بررسی هیدروکربن های آلیفاتیک در ترکیب نفت خام سکوهای نفتی خلیج فارس

علی ماشـینچیان مرادی[۱]، مجید ممهد هروی[۲]، سیدحسین عبدی اسکویی[۲]، اکرم سادات محمودی[۱*] و مهندس محسن اسکندری [۳]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحدعلوم وتحقیقات تهران ،دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه شیمی دریا

۲- دانشگاه الزهرا، دانشگاه علوم پایه، گروه شیمی

۳- پالایشگاه نفت شهیدتندگویان

*a.meshkat55@yahoo.com

پژوهش نفت

سال بیست و سوم
شماره ۷۴
صفحه، ۱۵۰-۱۴۴ ۱۳۹۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۹/۲۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۲/۱۳

چکیده

خلیج فارس آب‌راهی اســت کــه در امتداد دریــای عمان و در میان ایران و شــبه جزیره عربســتان قــرار دارد. اعتبار این منطقه از شــکل‌گیری اولین تمدن‌های بشــری تا به امروز که عصر صنعت و زمان طرح شــدن نفــت به عنوان عنصر اصلی اقتصاد معاصر اســت، ادامه دارد. میــزان آلودگی نفتی در این منطقه به دلیل نشــت از سکوهای نفتی، یکی از مهم‌ترین منابع این آلودگی‌ها به شــمار می‌رود. به همین‌دلیل تعیین و بررسی ترکیــب درصــد هیدروکربن‌ها در ترکیب نفت خام ســکوهای نفتی خلیج‌فارس بســیار اهمیت دارد . دراین مقاله با اســتفاده از روش سارا، آلیفاتیک‌ها جداســازی شده و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی ترکیب درصــد هیدروکربن‌های آلیفاتیک موجود در نمونه‌های نفت خام مورد شناســایی و بررســی قرار گرفته است. ترکیب درصدهای متفاوت به‌دست آمده از نفت خام هر سکوی نفتی نشان می‌دهد که این روش می‌تواند یک الگوی مناسب، جهت پیدایش منشأ آلودگی‌های نفتی در خلیج فارس باشد.

واژه‌های کلیدی: خلیج فارس، هیدروکربن‌های آلیفاتیک، نفت خام، کروماتوگرافی گازی، روش SARA

مقدمه

اهمیت و ارزش اصلــی خلیج فارس به خاطر وجود منابع سرشــار نفت در این منطقه است که روز به روز بر اهمیت ایــن منطقه می‌افزاید. کاربرد نفــت به‌عنوان منبع انرژی در گســترش تکنولوژی باعث شده تا اســتفاده از آن سرعت گیــرد. با کلیه منافعی که در پیشــبرد تمــدن دارد، اگر در کاربرد آن روش درســتی اعمال نشود، زیان‌هایی به محیط زیســت وارد خواهد شــد که در برخی مــوارد جبران آن مســتلزم هزینه‌های هنگفت و گاهی نیاز به ســپری شــدن زمانــی طولانــی دارد و در مــواردی نیز صدمــات وارده جبران‌ناپذیر اســت. متأســفانه دریاهای جهان در دهه‌های اخیر به عنوان مدفن آلاینده‌ها، مخصوصاً آلاینده‌های نفتی از سوی انسان است. خلیج فارس آب‌راه مهم و استراتژیک انرژی در جهان، از این قاعده مستثنی نیست.

تحقیقــات گســترده‌ای بــرای اندازه‌گیــری ترکیب درصد هیدروکربن‌هــای نفت خام بــر روی چاه‌های نفت در دنیا صورت گرفته است. در سال ۲۰۰۳ تحقیقات ژئوشیمیایی بر روی نفت خام تعدادی از چاه‌های نفت خلیج ســوئز و بیابان‌های غربی مصر با اســتفاده از دستگاه کروماتوگرافی

Archive of SID
www.SID.ir

گازی با دتکتور نشـر اتمی انجام گرفـت. در این مطالعه، الگوی توزیع نفت خلیج سوئز در مقایسه با بیابان‌های غرب ارائه شده و ترکیب درصد ترکیبات پلی آروماتیک‌های چند حلقوی گوگرددار[1] هر منبع مشخص گردید [۱].

همچنیـن درسـال ۲۰۰۸ بـا تعییـن ترکیـب درصـد هیدروکربن‌های چند منبع نفتی توسط طیف سنجی جرمی، مطالعه‌ای در دریای بوهای[2] چین انجام گرفت و این روش وسیله مناسـبی جهت شناسایی منبع آلودگی محیط دریای بوهای معرفی گردید [۲].

در سال ۲۰۰۷ نیز مطالعاتی بر روی ترکیب درصد گازهای تـرش همراه نفت خام یک چاه در حوزه رسـوبی کانادای غربی به روش کروماتوگرافی گازی[3] دو بعدی انجام گرفت و به این نتیجه رسـیدند که تعیین و بررسی ترکیب درصد گازهای همـراه نفت خام ابزاری مفید برای اثر انگشـت[4] جریان‌های نفتی است [۳].

در سـال ۲۰۰۹ در فرانسـه مطالعاتـی بـر روی ترکیب درصد هیدروکربن‌هـای موجـود در مخازن نفت خـام انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ویژگی مخازن می‌تواند با استفاده از تکنیک‌های مختلف به‌دسـت آید که بررسی ترکیب درصد هیدروکربن‌های موجود در مخازن نفت با دستگاه کروماتوگرافی گازی نفت خام، یکی از ساده‌ترین آنها است [٤].

در سال ۲۰۰۹ نیز در آمریکا مطالعاتی بر روی چند چاه نفت مکزیک انجام شد. در این مطالعه با استفاده از کروماتوگرافی مایع و روش SARA، گروهی از ترکیبات شـامل رزین‌ها، آسـفالتین، آلیفاتیک‌ها و آروماتیک‌ها جداسـازی شـده و برخی از ویژگی‌های نفت خام مانند وزن مخصوص، نقطه جـوش و میزان نمـک و عناصری مانند نیـکل و وانادیوم گزارش شده اسـت [۵]. آمارها نشان می‌دهد خلیج‌فارس یکی از آلوده‌ترین خلیج‌های دنیا اسـت. بزرگترین آلودگی ایجاد شـده در خلیج‌فارس به زمان جنگ ایران و عراق باز می‌گردد و بعد از آن آتش سـوزی چاه‌های نفتی که باعث ورود حجـم زیادی از نفـت خام به دریا شـد. از این رو بررسی و اندازه‌گیری میزان ترکیب درصد هیدروکربن‌های آلیفاتیک نفت خام سکوهای نفتی در خلیج‌فارس و مقایسه این ترکیب درصدها در نفت خام سکوهای نفتی با یکدیگر که از اهداف اصلی این مقاله به شـمار مـی‌رود، می‌تواند کمک شایانی به شناسایی منبع آلودگی نفتی در خلیج‌فارس نمایـد. در این زمینـه و با این اهداف، هیچ پژوهشـی در داخل کشـور صورت نگرفته اسـت. این پـروژه با فرض این که در هرسـکوی نفتی ترکیب درصد هیدروکربن‌های آلیفاتیک مخصوص به همان سـکو است و ترکیب درصد نسبی هیدروکربن‌ها در بین سکوهای مختلف خلیج‌فارس با یکدیگر متفاوت است، آغاز شد.

حوضه‌های نفتی وتوزیع جغرافیایی آنها

حوضـه نفتی محدوده جغرافیایی اسـت کـه در آن میدان‌ها و مخـازن نفتـی متعددی وجـود دارد و در یـک مجموعه زمین‌شناسـی با شـرایط محیطی و رسـوبی مشخصی گرد آمده‌اند. دو محدوده بسیار مهم از نظر ذخایر نفتی، خاورمیانه و منطقه خلیج مکزیک و دریای کارائیب است. این دو منطقه در دوسوی متقابل کره زمین واقع هستند و سالهاست که مراکز اصلی تولیدات نفتی دنیا را تشکیل می‌دهند. مناطق نفت خیز دیگر در قاره آفریقا، کشـورهای متعددی نظیر الجزایر، لیبی، مصر، نیجریه و آنگولا و در اروپا میدان‌ها و حوضه‌های نفتی در دریای شمال و مخازن عظیم گاز طبیعی در شمال روسیه در توازن تولید نفت دنیا، بسیار حائز اهمیت هستند.

موقعیـت جغرافیایی میدان‌های نفتی مورد بررسـی در این پروژه

در این پژوهش، نمونه‌های نفت خام از چهار سکوی نفتی واقع در خلیج فارس شـامل : بلال (ایسـتگاه شـماره ۱) در ۱۰۰ کیلومتـری جنوب غربی لاوان، سـلمان (ایسـتگاه شماره ۲) در ۱۳۵ کیلومتری جزیره لاوان، هنگام (ایستگاه شـماره ۳) در ٤٥ کیلومتری جزیره قشـم و دنا (ایسـتگاه شماره ٤) در غرب جزیره سیری، تهیه گردید.

دستگاه‌ها و مواد شیمیایی

دستگاه‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل: دستگاه تبخیر

1. Polyaromatic Sulfur Heterocycles
2. Bohai
3. Fingerprint
4. GC: Gas Chromatography

Archive of SID

www.SID.ir

کننده دوار[1] (مدل Heidolph)، ستون کروماتوگرافی، دستگاه اولتراسونیک[2] (مدل Kerry) و دستگاه کروماتوگرافی گازی (کروم پک[3] ۴۳۸ A ستون CB/ ۵ mm cpcil ۲۵ m× ۵۰) می‌باشد. مواد شیمیایی به کار رفته در این پژوهش شامل: هگزان، هپتان، سولفات سدیم، سیلیکاژل، دی کلرومتان و آلومینا با درجه خلوص حداقل ۹۹ ٪، از کارخانه مرک آلمان می‌باشد.

روش آماده‌سازی نمونه‌ها

جهت آماده‌سازی نمونه‌ها، روش مورد استفاده در این پروژه، SARA نام دارد. این روش مخفف آروماتیک ،رزین، آسفالتن و ترکیبات اشباع شده است که ترکیبات هیدروکربنی شامل آلیفاتیک‌ها، آسفالتن، رزین‌ها و آروماتیک‌ها را جداسازی می‌کند . در این پژوهش، ابتدا مقداری از نمونه نفت خام در بالن وزن شده و سپس به دستگاه تبخیر کننده دوار متصل می‌شود . پس از گذشت ۲ ساعت، بالن را برداشته و مجدداً وزن کرده تا کاهش وزن[4] به دست آید و سپس به آن مقداری حلال هپتان افزوده، همزده و روی هیترگذاشته تا گرم شود. (در دمای بالا، رسوب بهتر تشکیل می‌شود و در ستون کروماتوگرافی مزاحم جداسازی نمی‌شود). سپس به وسیله کاغذ صافی محلول صاف می‌شود. محلول جمع‌آوری شده مالتن[5] نام دارد که جهت تفکیک هیدرو کربن‌های آلیفاتیک به ستون کروماتوگرافی منتقل می‌شود . قابل ذکر است که این مرحله آماده‌سازی برای هر نمونه نفت خام سکوهای خلیج فارس به طور جداگانه انجام می‌گیرد.

آماده‌سازی ستون کروماتوگرافی

جهت آماده نمودن ستون کروماتوگرافی، درون یک بورت را از هگزان پرکرده و سپس به آن مقدار ۲۰۰ gr سیلیکاژل با مش ۱۰۰ تا ۲۰۰ (که قبل از استفاده به دمای ۱۳۰ °C می‌رسد)، ۹۰ gr آلومینا و ۳۵ gr سولفات سدیم اضافه می‌شود. در بالای ستون به ضخامت ۲۵ mm پشم شیشه گذاشته می‌شود . شیر را باز کرده تا هگزان از ستون عبور کرده و در داخل یک ارلن مایر ۵۰۰ cc ریخته شود.

جداسازی آلیفاتیک‌ها در نمونه‌های نفت خام

در این‌جا مالتن به‌دست آمده از مرحله آماده‌سازی در تبخیر کننده دوار تحت شرایط خلاء ۱۰۰ mbar و دمای ۴۱ °C قرار گرفته تا حلال آن تبخیر شود. ۳ الی ۴ cc هگزان به آن افزوده و به وسیله دستگاه اولتراسونیک آن را هموژن می‌نمایند، سپس محلول آماده شده توسط پیپت پاستور، داخل ستون تزریق می‌شود. در نهایت دیواره‌های ستون با حلال هگزان شستشه شده و مقداری از حلال نیز به طور اضافی جهت عدم تماس هوا با ستون حاوی سیلیکاژل و آلومینا اضافه می‌شود. (برای استخراج هیدروکربن‌های آلیفاتیک حدود ۵۰ cc هگزان در ستون ریخته می‌شود). برش آلیفاتیک موجود در نمونه و حلال در یک ارلن مایر ۱۰۰ cc جمع‌آوری می‌شود. پس از عبور هگزان از بورت، برای اطمینان از خارج شدن کلیه برش آلیفاتیک از ستون، مقداری مخلوط هگزان و دی کلرومتان به نسبت پنجاه، پنجاه (حجمی/حجمی) داخل ستون ریخته و ۵ cm قبل از اتمام حلال، شیر بورت بسته می‌شود. از آنجا که هیدروکربن‌های آلیفاتیک غیرقطبی هستند، هیچ جذبی بر روی ستون نداشته و بدون واکنش خارج می‌شوند. مایع خارج شده از ستون شفاف و بی‌رنگ است. جهت خالص‌سازی آلیفاتیک و به‌دست آوردن وزن آن در نمونه‌های نفت خام، از دستگاه تبخیر کننده دوار تحت شرایط خلاء ۳۰۰ mbar و دمای ۴۰ °C استفاده می‌شود. این مرحله برای کلیه نمونه‌های نفت خام به طور جداگانه صورت می‌گیرد. پس از گذشت یک روز حلال آن کاملاً جدا شده و مقدار نمونه باقی‌مانده وزن می‌شود. اکنون نمونه برای تزریق به دستگاه به منظور آنالیز آماده است. پس از جداسازی آلیفاتیک از نمونه‌های نفت خام، این نمونه‌ها وزن می‌شوند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری آلیفاتیک نمونه‌های نفت خام در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان آلیفاتیک نفت خام نمونه‌های مورد مطالعه

نام نمونه	نفت دنا	نفت بلال	نفت هنگام	نفت سلمان
مواد آلیفاتیک (٪mass)	۴۳	۵۷/۱	۶۴/۹۷	۵۵

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های نفت خام (میزان ترکیب درصد هیدروکربن‌های نفت خام هر سکو) در جدول ۲ ارائه شده است.

1. Rotary Evaporator
2. Ultrasonic
3. Chrompack
4. Lost
5. Maltene

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- ترکیبات موجود در نمونه‌های نفت خام مورد مطالعه

ترکیبات موجود در نمونه	دنا (٪mass)	هنگام (٪mass)	بلال (٪mass)	سلمان (٪mass)
نرمال-C_{11}	۰/۲	۰/۲	۰/٤	۰/۵
n- C_{11}+iso	۰/٤	۰/۲	۰/۵	۰/۹
n- C_{12}	۱/۰	۱/۱	۱/۷	۱/٦
n- C_{12}+ iso	۱/۸	۱/۷	۳/۱	۳/۱
n- C_{13}	۲/۲	۲/۵	۳/۲	۲/۸
n- C_{13}+ iso	۵/۲	٦/۲	۷/۰	٦/۸
n- C_{14}	۳/۳	۳/۷	٤/۵	۳/۹
n C_{14}+ iso	۹/۳	۱۱/٤	۱۱/۱	۱۰/۱
n- C_{15}	۵/۲	٦/۲	٦/۲	۵/۵
n- C_{15}+ iso	۱۱/۱	۱۳/۸	۱۳/۱	۱۱/۵
n- C_{16}	۵/۸	٦/۲	٦/۳	۵/۷
n- C_{16}+ iso	۱۰/٤	۱۲/۰	۱۱/۵	۱۰/۳
n- C_{17}	۵/۰	٦/٤	٦/۱	۵/۱
n- C_{17}+ iso	۹/۵	۱۱/۷	۱۰/۰	۸/۹
n C_{18}	۵/۸	۵/۷	٤/٦	٤/۸
n C_{18}+ iso	۱۰/۷	۱۱/۸	۹/۲	۹/۲
n- C_{19}	۳/۵	۳/٤	۳/۵	۳/۳
n- C_{19}+ iso	۷/۲	۷/٦	۷/٦	۷/۳
n- C_{20}	۳/۱	۲/۷	۳/۱	۲/۹
n- C_{20}+ iso	٦/٦	٦/٦	٦/٤	٦/٤
n- C_{21}	۲/۹	۲/۳	۲/٦	۲/۹
n- C_{21}+ iso	٦/۰	۵/٤	۵/۳	۵/٦
n- C_{22}	۲/۰	۱/۳	۲/۳	۲/٤
n- C_{22}+ iso	٤/۸	۳/٦	٤/٤	٤/۹
n- C_{23}	۱/۹	۱/۱	۱/۵	۱/۷
n- C_{23}+ iso	٤/۸	۳/۳	۲/۹	۳/۷
n- C_{24}	۱/۸	۰/۹	۱/۰	۱/٦
n- C_{24}+ iso	۳/۷	۲/۱	۱/۸	۳/٤
n- C_{25}	۱/۵	۰/٦	۰/۸	۱/۲
n- C_{25}+iso	۲/۸	۱/۲	۱/۲	۲/۲
n_C26	۰/۸	۰/۳	۰/۷	۰/۷
n- C_{26}+iso	۱/۹	۰/٤	۱/۱	۱/٦
n C_{27}	۰/٤	۰/۳	۰/۵	۰/٦
n- C_{27}+iso	۱/۲	۰/٤	۱/۱	۰/۹
n C_{28}	۰/٤	۰/۲	۰/٤	۰/۵
n- C_{28}+iso	۰/۷	۰/۲	۰/۹	۰/۹
n C_{29}	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/٤

ادامه دارد...

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۲

ترکیبات موجود در نمونه	دنا (٪mass)	هنگام (٪mass)	بلال (٪mass)	سلمان (٪mass)
n- C_{29}+iso	۰/۵	۰/۲	۰/٦	۰/۸
n C_{30}	۰/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۳
n- C_{30}+iso	۰/٦	۰/۲	۰/۵	۰/۷
n C_{31}	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۳
n- C_{31}+iso	۰/۵	۰/۲	۰/٤	۰/۷
n C_{32}	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۲
n- C_{32}+iso	۰/۳	۰/۱	۰/۳	۰/٤

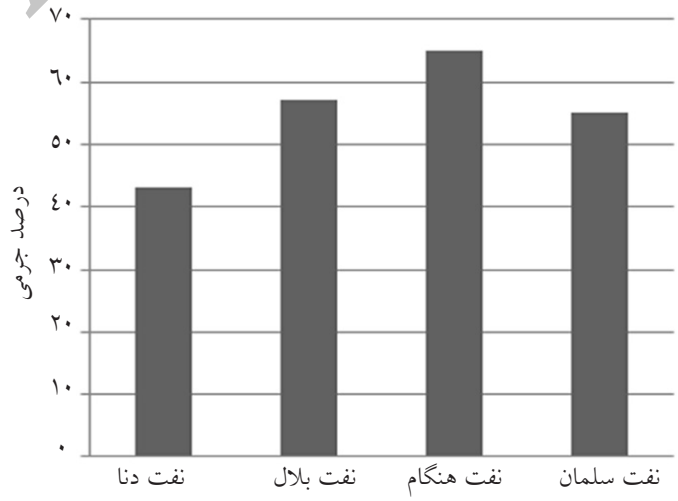
میزان بـــرش آلیفاتیک نمونه‌های نفت خـــام مورد مطالعه در شکل ۱ رسم شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، میزان مواد آلیفاتیک در نفت خام سکوی هنگام از سایر سکوها بیشتر است. با تعیین این مقادیر در صورت خطر احتمالی نشت نفت از ســـکوهای نام برده، منشأ آلودگی سریع‌تر شناسایی شده و اقدامات پیشگیرانه به موقع انجام می‌شود.

این شـــیوه در تعیین ترکیب درصد هیدروکربن‌های چاه‌های نفت خلیج سوئز، الگوی مناسبی عنوان شد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۲، ترکیب درصد جرمی هیدروکربن‌ها در بین سکوهای مختلف خلیج فارس با یکدیگر متفاوت است.

میزان ترکیبات اصلی موجود در نمونه‌های نفت خام از C_{11}-C_{2o} در شکل ۲ رسم شده است. مطابق این شکل بیشترین ترکیبات اصلی موجود در نمونه‌های نفت خام سکوهای مورد مطالعه از کربن ۱۱ تا ۲۰ مربوط به نفت خام سکوی هنگام و کمترین میزان مربوط به نفت خام سکوی نفتی دنا می‌باشد.

همچنین در شـــکل ۳ مشاهده می‌شود که کمترین ترکیبات اصلی موجود در نمونه‌های نفت خام سکوهای مورد مطالعه از کربـــن ۲۱ تـــا ۳۲ مربوط به نفت خام ســـکوی هنگام و بیشترین میزان برش هیدروکربنی از کربن ۲۱ تا ۳۲ مربوط به نفت خام ســـکوی دنا اســـت. از ســـوی دیگر، هر سکو ترکیب درصد مشـــخصی از هیدروکربن‌ها را دارا می‌باشد. به عبارت دیگر میزان ترکیب درصد هیدروکربن‌های نفت خام یک ســـکو با ترکیب درصد هیدروکربن‌های نفت خام ســـکوی دیگر متفاوت است و این نتیجه در روش SARA نیز مشاهده شده است.

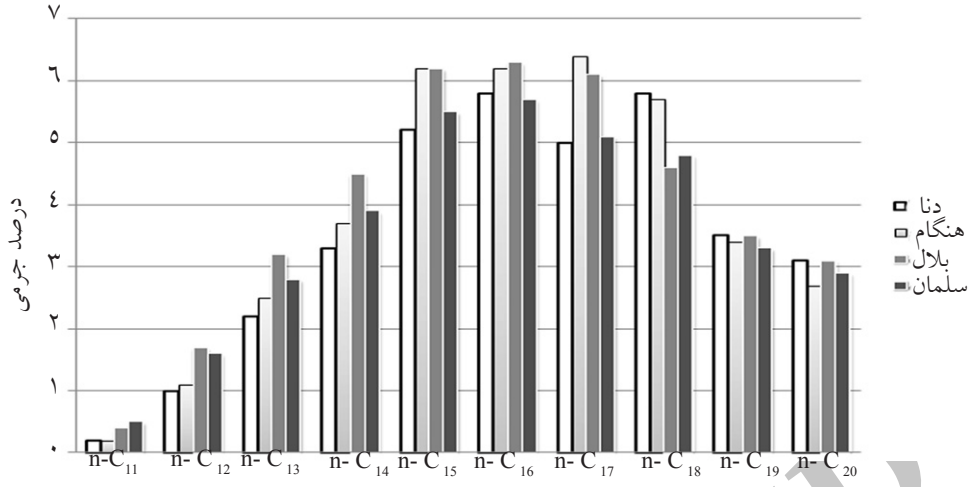
در شـــکل ٤ مجمـــوع ترکیبات ایزومـــری موجود در برش جداشـــده از نمونه‌های نفت خام از کربن C_{11} تا C_{20} رســـم شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مجموع ترکیبات ایزومـــری C_{11} تا C_{20} موجود در نفت خام ســـکوی هنگام نســـبت به مجمـــوع ترکیبات ایزومری مذکـــور موجود در نفت خام ســـکوهای دیگر بیشتر است. در شکل ۵ مجموع ایزومرهای برش سنگین C_{21} تا C_{32} نفت خام سکوهای مورد مطالعه به نمایش درآمده است.



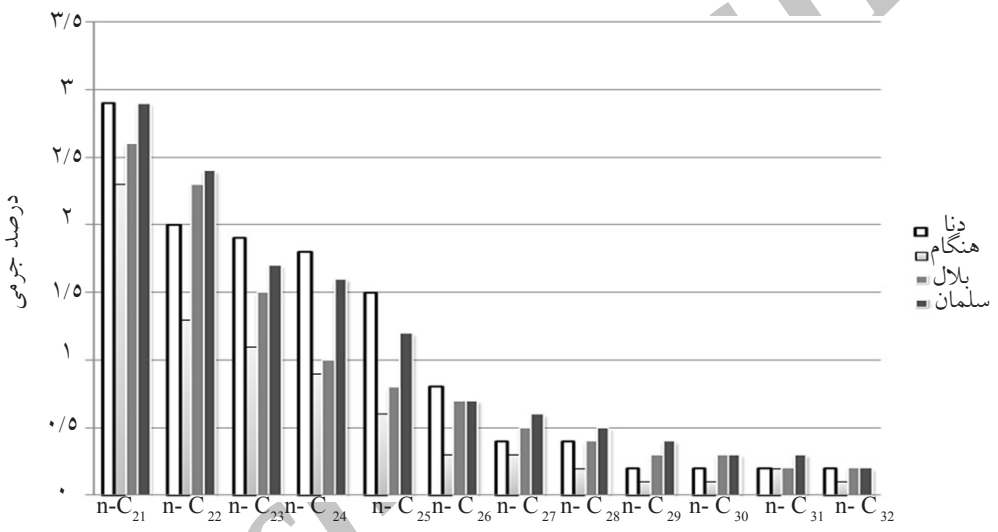
شکل ۱- برش آلیفاتیک جدا شده در ستون کروماتوگرافی برای نمونه‌های نفت خام مورد مطالعه

Archive of SID

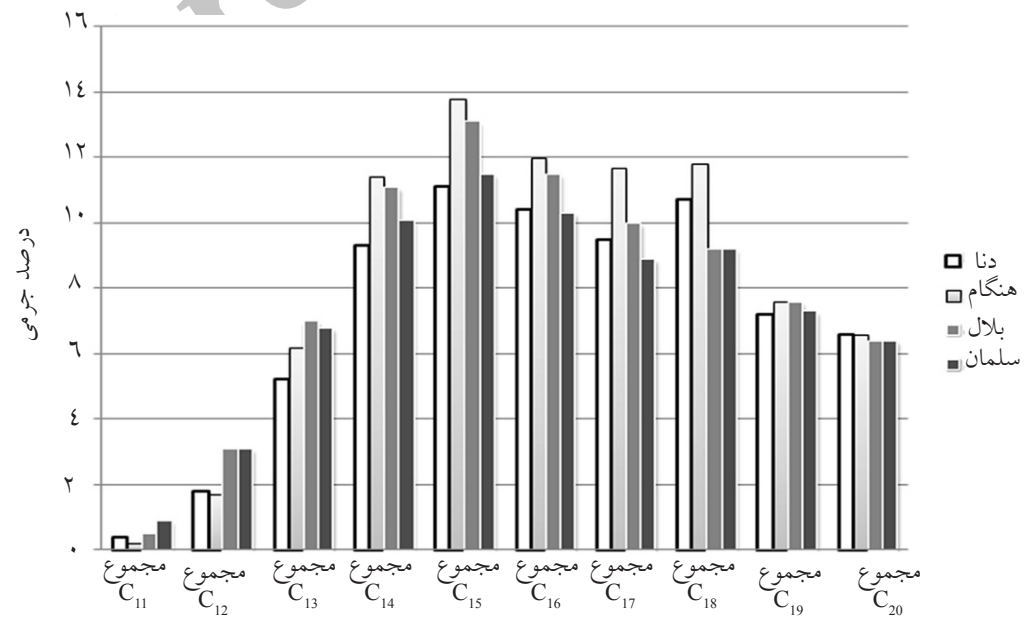
www.SID.ir



شکل ۲- ترکیبات اصلی موجود در برش جدا شده از نمونه‌های نفت خام از C_{11} تا C_{20}

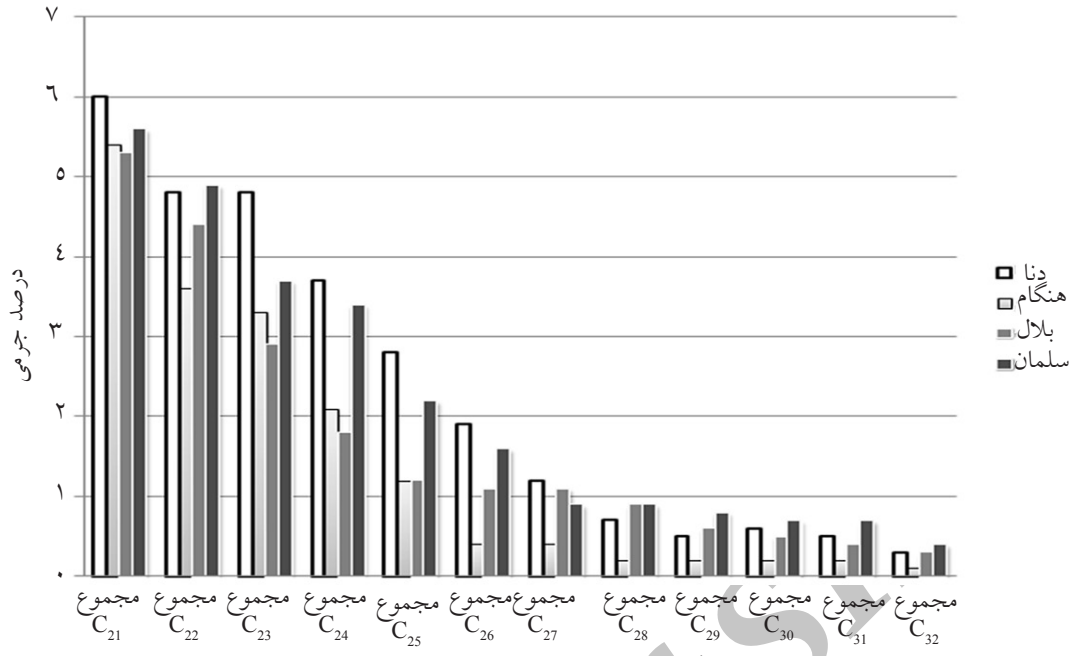


شکل ۳- ترکیبات اصلی موجود در برش جدا شده از نمونه‌های نفت خام از C_{21} تا C_{32}



شکل ٤- مجموع ایزومرهای موجود در برش جدا شده از نمونه‌های نفت خام از C_{11} تا C_{20}

www.SID.ir



شکل ۵- مجموع ایزومرهای سنگین موجود دربرش جدا شده از نمونه‌های نفت خام از C_{32} تا C_{21}

مطابق این شـکل کمترین میزان مجمـوع ترکیبات ایزومری سنگین موجود در نفت خام مربوط به نفت خام سکوی هنگام و بیشـترین مجموع ترکیبات ایزومرهای سنگین موجود در نمونه‌های نفت خام، مربوط به نفت خام سکوی دنا می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بیشـترین درصد فراوانـی هیدروکربن هـای آلیفاتیک در نفت خام سـکوی هنگام به‌دسـت آمـد. ترکیبات موجود در نمونه‌هـای نفت خام از کربـن ۱۱ تا کربن ۲۰ که جزء هیدروکربن‌هـای میـان تقطیر در محـدوده ترکیبات نفت چـراغ تا گازوییل می‌باشـد، در نفت خام سـکوی هنگام بیشـتر از سایر سـکوها اسـت، اما میزان هیدروکربن‌های ۲۰ تا ۳۲ به‌شـدت در این سـکو پایین است. در حالی که هیدروکربن‌های سنگین در نفت خام سکوی دنا، سلمان و بلال بیشتر می‌باشد.

هـر سـکوی نفتی مـورد بررسـی دارای ترکیـب درصد هیدروکربن‌های آلیفاتیک مخصوص به خود اسـت. اکنون با داشـتن ترکیـب درصـد هیدروکربن‌هـای آلیفاتیک و ویژگی‌های نفت خام هر سـکو، به هنگام آلودگی نفتی در خلیج‌فارس و تعیین مشخصات نفت نشت شده در محیط، می‌توان منبع نشت را به سرعت تعیین نمود و محیط زیست دریایی را از آلودگی ایجاد شده نجات داد.

مراجع

[1]. Hegazi A. H., et al. "*Application of gas chromatography with atomic emission detection to the geochemical investigation of polycyclic aromatic sulfur heterocycles Egyptian in crude oils*", Fuel Processing Technology 85, pp. 1-19, 2003.

[2]. Peiyan Sun. et al., "*Fingerprinting and source identification of an oil spill in China Bohai Sea by gas chromatography-flame ionization detection and gas chromatography–mass spectrometry coupled with multi-statistical analyses*", Journal of Chromatography A, 1216, pp. 830-836, 2009.

[3]. Maowen Li., Et al., "*Two – dimensional gas chromatograms as fingerprints of sour gas – associated oils*", Organic Geochemistry 39, pp. 1144-1149, 2008.

[4]. Xavier, Nouvelle and Delphine Coutrot, *The Malcom distribution analysis method: A consistent guideline for assessing reservoir compartmentalization from GC fingerprinting*, Organic Geochemistry xxx 2010.

[5]. Laura V. Castro et al., "*Fractionation and Characterization of Mexican Crude Oils*", Journal of Chromatography.

Archive of SID
www.SID.ir