
جدول ۶-۱- تقسیم بندی سیالات براساس فاز مشاهده شده در دمای اتاق (شفرد و همکاران، ۱۹۸۵).....	۸۸
جدول ۶-۲- داده های دماسنجی و نوع سیالات درگیر رودنژیت های افیولیت نائین.....	۹۱
جدول ۶-۳- نتایج آنالیز ایزوتوپی اکسیژن و هیدروژن رودنژیت های منطقه مورد مطالعه.....	۹۵

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه

واژه رودنژیت برای اولین بار توسط مارشال^۱ (۱۹۱۱) برای توصیف سنگ های دایکی که در نزدیکی رودخانه رودنژ در نیوزلند قرار دارد به کار رفته است. این سنگ ها دارای گروسولار، دیلاژ و پرهنیت بوده اند. زمین شناسانی چون دالپیاژ^۲ (۱۹۶۷)، ویگنات^۳، بارنز^۴ و همکاران (۱۹۷۳)، کلمن^۵ (۱۹۷۷)، ونر^۶ (۱۹۷۹) و باتز و جکسون^۷ (۱۹۸۰) بر روی این سنگ ها مطالعاتی انجام داده اند و از واژه هایی چون گابروی گارنتی شده^۸، گارنت وزویان فلس^۹ و گابروی اسکارنی برای نامگذاری این سنگ ها استفاده کرده اند (کلمن، ۱۹۷۷).

¹⁻ Marshal

²⁻ Dalpiaz

³⁻ Vuagnat

⁴⁻ Barnes

⁵⁻ Coleman

⁶⁻ Wenner

⁷⁻ Battes & Jackson

⁸⁻ Garnetized Gabbro

⁹⁻ Garnet Vesuvian Fles

رودنژیت سنگی است حاصل دگرسانی پیشرفته دایک های بازیک که به صورت عدسی و لایه های غیر ممتد در داخل سنگ های اولترا بازیک قرار گرفته اند. سرپانتینی شدن توده های اولترابازیک که با آزاد شدن Ca^{+2} از شبکه کانی های آن همراه است چون عنصر Ca^{+2} نمی تواند وارد شبکه ساختاری سرپانتین شود لذا در سیال حاصل از سرپانتینی شدن متمرکز شده و در صورت پایین ماندن CO_2 و فراهم شدن شرایط مساعد این عنصر همراه سیالات به دایک های دیابازی هجوم آورده و آنها را دگرسان می کند (مصلحی، ۱۳۸۳).

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی به منطقه

سکناس افیولیتی شمال نائین با وسعتی حدود ۵۰۰ کیلومتر مربع بخشی از منطقه شمال نائین به وسعت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع می باشد که در شمال نائین - اردستان و نائین - انارک واقع شده است و تا روستای سهیل پاکوه ادامه دارد. سکناس افیولیتی مذکور بین طول های جغرافیایی $۵۳^{\circ}:۰۰'$ تا $۵۳^{\circ}:۱۰'$ شرقی و عرض جغرافیایی $۳۲^{\circ}:۵۲'$ تا $۳۳^{\circ}:۱۰'$ شمالی واقع شده است (شکل ۱-۱).

شهر نائین از سمت شمال شرق به انارک، شمال غرب به اردستان و از جنوب غرب به اصفهان و از جنوب شرق به یزد منتهی می شود. در ابتدای بزرگراه نائین به سمت اردستان، جاده فرعی به سمت شمال نائین جدا می شود که تنها راه ارتباطی به منطقه مورد مطالعه است که تا روستای سهیل و پاکوه ادامه دارد (شکل ۱-۲).

۳-۱- آب و هوا و جغرافیایی انسانی

به طور کلی دو نوع آب و هوای مختلف در منطقه نائین وجود دارد.

۱- آب و هوای گرم و خشک در ناحیه خور و بیابانک در مجاورت کویر.

۲- آب و هوای معتدل کوهستانی در جنوب غربی شهرستان نائین.

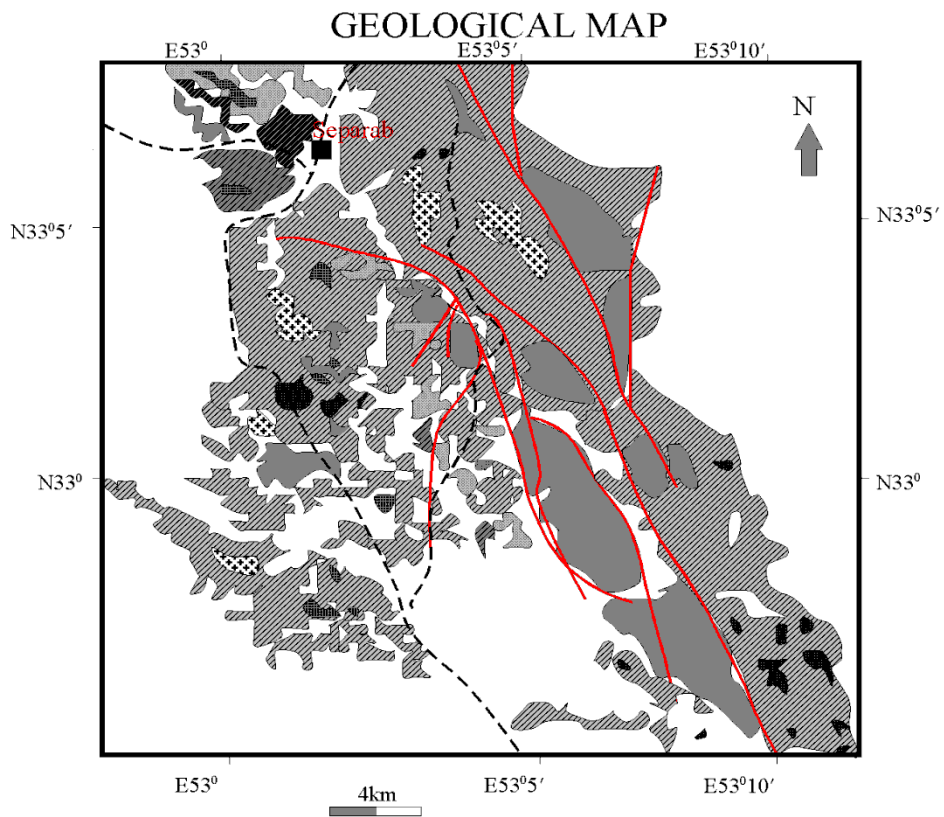
اختلاف دمای سردترین و گرمترین ماه سال بین دو نقطه آب و هوایی تقریباً ۳۰ درجه سانتیگراد است بارش باران در این شهر بسیار کم است و بالاترین بارندگی $۲۶/۵$ میلیمتر گزارش شده است. هیچ گونه رودخانه دائمی در منطقه وجود ندارد. پوشش گیاهی منطقه را گیاهان اسفند، تاق، گز، به به شور، اشنان، پرشن، کرخ و گندبو تشکیل داده است. صنایع شهر نائین را قالی بافی، گلیم بافی، عبا بافی، سفال پزی و آجرپزی تشکیل داده است. صنایع جدید شامل تولید سیمان سفید تولید قطعات یدکی خودرو و سرامیک سازی و صنعت مرغداری است که به طور گسترده رواج دارد. مهم ترین فرآورده کشاورزی منطقه گندم، جو، پنبه، حبوبات، زعفران، دانه های روغنی و پسته می باشد (علایی مهابادی و فؤدازی، ۱۳۸۳).

منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای تقریباً کویری است. قسمت شرقی منطقه به کویر انارک و شمال منطقه به کویر اردستان متصل است. جمعیت منطقه بسیار کم است و به طور عمده در روستاهای شمال منطقه، سهیل پاکوه و سپرو متمرکز شده اند.

۱-۴- ژئومورفولوژی

ارتفاعات منطقه با روند شمال - شمال غرب اکثراً در بخش افیولیتی واقع شده اند و عمدتاً از جنس پریدوتیت می باشند در حواشی بخش های مرتفع، نواحی با ارتفاع کم و منفرد که به وسیله آبراهه های متعدد قطع شده اند نیز قرار دارد. در قسمت های غرب و مرکز زون افیولیتی برجستگی کمتر شده و شامل تپه ماهورهای کم ارتفاع، از جنس سرپانتینیت همراه با لیستونیت و رودنژیت می گردد. در بخش های جنوبی منطقه تمام واحد های افیولیتی به زیر آبرفت رفته و دشت وسیعی موسوم به دشت خیرآباد تشکیل داده است. سنگ آهک ها در شمال غرب، رشته کوه زرد را تشکیل داده اند و از ارتفاعات مهم منطقه می باشند و در شمالی ترین بخش منطقه سنگ های آذرین درونی سهیل پاکوه قرار دارد که تا گلشکنان با مورفولوژی نسبتاً مرتفع امتداد می یابند.

به طور کلی در سرتاسر منطقه توده های سنگی به رنگ تیره نشان دهنده ی پریدوتیت، رنگ خاکستری مربوط به گابروها رنگ قرمز و سبز معرف رادیولاریت و سنگ های آذرین بیرونی و رنگ سفید تا خاکستری مبین سنگ های پلوتونیک و حدواسط می باشند. رودنژیت ها عمدتاً به رنگ سفید بوده و ماحصل دگرسانی دایک های بازیک نافذ در پریدوتیت های سرپانتینی شده می باشند و رنگ قهوه ای روشن مبین آهک های کرتاسه است. لیستونیت به رنگ قهوه ای تا نارنجی به صورت پراکنده در مجاورت پریدوتیت سرپانتینیزه قرار گرفته است (سعیدی، ۱۳۸۶).



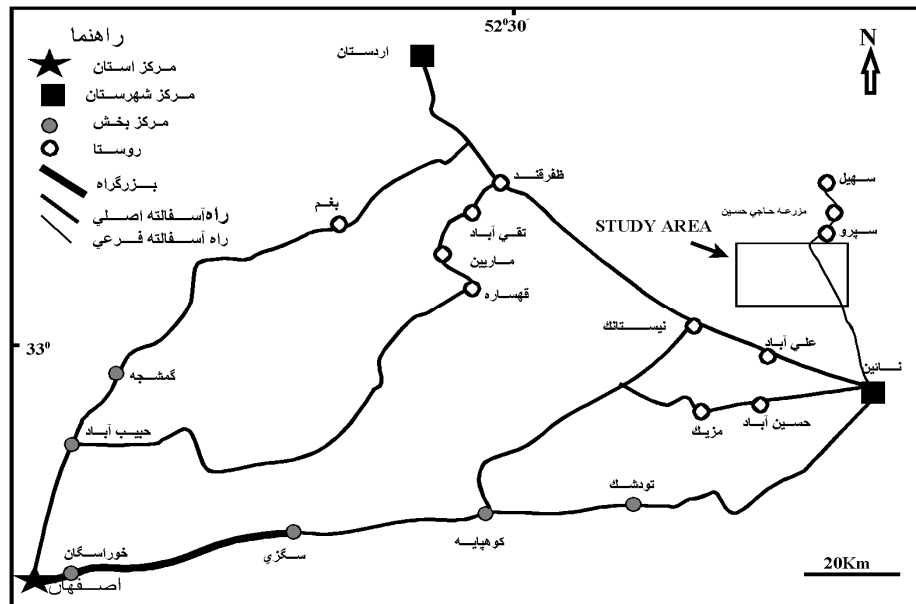
LEGEND

OLIGOCENE			Diorite
UPPER CRETACEOUS TO LOWER EOCENE			Peridotites, serpentines, pyroxenites, and basic dikes
			Harzburgite, partly serpentinized
			Diabase
	LOWER EOCENE TO MID. PALEOCENE		Nummulites and Alveolia horizons limestone, breccia
		Radiolarite	
MASTERICHIAN TO CONIACIAN		Limestone, pink, whit thin chert layers	

Second class road

Fault

شکل ۱-۱- نقشه زمین شناسی شمال نائین (اقتباس از داوودزاده، ۱۹۷۲).



شکل ۱-۲- نقشه راههای دسترسی به منطقه (اقتباس از اطلس گیئاشناسی، ۱۳۸۴).

۵-۱- پیشینه تحقیق

اولین کارهای زمین شناسی در ایران مرکزی که شامل ناحیه انارک و نائین نیز می باشد توسط اشتال^۱ (۱۸۹۷) انجام شد که نتیجه آن تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۶۰۰۰۰۰ است. وی کمر بند سنگ های گرانیتی و مجموعه سنگ های دگرگونی را در محدوده جنوب شرق نطنز، ناحیه کوهپایه، نائین و انارک تشخیص داد. دیباخ^۲ و همکاران (۱۹۲۹) ایران مرکزی را به عنوان توده میانی معرفی نمودند سپس گریگوری^۳ (۱۹۲۹)، بایر^۴ (۱۹۳۸) و شرودر^۵ (۱۹۴۴) نیز مطالعاتی را روی سنگ های دگرگونی ایران مرکزی انجام دادند. بر طبق مشاهدات بایر (۱۹۳۸) سنگ های دگرگونی به سن مزوزئیک در مناطق زیادی از ایران مرکزی یافت شده اند که نشان می دهد ایران مرکزی برخلاف اظهارات دیباخ و همکاران (۱۹۲۹) توده میانی نیست. اولین مطالعات سیستماتیک درباره ایران مرکزی توسط شرکت ملی نفت ایران در سال ۱۹۵۰ انجام گرفت که نتیجه ی این مطالعات توسط هوبر^۶ (۱۹۵۳) در یک گزارش چاپ نشده درباره منطقه کاشان - اصفهان - نائین نوشته شد این گزارش درباره ی سازندهای رسوبی منطقه شمال نائین نیز بحث کرده است. همچنین یک نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ و یک نقشه جزئی تر به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه

¹⁻ Stahl

²⁻ De Bockh

³⁻ Gregory

⁴⁻ Baier

⁵⁻ Schroder

⁶⁻ Huber

گردید. گانسر^۱ (۱۹۵۵) با تهیه نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ توصیف مفصل تری از چینه شناسی و زمین ساخت ایران مرکزی را ارائه داد و برای اولین بار آمیزه رنگین را توصیف نمود (داوود زاده، ۱۹۷۲).

مفصل ترین مطالعه سیستماتیک و علمی بر روی افیولیت نائین توسط داوود زاده (۱۹۷۲) صورت پذیرفت که حاصل آن پایان نامه دکترای ایشان بود و نتیجه آن به صورت گزارش شماره ۱۴ سازمان زمین شناسی ایران به همراه نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شمال نائین منتشر شد. دومین مطالعات جامعی که بر روی افیولیت شمال نائین و افیولیت عشین انجام گرفت توسط زمین شناسان شوروی سابق با راهنمایی هوشمندزاده و نبوی از سازمان زمین شناسی ایران بود که آن را می توان مکمل گزارش داوودزاده در نظر گرفت و حاصل آن نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ عشین بود که در آن افیولیت عشین (غرب انارک) و افیولیت شمال نائین نشان داده شده است. کارشناسان ایرانی ذوب آهن اصفهان نیز به همراه روس ها تحقیقاتی را روی معادن آهن - منگنز و کرومیت منطقه انجام دادند که در آرشيو صنایع و معادن موجود است.

فلاحتی (۱۳۸۶) با بررسی کانی شناسی و سنگ شناسی رودنژیت های افیولیت نائین سنگ منشأ رودنژیت ها را گابرو پگماتوئیدی، میکروگابرو، دلریت و به میزان کمتر آمفیبولیت تشخیص داده است و همچنین با مطالعات عناصر کمیاب و REE ها ماگمای تشکیل دهنده سنگ مادر رودنژیت ها را از نوع ماگما جزایر قوسی و عمق تشکیل این ماگما را کم عمق گزارش کرده است. جزئیات پترولوژیکی و ژئوشیمیایی واحد های مختلف افیولیت ملانژ شمال نائین توسط جباری (۱۳۷۶)، منوچهری (۱۳۷۶)، نقره ئیان و همکاران (۱۳۷۷)، اکبری (۱۳۷۸)، ترابی و همکاران (۱۳۷۸)، قهرائی پور (۱۳۸۰)، رحمانی (۱۳۸۴)، رضائی (۱۳۸۵) و... مطالعه شده است که نتایج کار آن ها به صورت پایان نامه کارشناسی ارشد ویا مقاله موجود است.

۱-۶- هدف کلی از مطالعه

- ۱- شناخت شرایط حاکم بر تشکیل رودنژیت های بخش جنوبی کوه زرد.
- ۲- شناخت شرایط رخداد کانی سازی.
- ۳- مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمی رودنژیت های جنوب کوه زرد
- ۴- تعیین منشأ سیالات هیدروترمال با استفاده از داده های ایزوتوپ های پایدار (D و O).
- ۵- شناخت خاستگاه کانی ها با استفاده از داده های ژئوترموبارومتر سیالات درگیر.

^۱- Gansser

۱-۷- روشهای مطالعاتی

مطالعات کتابخانه ای شامل گردآوری کتب، پایان نامه ها و مقالات مرتبط با موضوع مورد بررسی در تمام مدت انجام پروژه صورت گرفت.

با چند مرحله عملیات صحرائی تعداد ۴۵ مقطع نازک جهت مطالعات پتروگرافی با استفاده از میکروسکوپ Olympus-BH₂ در آزمایشگاه گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان صورت گرفت. جهت تأیید مطالعات پتروگرافی انجام آنالیز XRD توسط دستگاه advance, Bruker, XRD D8 در آزمایشگاه مرکزی اصفهان صورت گرفت. تعدادی مقطع نازک صیقلی جهت آنالیز میکروپروپ در مرکز تحقیقات و فناوری مواد معدنی ایران با دستگاه EPMA مدل SX100 مجهز به سیستم EDS ساخت فرانسه مورد آنالیز قرار گرفت. به منظور بررسی های ژئوشیمیایی سنگ ها و تشخیص مقادیر عناصر اصلی و فرعی موجود در آن ها تعداد ۳ نمونه به روش ICP-MS در شرکت GSG کانادا تحت استاندارد (ICP-95A + IMS95A) مورد آنالیز قرار گرفتند. به جهت تفسیر بهتر شیمی سنگ کل و شیمی کانی از آنالیز های XRF, ICP-MS و EDS فلاحتی (۱۳۸۶) استفاده گردیده است. همچنین جهت مطالعه ایزوتوپ های پایدار H و O سنگ کل، پنج نمونه سنگ در مرکز تحقیقاتی ESIC آلمان به روش کلینتون و میدا^۱ (۱۹۶۳) محاسبه شدند.

به منظور مطالعه سیالات درگیر از سنگ های منطقه مقاطع دوبر صیقل با ضخامت کمتر از ۱ میلی متر تهیه و در آزمایشگاه سیالات درگیر دانشگاه اصفهان توسط دستگاه Linkamo مدل THM600 با کنترل کننده حرارتی TMS9-1 سرد کننده LNP که بر روی میکروسکوپ Olympus نصب شده مطالعه شدند. تهیه تصویر ماهواره ای از منطقه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات ماهواره ای مرکز سنجش از راه دور ایران و به کمک نرم افزار ERMapper انجام گرفت.

در تفسیر آنالیز شیمیایی از نرم افزار های PR20, Corle presentation, Exel, Minpet, Newpet استفاده شده است.

¹-Clayton & Mayeda

فصل دوم: زمین شناسی عمومی منطقه

۲-۱- زمین شناسی ایران

ایران یک بلوک خرد شده در نوار کوهزایی آلپ - هیمالیا است که بین صفحه عربی در جنوب غرب، و اورازی در شمال قرار گرفته است. حدود برخورد عبارتند از گسل های بزرگ زاگرس با جهت شمال غرب - جنوب شرق، و البرز با جهت تقریبی شرق - غرب.

گسل های راستگرد نایبند و نهبندان، بلوک لوت و مکران را از ایران مرکزی و افغانستان جدا کرده اند. در مکران یک زون فرورانش جوان (نئوژن - کواترنر) بین پوسته اقیانوسی هند و پوسته قاره ای مکران در جریان است. یک کمربند افیولیتی بطول ۳۰۰۰ کیلومتر از قبرس، جنوب ترکیه و زاگرس گذشته، در شمال بندرعباس به دو شاخه تقسیم می شود، یک شاخه از مکران عبور کرده وارد پاکستان می شود و شاخه دیگر آن به طرف جنوب منحرف شده وارد عمان می گردد.

مجموعه های افیولیتی دیگری در شمال ایران مرکزی بین ایران و بلوک توران (اورازی) و اطراف خرده قاره ایران مرکزی (افیولیت های حلقوی) وجود دارند. بلوک ایران مانند بلوک آناتولی، تحت فشار اورازی و عربستان قرار گرفته و در نتیجه این فشار، بلوک آناتولی به طرف غرب و بلوک ایران به طرف شرق جابجا می شود. روراندگی های فراوان در قفقاز و گسل های کشویی راستگرد زاگرس و شمال آناتولی و نیز گسل های چپگرد البرز و جنوب آناتولی نشان دهنده این حرکت هستند (معین وزیری، ۱۳۷۵).

در تقسیم بندی زمین شناسی ایران منطقه مورد مطالعه جزئی از ایران مرکزی می باشد. تقسیمات ساختاری ایران در شکل (۱-۲) آورده شده است.



شکل ۱-۲- واحدهای رسوبی - ساختمانی ایران (نبوی، ۱۳۵۵).

۲-۲- افیولیت های ایران

در زمین شناسی ایران، افیولیت به مجموعه ای از سنگ های مافیک و الترامافیک گفته می شود که ممکن است منظم و لایه لایه باشند و یا در اثر تنش های زمین ساختی با یکدیگر مخلوط شده باشند (علوی تهرانی، ۱۳۵۸). تشکیل افیولیت ها در طی دو مرحله رخ می دهد: ۱- شکافته شدن نسبتاً سریع قشر خارجی زمین تا استنوسفر بر اثر نیروی کششی، و خروج ماگمایی بازالتی از طریق آن. ۲- بر اثر نیروی فشاری شکاف اقیانوسی بسته شده و یک صفحه به زیر صفحه دیگر فروانش می کند و صفحه دیگر رورانگی پیدا می نماید (خسروتهرانی، ۱۳۸۴).

افیولیت های ایران بخشی از یک کمربند افیولیتی است که از کوههای آلپ در اروپا شروع و پس از گذشتن از ترکیه به ایران، عمان و پاکستان می رسد. افیولیت های ایران بقایایی از اقیانوسهای پالئوتتیس (البرزکنونی)، نئوتتیس (زاگرس) و همچنین اقیانوس های باریکی است که بین بلوک های بهم پیوسته ایران مرکزی واقع بوده اند و در طی فازهای کوهزایی آلپی بسته شده اند و آثاری از آن ها در امتداد شکستگی ها و گسل های عمیق بین این بلوک ها بر جای مانده است.

به طور کلی از نظر سنی، افیولیت های ایران را می توان به سه گروه پرکامبرین، پالئوزویک و مزوزویک تقسیم کرد (لانش^۱ و داوودزاده، ۱۹۸۲).

۲-۲-۱- افیولیت های پرکامبرین

در ناحیه تکاب مجموعه سنگ های منسوب به پرکامبرین، در بیشتر جاها از آمفیبولیت، شیست، گنیس، مرمر همراه با بخش های افیولیتی متشکل از سرپانتینیت، پیروکسنیت، تالک شیست، سرپانتین شیست، آمفیبول شیست و توده های کوچک گابرو تا گرانیت است. به گونه ای که یک مجموعه آذرین - رسوبی دگرگونی با طیف سنگ شناسی گسترده از سنگ های الترابازیک تا گرانیت را به وجود آورده اند (خسروتهرانی، ۱۳۸۴).

گسترش وسیع آمفیبولیت، مرمر، همراه با توده های گابرو، دیوریت، گرانودیوریت، گرانیت و مجموعه های کوچک سنگ های اولترابازیک همراه با کانی سازی سولفید های چند فلزی، چه به صورت پراکنده و چه به صورت لایه ای و به احتمال سولفید توده ای و وجود ذخایر متعدد تالک در منطقه ای وسیع، بر این مطلب اشاره دارد که مجموعه ی دگرگونی پرکامبرین منطقه تکاب، در حقیقت یک مجموعه آذرین - رسوبی با یک طیف وسیع ماگماتیسیم افیولیتی تا گرانیتی است. در ناحیه ساغند، مجموعه ی چاپدونی - پشت بادام در اصل از گری وک، سنگ های آذرین حدواسط کلسیمی - قلیایی، سنگ های آذرآواری و به ندرت کربنات تشکیل شده اند که به آمفیبولیت، گنیس، شیست، میگماتیت و آناتکتیت تبدیل شده اند. این سنگ ها نشان دهنده ی یک آمیزه ی زمین ساختی از سنگ های دگرگونی پرکامبرین هستند که همراه با پیروکسنیت و سنگ های پیروکسن - الیوین دار به سرپانتینیت تبدیل شده اند. همراه بودن مجموعه ی متاگری وک، متادیوریت، آمفیبولیت، پیروکسنیت، سرپانتینیت و سنگ های نفوذی کلسیمی - قلیایی ممکن است دلیل بر تکامل این سنگ ها در یک منطقه فروانش باشد. ممکن است پیروکسنیت و سرپانتینیت نیز باقی مانده پوسته اقیانوسی

^۱Lensch

پرکامبرین بوده که بین گسل های چاپدونی و پشت بادام گرفتار شده و بالا آمده است (بربریان^۱، ۱۹۸۳). در نواحی انارک - جندق بخش بزرگی از سنگ ها منسوب به پرکامبرین انواع سنگ های افیولیتی است. در این ناحیه سنگ های افیولیتی و همراهان رسوبی آنها با ۷۰۰۰ متر ضخامت در زیر سنگ های کامبرین زیرین قرار دارند. سنگ های الترابازیکی مورد نظر، از نوع هارزبورژیت و اندکی لرزولیت هستند که به همراه آنها توده های پراکنده گابرو، دیاباز و پلاژیوگرانیت نیز دیده می شود. روی این قسمت پریدوتیتی رسوب های پلاژیک قرار دارد که ممکن است با عدسی ها و لایه هایی از هارزبورژیت، بازالت، توف و برش های بازالتی همراه باشند. این مجموعه زیر مرمر لاک به سن کامبرین زیرین قرار گرفته و لذا سن پرکامبرین آن متحمل است (هوشمند زاده، ۱۳۶۷).

۲-۲-۲- افیولیت های پالئوزویک

در ایران، افیولیت های پالئوزویک گسترش بسیار محدودی دارند. شناخته شده ترین این سنگ ها در جنوب باختری مشهد رخمون دارد. در ناحیه مشهد، افیولیت ها به صورت عدسی های بزرگ کشیده و کم و بیش با حالت لایه ای با رسوبات رسی دگرگون شده همراه هستند. مجیدی (۱۹۷۸) این سنگ ها را متعلق به دونین - کربونifer می داند. ولی وجود سنگواره ی فوزولین در ناحیه سفید سنگ، گواه بر سن پرمین آنها است (مجیدی، ۱۹۸۱). در کوه های طالش و بخش جنوبی کمر بند سنندج - سیرجان بعضی از سنگ های اولترابازیکی به زمان پالئوزویک نسبت داده شده اند. ولی در مورد خاستگاه و چگونگی جایگیری آنها سخنی به میان نیامده است. کمپلکس پشت بادام و افیولیت های همراه آن ها به طور دگرشیب در زیر سنگ ها آهکی فوزولین دار پرمین قرار دارند. لذا سن آن ها پالئوزویک دانسته شده ولی همان طور که گفته شد سن پرکامبرین نیز متحمل است.

۳-۲-۲- افیولیت های مزوزویک

اشتوکلین^۲ (۱۹۷۷) برای مجموعه های افیولیتی مزوزویک ایران، از واژه نوار افیولیتی محوری استفاده کرده است و بر این باور است که این نوار افیولیتی مربوط به اشتقاق های نوع تتیس جوان است که در زمان مزوزویک (تریاس پسین - کرتاسه پسین) بخش هایی از قاره ی گندوانا را از بخش دیگر همان قاره جدا می ساخت. به جز بخش های رانده شده بر روی لبه قاره ها، بیشتر نوار افیولیت محوری یا در زون های برخوردی فرورانش کرده اند و یا توسط رسوبات ترشیری پوشیده شده اند. باقیمانده های نوار افیولیتی محوری به سن مزوزویک را می توان در راستای راندگی اصلی زاگرس (کرمانشاه - نیریز) دید. ادامه ی خاوری آن، پس از عبور از مکران ایران و پاکستان، از طریق گسل چمن تا هیمالیا ادامه می یابد. افزون بر آن، انشعابات ار آن به طرف عمان، افغانستان و همچنین به صورت باریکه ای حلقه مانند، ریز قاره ایران مرکزی را در بر می گیرد. از دیدگاه اشتوکلین (۱۹۷۷)، نوار افیولیتی محوری، به دلیل داشتن پاره ای تفاوت های اساسی، قابل تقسیم به دو بخش جداگانه است.

¹Berberian

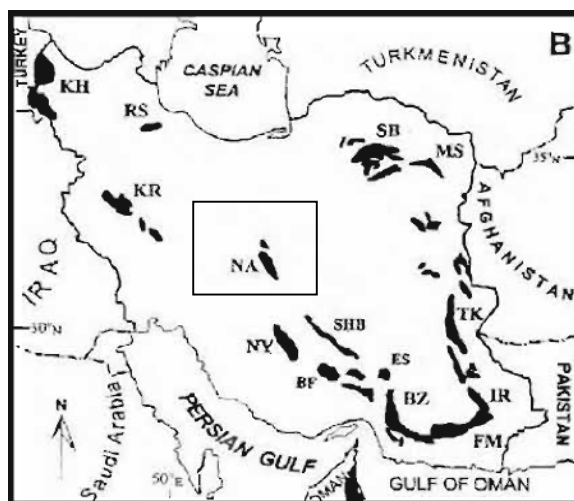
²Stocklin

۱- زیر نوار افیولیتی بیرونی^۱ که شامل افیولیت های کرمانشاه - نیریز است که به طرف عمان می رود.
 ۲- زیر نوار افیولیتی درونی^۲ که شامل افیولیت های ماکو - ارومیه و آمیزه های رنگین ریز قاره ایران مرکزی است.

در بین افیولیت های ایران نمونه های کرتاسه بالایی بیشترین سهم و گستردگی را به ویژه در کنار گسل ها و راندگی های مهم دارند. افیولیت های موجود در امتداد گسل راندگی زاگرس (کرمانشاه - نیریز)، آمیزه های افیولیتی ماکو - ارومیه، ایران مرکزی، جنوب خاوری (مکران) و خاور ایران (نهبندان) از آن جمله است (خسروتهرانی، ۱۳۸۴).

۳-۲- تقسیم بندی ساختاری منطقه مورد مطالعه

کمبرند افیولیتی آلیپی در ایران به چند شاخه تقسیم می شود که یکی از شاخه های آن به صورت حلقه ای در اطراف خرده قاره ایران مرکزی قرار دارد و ناحیه مورد مطالعه که در شمال شهر نائین قرار گرفته بخشی از آن به شمار می آید (منوچهری، ۱۳۷۶). شکل (۲-۲) و (۳-۲) موقعیت منطقه مورد مطالعه در میان سایر افیولیت های ایران و منطقه آورده شده است.



شکل ۲-۲- موقعیت افیولیت نائین در نقشه پراکنندگی افیولیت های ایران (حسنی پاک و قاضی، ۱۹۹۹).
 (KH: خوی، BZ: افیولیت باند زیارت، KR: افیولیت کرمانشاه، FM: افیولیت فنوج، NY: افیولیت نیریز، IR: افیولیت ایرانشهر، NA: افیولیت نائین، TK: چهل کوره، SBH: افیولیت شهر بابک، MS: افیولیت مشهد، BF: افیولیت بافت، SB: افیولیت سبزوار، ES: افیولیت اسفندقه، RS: افیولیت رشت)

¹- Outer Sub - belt

²- Inner Sub - belt