

ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان فوقانی - چاه Sp.x - در میدان گازی پارس

جنوبی

دکتر بهرام موحد^۱، دکتر نادر کهنسال قدیم وند^۲ و محمدرضا زمان نژاد^۳

چکیده

میدان گازی پارس جنوبی، یکی از میادین جنوب غربی ایران و شامل دو مخزن گازی کنگان و دالان فوقانی در حوضه رسوبی زاگرس است. در این ارزیابی، پارامترهایی مانند تخلخل، اشباع آب، حجم شیل و لیتولوژی بررسی شده اند. لیتولوژی سازند کنگان بخش K_1 از انیدریت، دولومیت تا دولومیت آهکی، سنگ آهک دولومیتی همراه با درصد متغیری شیل تشکیل یافته است و میانگین تخلخل مفید آن $8/6$ درصد، میانگین اشباع آب مفید $16/6$ درصد و میانگین حجم شیل $3/6$ درصد است. بخش K_2 شامل سنگ آهک تا سنگ آهک دولومیتی، دولومیت همراه با کمی انیدریت و شیل است و میانگین تخلخل مفید $9/4$ درصد، میانگین اشباع آب مفید $12/4$ درصد و میانگین حجم شیل $0/4$ درصد و دارای پتانسیل مخزنی است. لیتولوژی سازند دالان فوقانی در بخش K_3 از سنگ آهک دولومیتی، دولومیت تا دولومیت آهکی همراه با کمی انیدریت و درصد متغیری شیل تشکیل یافته است. میانگین تخلخل مفید در این زون $7/5$ درصد، میانگین اشباع آب مفید $11/5$ درصد و میانگین حجم شیل $7/9$ درصد است. بخش K_4 از نظر لیتولوژی شامل سنگ آهک تا سنگ آهک دولومیتی، دولومیت تا دولومیت آهکی و انیدریت همراه با کمی شیل تشکیل یافته است. این بخش با میانگین تخلخل مفید $11/8$ درصد، میانگین اشباع آب مفید $10/3$ درصد و میانگین حجم شیل $2/7$ درصد دارای پتانسیل مخزنی است.

کلید واژه ها: سازند کنگان، سازند دالان، میدان پارس جنوبی، ارزیابی پتروفیزیکی، اشباع آب و گاز

۱- استاد مدعو دانشگاه های تهران ، رئیس پتروفیزیک و سرپرست پروژه های نفت و گاز شرکت نفت و گاز پارس

۲- عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

Petrophysical evaluation of Kangan and Upper Dalan formations in Sp.x well, south pars gas field

Dr. Bahram Movahed, Dr. Nader Kohansal-Ghadimvand, Mohammad-Reza Zamannezhad

Abstract

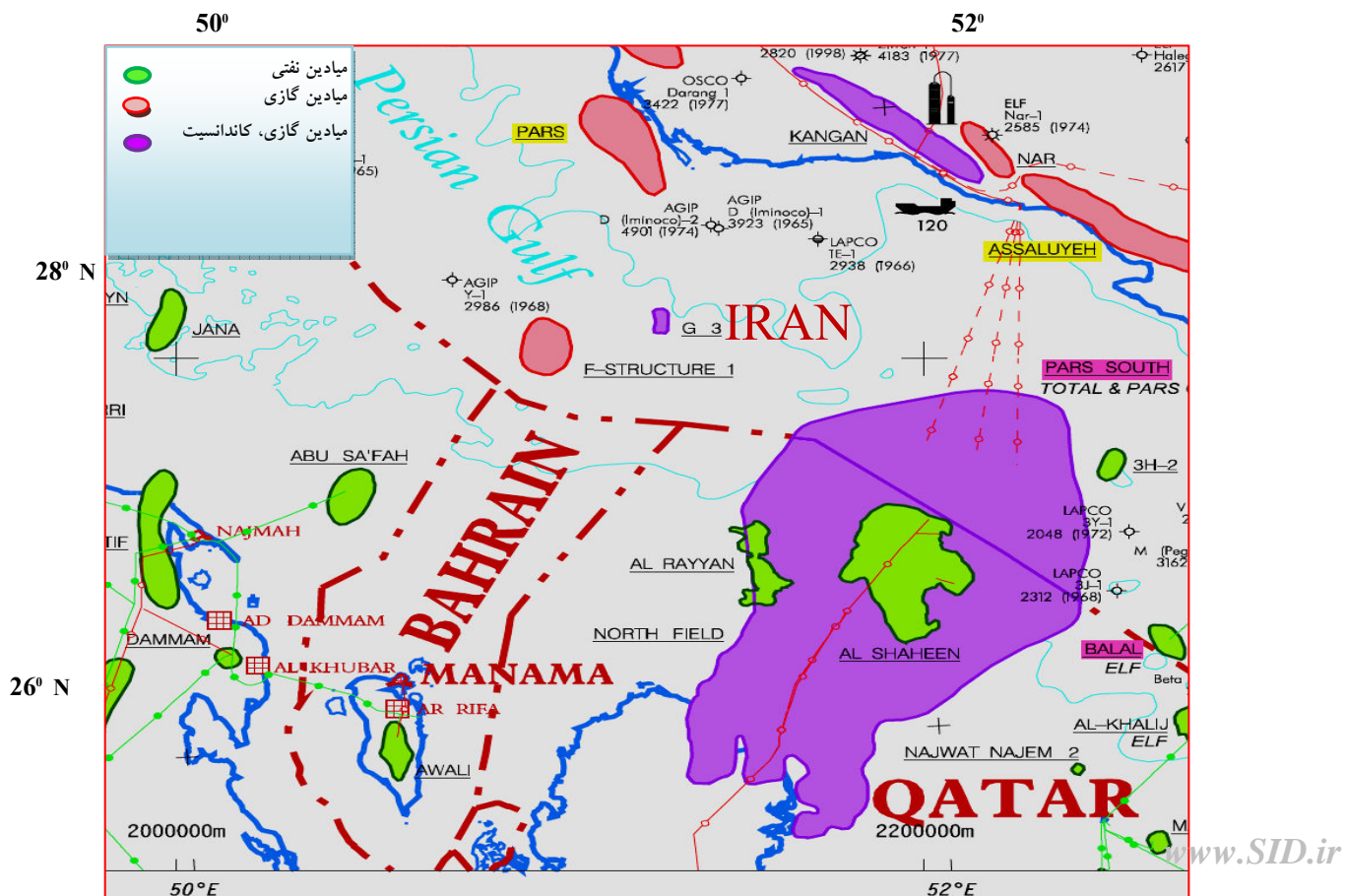
South Pars gas field, is one of the field in south west of Iran in the Zagros Sedimentary basin. In this evaluation we have checked properties such as porosity, water saturation, shale volume and lithology. Lithology of Kangan Formation in zone K₁ consists of anhydrite, dolomite to limy dolomite and dolomitic limestone with some shale and average effective porosity in this zone is %8.6, average effective water saturation is %16.6 and average shale volume is %3.6. Lithology of zone K₂ consists of limestone to dolomitic limestone, dolomite with some anhydrite and shale. Average effective porosity in this zone is %9.4, average effective water saturation is %12.4 and average shale volume is %0.4 holds reservoir potential. Lithology of Upper Dalan Formation in zone K₃ consists of dolomitic limestone, dolomite to limy dolostone with some anhydrite and shale. Average effective porosity in zone K₃ is %7.5, average effective water saturation is %11.5 and average shale volume is %7.9. Lithology zone K₄ consists of limestone to dolomitic limestone, dolomitic to limy dolostone and anhydrite with some shale. in this zone Average effective porosity %11.8. Average effective water saturation is %10.3 and average shale volume is %2.7 holds reservoir potential.

Keywords: Kangan Formation, Dalan Formation, South pars field, Petrophysical evaluation, Water saturation and Gas

مقدمه

سازند کنگان زیرین به سن تریاس پیشین و دالان بالای به سن پرمین پسین در واقع مخازن میدان گازی پارس جنوبی محسوب می گردند. مطالعات قبلی بر روی این میدان منجر به تقسیم سازندهای کنگان- دالان فوقانی به چهار بخش K_1 , K_2 , K_3 و K_4 گردیده است. میدان پارس جنوبی در سال ۱۹۹۰ میلادی با حفر چاه $SP-1$ مورد اکتشاف قرار گرفت و این در حالی است که بخش قطری آن در سال ۱۹۷۱ کشف شده است (Konert et al., 2001). لازم به ذکر است که ۸٪ ذخایر گاز دنیا در میدان پارس جنوبی واقع است که این رقم بیش از ۲ برابر ذخایر کل گاز ایالت متحده است (Al-Hosseini, 2000).

میدان گازی پارس جنوبی، یکی از میادین جنوب غربی ایران که در موقعیت ۵۲ تا ۵۲/۵ درجه شرقی و ۲۶/۵ تا ۲۷ درجه شمالی، در حدود ۱۰۰ کیلومتری بندر عسلویه، ۱۷۵ کیلومتری کیش و ۱۰۵ کیلومتری سواحل قطر واقع شده است. ساختمان زمین شناسی میدان پارس جنوبی که بخش شمالی گنبد پارس جنوبی- شمال قطر را تشکیل می دهد، دارای یالهای ملایم بوده که این خود تشکیل دهنده یکی از چند قله ساختمانی برآمدگی قطر- پارس جنوبی بر روی پلاتفرم کربناته منطقه است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت میدان پارس جنوبی در خلیج فارس (منبع شرکت نفت و گاز پارس جنوبی)

تعیین لیتولوژی

تعیین لیتولوژی یک مرحله مهم در ارزیابی خواص مخزنی محسوب می‌گردد و می‌تواند به جداسازی مناطق دارای خصوصیات مخزنی از مناطق غیرمخزنی کمک کند. در این مطالعه تعیین لیتولوژی به چهار روش انجام گرفت که در زیر به آنها اشاره می‌گردد.

برای بررسی بهتر فواصل از نظر خواص مخزنی، سازندهای کنگان و دالان فوقانی به بخش‌های کوچکتر تقسیم شده‌اند. این تقسیم‌بندی با توجه به حجم کم شیل و تغییرات تخلخل، اشباع آب و تغییرات لیتولوژی صورت گرفته است (جدول ۱).

الف) کراس پلات نوترون - چگالی

چارت CP-1f برای محاسبه لیتولوژی و تخلخل ترسیم شده است. در این کراس پلات سه خط مربوط به ماسه سنگ، سنگ آهک و دولومیت ترسیم شده‌اند. برای محاسبه تخلخل با استفاده از این چارت کافی است چگالی را در مقابل نوترون پلات شود. محل پلات شدن نقطه با توجه به فاصله نقطه از خطوط ماتریکس نشانگر درصد لیتولوژی است (رضایی و چهارزی، ۱۳۸۵) (نمودار ۱).

| لیتولوژی | فاصله عمقی (m) | بخش | نام سازند |
|---|----------------|----------------|--------------|
| انیدریت، دولومیت تا دولومیت آهکی | ۲۷۸۵-۲۸۹۲ | K ₁ | کنگان |
| سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی و کمی انیدریت | ۲۸۹۲-۲۹۳۵ | K ₂ | |
| انیدریت، دولومیت تا دولومیت آهکی | ۲۹۳۵-۳۰۵۹ | K ₃ | دالان فوقانی |
| سنگ آهک تا سنگ آهک دولومیتی و کمی انیدریت | ۳۰۵۹-۳۲۲۵ | K ₄ | |

جدول ۱- بررسی لیتولوژی و تخلخل براساس کراس پلات نوترون- چگالی

با توجه به عنوان این تحقیق و با در نظر گرفتن داده‌های در اختیار قرار گرفته از منابع وزارت نفت، مراحل مطالعاتی به صورت زیر انجام گرفت:

- گردآوری داده‌های خام و اطلاعات جانبی چاه حفاری شده در مخازن کنگان و دالان فوقانی میدان گازی پارس جنوبی.

- انتخاب روش‌های محاسباتی نرم‌افزاری مناسب جهت محاسبه پارامترهای مختلف پتروفیزیکی به روش احتمالی (ژئولاگ).

- بررسی داده‌های چاه برای ارزیابی پتروفیزیکی.

- تبدیل داده‌های خام رقومی حاصل از چاه‌نگاری چاه به فرمت مناسب نرم‌افزار.

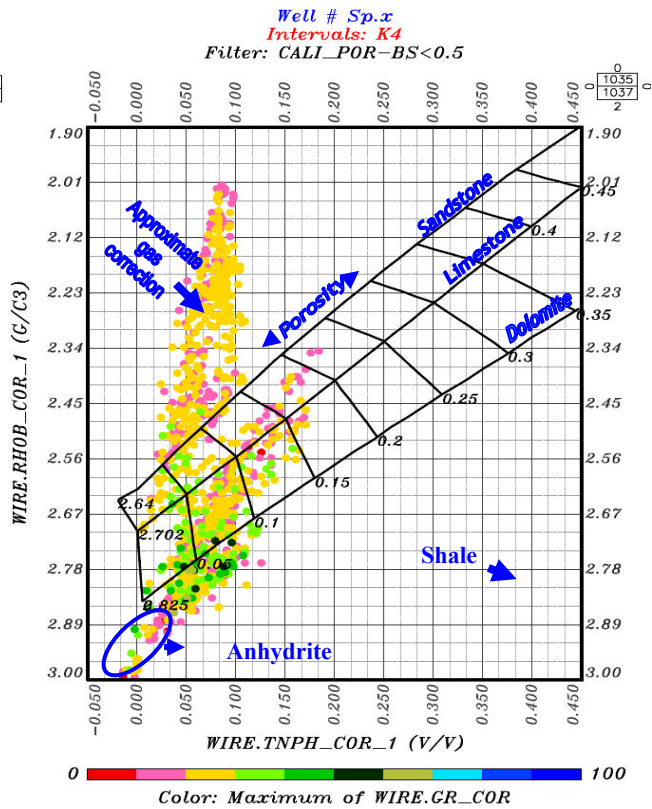
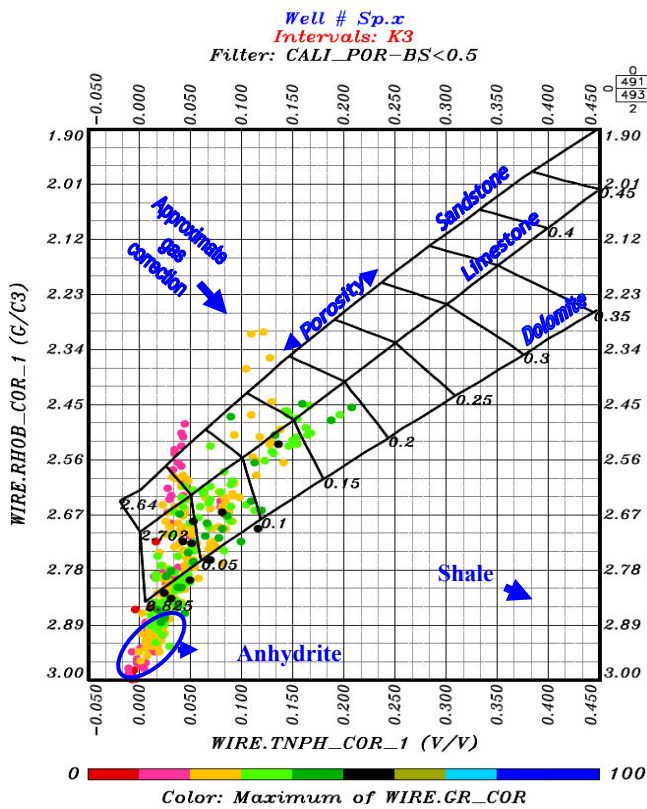
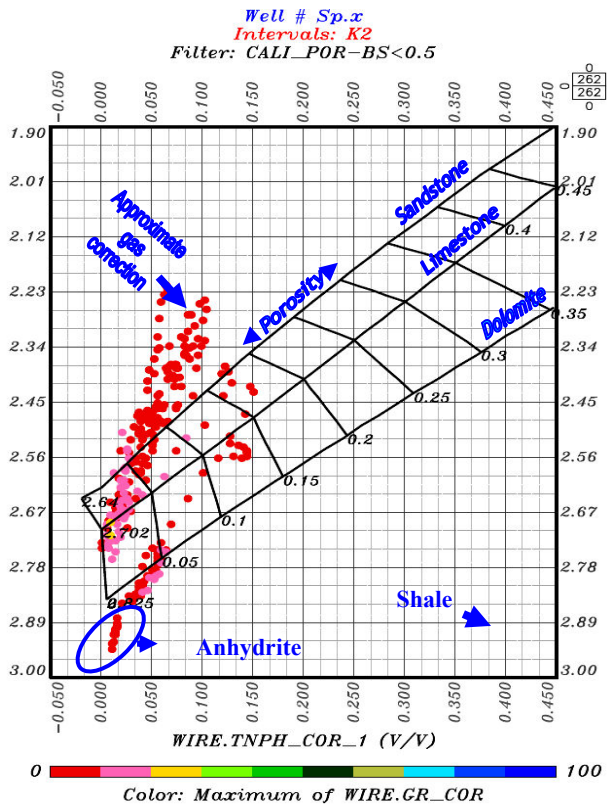
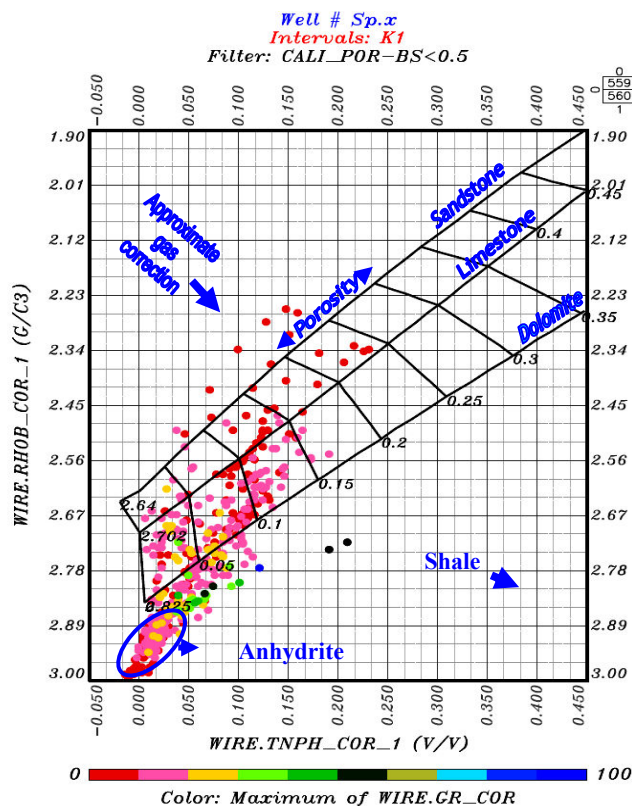
- اعمال تصحیحات مختلف روی داده‌های رقومی شده و بارگذاری آن‌ها در نرم‌افزار.

- انجام محاسبات پتروفیزیکی روی داده‌های تصحیح شده و کسب پارامترهای مختلف پتروفیزیکی تخمین زده شده توسط روش دستی و نرم‌افزار ژئولاگ.

- تعیین مقادیر دقیق حدود آستانه پارامترهای پتروفیزیکی به روش آنالیز حساسیت تعیین ضخامت زون تولید خاص و نسبت ضخامت زون تولید به زون ناخالص کل (Net to Gross) در چاه مورد مطالعه.

- در نهایت رسم ستون چینه‌شناسی براساس اطلاعات گرفته شده از نمودارهای چاه‌پیمایی.

Porosity and Lithology determination from RHOB and TNPH Cross plot



ب) کراس پلات نوترون- صوتی

در سازند دالان فوقانی K_3 و K_4 به علت حضور گاز نمونه‌ها پراکندگی نشان می‌دهند در اطراف نقاط کوارتز، کلسیت و دولومیت که این پراکندگی نقاط در بخش K_4 بیشتر دیده می‌شود و سبب شده است که لیتولوژی به طور دقیق مشخص نشود (نمودار ۲).

چارت $cp-2c$ مربوط به نمودار نوترون از تیپ TNPH و نمودار صوتی است. برای حل گرافیکی، کافی است DT (صوتی) در مقابل نوترون پلات شود. محل پلات شدن نقطه است که با توجه به فاصله نقطه از خطوط ماتریکس نشانگر درصد لیتولوژی است. نتایج بدست آمده از این کراس پلات تقریباً لیتولوژی و تخلخل‌های بدست آمده از روش قبلی را تأیید می‌کند.

د) تعیین لیتولوژی از طریق MID plot

برای تعیین لیتولوژی توسط MID plot باید ابتدا مقادیر ظاهری ماتریکس $(\rho_{ma})_a$ و $(tma)_a$ را بدست آورد (Clavier and Rust, 1976). برای مقادیر ماتریکس ظاهری $(\rho_{ma})_a$ از کراس پلات نوترون - چگالی شماره $(cp-14b)$ استفاده گردید و برای تعیین $(tma)_a$ از کراس پلات نوترون- صوتی شماره $(cp-12)$ استفاده گردید.

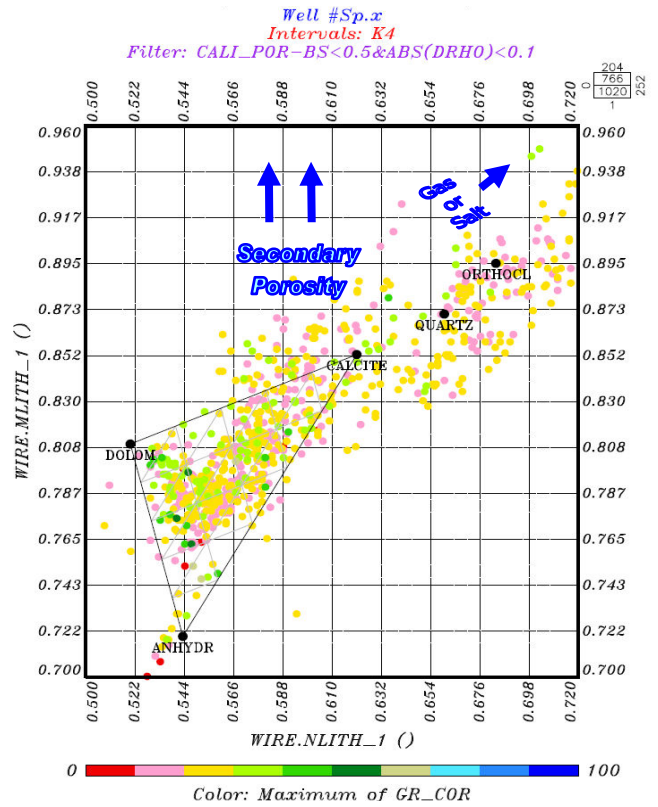
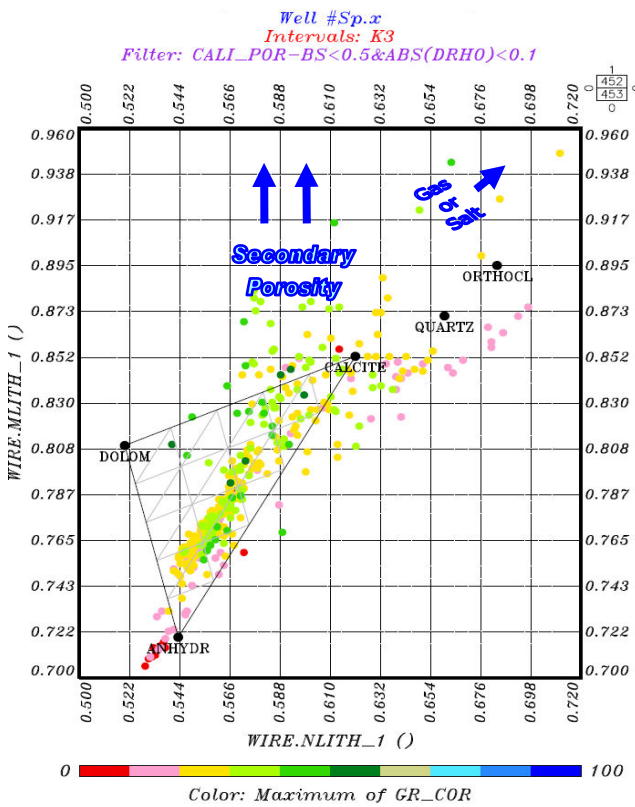
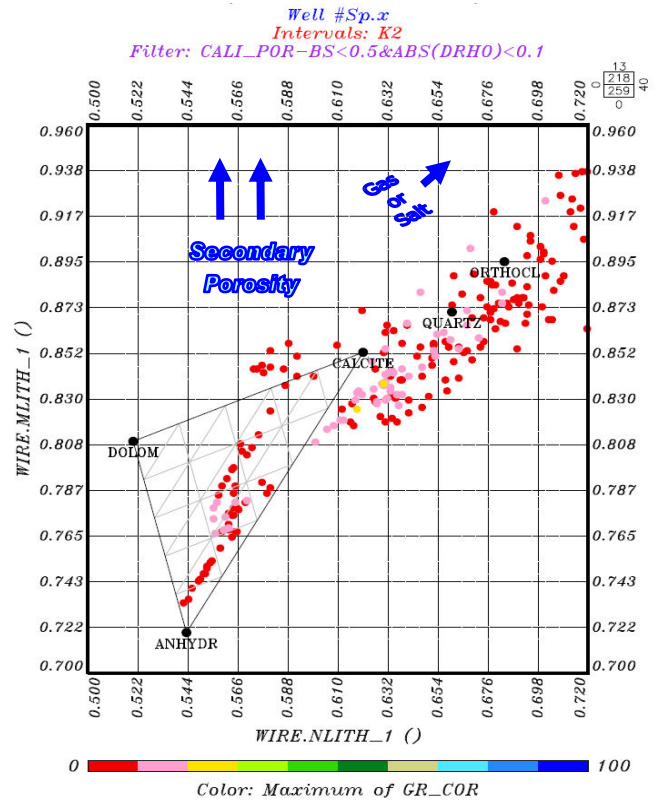
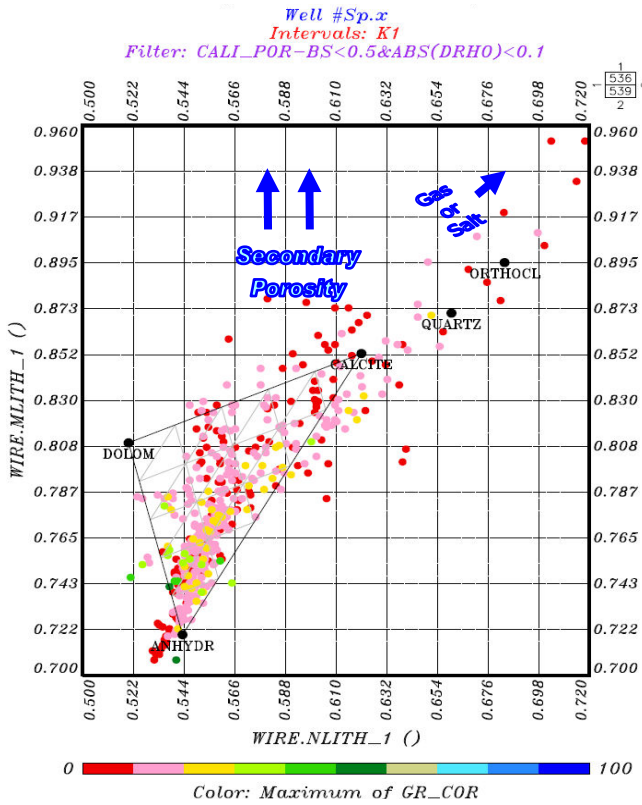
ج) تعیین لیتولوژی از طریق M-N Plot

این کراس پلات در تعیین لیتولوژی با استفاده از سه لاگ تخلخل به کار می‌رود. در واقع این کراس پلات برای حذف اثر تخلخل و به دست آوردن ترکیب کانی شناسی سه تایی به کار می‌رود. در این کراس پلات M و N در مقابل هم رسم شده‌اند. M و N طبق روابط بورک (Burke et al., 1969) بدست می‌آید. یکی از بهترین کاربردهای این پلات مشخص کردن تخلخل ثانویه است. زیرا تخلخل ثانویه M را تغییر می‌دهد، ولی بر N بی‌اثر است. در کراس پلات M-N زمانی که نقاط در بالای خط کلسیت، دولومیت پلات شدند و سازند فاقد گاز باشد، بیان کننده تخلخل ثانویه هستند.

در سازندهای کنگان و دالان فوقانی مقادیر ظاهری ماتریکس $(\rho_{ma})_a$ در حدود ۲/۷۰ تا ۲/۸۷ گرم بر سانتی متر مکعب بدست آمد و مقادیر ظاهری $(tma)_a$ در محدوده ۴۵ تا ۵۵ میکرو ثانیه بر فوت واقع شد که بیان کننده سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی و دولومیت است. همچنین مقادیر ظاهری ماتریکس $(\rho_{ma})_a$ در برخی از نقاط سازندهای کنگان و دالان فوقانی در محدوده ۲/۸۷ تا ۳ گرم بر سانتی متر مکعب و مقادیر ظاهری $(tma)_a$ در سازند دالان فوقانی در محدوده ۵۰ تا ۵۱ میکرو ثانیه بر فوت پلات گردید که تخلخل نزدیک به صفر دارند بیان کننده انیدریت است. نمودار ۲ مقادیر بدست آمده $(\rho_{ma})_a$ در مقابل $(tma)_a$ را نشان می‌دهد.

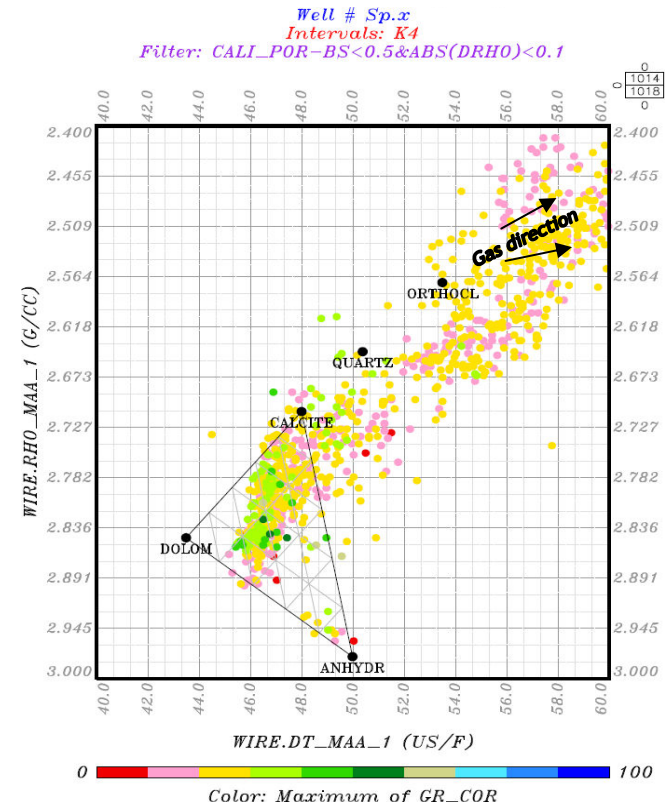
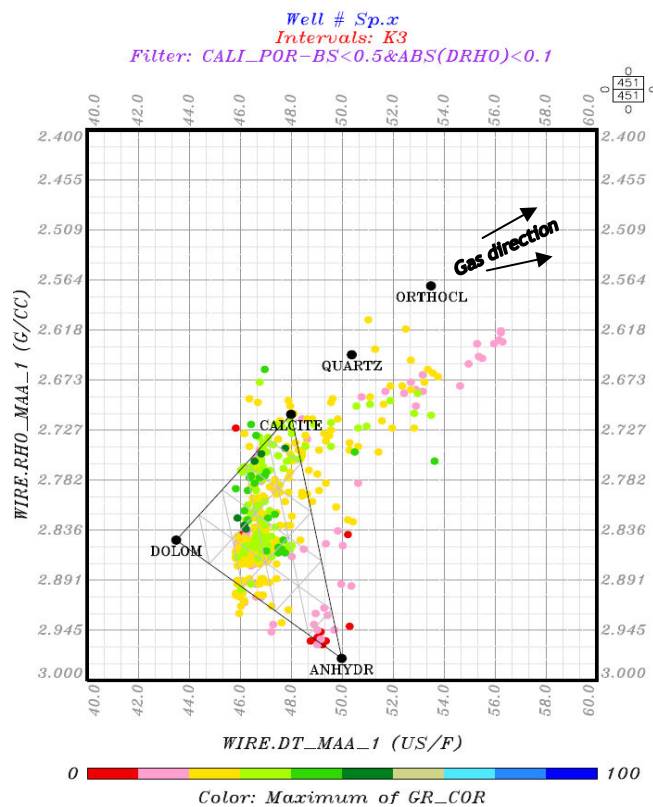
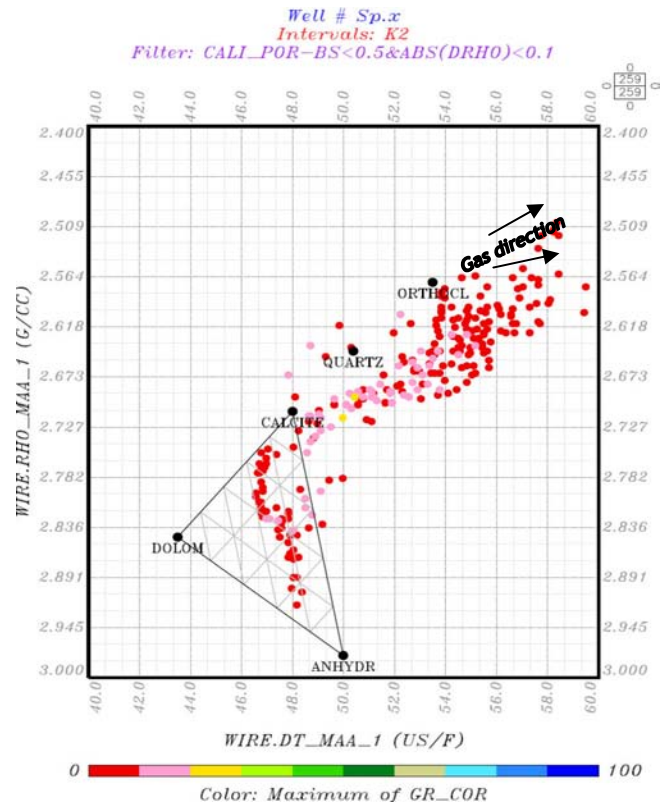
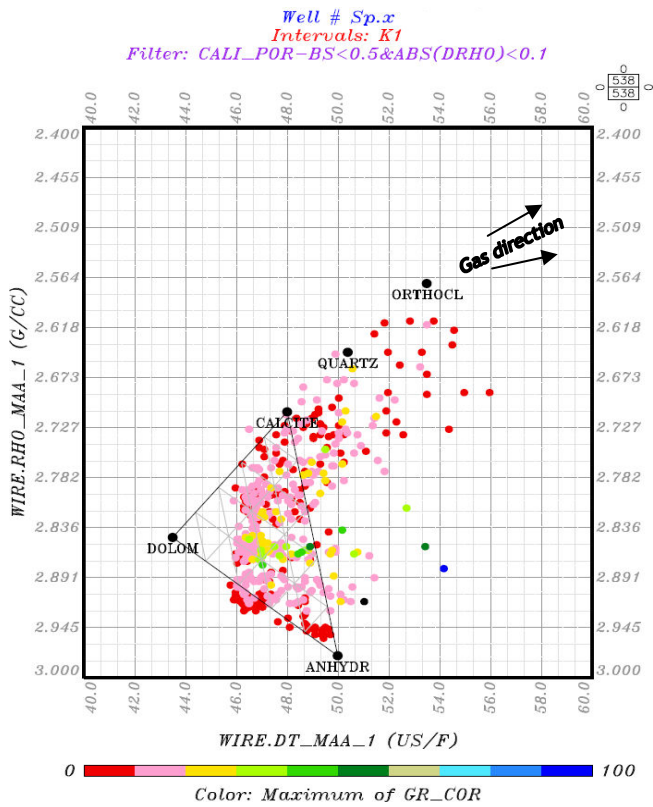
در سازند کنگان K_1 و K_2 نمونه‌ها در بالای نقطه کلسیت و دولومیت (شمال شرق کراس پلات) قرار دارند که نشان دهنده حضور گاز در این سازند است که این تمایل نقاط در بخش K_2 بیشتر دیده می‌شود. همچنین برخی نمونه‌ها در اطراف نقطه انیدریت تمرکز دارند (نمودار ۲).

M-N Plot for Mineral identification



نمودار ۲ - تعیین لیتولوژی از طریق M-N Plot سازندهای کنگان K₁ - K₂ و دالان فوقانی K₃ - K₄

Matrix Identification (MID) Plot



نمودار ۳ - تعیین لیتولوژی از طریق MID Plot سازندهای کنگان K₁-K₂ و دالان فوقانی K₃-K₄

محاسبه حجم شیل

| نام سازند | زیر بخش | فاصله عمقی (m) | متوسط حجم شیل |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| کنگان | K ₁ | ۲۷۸۵-۲۸۹۲ | ۱۰ |
| | K ₂ | ۲۸۹۲-۲۹۹۳ | ۱ |
| دالان فوقانی | K ₃ | ۲۹۳۵-۳۰۵۹ | ۸ |
| | K ₄ | ۳۰۵۹-۳۲۲۵ | ۴ |

جدول ۳- محاسبه متوسط حجم شیل برحسب درصد در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

محاسبه تخلخل

تخلخل یکی از خصوصیات مهم سنگ های مخزنی است. تخلخل را هم با استفاده از آنالیز، لاگ و کراس پلات ها وهم با استفاده از آنالیز مغزه بدست می آید. از لاگ های نوترون، چگالی و صوتی برای محاسبه تخلخل استفاده شده است. به طور کلی حداقل دو لاگ لازم است تا بتوان برآوردی از لیتولوژی انجام داد. کراس پلات های مختلف شامل نوترون- چگالی، نوترون - صوتی و چگالی- صوتی علاوه بر تعیین تخلخل برای تعیین لیتولوژی نیز کاربرد دارند. تعیین تخلخل بدون داشتن اطلاعاتی از لیتولوژی دقیق نیست (Hearst et al., 2000). یکی از مهمترین اهداف آنالیزه لاگ ها، تعیین کسری از فضای خالی است که توسط هیدروکربن پر شده است طبق تعریف اشباع شدگی برابر نسبت حجم فضاهای خالی اشباع از سیال (V_w و V_h) به حجم کل فضاهای خالی (V_t) است. واژه اشباع شدگی را می توان برای آب (S_w) و هیدروکربن (S_h) به کاربرد. در این مبحث ابتدا تخلخل ها را برای چاه مورد نظر بررسی کرده (سازند های کنگان و دالان فوقانی) و سپس بر روی هر کدام از تخلخل های محاسبه شده تصحیح شیل را اعمال می شود.

حجم شیل در یک مخزن نقش مهمی در خواص مخزن دارد. شیل می تواند تغییرات زیادی در مخازن ایجاد کند. برای محاسبه حجم شیل بطور معمول از GR و CGR استفاده می شود. حجم شیل محاسبه شده از هر کدام از این روش ها با یکدیگر متفاوت است. مقدار شیل محاسبه شده از GR بیشتر از CGR است. چون در این روش علاوه بر توریم و پتاسیم (Th و K) که توسط CGR ثبت می شود، کانی اورانیوم (u) نیز ثبت می گردد (Adams and Weaver, 1985).

به دلیل عدم وجود نمودار CGR قرائت های مقادیر ماکزیمم و مینیمم از نمودار GR در سازند کنگان و دالان فوقانی در محل هایی که فاقد ریختگی دیواره چاه است استفاده شد (جدول ۲).

| نام سازند | عمق (متر) min | عمق (متر) max | CGR(API) min | CGR(API) max |
|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| کنگان | ۲۸۸۸/۱۸ | ۲۷۹۹/۷۲ | ۲/۵۱۶ | ۱۰۷/۶۵۰ |
| دالان فوقانی | ۳۰۵۳/۲۱ | ۳۱۷۴/۶۲ | ۷/۰۳۴ | ۵۶/۵۱۸ |

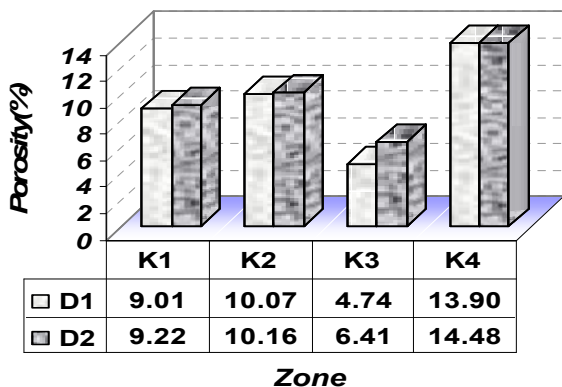
جدول ۲- مقادیر ماکزیمم و مینیمم GR در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

با توجه به اینکه فراوانی حجم شیل در مخازن سبب کاهش خواص مخزنی می شود از حجم شیل بسیار کم در سازندهای کنگان و دالان فوقانی نمی توان بعنوان یک عامل مؤثر منفی در تغییر خواص مخزنی چاه Sp.x یاد کرد.

با توجه به عدم وجود نمودارهای CGR، Th، U و K در چاه Sp.x نوع کانی های رسی در سازندهای کنگان و دالان فوقانی با توجه به مطالعات قبلی میدان پارس جنوبی ایلیت در نظر گرفته شد.

حاصلضرب حجم شیل و تخلخل ظاهری شیل از تخلخل محاسبه شده، تخلخل تصحیح شده شیل برای نمودار چگالی بدست می آید (Schlumberger, 1989) (نمودار ۵).

D₁: تخلخل چگالی قبل از تصحیح شیل
D₂: تخلخل چگالی بعد از تصحیح شیل



نمودار ۵- مقایسه متوسط تخلخل چگالی قبل و بعد از تصحیح شیل در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

ج) محاسبه تخلخل از طریق نمودار صوتی

در این روش، ابتدا پارامترهای لاگ مربوط به لایه شیلی تعیین می شود. سپس تخلخل ظاهری آن لایه شیلی با توجه به لاگ صوتی، محاسبه می شود. حجم شیل با استفاده از روش مناسب در این زمینه محاسبه می شود. سپس محاسبه تخلخل برای هر نقطه اطلاعاتی با استفاده از معادله ساده موجود، انجام می گیرد و در نهایت از کم کردن حاصلضرب حجم شیل و تخلخل ظاهری شیل از تخلخل محاسبه شده، تخلخل تصحیح شده شیل برای لاگ صوتی بدست می آید. لایه های شیل در مخازن سبب افزایش مقدار Δt و در نهایت افزایش تخلخل صوتی محاسبه شده گردیده و برآورد نادرستی از تخلخل صوتی می شود (Rider, 1986). به علت حجم کم شیل در سازندهای کنگان و دالان فوقانی اختلاف تخلخل صوتی قبل و بعد از تصحیح شیل نسبتاً کم است (نمودار ۶).

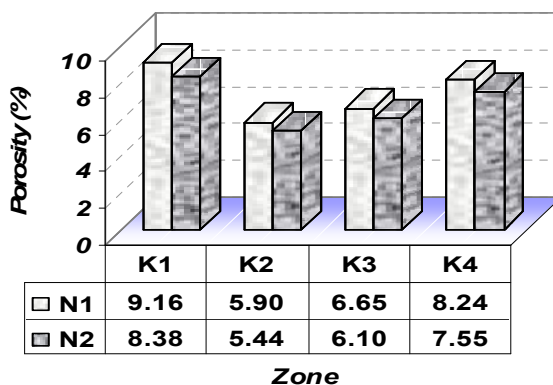
الف) محاسبه تخلخل از طریق نمودار نوترون

از چارت por-14c شلمبرژه برای تصحیح نمودار نوترون استفاده گردید.

شیل ها به علت داشتن کانی های رسی فراوان که جذب کننده آب هستند، اندیس هیدروژن بالایی دارند و گازها به علت تراکم کم نسبت به آب و نفت دارای اندیس هیدروژن پایین هستند و باعث قرائت های غیرواقعی در نمودار نوترون می گردند (Gaynard & Poupon, 1968).

همانطور که در نمودار ۴ مشاهده می شود اختلاف بین تخلخل قبل و بعد از تصحیح شیل در سازندهای کنگان و دالان فوقانی کم است که خود بیانگر حجم پایین شیل است.

N₁: تخلخل نوترون قبل از تصحیح شیل
N₂: تخلخل نوترون بعد از تصحیح شیل

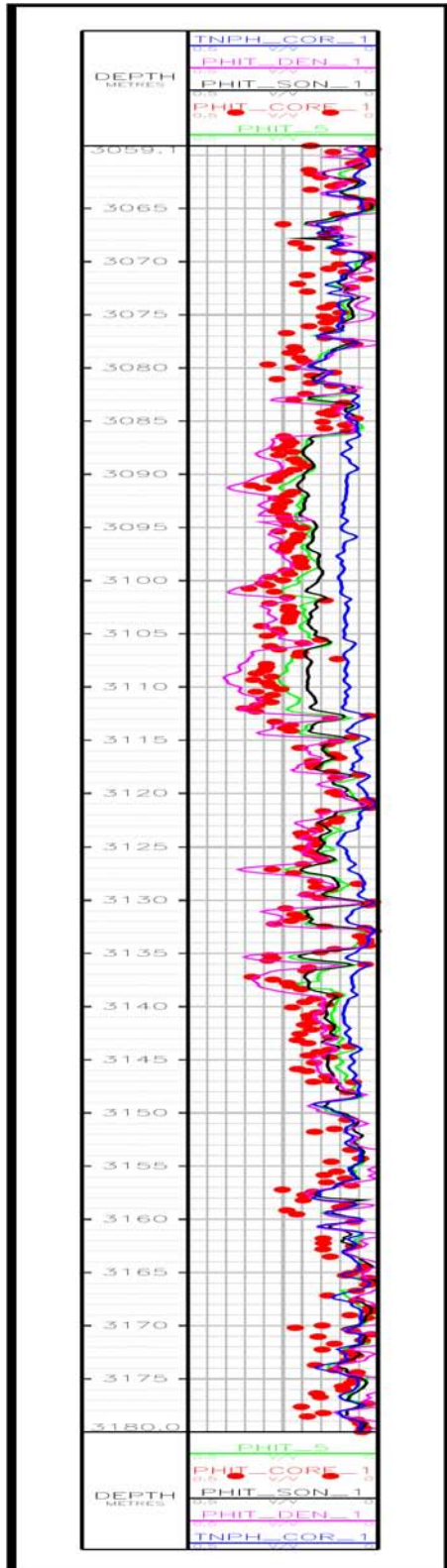


نمودار ۶- مقایسه متوسط تخلخل نوترون قبل و بعد از تصحیح شیل در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

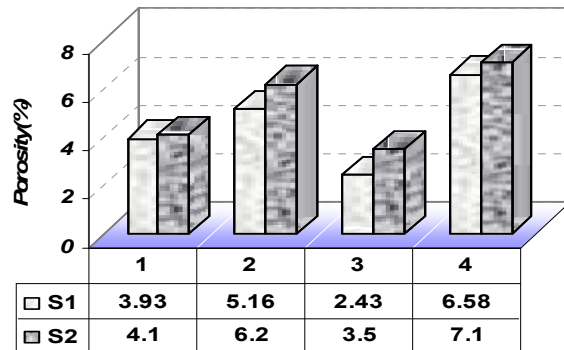
ب) محاسبه تخلخل از طریق نمودار چگالی

در این روش، ابتدا پارامترهای لاگ مربوط به لایه شیلی تعیین می شود. سپس تخلخل ظاهری آن لایه شیلی با توجه به لاگ چگالی، محاسبه می شود. حجم شیل با استفاده از روش مناسب در این زمینه، مثل روش پرتوگاما (GR)، نیز محاسبه می شود. بعد از آن، محاسبه تخلخل برای هر نقطه اطلاعاتی با استفاده از معادله ساده ای، انجام می گیرد و در نهایت از کم کردن

بین نمودار های تخلخل نسبت به مغزه، نمودار چگالی از بقیه نمودار ها بهتر با مغزه هم خوانی دارد و بعد از آن نمودار صوتی و در نهایت نمودار نوترون است (نمودار ۷).



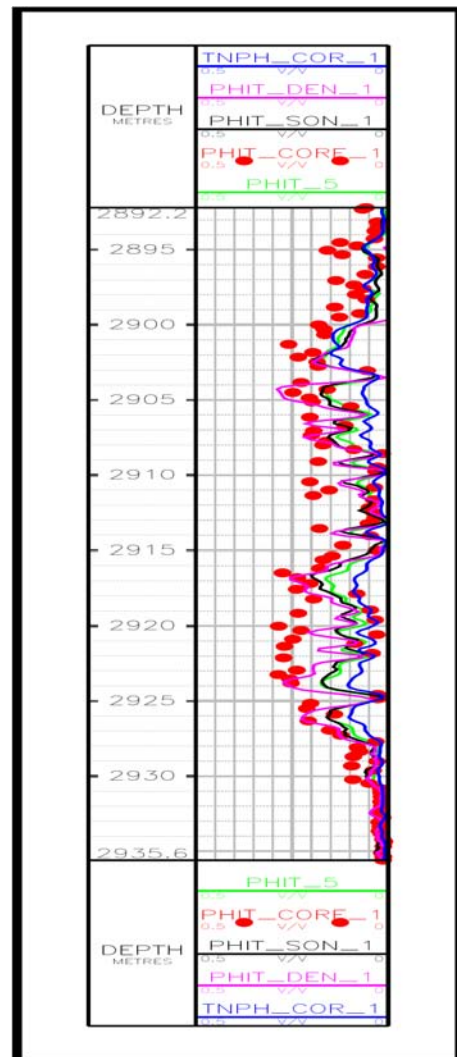
S₁: تخلخل صوتی قبل از تصحیح شیل
S₂: تخلخل صوتی بعد از تصحیح شیل



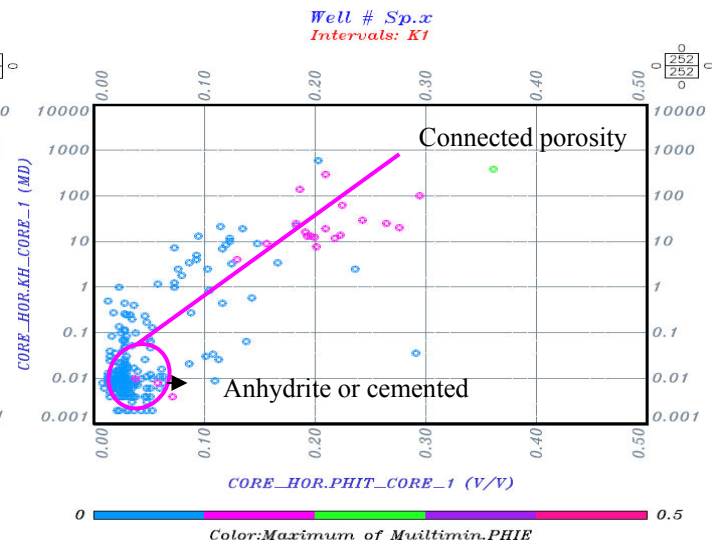
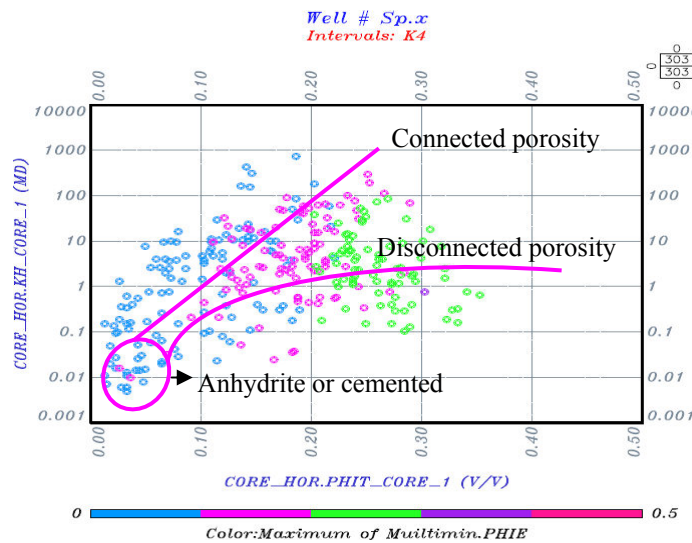
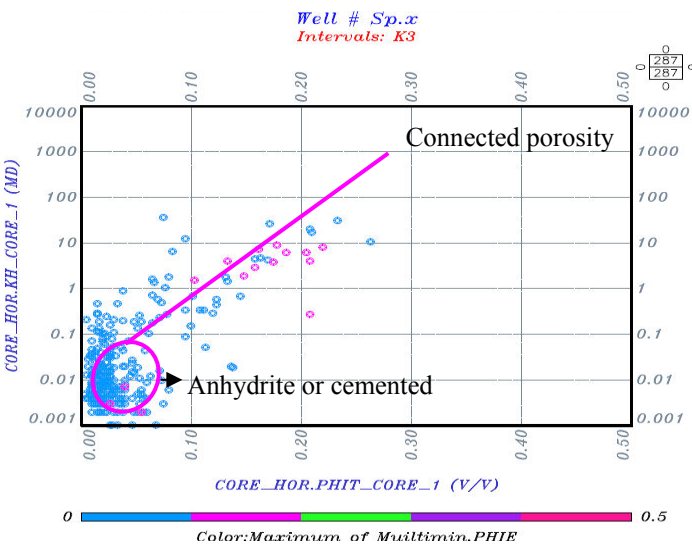
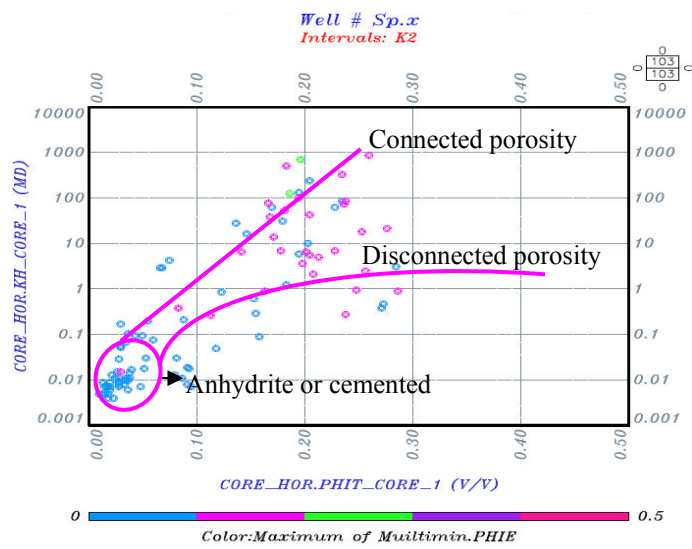
Zone

نمودار ۶- مقایسه متوسط تخلخل صوتی قبل و بعد از تصحیح شیل در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

مقایسه نمودارهای تخلخل (نوترون، چگالی و صوتی) با مغزه

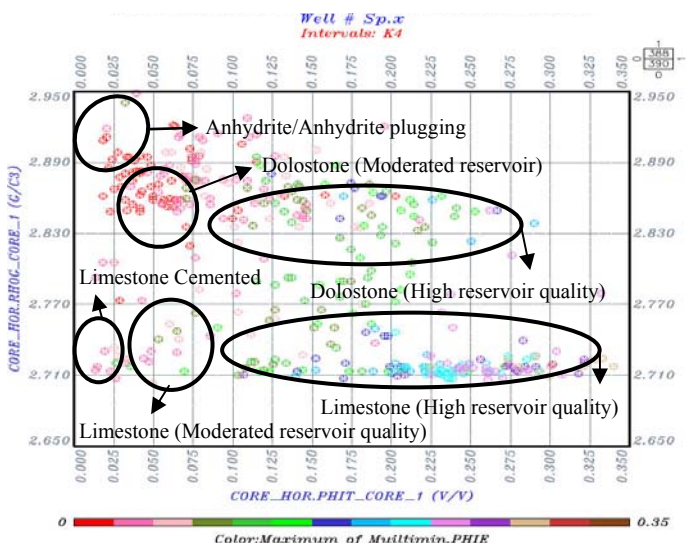
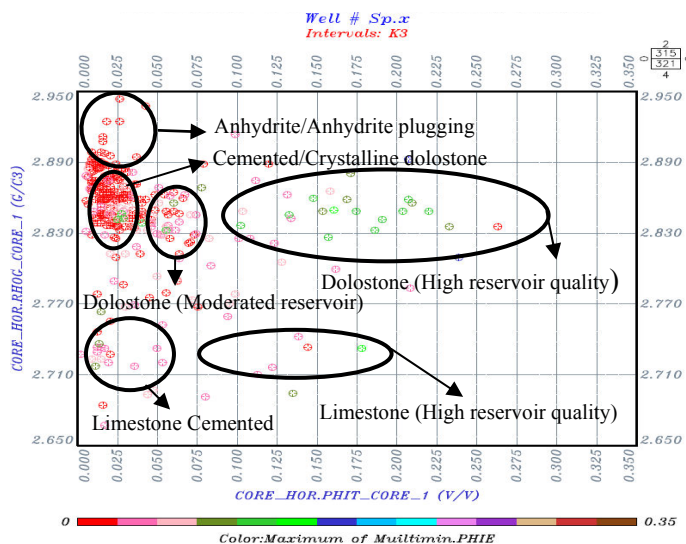
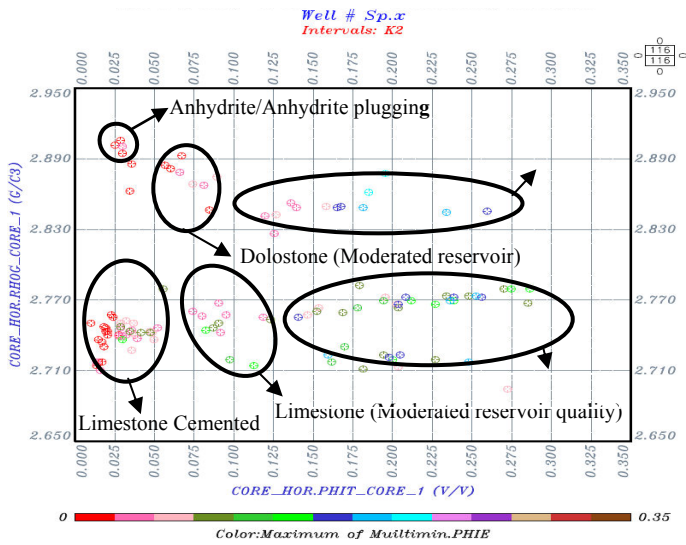


کراس پلات Core porosity / Core permeability



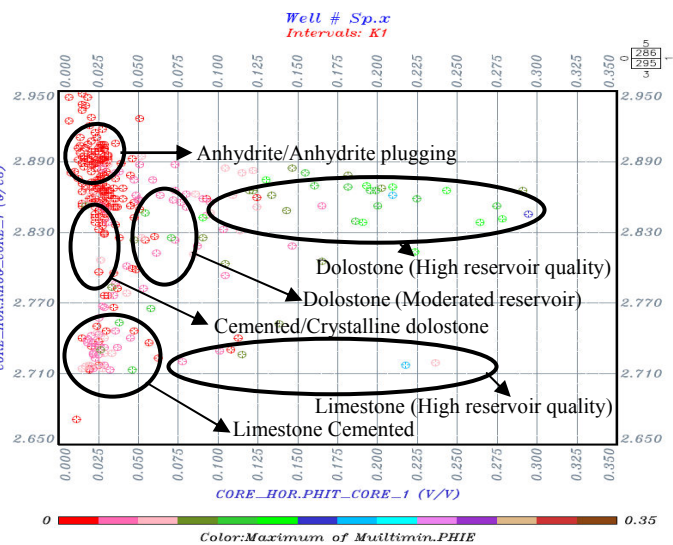
در نمودار فوق تجمع نمونه هایی که دارای تخلخل نزدیک به صفر و تراوایی زیر ۰/۱ میلی داری هستند نشان دهنده حضور انیدریت در بخش (K_1) از سازند کنگان است. در نمونه هایی که با افزایش تخلخل، تراوایی افزایش پیدا می کند، نشان دهنده تخلخل های مرتبط (connected porosity) است و نمونه هایی که در ابتدا تخلخل و تراوایی افزایش پیدا کرده و سپس با افزایش تخلخل، تراوایی روند ثابتی را حفظ می کند، نشان دهنده تخلخل های جدا افتاده (disconnected porosity) مانند تخلخل های قالبی (Mouldic porosity) هستند. در ضمن نمونه هایی که دارای تخلخل ثابت و تراوایی افزایش یافته هستند، وجود تخلخل های کانالی و یاریز شکستگی ها را نشان می دهند (نمودار ۸).

نمودار ۸- تخلخل و تراوایی بدست آمده از مغزه جهت شناسایی نوع تخلخل موجود در سازندهای کنگان K_1-K_2 و دالان فوقانی K_3-K_4



در کراس پلات های فوق تجمع نمونه های که دارای تخلخل نزدیک به صفر و وزن مخصوص ۲/۷۷-۲/۷۱ گرم بر سانتیمتر مکعب هستند، نشان دهنده سنگ آهک متراکم و یا سیمانی و تجمع نمونه های که دارای تخلخل بین ۱۰-۵ و ۲۵-۱۰ درصد هستند نشان دهنده سنگ آهک با کیفیت مخزنی متوسط تا خوب است.

تجمع نمونه های که دارای تخلخل نزدیک به صفر و وزن مخصوص ۲/۸۴-۲/۸۷ گرم بر سانتیمتر مکعب هستند، نشان دهنده دولومیت متراکم و یا سیمانی و تجمع نمونه های که دارای تخلخل بین ۱۰-۵ و ۲۵-۱۰ درصد هستند نشان دهنده دولومیت با کیفیت مخزنی متوسط تا خوب است. تجمع نمونه های که دارای تخلخل نزدیک به صفر و وزن مخصوص ۲/۹-۲/۹۵ گرم بر سانتیمتر مکعب هستند، نشان دهنده انیدریت است (نمودار ۹).

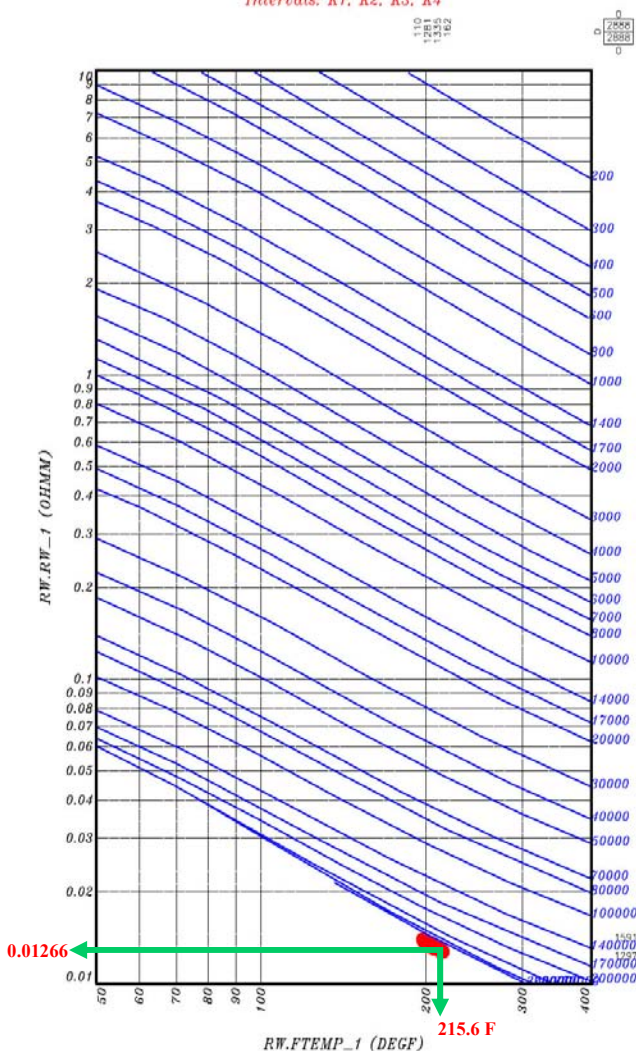


نمودار ۹ - تخلخل و وزن مخصوص بدست آمده از مغزه جهت شناسایی کیفیت مخزنی در سازندهای کنگان K₁-K₂ و دالان فوقانی K₃-K₄

تعیین مقاومت آب سازندی

برای تعیین مقاومت آب سازندی در این مطالعه از روش زیر استفاده شده است. با داشتن میزان شوری آب سازند که در سر برگ لاگ برابر با ۲۹۰۰۰۰ ppm و دمای ته چاه که برابر با ۲۱۵/۶ درجه سانتی گراد است و بکار بردن مقادیر فوق در چارت Gen-9 شلمبرژر مقاومت آب سازندی در چاه Sp.x برابر با ۰/۰۱۲۶۶ اهم - متر بدست آمد (نمودار ۱۰).

RW.RW vs. RW.FTEMP Crossplot
Well # Sp.x
Intervals: K1, K2, K3, K4



نمودار ۱۰- محاسبه Rw بوسیله چارت Gen-9 شلمبرژه

محاسبه اشباع آب

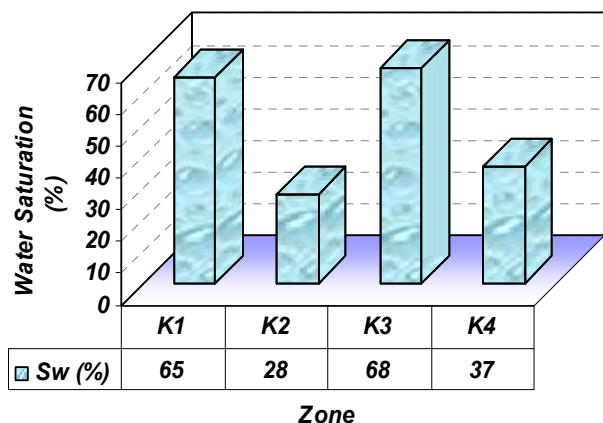
برای محاسبه اشباع آب از معادله Dualwater

$$C_t = \phi_T^m S_{wT}^n \left[C_{fw} + \frac{\alpha v_d Q_v}{S_{wT}} (C_{bw} - C_{fw}) \right]$$

استفاده گردید :

در این روش اشباع آب توسط نرم افزار ژنولاگ محاسبات گردید و نمودار آن ترسیم گردیده است.

توسط اشباع آب بدست آمده در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۱۱).



نمودار ۱۱- مقایسه میانگین اشباع شدگی آب در بخش های کنگان و دالان فوقانی

با توجه به میانگین اشباع آب بدست آمده از سازندهای کنگان و دالان فوقانی در بخش های K4, K2 اشباع آب زیر ۴۰٪ و K1, K3 اشباع آب بیش از ۵۰٪ است. از نظر اشباع آب بخش های K4 و K2 دارای کیفیت مخزنی بهتری نسبت به بخش های K1 و K3 هستند.

ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان فوقانی

| سیال سازند | نوع سنگ | درصد تخلخل | اشباع آب | حجم شیل |
|------------|---------|------------|----------|---------|
| گاز | نامرغوب | ۲-۵-۴/۵ | ۰-٪۵۰ | ٪۳۰ > |
| | مرغوب | ۴/۵ > | ۰-٪۲۵ | ٪۳۰ > |

جدول ۴- پارامترهای پتروفیزیکی ثابت در ارزیابی سازندها

Cutoff details

| | | |
|------------|--------------|-----|
| PHIE | ≥ 0.022 | V/V |
| SWE | ≤ 0.55 | V/V |
| VOL-ILLITE | ≤ 0.3 | V/V |

Lumping details

| | | |
|-------------------------------|-----|--------|
| Standalone Minimum Thickness: | 1.5 | METRES |
| Include Minimum Thickness: | 0.5 | METRES |
| Maximum Separation: | 1 | METRES |

.Separations are not included

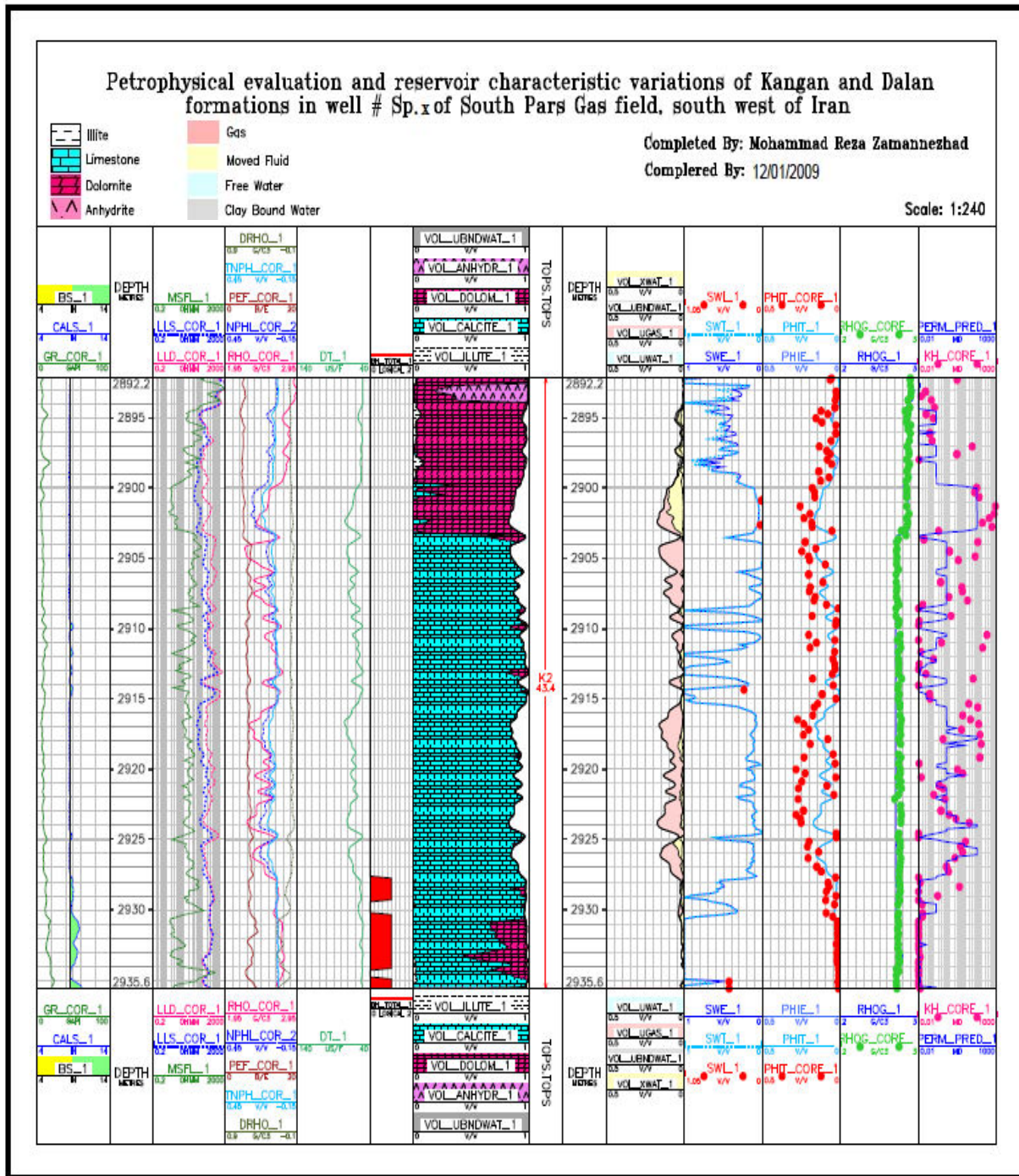
.Missings are included in GROSS

.Frame values centralized on frame depth

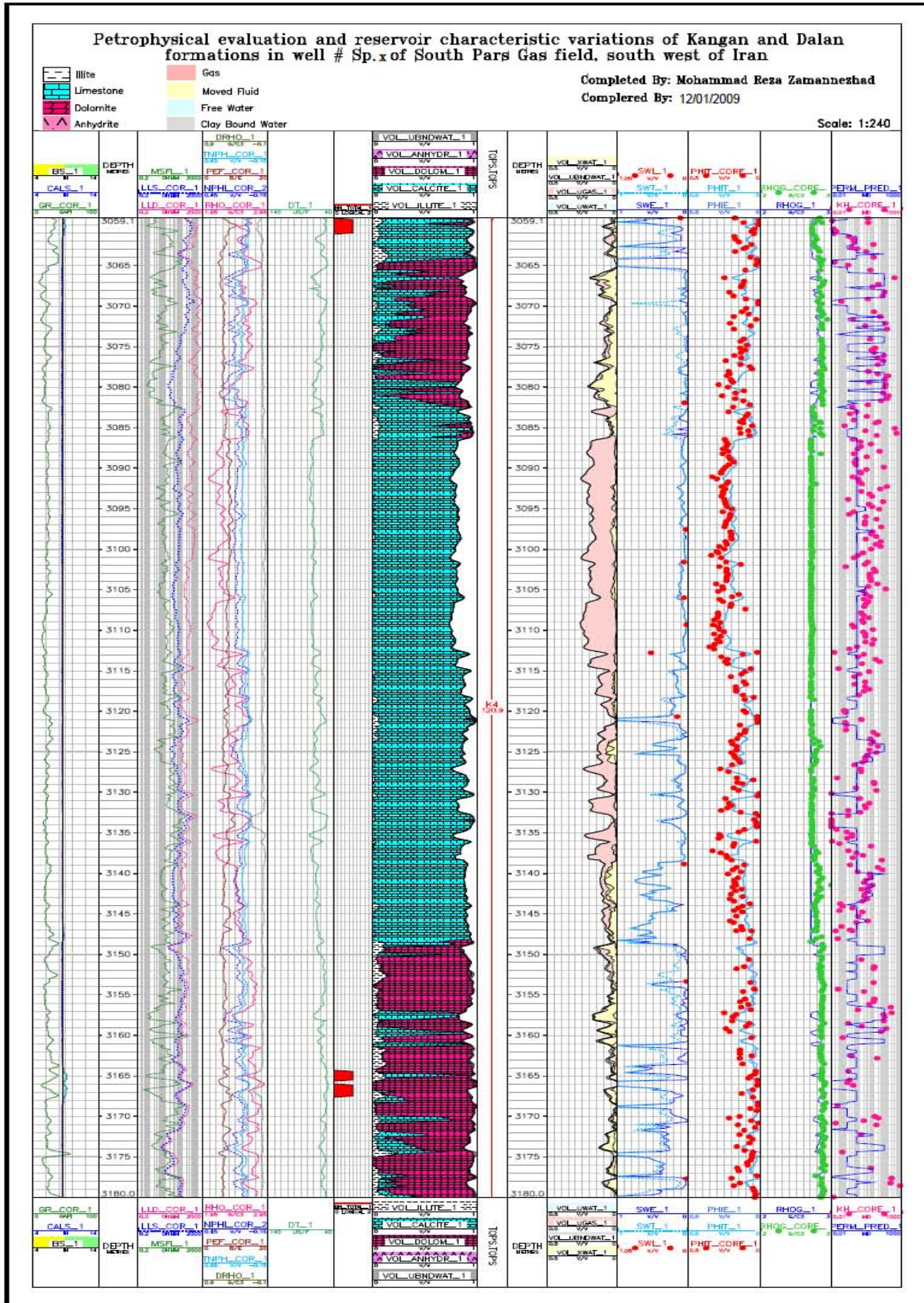
زون تولیدی خالص (Net Pay Section) شاخص مهمی در بررسی کیفیت مخزن به شما می‌رود. این ضخامت در واقع بخشی از مخزن هیدروکربور را شامل می‌شود که شرایط مخزنی و پتروفیزیکی قابل قبولی داشته باشد. چنانچه کل ضخامت سازند از بالا تا قاعده آن را زون ناخالص کل (Gross Section) در نظر گرفته شود، بخش‌های هیدروکربوردار سازند، منهای بخش‌های شیلی را زون تولیدی به حساب می‌آورند که از بالای سازند تا مرز آب - نفت ادامه دارد. محدوده زون تولیدی را در هر فاصله به کمک حد آستانه‌ها یا همان Cut Off در نظر گرفته شده برای پارامترهای مهم مخزنی یعنی تخلخل، اشباع آب و حجم شیل مشخص می‌کنند.

| Interval | DEPTH | GROSS | NET | NET/GROSS | PHIEH | HVOLH | PHIE_AV | SWE_AV | SH_AV | VOL_ILLITE |
|----------------------|----------------------|---------|---------|-----------|--------|--------|---------|--------|-------|------------|
| METRES | METRES | METRES | METRES | M/M | (V/V) | (V/V) | (V/V) | (V/V) | (V/V) | (V/V) |
| K₁ | 2785.567 to 2892.095 | 106.604 | 28.651 | 0.269 | 2.478 | 2.068 | 0.086 | 0.166 | 0.834 | 0.036 |
| K₂ | 2892.247 to 2935.529 | 43.434 | 28.499 | 0.656 | 2.672 | 2.340 | 0.094 | 0.124 | 0.876 | 0.004 |
| K₃ | 2935.681 to 3058.973 | 123.444 | 18.288 | 0.148 | 1.370 | 1.213 | 0.075 | 0.115 | 0.885 | 0.079 |
| K₄ | 3059.125 to 3224.936 | 165.887 | 111.557 | 0.672 | 13.122 | 11.768 | 0.118 | 0.103 | 0.897 | 0.027 |
| Well Sp.x | 2785.567 to 3224.936 | 439.369 | 186.995 | 0.426 | 19.642 | 17.389 | 0.105 | 0.115 | 0.885 | 0.030 |

جدول ۵- نتایج ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان فوقانی



نمودار ۱۲- تفکیک بخش هایی منخرنی سازند کنگان K₂ با استفاده از نمودارهای تخلخل و اشباع آب چاه Sp.x



نمودار ۱۳- تفکیک بخش های مخزنی سازند دالان فوقانی K₄ با استفاده از ، نمودارهای تخلخل و اشباع آب چاه Sp.x

نتیجه گیری

درصد اشباع آب پایین دارای پتانسیل مخزنی بالاتری نسبت به بخش K_1 است.

ج) سازند دالان فوقانی بخش K_3

بررسی لیتولوژی نشان می دهد سازند دالان فوقانی بخش K_3 از سنگ آهک دولومیتی، دولومیت تا دولومیت آهکی همراه با کمی انیدریت و درصد متغیری شیل تشکیل یافته است. محاسبات انجام شده بر روی حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید نشان می دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید به ترتیب برابر با $7/9$ ، $7/5$ و $11/5$ درصد است. ارزیابی انجام شده نشان می دهد، نسبت NET/GROSS در این بخش برابر با $0/148$ است. در نتیجه، سازند دالان فوقانی بخش K_3 به علت درصد حجم شیل بالا، درصد تخلخل پایین و درصد اشباع آب بالا باعث کاهش کیفیت مخزنی شده است.

د) سازند دالان فوقانی بخش K_4

بررسی لیتولوژی نشان می دهد سازند دالان فوقانی بخش K_4 شامل سنگ آهک تا سنگ آهک دولومیتی، دولومیت تا دولومیت آهکی و انیدریت همراه با کمی شیل تشکیل یافته است. محاسبات انجام شده بر روی حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید نشان می دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید به ترتیب برابر با $2/7$ ، $11/8$ و $10/3$ درصد است. اشباع آب در بخش K_4 با افزایش عمق، افزایش می یابد. ارزیابی انجام شده نشان می دهد، نسبت NET/GROSS در این بخش برابر با $0/672$ است. در نتیجه، سازند دالان فوقانی بخش K_4 به علت درصد حجم شیل پایین، درصد تخلخل بالا و درصد اشباع آب پایین دارای بهترین پتانسیل مخزنی نسبت به بخش K_3 است.

نتایج حاصله از ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان فوقانی در بخش های K_1, K_2, K_3 و K_4 براساس لیتولوژی، حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید به شرح زیر است:

الف) سازند کنگان بخش K_1

بررسی لیتولوژی نشان می دهد بخش K_1 از انیدریت، دولومیت تا دولومیت آهکی، سنگ آهک دولومیتی همراه با درصد متغیری شیل تشکیل یافته است. محاسبات انجام شده بر روی حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید نشان می دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید به ترتیب برابر با $3/6$ ، $8/6$ و $16/6$ درصد است. ارزیابی انجام شده نشان می دهد، نسبت NET/GROSS در این بخش برابر با $0/269$ است.

در نتیجه، سازند کنگان بخش K_1 به علت حضور انیدریت، درصد حجم شیل بالا، درصد تخلخل پایین و درصد اشباع آب بالا باعث کاهش کیفیت مخزنی شده است.

ب) سازند کنگان بخش K_2

بررسی لیتولوژی نشان می دهد بخش K_2 شامل سنگ آهک تا سنگ آهک دولومیتی، دولومیت همراه با کمی انیدریت و شیل است. محاسبات انجام شده بر روی حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید نشان می دهند، میانگین درصد حجم شیل، تخلخل مفید و اشباع آب مفید به ترتیب برابر با $0/4$ ، $9/4$ و $12/4$ درصد است. ارزیابی انجام شده نشان می دهد، نسبت NET/GROSS در این بخش برابر با $0/656$ است.

در نتیجه، سازند کنگان بخش K_2 به علت درصد حجم شیل پایین، درصد تخلخل بالا و

-Rider, M. H., 1986. The Geological Interpretation of well Logs, Hatsted press, A. Division of John Wiley and sons, New York, 175P.

-Schlumberger, 1989, Schlumberger Log Interpretation Charts, Houston, Texas.

منابع

- رضایی، م. و چهارزی، ع. ، ۱۳۸۵، اصول برداشت و تفسیر نگارهای چاه پیمایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۹۹ ص .

-Al-Hosseini.M.I, 2000, Origin of the Arabian Plate Structurees: Amar Collision and Najd Rift, Geo Arabia, Vol. 5, No. 4,pp. 527-542.

-Adams, J. A., and Weaver, C. E., 1985, Thorium ratios as indicator of sedimentary processes; Example of concept of geochemical facies, AAPG, Vol. 42.

-Burke, J. A., Schmidt, A. W., and Campbell, R.I., 1969, The litho-porosity cross plot, Log analyst, Vol.10, No.6, P.25.

-Clavier, C., and Rust, D.H., 1976, MID Plot: A new lithology technique, Log analyst, Vol. 17 No.6, P.16.

-Gaymard, R., and Poupon, A., 1968, Response Of Neutron And Formation Density Logs In Hydrocarbon Bearing Formation, The Log Analyst, Vol. 9, No. 5, pp. 3-12.

-Hearst, J. R., Nelson, P. H., And Paillet, F. L., 2000, Well Logging For Physical Properties, John Wiley & Sons, Ltd, Chilchester.

-Konert, G., Afif, A.M., AL-Hajari, S.A and Droste, H., 2001, Paleozoic stratigraphy and hudrocarbon habitat of the Arabian Plate. GeoArabia, Vol. 6, No. 3, pp.407-442.