

بررسی تأثیرات عوامل مختلف پتروفیزیکی بر خطاهای محاسباتی معادلات اشباع آب در سازندهای کنگان و دالان - چاه Sp.x - 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 کنگان و دالان فوقانی در حوضه هیدروکربوری زاگرس است. سازندهای کنگان و دالان فوقانی به گروه دهرم تعلق داشته و از مهمترین مخازن گازی در ناحیه خلیج فارس محسوب می شود. هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات عوامل مختلف پتروفیزیکی بر خطاهای محاسباتی معادلات اشباع آب در سازند کنگان و دالان - چاه Sp.x با استفاده از نمودارهای چاه پیمایی و مغزه است. ابتدا ارزیابی خواص پتروفیزیکی در چاه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات لاگ ها و مغزه انجام گرفت. سپس با استفاده از فرمول های اشباع آب، عوامل موجود در آن و محدوده تغییرات هر عامل تعیین گردید و سپس با داشتن مقدار متغیر، ستون متغیر (مقادیر متوالی هر عامل در محدوده تغییرات آن) تشکیل می گردد. با استفاده از ستون متغیر، مقادیر اشباع آب (ستون Sw) محاسبه می شود. مقادیر متوالی اشباع آب با همدیگر مقایسه و قدر مطلق اختلاف آنها بدست می آید (ستون تغییرات Sw). سپس با مقادیر هر کدام از عوامل و مقدار اشباع آب مربوط به آن (با استفاده از ستون متغیر و ستون تغییرات Sw)، نمودار خطا ترسیم می گردد. همچنین برای پی بردن به ارتباط بین هر عامل و مقدار اشباع آب، نمودار Sw (با استفاده از ستون متغیر و ستون Sw) نیز ترسیم می شود. در خاتمه نیز میانگین حداکثر و حداقل مقادیر خطاها در تمام معادلات محاسبه و نتایج مورد مقایسه قرار می گیرد.

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

Study of various petrophysical factors affected on water saturation equations calculation errors Kangan and Dalan formations in - well Sp.x - South Pars field

Dr. Bahram Movahed¹, Dr. Nader Kohansal-Ghadimvand² and Mohammad -Reza Zamannezhad³

Abstract

South Pars gas field, is one of the field in south west of Iran in the Zagros hydrocarbon basin and consist of two reservoirs, Kangan and Upper Dalan. Kangan and Dalan formations which belong to Dehram group are two of the most important gas reservoirs in the Persian Gulf area. The aim of this study is of various petrophysical factors affected on water saturation equations calculation errors Kangan and Dalan formations in-well Sp.x- South Pars field by using Core and wrie line logs. In first, evaluation characters petrophysical in the well

^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

about studying have been done with using from core and logs data. Then with using from water saturation formulas with, the factors of formulas and their numerical range were gained. With the quantity of the variable, the column of variable (consecutive quantities of each factor in its range) is formed. Then by using the column of the each variable, water saturation (the column of Sw) are calculated. Afterwards, the consecutive values of Sw are subtracted form each other and positive values of variation are gained (the column of variation in Sw). Then the chart of variation in Sw was plotted against each parameters and its variations (by use the column of variable and the column of variation in Sw). Also the chart of Sw was plotted for understanding the relation between different factor and water saturation. At last the average of error in all of the formulas was calculated and compared result.

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



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

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.

- بررسی فاکتورهای R_h ، F ، ϕ و m در فرمول‌های:

Archie و Dualwater

- مقایسه درصد اشباع آب محاسبه شده توسط

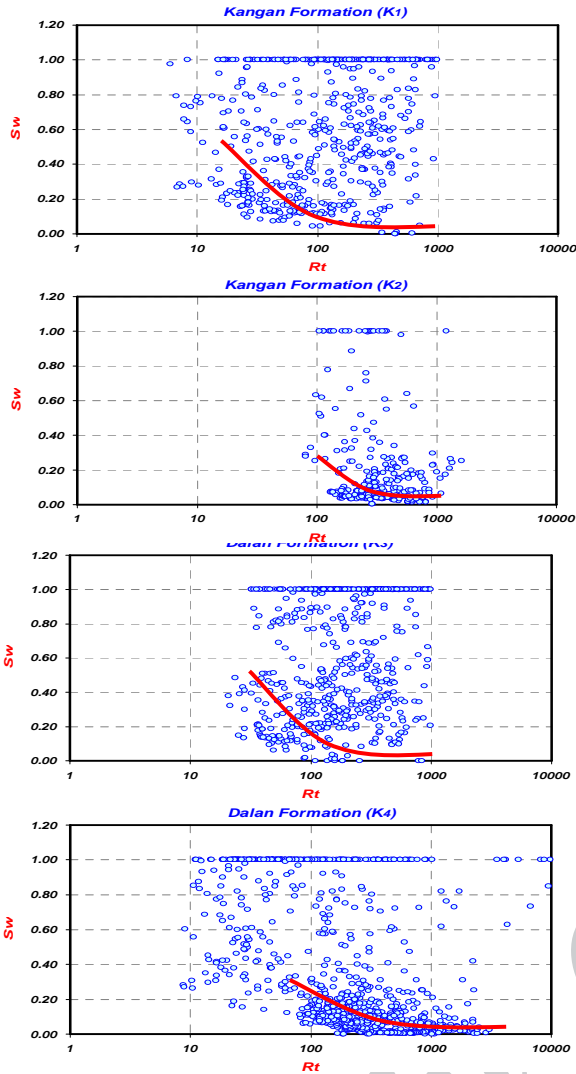
معادلات m در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

مقدمه:

میدان گازی پارس جنوبی، یکی از میدانی 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 زمین‌شناسی میدان پارس جنوبی که بخش شمالی گنبد پارس جنوبی-شمال قطر را تشکیل می‌دهد، دارای یال‌های ملایم بوده که این خود تشکیل دهنده یکی از چند قله ساختمانی برآمدگی قطر-پارس جنوبی بر روی پلاتفرم کربناته منطقه است. سازند کنگان زیرین به سن تریاس پیشین و دالان بالای به سن پرمین پسین در واقع مخازن میدان گازی پارس جنوبی محسوب می‌گردند (شکل ۱).

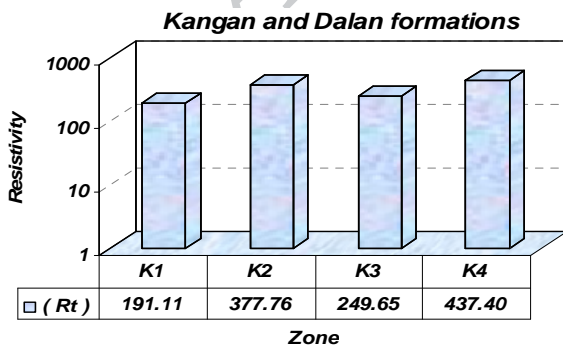
مطالعات قبلی بر روی این میدان منجر به تقسیم سازندهای کنگان- دالان فوقانی به چهار بخش K1, K2, K3 و K4 گردیده است. میدان پارس جنوبی در سال ۱۹۹۰ میلادی با حفر چاه SP-1 مورد اکتشاف قرار گرفت و این در حالی است که بخش قطری آن در سال ۱۹۷۱ کشف شده است (Konert et al., 2001).

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).



نمودار ۱- کراس پلات های R_t در مقابل S_w از معادله Archie در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

میانگین R_t در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۲).



نمودار ۲- مقایسه میانگین R_t از معادله Archie در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی

- مقایسه درصد فراوانی و درصد اشباع آب توسط معادلات اشباع آب در سازندهای کنگان و دالان فوقانی تفسیر اجزاء معادلات اشباع آب در این بخش مقادیر اشباع آب به اجزاء فرمول ها و تغییرات آنها محاسبه گردیده است:

بررسی معادله (1942) Archie

$$S_w = \sqrt[n]{a / \phi^m \cdot R_w \cdot \frac{1}{R_t}}$$

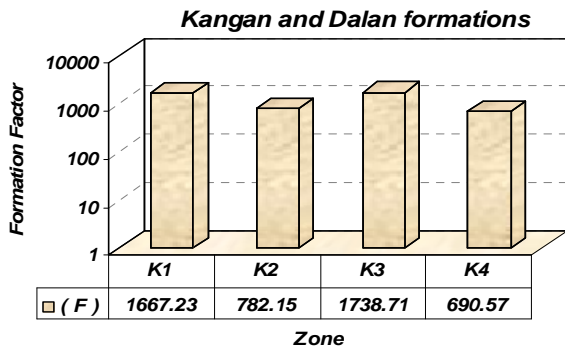
بررسی های انجام شده در این معادله عبارتند از:

الف) مقاومت واقعی سازند R_f

مقاومت واقعی سازند، بخشی از سازند است که در منطقه دست نخورده چاه قرار دارد. مقاومت واقعی سازند حائز اهمیت است که توسط مقادیر آن می توان به مقدار نفت و گاز در مخازن پی برد. اغلب سازندهای خشک، جریان الکتریکی را هدایت نمی دهند. عبور جریان در یک سازند از میان آب بین ذرات که دارای نمک های محلول است امکان پذیر است. محدوده تغییرات R_f در سازندهای متخلخل اغلب بین ۰/۲ تا ۱۰۰۰ اهم \pm متر متغیر است. مقاومت های بیش از ۱۰۰۰ اهم \pm متر در سازندهای تراوا نادر است (Brock, 1986).

با افزایش R_f مقدار اشباع آب کاهش می یابد. هرچه مقاومت واقعی سازند بیشتر باشد، مقادیر این تغییرات کمتر است و با کاهش مقاومت واقعی سازند تغییرات اشباع آب افزایش می یابد. در سازندهای کنگان بخش K1 و دالان فوقانی بخش K3 به علت کاهش مقاومت واقعی سازند که مربوط به حضور شیل است. تغییرات اشباع آب افزایش می یابد. در سازندهای کنگان بخش K2 و دالان فوقانی بخش K4 به علت حضور گاز و افزایش مقاومت واقعی سازند، تغییرات اشباع شدگی آب کاهش می یابد. در نتیجه درصد تغییرات خط اشباع آب در بخش های K1 و K3 بیشتر از بخش های K2 و K4 است (نمودار ۱).

میانگین فاکتور سازندی از معادله Archie در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۴).



نمودار ۴- مقایسه میانگین F از معادله Archie در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی

ج) تخلخل ϕ

تخلخل مفید عبارت است از فضاهای خالی موجود در مخزن که با نفت یا گاز قابل استحصال پر شده اند. به عبارت دیگر می توان گفت که این تخلخل شامل فضاهای خالی مرتبط به یکدیگر در مخزن است که قادر به عبور دادن هیدروکربورها می باشند (North 1990). دامنه تغییرات تخلخل برای اکثر مخازن با شرایط متوسط مقادیر تخلخل مطابق جدول زیر است:

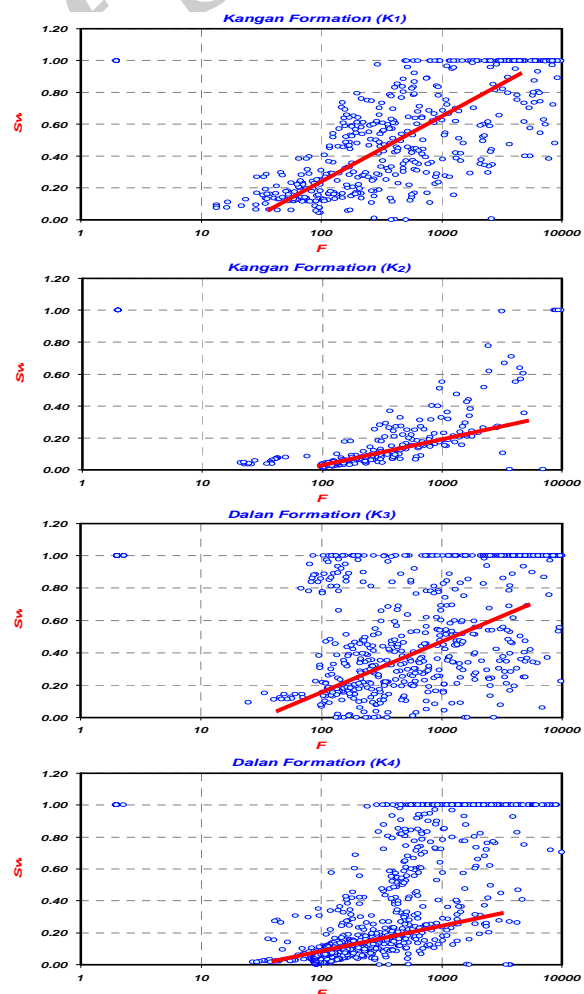
ارزیابی کیفی	تخلخل (درصد)
قابل چشم پوشی	۰-۵
ضعیف	۵-۱۰
متوسط	۱۰-۱۵
خوب	۱۵-۲۰
بسیار خوب	بیش از ۲۰

جدول ۱- تغییرات درصد تخلخل با ارزیابی کیفی

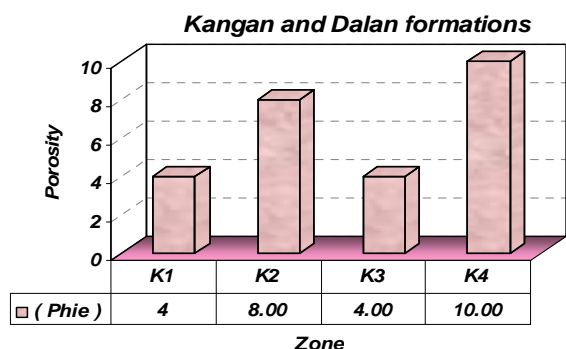
با افزایش تخلخل مقدار اشباع شدگی آب کاهش می یابد بررسی تغییرات اشباع آب نشان می دهد که برای مقادیر کم تخلخل، چنانچه خطایی بوجود آمده باشد، تاثیر زیادی در اشباع شدگی آب دارد. با افزایش تخلخل، مقدار خطای اشباع آب کاهش می یابد. در سازندهای کنگان و دالان فوقانی بخش های K1 و K3 به علت کاهش مقدار

فاکتور مقاومت سازندی مرتبط با تخلخل و مقاومت سازند است که به اختصار فاکتور سازندی نامیده می شود. این فاکتور از خصوصیات ذاتی سنگ و معرف بافت سنگ است. فاکتور سازندی با افزایش فشار که همراه با افزایش عمق است تغییر می کند (Brock, 1986).

همراه با افزایش فاکتور سازندی مقدار اشباع آب افزایش می یابد. در سازندهای کنگان و دالان فوقانی بخش های K1 و K3 افزایش فاکتور سازندی بیشتر از بخش های K2 و K4 است و مقادیر تغییرات درصد اشباع آب در بخش های K1 و K3 بیشتر از بخش های K2 و K4 است. در نتیجه تغییرات خطای اشباع آب در بخش های K2 و K4 کمتر از بخش های K1 و K3 است (نمودار ۳).



نمودار ۳- کراس پلات های F در مقابل S_w از معادله Archie در سازندهای کنگان و دالان فوقانی



نمودار ۶- مقایسه میانگین ϕ از معادله Archie در بخش‌های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی

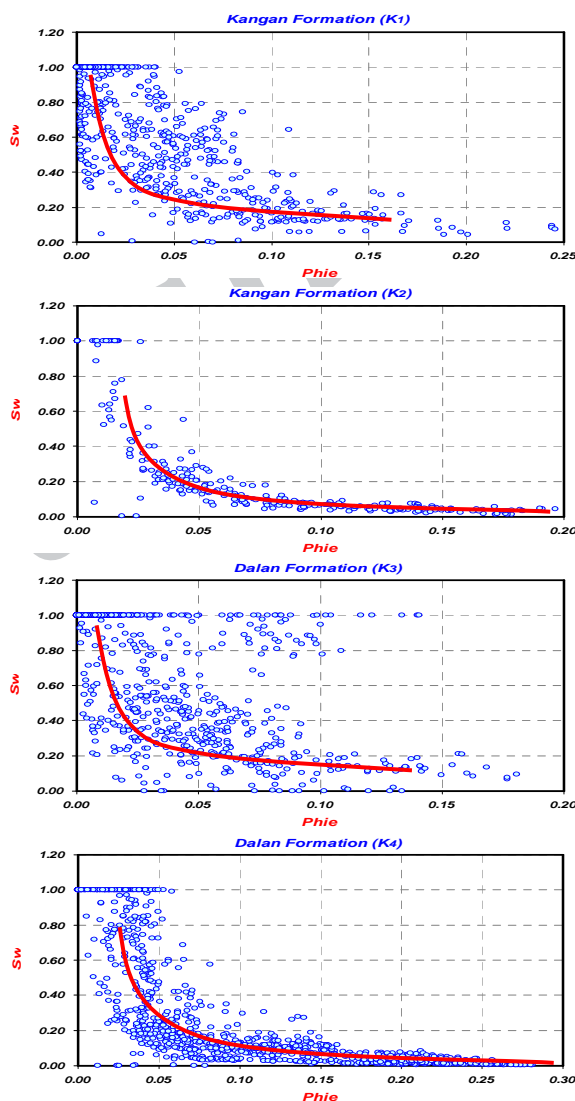
(د) ضریب سیمان شدگی m

m فاکتور سیمانی شدن نام دارد و در سنگ سیمانی شده مقدار آن زیاد است. m و a به خصوصیات رسوب اولیه و به فرآیند هایی که رسوب را به سنگ تبدیل کرده اند بستگی دارد و این دو پارامتر در سنگ های مختلف متفاوت اند. m به هندسه فضاهای خالی بستگی دارد. بنابراین تابعی از اندازه دانه و میزان انحنا کانال های متصل کننده فضاهای خالی است. در شکستگی ها مقدار آن کاهش می یابد. مقادیر بالای m مربوط به پیچیدگی هندسه منافذ است. مطالعات انجام شده نشان داده است. که رسوبات ریز دانه نظیر ماستون ها منافذ پیچیده تری نسبت به گرین استون ها دارند (Dorfman et al. 1990). محدوده تغییرات m از ۱/۲ تا ۲/۸ است (Keelan and Marschall, 1989). هامبل، m را برای ماسه های سیمانی نشده ۲/۱۵ و جهت ماسه های سیمانی و کربنات ها ۲ در نظر گرفته است (Serra, 1986). در نتیجه با انجام آزمایش Formation Resistivity Factor بر روی مغزه های چاه Sp.x میدان پارس جنوبی توسط شرکت توتال و بدست آمدن m (Total) که با استفاده از فرمول های تجربی زیر در کربنات های کم تخلخل ارائه شده مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت:

1-Total Formula

$$m = \text{ifc}(\text{vol_calcite} > 0.5, (\text{phie}^{**2} * 21.96 - 1.0255 * \text{phie} + 2.279), 2)$$

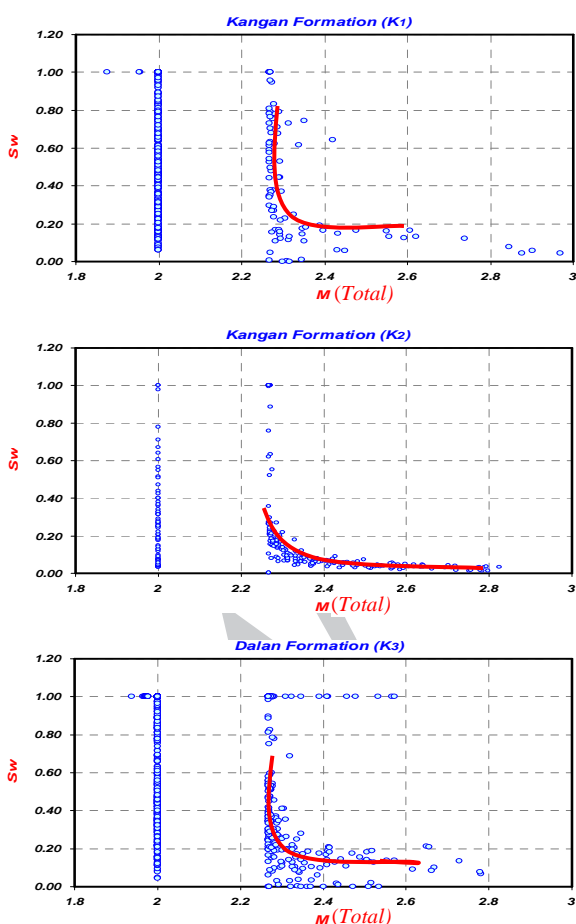
تخلخل تغییرات اشباع شدگی آب افزایش می یابد. در سازندهای، کنگان بخش K2 و دالان فوقانی بخش K4 به علت تخلخل بالا، مقادیر تغییرات اشباع شدگی آب کاهش می یابد. در نتیجه درصد خطای اشباع آب در سازندهای کنگان و دالان فوقانی بخش های K1 و K3 بیشتر از بخش های K2 و K4 است (نمودار ۵).



نمودار ۵- کراس پلات های ϕ در مقابل S_w از معادله Archie در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

میانگین تخلخل مفید از معادله Archie در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۶).

یابد. علت آن می تواند حضور انیدریت یا سیمان و تخلخل های مرتبط (connected porosity) باشد. در بخش های K2 و K4 با افزایش مقدار ضریب سیمان شدگی، اشباع آب کاهش می یابد. علت آن می تواند حضور تخلخل های غیر مرتبط یا جدا افتاده (disconnected porosity) مانند تخلخل های قالبی (Mouldic porosity) باشد. در نتیجه به علت افزایش بیشتر ضریب سیمان شدگی در بخش های K2 و K4 نسبت به بخش های K1 و K3، درصد اشباع آب در بخش های K1 و K3 بیشتر از بخش های K2 و K4 است (نمودار ۷).



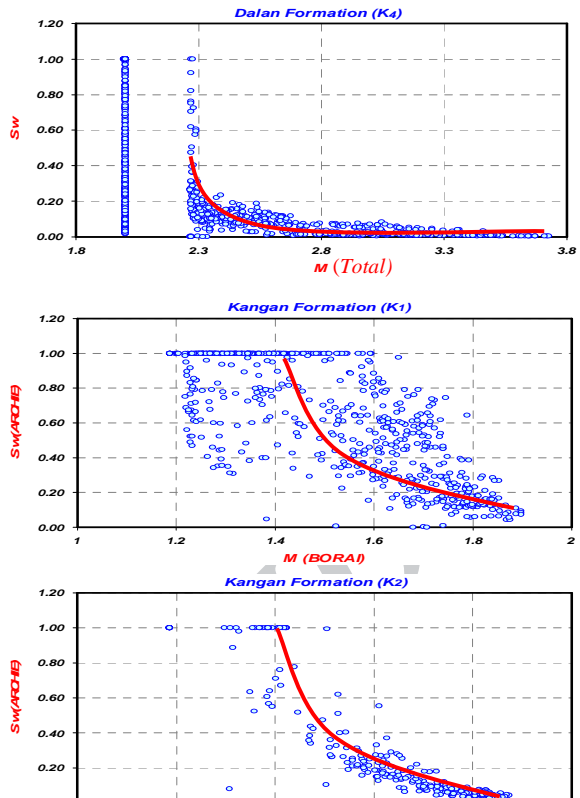
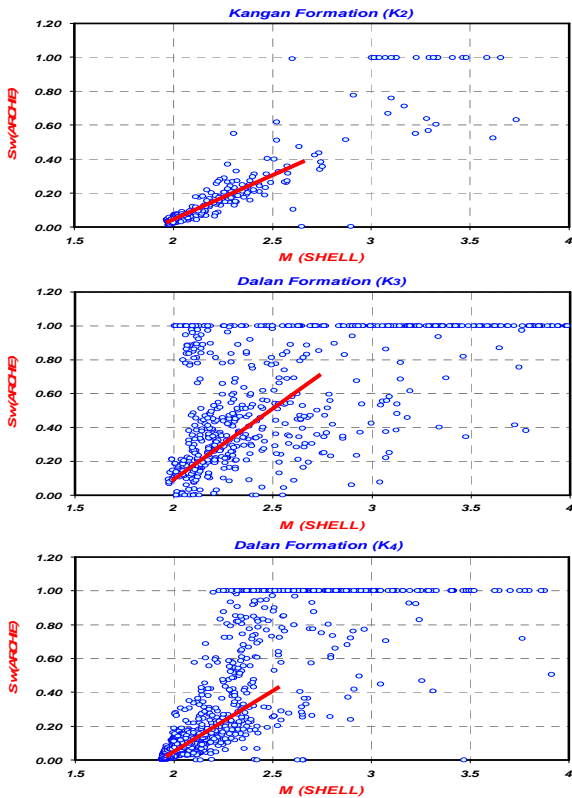
2- Borai Formula

$$m = 2.02 - \frac{0.035}{\phi + 0.042}$$

3- Shell Formula

$$m = \frac{0.019}{\phi} + 1.87$$

در سازندهای دارای قابلیت مقاومت واقعی مختلف با افزایش ضریب سیمان شدگی مقدار اشباع آب افزایش می یابد. هر قدر مقدار ضریب سیمان شدگی افزایش می یابد. خطای ایجاد شده در محاسبه اشباع آب بیشتر شده و بر عکس با کاهش مقدار ضریب سیمان شدگی میزان خطا نیز کاهش می یابد. با توجه به اینکه m به نوع رسوبات، شکل خلل و فرج، ارتباط بین خلل و فرج و در نتیجه نوع تخلخل و چگونگی آن بستگی دارد. در سازندهای کنگان و دالان فوقانی در فرمول های Total و Borai با افزایش ضریب سیمان شدگی اشباع شدگی آب کاهش می یابد. ولی در فرمول Shell با افزایش ضریب سیمان شدگی مقدار اشباع آب افزایش می یابد. در بین فرمول های مربوط به ضریب سیمان شدگی، فرمول Total با توجه به آزمایشات انجام گرفته شده بر روی مغزه های حفاری سازند کنگان و دالان فوقانی در میدان پارس جنوبی توسط شرکت Total ارائه گردیده است که در این رابطه هم تخلخل و هم لیتولوژی در نظر گرفته شده است. فرمول Borai برای سازندهای کربناته با تخلخل کم کاربرد دارد که به علت مقادیر محاسبه شده ضریب سیمان شدگی کمتر از ۲ و همچنین مطابق نبودن با آزمایشات انجام گرفته شده بر روی مغزه های حفاری در سازندهای کنگان و دالان فوقانی کاربرد ندارد. فرمول Shell برای سازندهای کربناته با تخلخل کم کاربرد دارد و در این فرمول تنها تخلخل در نظر گرفته شده است و به علت زیاد بودن m که همراه با افزایش بالای اشباع آب است در سازندهای کنگان و دالان فوقانی نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه با توجه به فرمول Total، در سازندهای کنگان بخش K1 و دالان فوقانی بخش K3 با کاهش ضریب سیمان شدگی، اشباع آب افزایش می

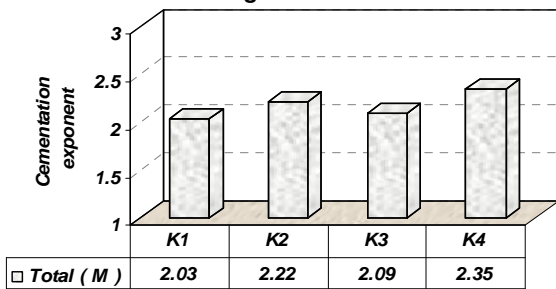


نمودار ۷- کراس پلات های (Total- Borai - Shell) m

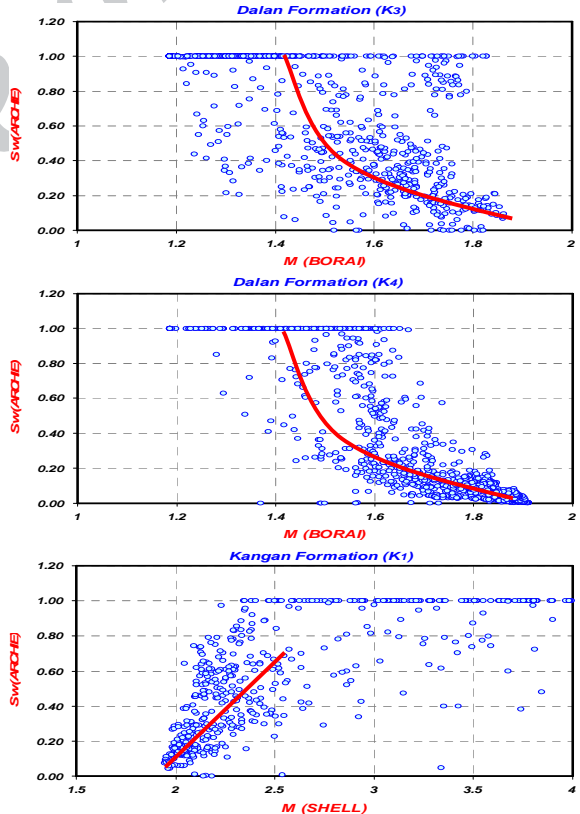
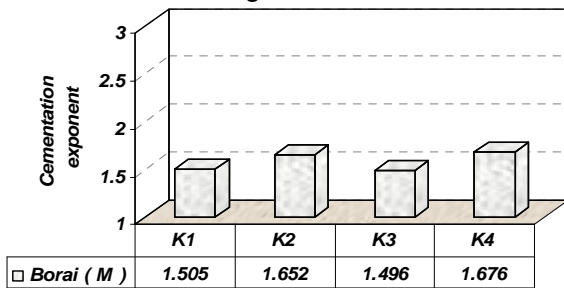
محاسبه شده در مقابل S_{11} از معادله Archie در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

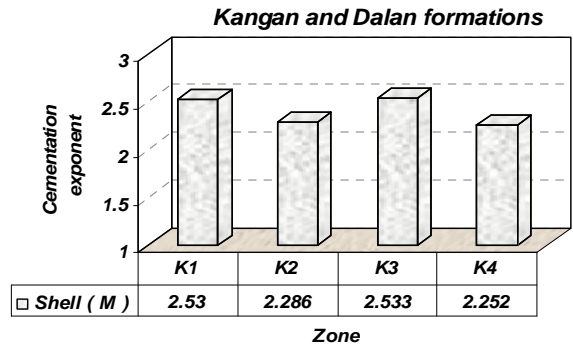
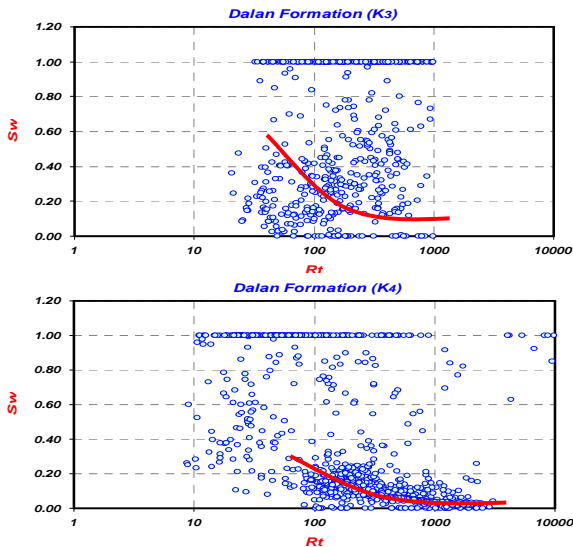
میانگین ضریب سیمان شدگی ها توتال، برای و شل از معادله Archie در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۸).

Kangan and Dalan formations



Kangan and Dalan formations





نمودار ۸- مقایسه میانگین m های توتال، برای و شل محاسبه شده از معادله Archie در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

بررسی معادله Dual water

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

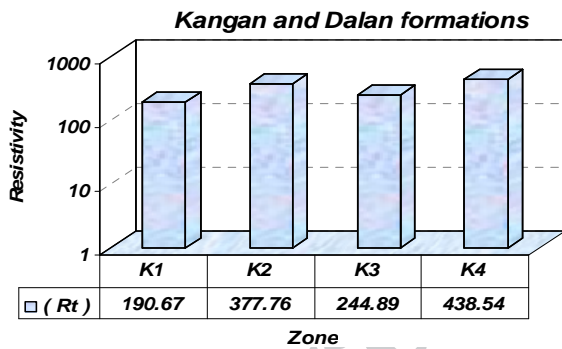
بررسی های انجام شده عبارتند از:

الف) مقاومت واقعی سازند R_p

با افزایش R_p مقدار اشباع آب کاهش می یابد. هرچه مقاومت واقعی سازند بیشتر باشد، مقادیر این تغییرات کمتر است. در سازندهای کنگان بخش K1 و دالان فوقانی بخش K3 به علت کاهش مقاومت واقعی سازند که مربوط به حضور شیل است. تغییرات اشباع آب افزایش می یابد. در سازندهای کنگان بخش K2 و دالان فوقانی بخش K4 به علت حضور گاز و افزایش مقاومت واقعی سازند، تغییرات اشباع شدگی آب کاهش می یابد. در نتیجه درصد تغییرات خطای اشباع آب در بخش های K1 و K3 بیشتر از بخش های K2 و K4 است (نمودار ۹).

نمودار ۹- کراس پلات های R_f در مقابل S_w از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

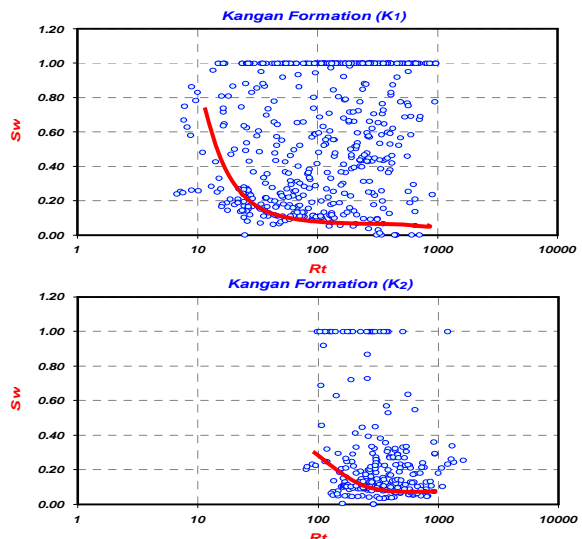
میانگین مقاومت واقعی سازند از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۱۰)



نمودار ۱۰- مقایسه میانگین R_f از معادله Dualwater در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی

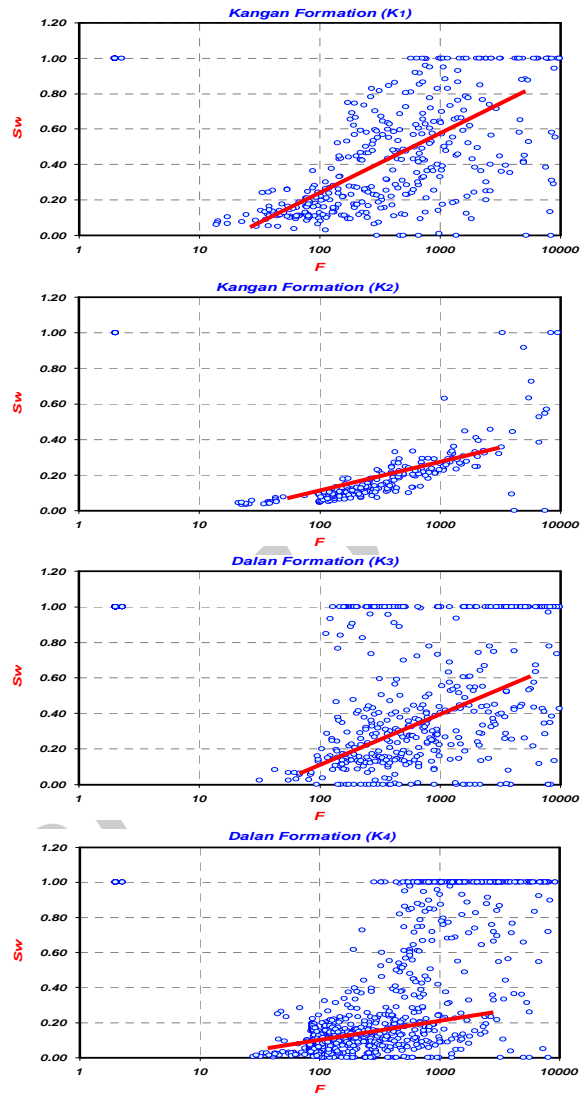
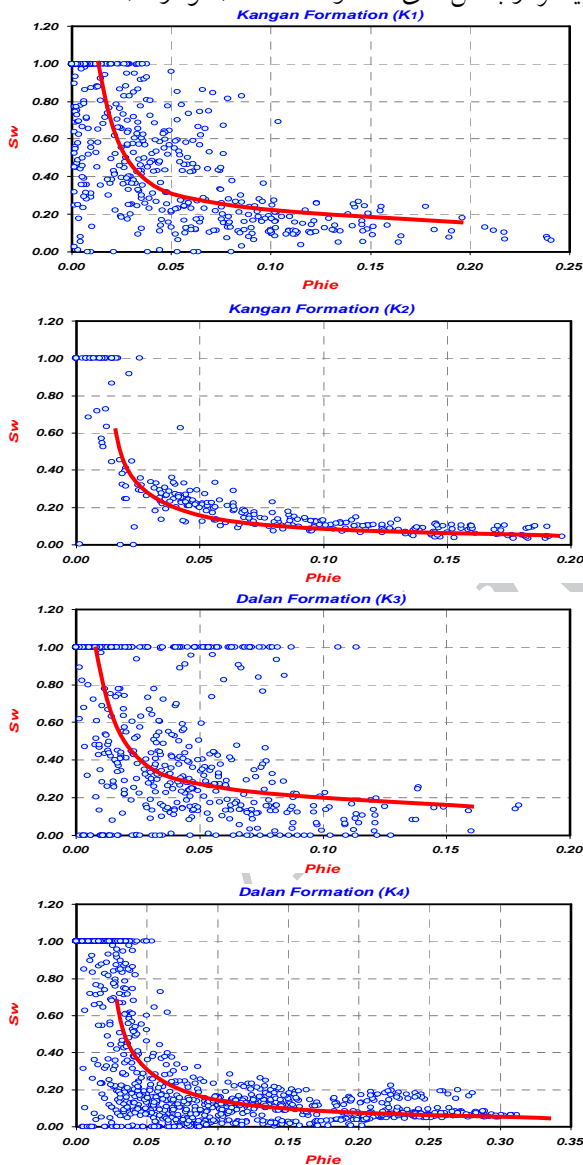
ب) فاکتور سازندی F

همراه با افزایش فاکتور سازندی مقدار اشباع آب افزایش می یابد. در سازندهای کنگان و دالان فوقانی بخش های K1 و K3 افزایش فاکتور سازندی بیشتر از بخش های K2 و K4 است و مقادیر درصد اشباع آب در بخش های K1 و K3 بیشتر از بخش های K2 و K4 است. تغییرات خطای اشباع آب در بخش های K2 و K4 کمتر از بخش های K1 و K3 است (نمودار ۱۱).

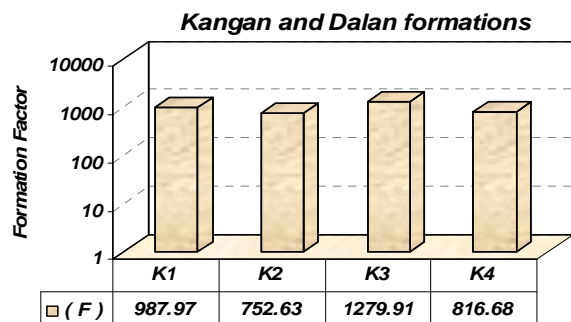


ج) تخلخل ϕ

با افزایش تخلخل مقدار اشباع آب کاهش می یابد. در سازندهای کنگان و دالان فوقانی بخش های K1 و K3 به علت کاهش مقدار تخلخل تغییرات اشباع شدگی آب افزایش می یابد. در سازندهای کنگان بخش K2 و دالان فوقانی بخش K4 به علت تخلخل بالا، مقادیر اشباع آب کاهش می یابد. در نتیجه درصد خطای اشباع آب در سازندهای کنگان و دالان فوقانی بخش های K1 و K3 بیشتر از بخش های K2 و K4 است (نمودار ۱۳).

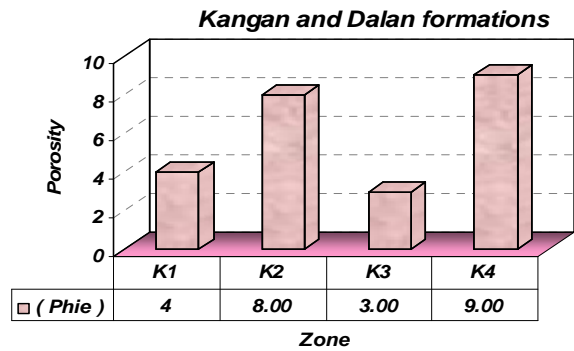
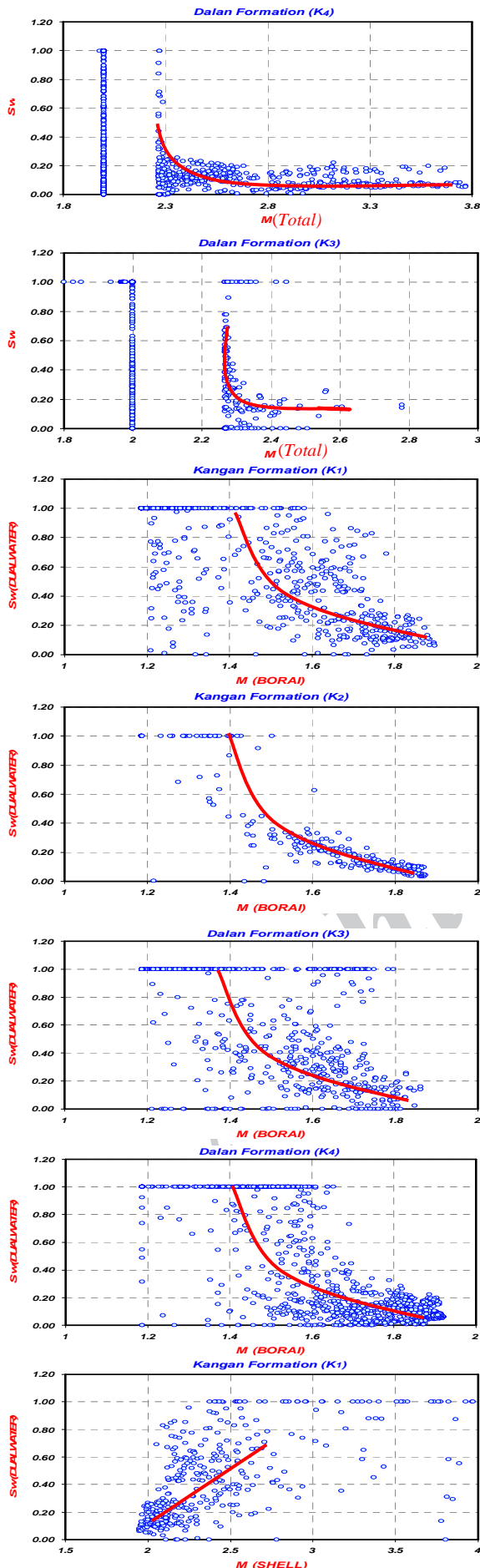


نمودار ۱۱- کراس پلات های F در مقابل S_w از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی میانگین فاکتور سازندی را از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۱۲).



نمودار ۱۲- مقایسه میانگین F از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

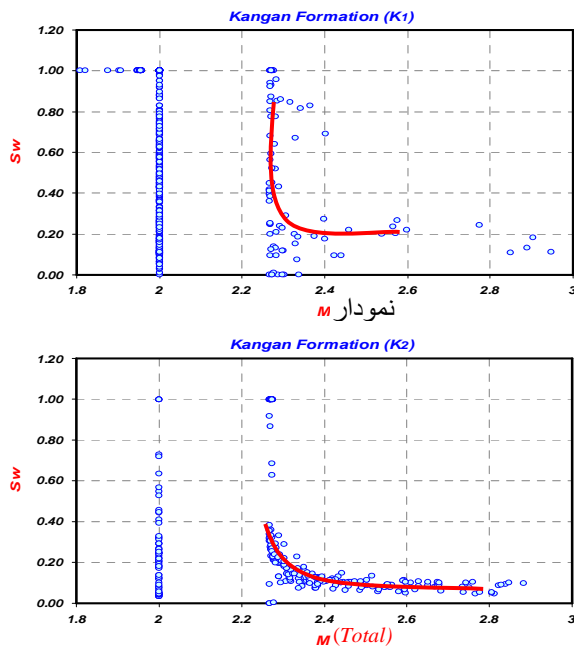
میانگین تخلخل مفید از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است (نمودار ۱۴).

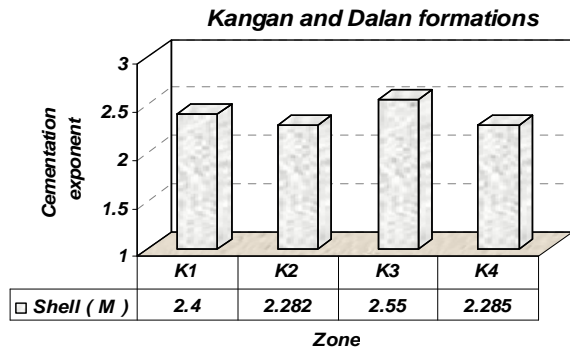


نمودار ۱۴- مقایسه میانگین ϕ از معادله Dualwater در بخش‌های سازندهای کنگان و دالان فوقانی

(د) ضریب سیمان شدگی m

هر قدر مقدار ضریب سیمان شدگی افزایش می‌یابد. خطای ایجاد شده در محاسبه اشباع آب بیشتر شده و بالعکس. در نتیجه این معادله از فرمول Archie تبعیت می‌کند یعنی با افزایش ضریب سیمان شدگی تغییرات اشباع آب افزایش می‌یابد. ولی با توجه به ضریب سیمان شدگی فرمول‌های Total و Borai در سازندهای کنگان و دالان فوقانی با افزایش ضریب سیمان شدگی، اشباع آب کاهش می‌یابد. ولی در فرمول Shell با افزایش ضریب سیمان شدگی مقدار اشباع آب افزایش می‌یابد. علت آن در فرمول آرچی توضیح داده شد (نمودار ۱۵).

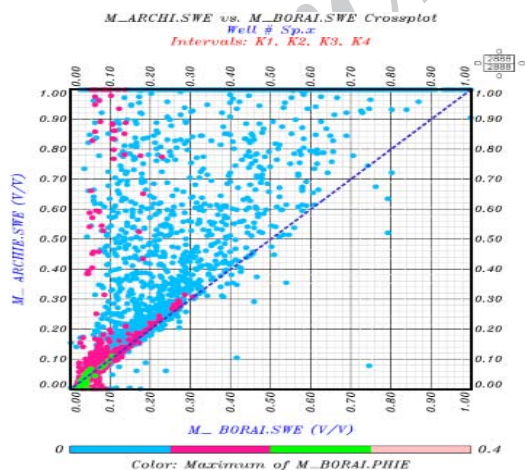




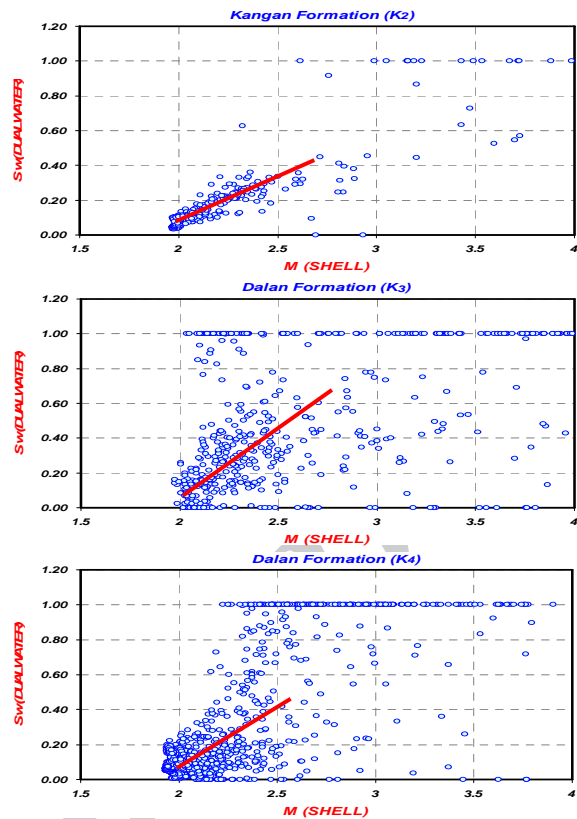
نمودار ۱۶- مقایسه میانگین m های توتال، برای و شل محاسبه شده از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

مقایسه درصد اشباع آب محاسبه شده توسط m های (توتال، برای و شل)

در نمودار زیر بسیاری از نقاط آبی رنگ که با استفاده از m Total بدست آمده درصد اشباع آب بالاتری را نسبت به روش Borai نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین صفر تا ۱۰ درصد است. نقاط قرمز رنگ در روش Total تقریباً بین صفر تا ۱۵ درصد، اشباع آب بالاتری را نسبت به روش Borai نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین ۱۰ تا ۲۰ درصد است. نقاط سبز رنگ که بین ۰ تا ۱۰ درصد، اشباع آب تقریباً برابری را در هر دو روش نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است. (نمودار ۱۷).

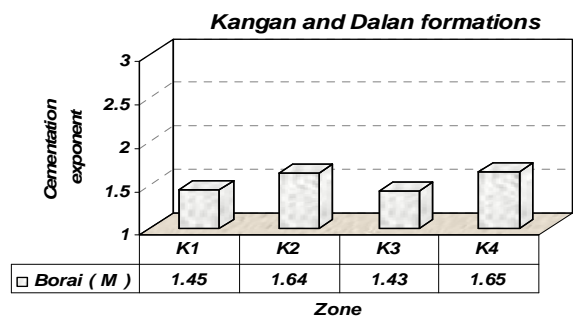
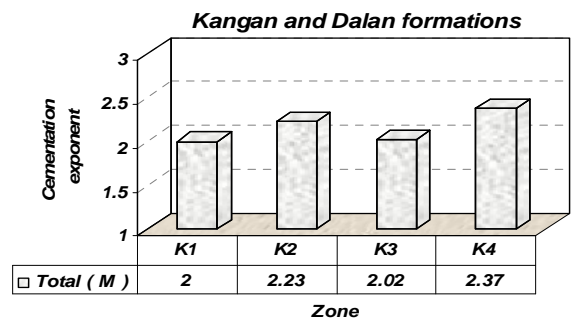


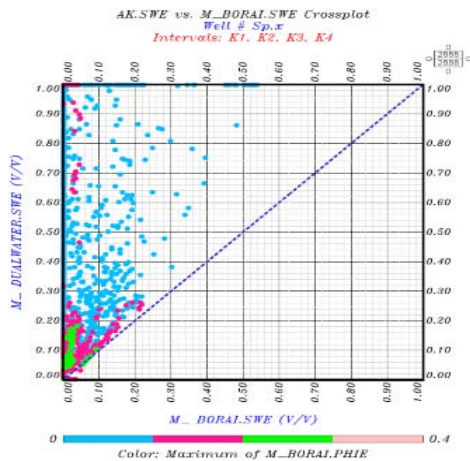
نمودار ۱۷- مقایسه درصد اشباع آب محاسبه شده توسط فرمول Archie با استفاده از m های Total و Borai در سازندهای کنگان و دالان فوقانی



نمودار ۱۵- کراس پلات های (Total- Borai - Shell) m محاسبه شده در مقابل S_w از معادله Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

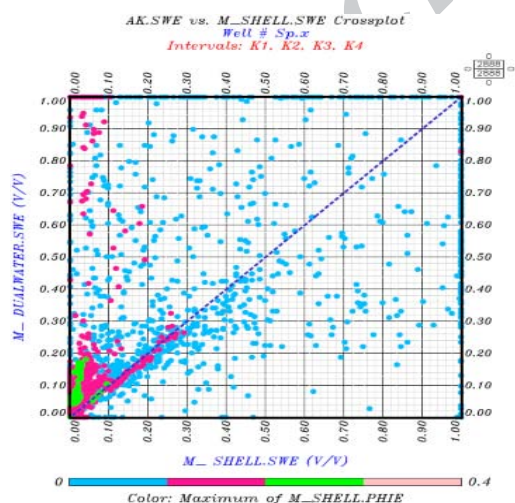
نمودار ۱۶- میانگین ضریب سیمان شدگی های توتال، برای و شل را از معادله Dualwater در بخش های مختلف سازندهای کنگان و دالان فوقانی را نشان می دهد.





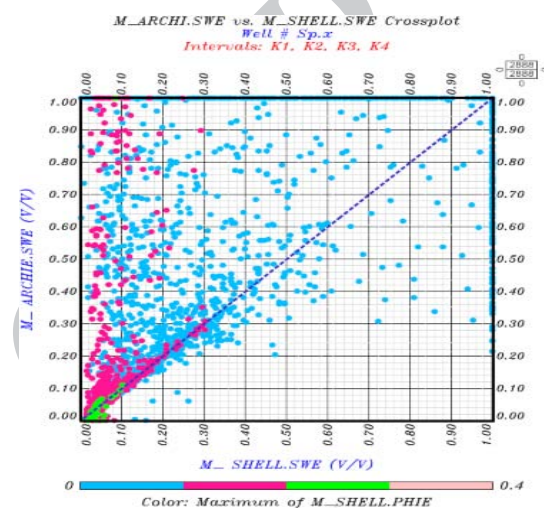
نمودار ۱۹- مقایسه درصد اشباع آب محاسبه شده توسط فرمول Dualwater با استفاده از m های Total و Borai در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

در نمودار زیر بسیاری از نقاط آبی رنگ که با استفاده از m، Total بدست آمده درصد اشباع آب پایین تری را نسبت به روش Shell نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین صفر تا ۱۰ درصد است. نقاط قرمز رنگ در روش Total بین ۰ تا ۱۸ درصد، اشباع آب بالاتری را نسبت به روش Shell نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین ۱۰ تا ۲۰ درصد است. نقاط سبز رنگ بین ۰ تا ۱۸ درصد، اشباع آب بالاتری را در روش Total نشان می دهند و مقدار این نقاط تخلخل بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است (نمودار ۲۰).



نمودار ۲۰- مقایسه درصد اشباع آب محاسبه شده توسط فرمول Dualwater با استفاده از m های Total و Shell در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

در نمودار زیر بسیاری از نقاط آبی رنگ که با استفاده از m، Total بدست آمده درصد اشباع آب بالاتری را نسبت به روش Shell نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین صفر تا ۱۰ درصد است. نقاط قرمز رنگ بین صفر تا ۲۰ درصد در روش Total درصد اشباع آب بالاتری را نسبت به روش Shell نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین ۱۰ تا ۲۰ درصد است. نقاط سبز رنگ بین ۰ تا ۱۰ درصد، اشباع آب تقریباً برابری را در هر دو روش نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است (نمودار ۱۸).



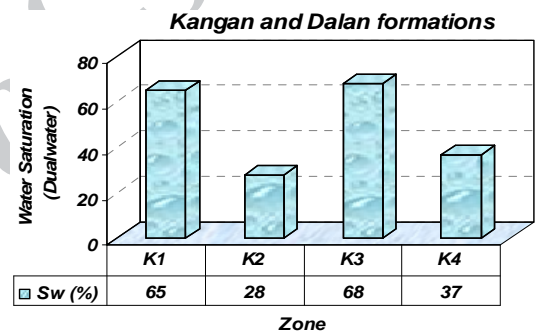
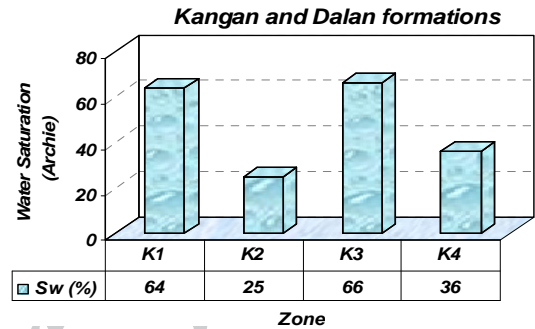
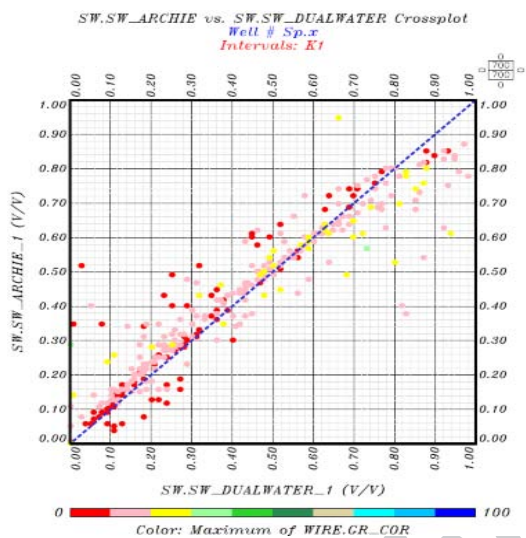
نمودار ۱۸- مقایسه درصد اشباع آب محاسبه شده توسط فرمول Archie با استفاده از m های Total و Shell در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

در نمودار زیر بسیاری از نقاط آبی رنگ که با استفاده از m، Total بدست آمده درصد اشباع آب خیلی بالاتری را نسبت به روش Borai نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین صفر تا ۱۰ درصد است. نقاط قرمز رنگ در روش Total بین ۰ تا ۲۵ درصد اشباع آب بالاتری را نسبت به روش Borai نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین ۱۰ تا ۲۰ درصد است. نقاط سبز رنگ بین ۰ تا ۱۸ درصد، اشباع آب بالاتری را نسبت به روش Borai نشان می دهند و مقدار تخلخل این نقاط بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است (نمودار ۱۹).

مقایسه میانگین اشباع آب

میانگین اشباع آب حاصل از معادلات اشباع آب در بخش های مختلف سازند کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است. کمترین درصد اشباع آب در بخش های K3, K2, K1 و K4 مربوط به فرمول Archie است. بیشترین درصد اشباع آب در بخش های K3, K2, K1 و K4 مربوط به فرمول Dualwater است (نمودار ۲۲).

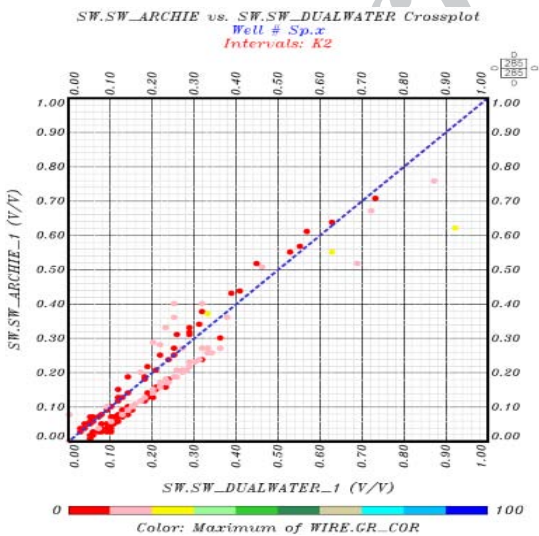
مدل Dualwater درصد اشباع آب بین ۵۰ تا ۹۰ درصد بیشتر از مدل Archie نشان می دهد. درصد شیل با توجه به نمودار گاما بین ۰ تا ۵۰ API در هر دو مدل است. در بخش K4 درصد اشباع آب بین ۰ تا ۵۰ درصد در مدل Archie بیشتر از مدل Dualwater است. در حالیکه در مدل Dualwater درصد اشباع آب بین ۵۰ تا ۹۰ درصد بیشتر از مدل Archie نشان می دهد. درصد شیل با توجه به نمودار گاما بین ۰ تا ۳۰ API در هر دو مدل است (نمودار ۲۲).



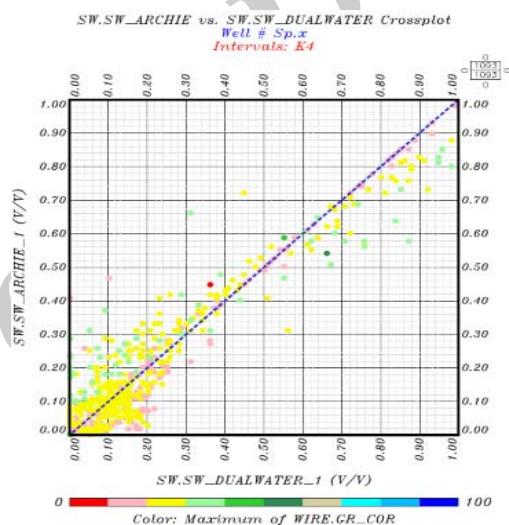
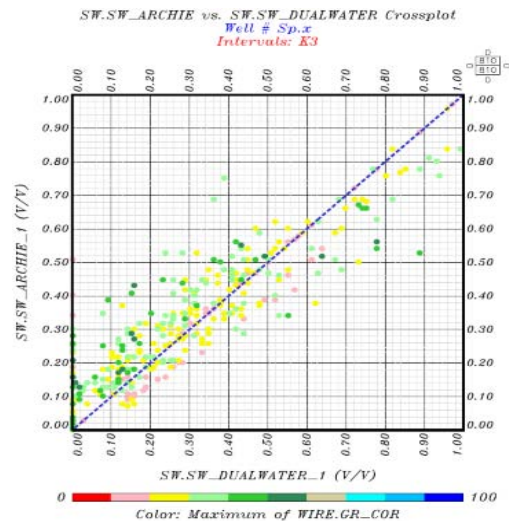
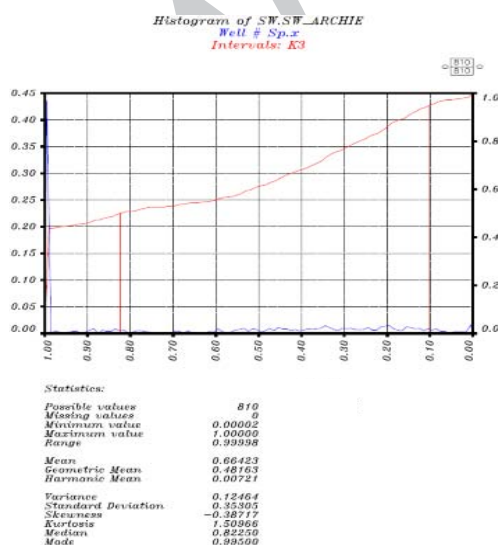
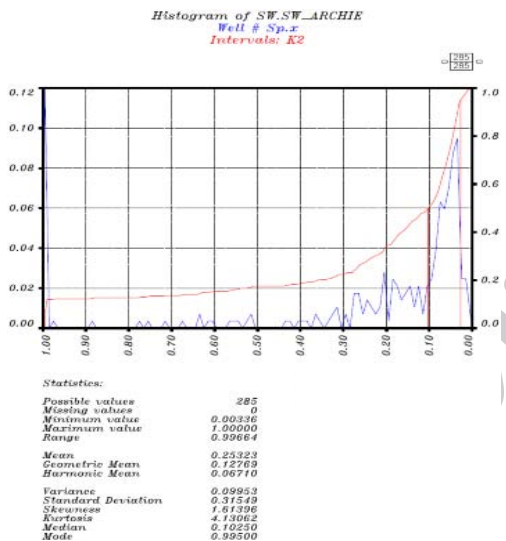
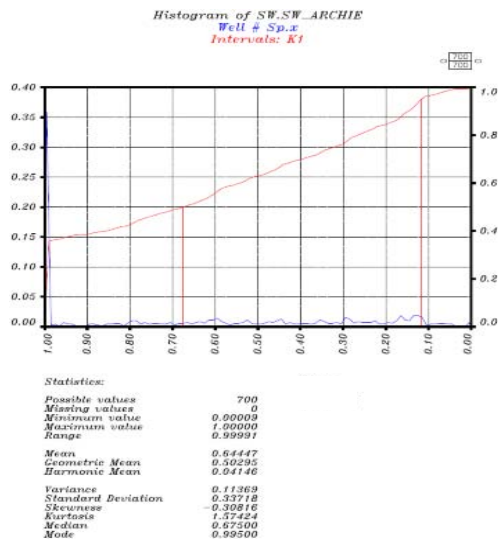
نمودار ۲۱- مقایسه میانگین اشباع آب Archie و Dualwater در سازند کنگان و دالان فوقانی

مقایسه درصد اشباع آب

در نمودار زیر بخش K1 مدل Archie درصد اشباع آب بین ۰ تا ۵۰ درصد را بیشتر از مدل Dualwater نشان می دهد. در حالیکه در مدل Dualwater درصد اشباع آب بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بیشتر از مدل Archie است. درصد شیل با توجه به نمودار گاما بین ۰ تا ۳۰ API در هر دو مدل حدوداً یکسان است. در بخش K2 درصد اشباع آب بین صفر تا ۳۵ درصد در مدل Archie کمتر از مدل Dualwater است. درصد شیل با توجه به نمودار گاما بین ۰ تا ۲۰ API در هر دو مدل است. در بخش K3 درصد اشباع آب بین ۰ تا ۵۰ درصد در مدل Archie بیشتر از مدل Dualwater است. در حالیکه در



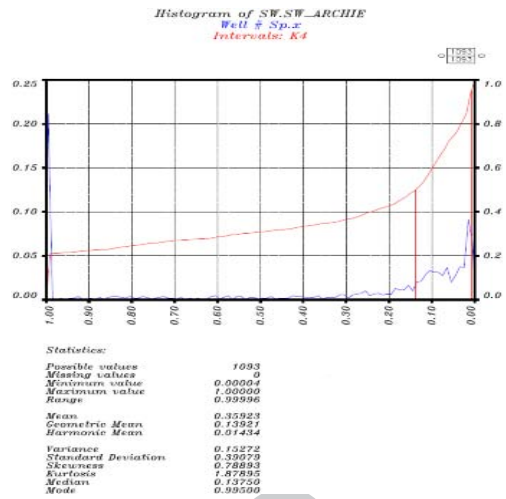
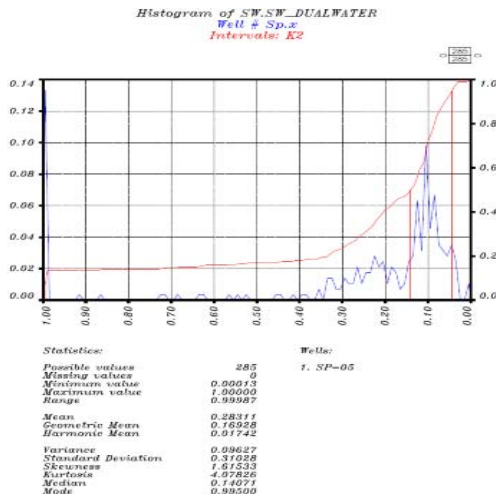
نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع آب این بخش در حدود ۳۵ درصد است (نمودار ۲۳).



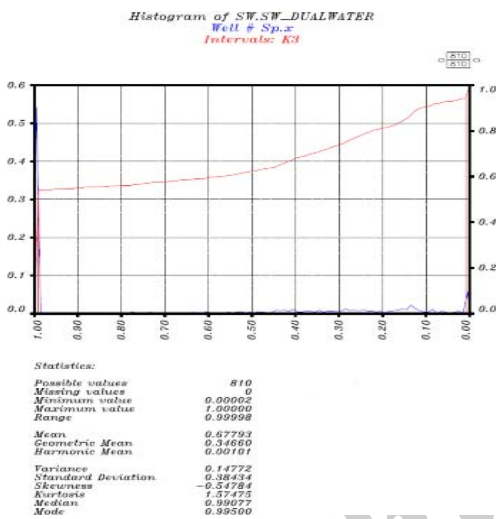
نمودار ۲۲- مقایسه درصد اشباع آب با استفاده از روش های Archie و Dualwater در سازندهای کنگان و دالان فوقانی

مقایسه درصد فراوانی اشباع آب

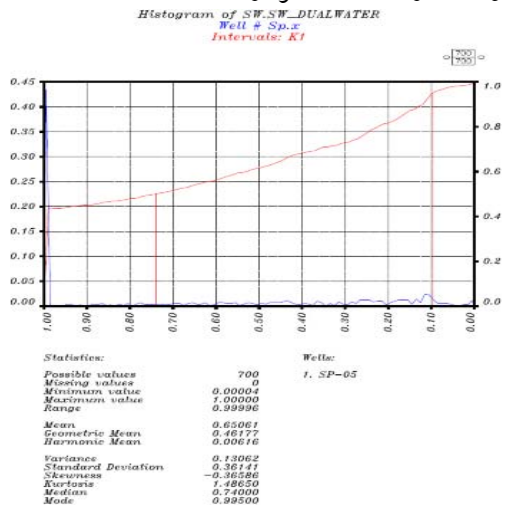
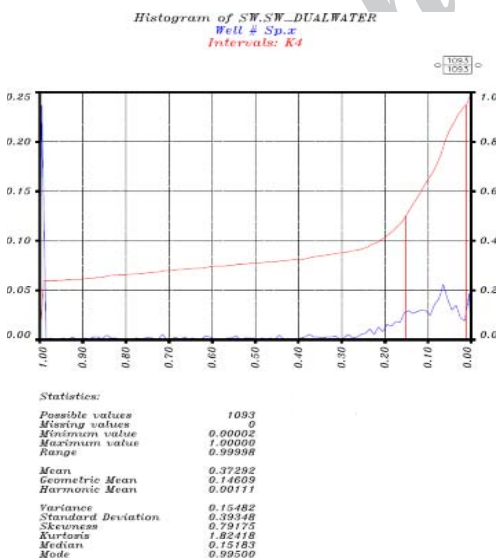
مدل Archie در بخش K1 درصد فراوانی اشباع آب یکنواختی را از ۱۲ تا ۶۸ درصد نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع آب این بخش در حدود ۶۴ درصد است. بخش K2 درصد فراوانی اشباع آب بالایی را بین ۲ تا ۱۰ درصد نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع آب این بخش در حدود ۲۵ درصد است. بخش K3 درصد فراوانی اشباع آب یکنواختی را حدوداً از ۱۰ تا ۸۵ درصد نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع آب این بخش در حدود ۶۶ درصد است. بخش K4 درصد فراوانی اشباع آب بالایی را حدوداً بین صفر تا ۱۵ درصد



نمودار ۲۳- درصد فراوانی اشباع آب توسط روش Archie و مشخصات آماری آن در سازندهای کنگان ودالن فوقانی



مدل Dualwater در بخش K1 درصد فراوانی اشباع آب یکنواختی را از ۱۰ تا ۷۵ درصد نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع این بخش در حدود ۶۵ درصد است. بخش K2 درصد فراوانی اشباع آب بالایی را بین ۵ تا ۱۵ درصد نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع آب این بخش در حدود ۲۸ درصد است. بخش K3 درصد فراوانی اشباع آب یکنواختی را از ۲ تا ۴۵ درصد و درصد فراوانی اشباع آب پایینی را از ۴۵ تا ۹۸ درصد نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع این بخش در حدود ۶۷ درصد است. بخش K4 درصد فراوانی اشباع آب بالایی را بین ۲ تا ۱۵ درصد نشان می دهد. میانگین درصد فراوانی اشباع آب این بخش در حدود ۳۷ درصد است (نمودار ۲۴).



نمودار ۲۴- درصد فراوانی اشباع آب توسط روش Dualwater و مشخصات آماری آن در سازندهای کنگان ودالن فوقانی

نتیجه گیری

۷- با توجه به اینکه m به نوع رسوبات، شکل خلل و فرج، ارتباط بین خلل و فرج، نوع تخلخل و چگونگی آن بستگی دارد. در فرمول های **Total** و **Borai** در سازندهای کنگان و دالان فوقانی با افزایش ضریب سیمان شدگی اشباع شدگی آب کاهش می یابد. ولی در فرمول **Shell** با افزایش ضریب سیمان شدگی، اشباع آب افزایش می یابد. در نتیجه با آزمایشات انجام شده بر روی مغزه های حفاری در میدان پارس جنوبی توسط شرکت توتال، فرمول **Total** مورد تایید و استفاده قرار گرفته است.

۸- در سازندهای کنگان و دالان فوقانی درصد اشباع آب با استفاده از m های توتال، برائی و شل محاسبه شد. روش **Borai** درصد اشباع آب کمتری را نسبت به روش **Total** نشان می دهد. روش **Shell** درصد اشباع آب بیشتری را نسبت به روش **Borai** نشان می دهد. در نتیجه فرمول برائی متوسط درصد اشباع آب را پایین می برد و فرمول شل باعث افزایش آن نسبت به مقدار قراردادی m ، توتال می شود.

منابع

- Al-Hosseini.M.I, 2000, Origin of the Arabian Plate Structures: Amar Collision and Najd Rift, Geo Arabia, Vol. 5, No. 4, pp. 527-542.
- Archie, G. E., 1942, The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics: Transactions of AIME, v. 146, PP. 54-62.
- Brock, J.G., 1986, Applied open-hole log analysis: Gulf publishing company, Housron, Texas .v. 2, 279 P.
- Dorfman, M. E., Newey, J. J. and Coates G. R., 1990 New techniques in lithofacies determination and permeability prediction in carbonates using well logs: Geological Application of Wireline Logs Geological Society Special Publication no. 48, PP.113-120.

نتایج حاصل از بررسی معادلات اشباع آب در سازند های کنگان و دالان فوقانی به شرح زیر است:

۱- در سازند کنگان بخش **K1** با بررسی محاسبه میانگین پارامترهای معادلات اشباع آب، بیشترین مقدار F ، R_p و m مربوط به فرمول **Archie** و کمترین مقدار مربوط به فرمول **Dualwater** است. مقدار تخلخل مفید در هر دو فرمول در بخش **K1** با هم برابر است.

۳- در سازند کنگان بخش **K2** با بررسی محاسبه میانگین پارامترهای معادلات اشباع آب، بیشترین مقدار F مربوط به فرمول **Archie** است و کمترین مقدار F مربوط به فرمول **Dualwater** است. مقدار R_p در هر دو فرمول اشباع آب در بخش **K2** با هم برابر است. بیشترین مقدار m مربوط به فرمول **Dualwater** است و کمترین مقدار m مربوط به فرمول **Archie** است. مقدار درصد تخلخل مفید در هر دو فرمول اشباع آب در بخش **K2** با هم برابر است.

۴- در سازند دالان فوقانی بخش **K3** با بررسی محاسبه میانگین پارامترهای معادلات اشباع آب، بیشترین مقدار F ، R_p ، m و تخلخل مفید مربوط به فرمول **Archie** و کمترین مربوط به فرمول **Dualwater** است.

۵- در سازند دالان فوقانی بخش **K4** با بررسی محاسبه میانگین پارامترها معادلات اشباع آب، بیشترین مقدار F ، R_p و m مربوط به فرمول **Dualwater** و کمترین مقدار مربوط به فرمول **Archie** است. بیشترین مقدار درصد تخلخل مفید مربوط به فرمول **Archie** است و کمترین مقدار درصد تخلخل مفید مربوط به فرمول **Dualwater** است.

۶- محاسبه میانگین معادلات اشباع آب نشان می دهند کمترین درصد اشباع آب در بخش های **K1**, **K2**, **K3** و **K4** مربوط به فرمول **Archie** است. بیشترین درصد اشباع آب در بخش های **K1**, **K2**, **K3** و **K4** مربوط به فرمول **Dualwater** است.

- North, F. K., 1990, Petroleum geology: 2 nd ed., Unwin Hyman, London, 631 P.
- Serra, O., 1986, Fundamentals of well log interpretation 2: The interpretation of logging data: Elsevier, Amsterdam, 684 P.
- Keelan, D.K., and Marschall, D.M., 1989. Fundamentals of core analysis. Core Laboratories, Houston, PP. 11-5 - 11-14.
- Konert, G., Afif, A.M., AL-Hajari, S.A and Droste, H., 2001, Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian Plate. GeoArabia, Vol. 6, No. 3, pp.407-442.

Archive of SID