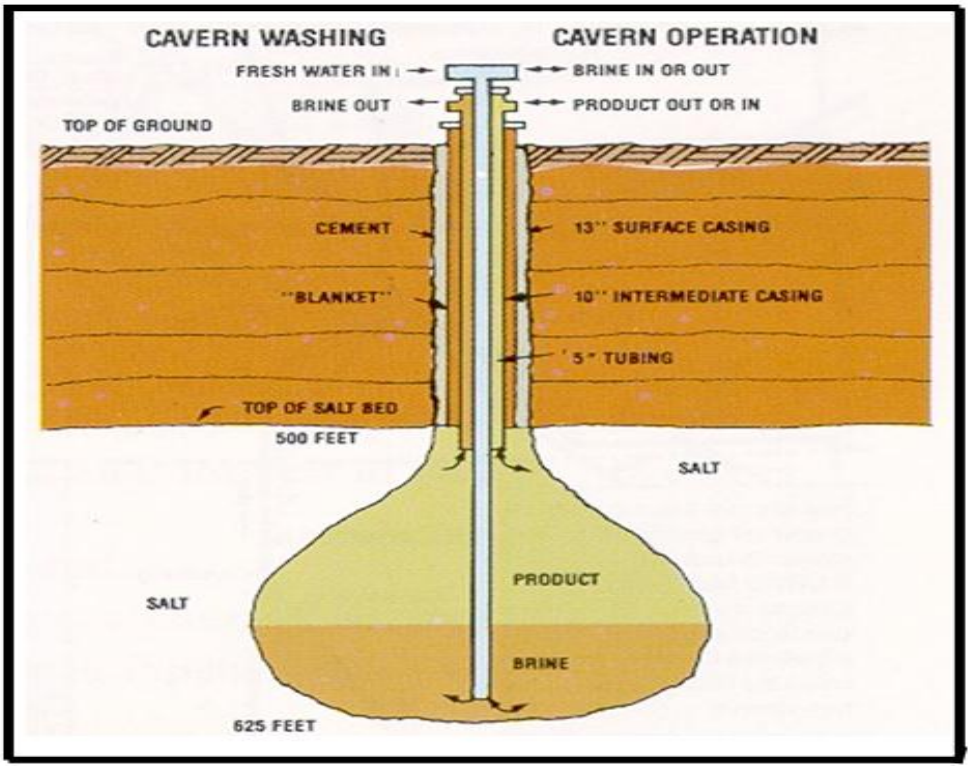
شركة نفط الشمال
هيئة الحقول
قسم الجيولوجيا

الخزن الجوفي في حقل كركوك

Under ground storage in Kirkuk feild



اعداد
فرهاد حمزة محمد
رئيس جيولوجيين

حاسبة
حنان نظام الدين عزالدين

2017

المقدمة:

يعتبر العراق من البلدان الغنية بالنفط وتعتبر كركوك من أقدم واهم مدنه المنتجة للنفط منذ عام (1927) ويتم تصدير الكمية الاكبر منه الى الخارج ويترك الجزء المتبقي للاستهلاك الداخلي , بعد اجراء عمليات التكرير لأنتاج المشتقات النفطية كالبنزين والغاز وغيرها من المشتقات الأخرى .

وفي نهاية العقد السابع من القرن الماضي ارتفعت وتيرة الانتاج النفطي ووصلت معدلاتها الى قرابـــة (4ملايين برميل) يوميا" من النفط يقابلها كمية من الغاز السائل (LPG) فاقت بكميتها الاستهلاك المحلي كانت الكمية الاكبر منه تهدر وتحرق مما حدا بالمسؤولين في وزارة النفط انذاك بالاستفادة من هذه الكميات المهدوره والضائعة عن طريق خزن الغاز الزائد عند الحاجة تحت سطح الارض وحينذاك برزت فكرة الخزن الجوفي للوجود .

وفي بداية الثمانينات تم التعاقد مع عدد من الشركات الاجنبية على حفر احدى عشرة بئرا للخزن الجوفي في حقل كركوك - قبة بابا –الطبقة الملحية في تكوين الفارس الاسفل كونها ملائمة جيولوجيا" لهذا الغرض , وتم اكمال وتهيئة خمسة فجوات لغرض استخدامها لخزن الغازالسائل , واثبتت هذه الفجوات كفائتها العالية في حفظ الغاز الزائد عن حاجة الاستهلاك المحلي واعادته الى السطح ومن ثم للاستهلاك في اوقات الشحة . لقد اثبتت هذه التجربة نجاحها في دول عديدة وهي تعتبر مهمة من الناحية الاقتصادية حيث يتم الاستفادة من الغازات المصاحبة للنفط والتي كانت تحرق لسنوات طويلة .

بالاضافة الى حقل كركوك كانت هناك محاولات في نفس الوقت و لنفس الغرض اعلاه في منطقة موصل في حقلي تل حجر وعين الغزال حيث تم حفر سبعة أبار في تكوين الذبان ولكن بقيت تلك ألابار على حالها ولم يتم تحويل أي منها الى فجوة للخزن الجوفي.

ماهو الخزن الجوفي Under ground storage :

هو خزن المواد الهيدروكاربونية سواء كانت (نفط او غاز) او فضلات صناعية او فضلات نفطية تحت السطح والاستفادة منها عند الحاجة الى ذلك.

فوائد الخزن الجوفي

- الطاقة الخزنية كبيرة مقارنة مع الخزن على السطح
- كلف انشاء الفجوات تكون اقل مقارنة مع كلف المنشآت السطحية
- عدم اشغالها مساحات كبيرة على السطح
- اقل عرضة للانواء الجوية والحوادث الطبيعية
- قلة كلف اعمال الصيانة
- قلة كلف التأمين مقارنة مع التأمين على المنشآت السطحية

مساوئ الخزن الجوفي:

- عدم امكان استرجاع المادة المخزونة بشكل كامل .
- قد يحدث احيانا" تسرب المنتوج المخزون من الفجوات تحت السطح يؤدي الى تلوث المياه الجوفية .
- احتمالية حدوث تسرب للغاز المخزون الى السطح عبر تشققات ممتدة الى السطح مما قد يؤدي الى حدوث حرائق.

انواع الخزن الجوفي :

1- الخزن الجوفي في الكهوف الصخرية :

الكهوف الصخرية بطبيعتها هي حيز من الفراغ الموجود في الصخور المكونة للجبال او التلال احيانا , يمكن استغلالها في الخزن الجوفي للنفط الخام او مشتقاته اذا كانت ذات سعة اقتصادية وصخورها صماء غير نفاذة بعد اجراء بعض اعمال الصيانة الهندسية عليها كتقوية الجدران وتشذيبها وتثبيت السقف بالمساند العمودية ووضع صمامات على سقف الكهف لضخ واستخراج المادة المحزونة .

2-الخزن الجوفي في المناجم المهجورة :

المناجم الخاصة باستخراج المعادن يتم عادة تركها بعد اكمال عمليات استخراج المعادن التي تكون عادة على شكل عروق او ألسنة في الطبقات الصخرية . المناجم في اغلبها تكون على شكل انفاق في باطن الارض

يتم استغلالها للخزن الجوفي بعد اجراء بعض اعمال الصيانة الهندسية عليها كتقوية الجدران وتشذيبها وتثبيت السقف بالمساند العمودية أو تغليفها بمواد مانعة التسرب اذا كانت صخورها غير صماء ووضع صمامات على بوابة المنجم لضخ واستخراج المادة المحزونة .

3- الخزن الجوفي في الحقول النفطية الناضبه :

الحقول النفطية تترك عادة بعد انخفاض ضغط المكمن الى حدود لا يمكن معها استخراج النفط وكمية الماء الموجودة فيه ضمن الحدود المقبولة بل سينسحب معه كميات كبيرة من الماء المكمني الذي يسبب مشاكل تشغيلية خطيرة في وحدات المعالجة الحارة او الباردة او تدمير للأنابيب الناقلة والخزانات بسبب التآكل . هذه الحقول بطبيعة الحال محفور فيها آبار ومربوطة على عقد الانتاج والتصريف ويمكن بطريقة عكسية نستخدمها لحقن النفط الخام في الصخور المكمنية ليرتفع العمود النفطي من جديد ويمكننا استخراج المادة المخزونة عند الحاجة .

4- ***الخزن الجوفي في الطبقات الملحية*** :

الصخور الملحية بطبيعتها صلبة وقوية صماء عديمة المسامية و النفاذيه خاصة اذا كانت بالغة النقاوة , الصخور الملحية قابلة للذوبان بالماء ويمكن انشاء فجوات فيها بأشكال هندسية منتظمة بإذابة الملح بالماء العذب وتجميعه في بحيرات او احواض ومن ثم الاستفادة منه عند استخراج المادة المخزونه. وان فجوات حقل كركوك ضمن هذا النوع .

مواصفات الفجوة:

- يجب ان تكون الفجوة في صخور ذات مسامية ونفاذية معدومة الى شبه معدومة
- ذات سعة اقتصادية
- يجب ان تخلو من التكسرات والتشققات
- يفضل ان تكون كروية الشكل او شبه كرويه لغرض تساوي الضغوط داخل الفجوة
- يجب ان تكون الفجوة في مناطق مستقرة تكتونيا"

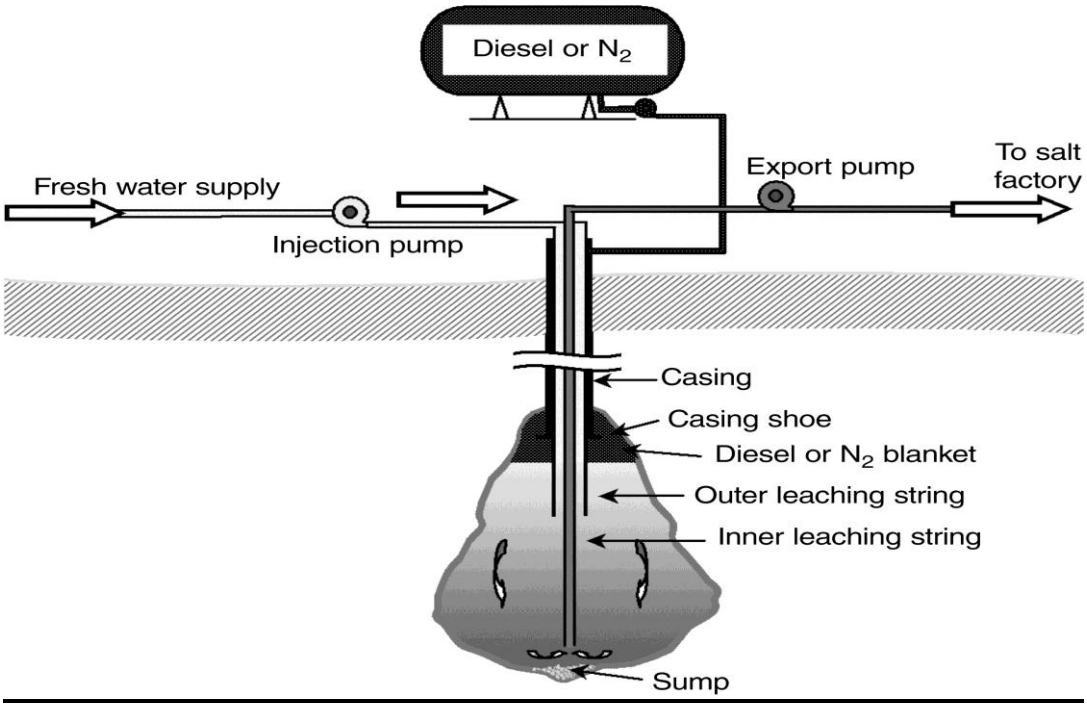
العوامل التي يتوقف عليها تحديد مواقع الفجوات :

- قريبة من المدن لتوفير الايدي العاملة
- قريبة من الطرق والمواصلات
- قريبة من مصادر الطاقة الكهربائية

- يجب ان تكون قريبة من مصادر المياه ومصادر الانتاج وعقد التصريف

الخطوات المتبعة لإيجاد الفجوة:-

- اختيار أسمك طبقه ملحية في المنطقة ومن الافضل ان تكون قريبة من السطح وذلك لقلة ثقل العمود الصخري وبالاعتماد على الخرائط تحت السطحية .
- تترك سمك معين في اسفل الطبقة لتكون قاعدة الفجوة وكذلك سمك معين في الاعلى لتكوين سقف للفجوة
- يتم ضخ الماء العذب (من الاسفل الى الاعلى) لأذابة الطبقة الملحية.
- يستخرج الماء المالح الى خارج الفجوة ويجمع في احواض كبيرة (البحيرات) خاصة لهذا الغرض للاستفادة منه عند استخراج المادة المخزونة .
- القيام بفحص(TEST) في كل مرحلة لمعرفة ابعاد واقطار الفجوة والشكل الامثل لهذا الخزان هو الشكل الكروي او الكمثري لان الضغط سيكون متساويا" في جميع الاتجاهات .
- تربط الفجوات مع بعضها البعض بشكل هندسي منتظم لغرض السيطرة عليها وتقليل كلف الحقن والاستخراج.
- عند الوصول الى الشكل النهائي و تهيئتها للخزن يتم ضخ المنتوج المراد خزنه في الفجوة.



الشكل 1 يوضح كيفية الاذابة في الفجوات

الخزن الجوفي بالفجوات الملحية :

وهي احدى الطرق المستخدمة لخزن الهايدروكابونات بكافة اشكالها كالنفط الخام والمنتجات النفطية والغازات السامة في فجوات تستحدث داخل الصخور الملحية في جوف الارض بواسطة اذابتها بالماء العذب .

كانت البدايات في بعض الابار الضحلة التي كانت تستخدم لاستخراج الملح الصخري حيث كانت الصناعات الكيميائية ولعقود من الزمن تستخرج كميات هائلة من حجر الملح لاستخلاص العناصر اللازمة التي تدخل في صناعة وانتاج بعض المواد مثل Potash,Caustic,Soda,Soda Ash وغيرها .

وكانت هذه الابار تهجر حال نفاذ الملح منها وقد ألهمت هذه الطريقة البعض بفكرة استغلال هذه الفجوات والفراغات الناتجة عن استخراج الملح لاغراض الخزن الجوفي وقد ساعد هذا الدول الصناعية التي كانت لاتقدر عن الاستغناء عن واردات النفط الخام او المنتجات النفطية في التفكير في خزن وتأمين كميات كبيرة من النفط الخام والمنتجات لادامة حركة الصناعة هناك , ولذا فقد تم اخضاع هذا الاسلوب للتجربة واستخدم بشكل واسع بعد ثبوت نجاحه واقترانه بالعديد من الميزات الايجابية عند المفاضلة مع الطريقة الاعتيادية للخزن السطحي . وقد وفرت الطرق الجديدة طاقات خزن اضافية في بعض المواد الحرجة ذات الاستهلاك الموسمي ، ففي موسم الشتاء يحصل هناك ذروة في استهلاك وقود التدفئة مما قد يتعذر انتاج الكميات اللازمة والتي تغطي مقدار السحب فعند وجود خزين استراتيجي من هذه المادة يمكن عندئذ الاستفادة من المخزون عند الحاجة وتجاوز حالات الذروة بدون مشاكل وكذلك اثبتت هذه الطريقة ميزات اخرى استراتيجية وتشغيلية وامنية وبيئية وغيرها .

تتميز طريقة الفجوات الملحية للخزن الجوفي بأن الفجوات الجوفية تكون ذات دعم هندسي ذاتي يتم توفيره بتصميم الشكل المناسب للفجوة وحجمها وبهذا فهي تختلف عن طريقة الكهوف الصخرية غير المبطنة .

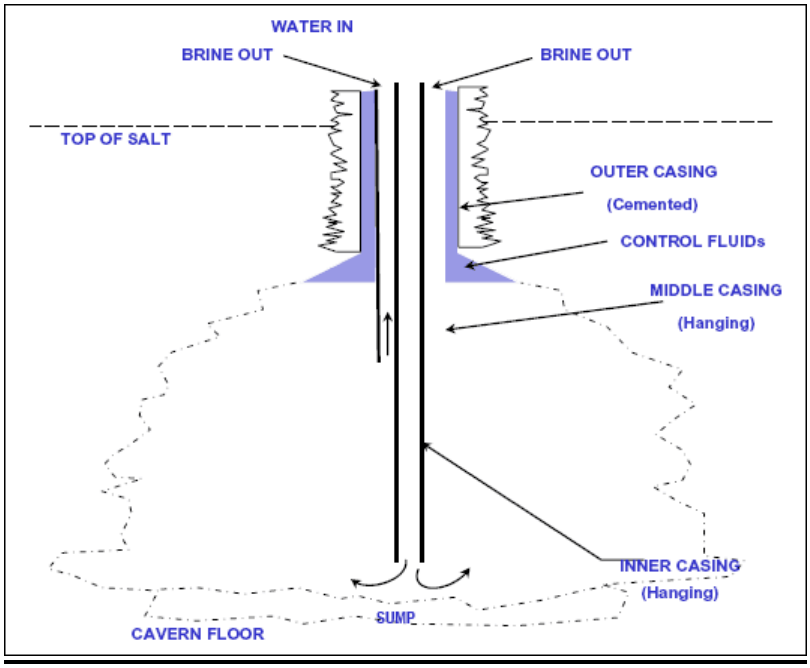
تعتمد طاقة الخزن في الفجوات الجوفية الملحية على سمك الصخور الملحية فهناك متسع من المجال لانشاء فجوات كبيرة في الطبقات الصخرية السميكة ولكن تتضائل هذه الفرص في الطبقات الملحية قليلة السمك ولكن حتى في الحالة الاخيرة تم ايجاد حلول مناسبة وبطرق تقنية مختلفة . وتزداد الفرص لاستحداث فجوات بحجوم كبيرة عندما تكون الخواص الصخرية الميكانيكية للطبقات الصخرية التي تعلو وتسفل صخور الهدف جيدة حيث تساعد ايضا" في الاستقرار والاتزان الميكانيكي للفجوة وتوفر اطار دعم للفجوة ايضا" .بهذه الحالة لاتوجد هناك حاجة لاقتطاع جزء مهم من سمك الطبقة الملحية اعلى واسفل الفجوة لغرض الاسناد . فقد يحصل عندما تكون مثلا الصخور فوق الطبقة الملحية ضعيفة ميكانيكيا" وهشة لاتوفر دعم للفجوة يضطر انذاك الى ترك مسافة بحدود عشرة امتار من السطح العلوي للطبقة الملحية ولغاية سقف الفجوة لتوفير دعم بذلك .

اختيار موقع المشروع:

لما كانت بعض خواص الطبقة الملحية مثل السمك والنقاوة من الشوائب من العوامل المهمة والمحددة لصلاحية او عدم جدوى الطبقة الملحية المعنية بأقامة المشروع لذا كان البحث عن سماكات كافية بحدودها الدنيا (50)م من الخطوات الاولية للمشروع قدر تعلق الامر بسعة خزن اقتصادية ومجدية . وبفضل المعلومات الجيولوجية المتوفرة من مصادر عديدة اهمها الابار النفطية امكن التعرف على مواصفات وسماكات وانتشار الطبقات الملحية ضمن التتابعات الصخرية لمناطق واسعة من القطر وتتوافق الظروف المثالية لنجاح تنفيذ المشروع عند توفر بعض المستلزمات الاساسية مثل مصادر مياه مستديمة وبكميات كافية لاتمام عملية الاذابة وكذلك مواقع مهيئة لتصريف الماء المالح مثل ابار حقن ، بالاضافة الى مصادر كهرباء كافية .

ومن الضروري ايضا" القرب الجغرافي لبعض الحلقات التكميلية او المنشأت ذات العلاقة بالمشروع تبعا" لنوع الخزين والغاية من عملية الخزن مثلا توفر المصافي النفطية عند تعلق الامر بخزن المنتجات النفطية او منشأة غاز في حالة الخزن الجوفي للغازات المسالة وهكذا ،وكذلك القرب من عقد المواصلات .

وقع الاختيار على قبة بابا في حقل كركوك لاقامة مشروع الخزن الجوفي للغاز المسال (LPG) بنوعية البروبان والبيوتان عن طريق استحداث فجوات ضمن الطبقات الملحية لتكوين الفتحة (الفارس الاسفل سابقا") .وكانت الخطة الموضوعة للمشروع استحداث خمسة فجوات بطاقة خزن لاتقل عن 50000م مكعب للفجوة الواحدة ليكون المجموع (250000)م مكعب للفجوات الخمس وبمعدلات تفريغ وخزن (100)م مكعب \ساعة\فجوة وانشاء بحيرات للماء المالح لاستخدامه في استرجاع الخزين .



الشكل (2) يوضح عملية الاذابة

شروط نجاح الفجوة :

- لايزيد ميل الطبقة الملحية في المنطقة المراد تكوين الفجوة فيها عن (5-10) درجات .
- قمة وقاعدة الفجوة المتكونة يجب ان تبعد بمسافة (10-20) متر عن قمة وقاعدة الطبقة الملحية .
- المحافظة المستمرة على الضغط في رأس الفجوة بمقدار يساوي اقصى ضغط تتحمله الفجوة من خلال فحص المتانة لها ولايقل عن ضغط الطبقات (Over burden pressure) المحسوب الى مركز الفجوة
- اجراء عملية اذابة منتظمة وليست عشوائية (اي خلق سقف للفجوة بشكل مخروطي يميل سطحه بزاوية 45 درجة).
- ضمان عدم احتواء الطبقة الملحية على نسبة عالية من الشوائب اي مواد طينية ورملية وذلك لمنع حدوث الزوائد الصخرية اي فتحات تشوه سقف الفجوه وبالتالي تؤدي الى حدوث حالة عدم الاستقرار في الفجوة.

الخلفية التاريخية للخزن الجوفي في قبة بابا:

ظهرت الحاجة لمشاريع الخزن الجوفي بعد الحرب العالمية الثانية وفي الدول الاسكندينافية خاصة نتيجة للطبيعة الوعرة لشواطئ الدول مثل السويد وعدم توفر الارض الملائمة لإنشاء خزانات سطحية لاستلام شحنات الوقود التي تستخدم لأغراض التدفئة والاحتياجات الأخرى ، باشرت السويد بإنشاء الفجوات في الكهوف الصخرية والأنفاق في عام (1952) وتلتها باقي الدول مثل فرنسا وألمانيا وأميركا.

اما بالنسبة للعراق ظهرت فكرة الخزن الجوفي لاول مرة في نهاية سبعينات القرن الماضي وتم دراستها في عدة ندوات واجتماعات .عقدت في بغداد سنة (1979) حلقة دراسية حول الجدوى الاقتصادية للخزن الجوفي للنفط والغاز وذلك لملائمة الظروف الجيولوجية في العراق . لهذا الغرض في بداية عام (1980) وقع عقد مع شركة سوفرا غاز الفرنسية لانشاء خمسة فجوات ولكن قبل ذلك التأريخ قام شركة (K.B.B) الالمانية بحفر بئرين رقم (1 و 2) ، تأكدوا من الجدوى الاقتصادية مؤكدة امكانية استحداث فجوات لحجوم (100000) متر مكعب لفجوة واحدة .

بدأت الشركة الفرنسية بالعمل منذ عام (1980 ولغاية عام 1984) , خلال هذه المدة تمكنت من حفر (9) أبار أخرى وانشاء خمسة فجوات منها وهي (2،5،6،7،8) بطاقة تصميمية للخزن تبلغ (250000) متر مكعب من الغاز السائل عندما يكون فائضا" في فصل الصيف واستخدامه والاستفادة منه في فصل الشتاء . وعند انجاز المشروع في عام (1984) تبين لهم وصول طاقة الخزن الى (283000) متر مكعب أي فاقت الطاقة التصميمية، وتم انجاز المشروع في مدة (53) شهرا" وفي 1984/8/1 اكملت كافة المراحل الضرورية للتشغيل التجريبي .

سبب اختيار حقل كركوك :-

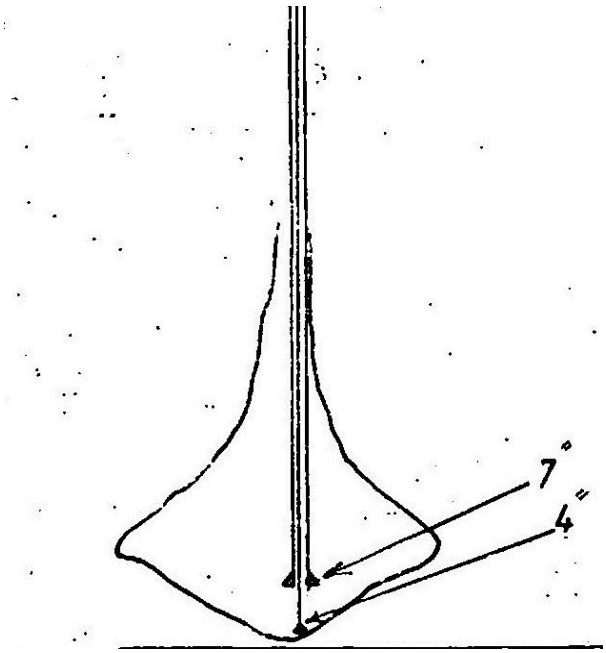
- وجود طبقات سميكة ونظيفة للملح في قبة بابا الجناح الجنوب الغربي .
- قرب المنطقة من مصادر الغاز السائل,والمصدر هو شركة غاز الشمال والتي يبعد بحوالي 20 كم .
- توفر المياه اللازمة لعمليات الاذابة ووجود الابار الصالحة لحقن ماء الاذابة .
- وجود حرارة باطنية واطئة لاتؤثر على صفات المواد المخزونة على المدى البعيد حيث لايتجاوز عمق الفجوات اكثر من (300)م .

في قبة بابا حقل كركوك هناك طبقات من الملح يفصلهما صخور جبسية وان الطبقة السفلى هي سميكة وهي التي تتخذ قاعدة للخزن الجوفي بسبب سماكته المناسبه ,الطبقات التي يقع اسفل الطبقة الملحية السميكة قلما

تعرضت الى عملية Fault وهي جيدة اما الطبقات التي تقع فوق الطبقة الملحية السميكة معقدة نوعا"ما ومن الصعوبة مقارنتها لانها تأثرت ب(Thrust Fault) .

عملية اذابة الفجوة :-

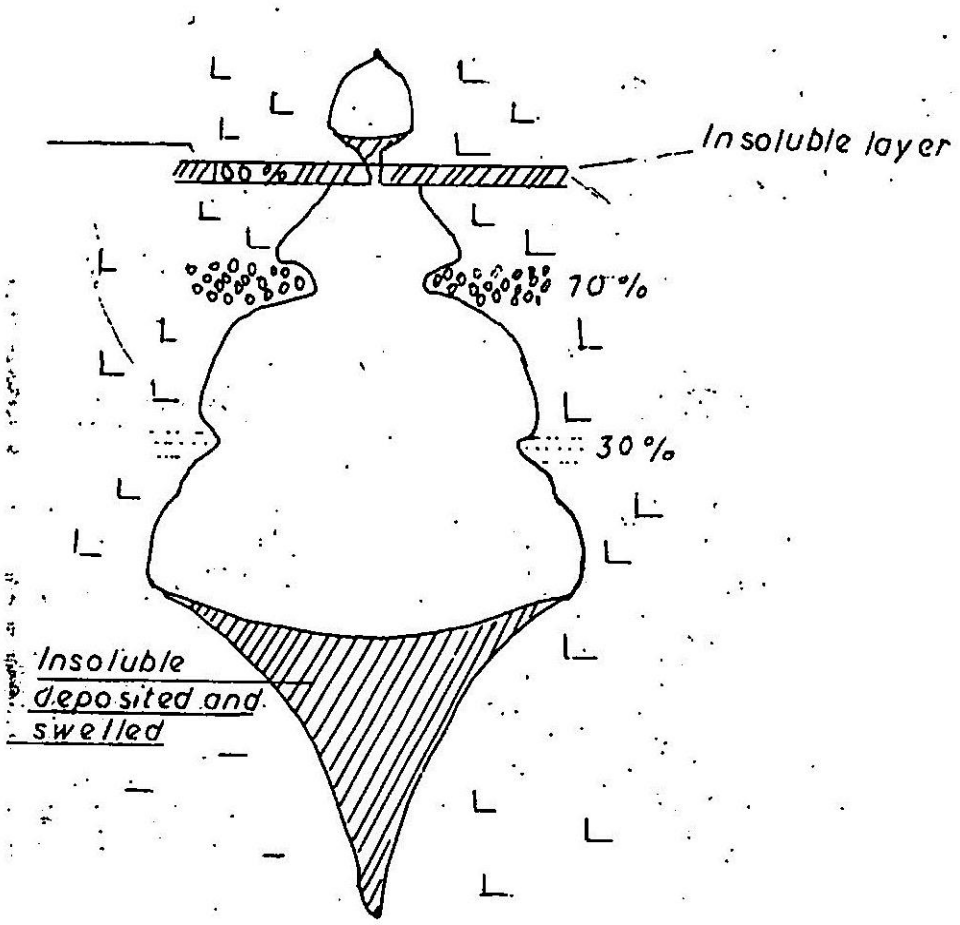
- تستحدث الفجوة الملحية بواسطة الاذابة بالماء العذب ويتم خلالها التحكم في شكل وحجم الفجوة للوصول الى اقصى حجم ممكن وبأفضل تصميم او شكل هندسي يؤمن الاستقرار والثبوت الميكانيكي للفجوة ضمن الطبقة الملحية ولفترات طويلة .
- انزال انابيب حقن الماء العذب 4 انج وارجاع الماء المالح عن طريق انابيب 7 انج داخل البئر بمستويات تبعد فيها نهاية الانبوب 4" من القعر(bottom) بمقدار(1 - 0,5) متر ونهاية الانبوب 7" عن القعر بمسافة (6-7) متر كما في الشكل رقم (3) .



شكل رقم (3)يوضح فيه موقع انبوبي حقن وسحب الماء اثناء عملية الاذابة

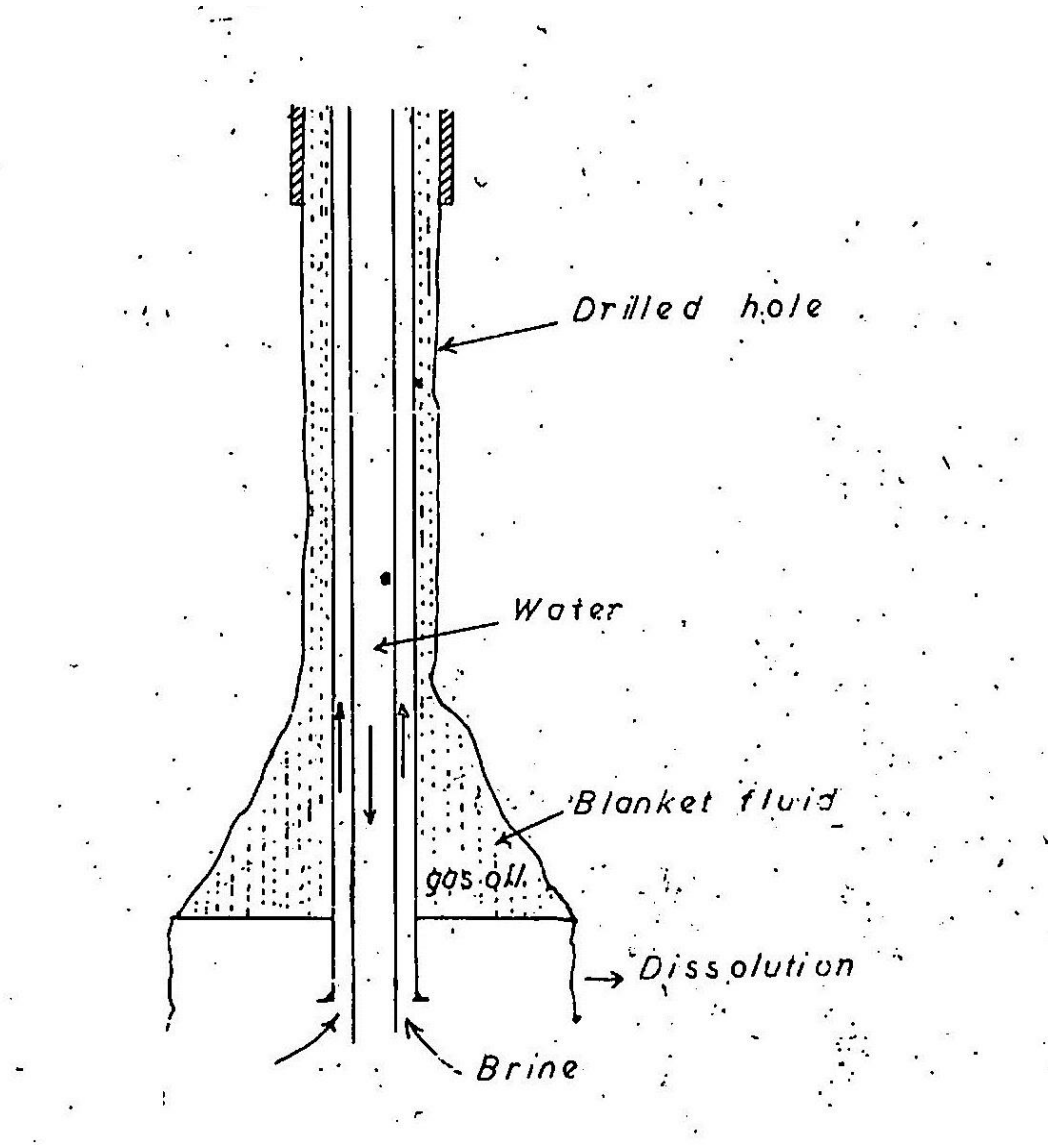
- في بدء العملية يتم ضخ كميات من الماء العذب بمعدلات واطئة من خلال الانبوب المركزي 4" ليخرج بعدها بشكل ماء مالح Brineمن الفسحة الحلقية 7"X4"بعد ان يذيب جزء من جدار البئر .ويطلق على هذه العملية تسمية الاذابة بالتدوير المباشر Direct circulation leach , يتم خلالها تكوين فراغ مخروطي الشكل في قعر الفجوة لاستيعاب وتجميع المواد غير الذائبة المتخلفة عن عملية الاذابة مثل

الشوائب الطينية والرملية والانهايدرايت وغيرها , تؤمن هذه الطبقة من الشوائب حماية لقعر الفجوة تقييها من الاذابة والازالة وتوجه عملية الاذابة نحو الجدران الشكل رقم (4) .



شكل رقم (4) يوضح فيها تجمع مواد الغير ذائبة في قعر الفجوة

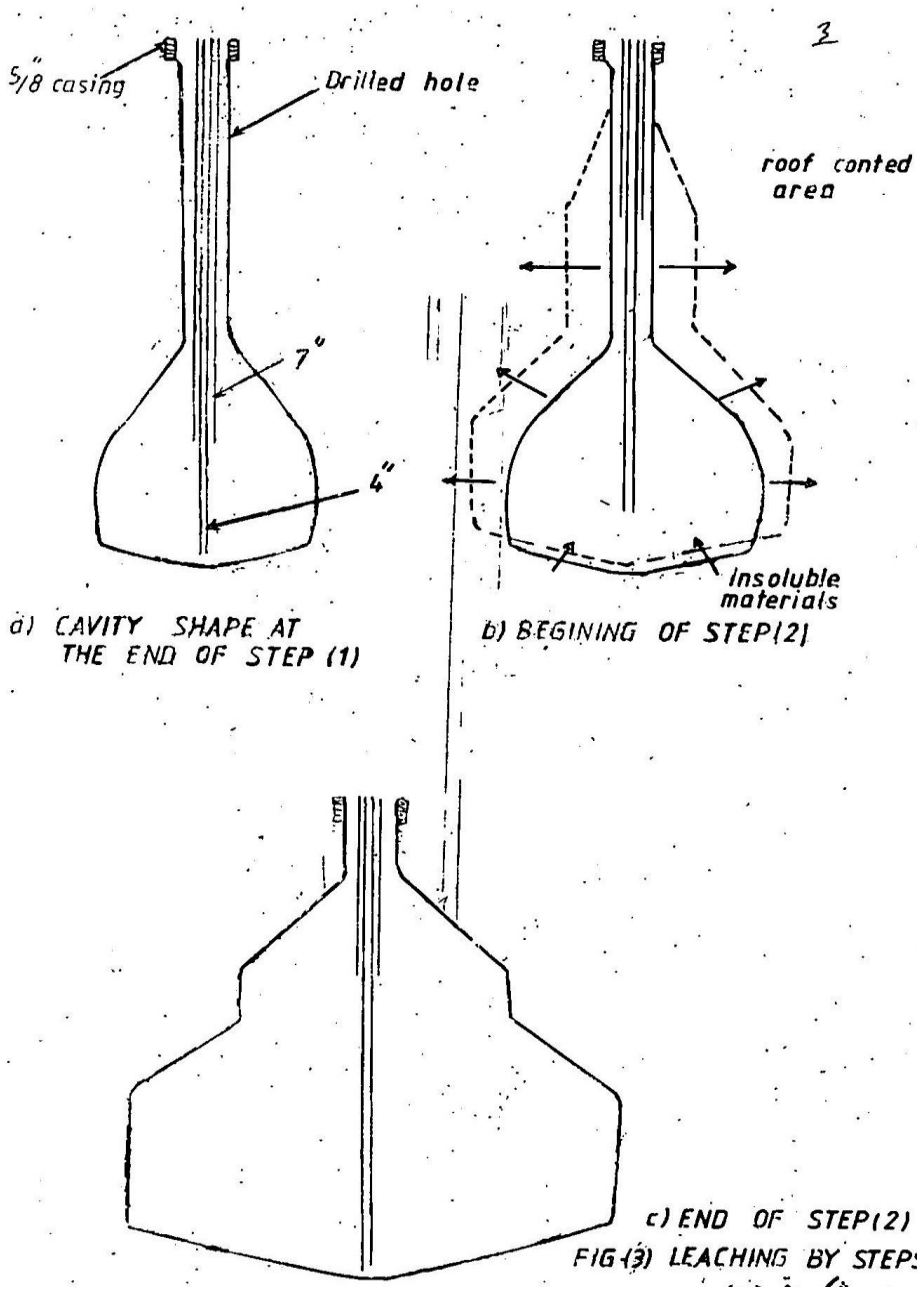
- ولتأمين الحماية لسقف الفجوة ولقاعدة البطانة 5/8 9" المسمتة ضد الاذابة والتخلخل يستخدم هناك سائل خامل مانع للاذابة (استخدام الكازوايل في فجوات بابا واستبدل بعدها لاعتبارات خاصة" بمادة النفثا ويمكن استخدام الهواء او النتروجين في هذه الحالة) . يضخ سائل مانع الاذابة من خلال الفسحة الحلقية 5/8 9"x7" ويبقى في سقف الفجوة بسبب الفرق في الكثافة بين الماء المالح وبينه شكل رقم (5) .



شكل رقم (5) يوضح فيها تجمع سائل مانع الاذابة في سقف الفجوة

تستغرق عملية الاذابة للفجوة الكبيرة وقتا" طويلا" وفي عدة مراحل . من الضروري ابقاء سقف الفجوة خلال عملية الاذابة بشكل مخروطي قدر الامكان وبزاوية ميل قدرها (45) درجة. ويجري حساب الكمية الواجب ضخها وفق برنامج حاسوبي بالاعتماد على سلسلة من الحسابات والقياسات التي تتم على السطح والمتعلقة بعملية الاذابة مثل معدلات الجريان والملوحة وغيرها . في كل مرحلة من مراحل الاذابة هناك مجموعة من الخطوات يتم في اولها ضخ كمية من سائل مانع الاذابة بمستوى (6-7)م فوق قاعدة الانبوب 7" وتستمر عملية ضخ السائل بشكل خطوات وبالمعدلات اعلاه لغاية وصوله مستوى تلامس سائل مانع الاذابة والماء المالح الى قاعدة الانبوب 7" ورجوعه الى السطح مع الماء المالح وتحسسه بجهاز خاص على السطح . وعند اتمام هذه الخطوات يتم سحب سائل مانع الاذابه خارج الفجوة واخراج انبوب ضخ الماء العذب 4" خارج البئر

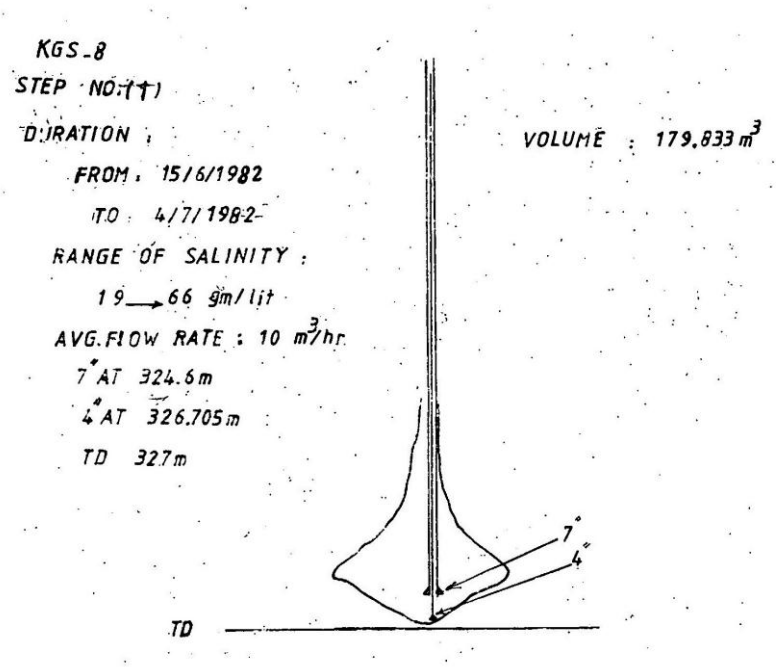
وكذلك رفع الانبوب 7" الى مستوى معين داخل البطانة بعدها يتم انزال المسح الصوتي لتحديد حجم وشكل الفجوة . وعند اكمال هذه المرحلة يتم في المرحلة اللاحقة انزال الانابيب السابقة ولكن بمستويات اعلى بمقدار معين (10- 8)م بالنسبة للانبوب 7" والابقاء على مستوى الانبوب 4" او رفعه قليلا" وهكذا الى ان تكمل بقية المراحل (الشكل رقم 6) .



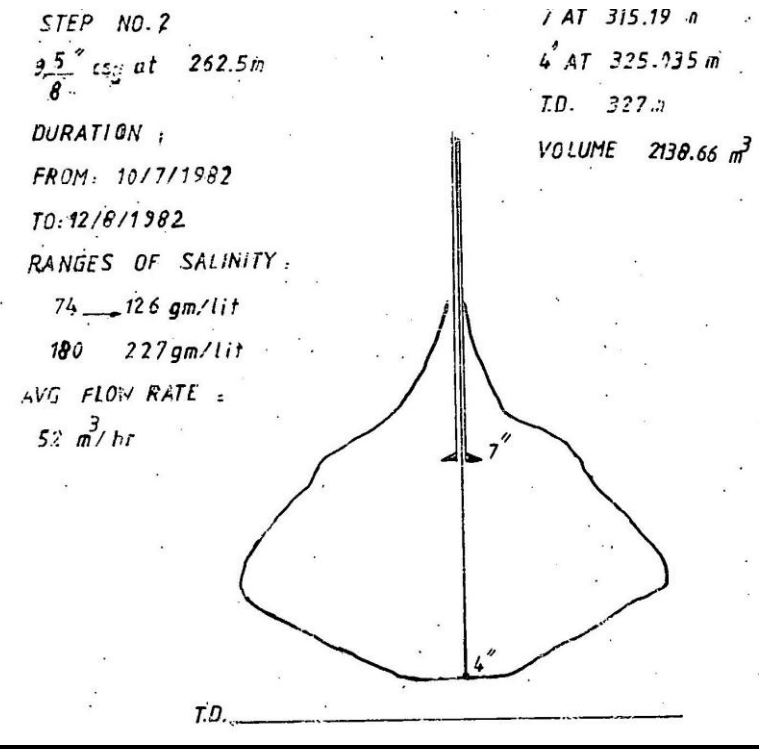
شكل رقم (6) يوضح فيها المراحل المختلفة للاذابة

يتم عملية الاذابة من خلال عدة خطوات ومن كل خطوةتجري echo log .

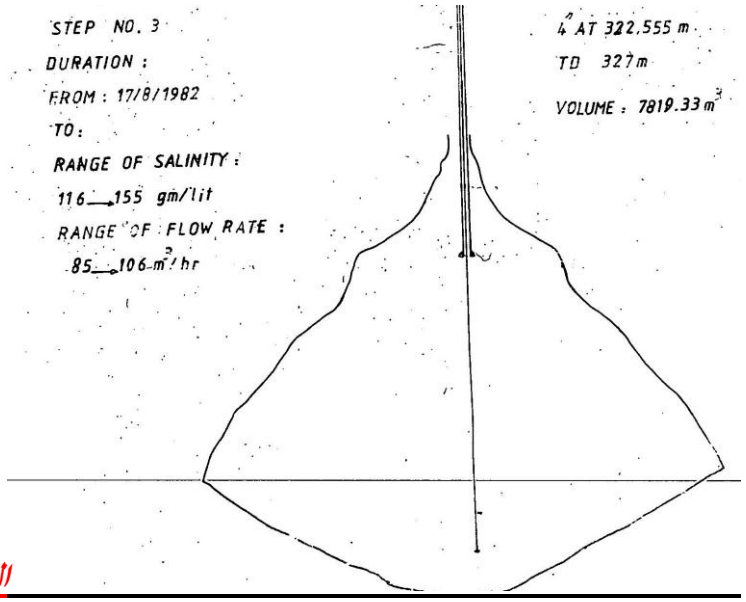
مراحل الاذابة في الفجوة رقم 8



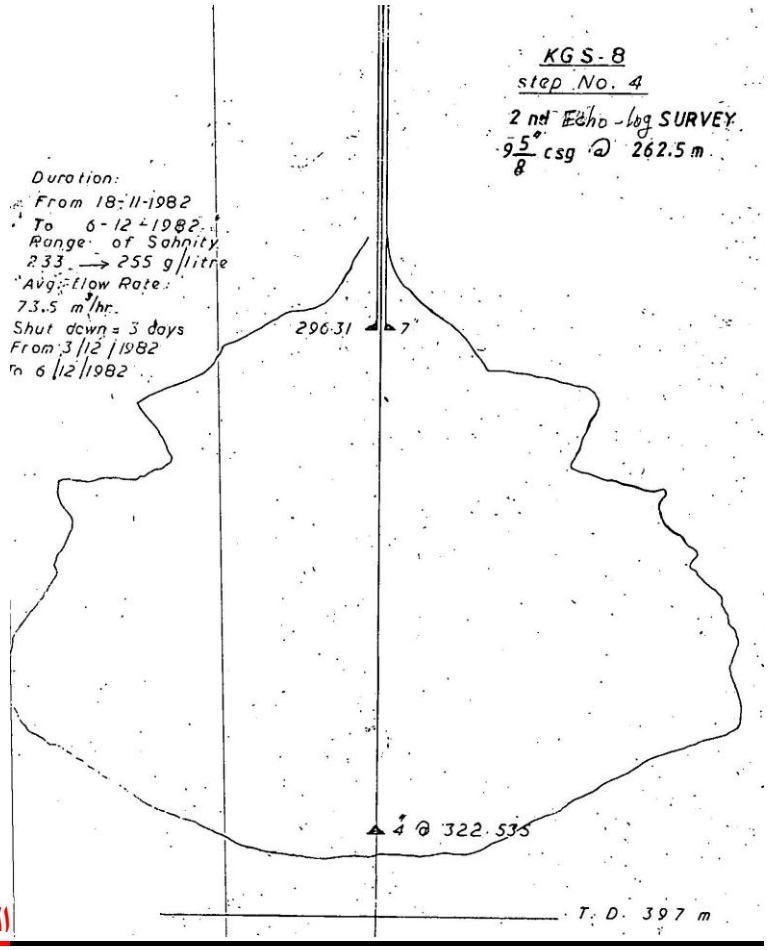
المرحلة الاولى



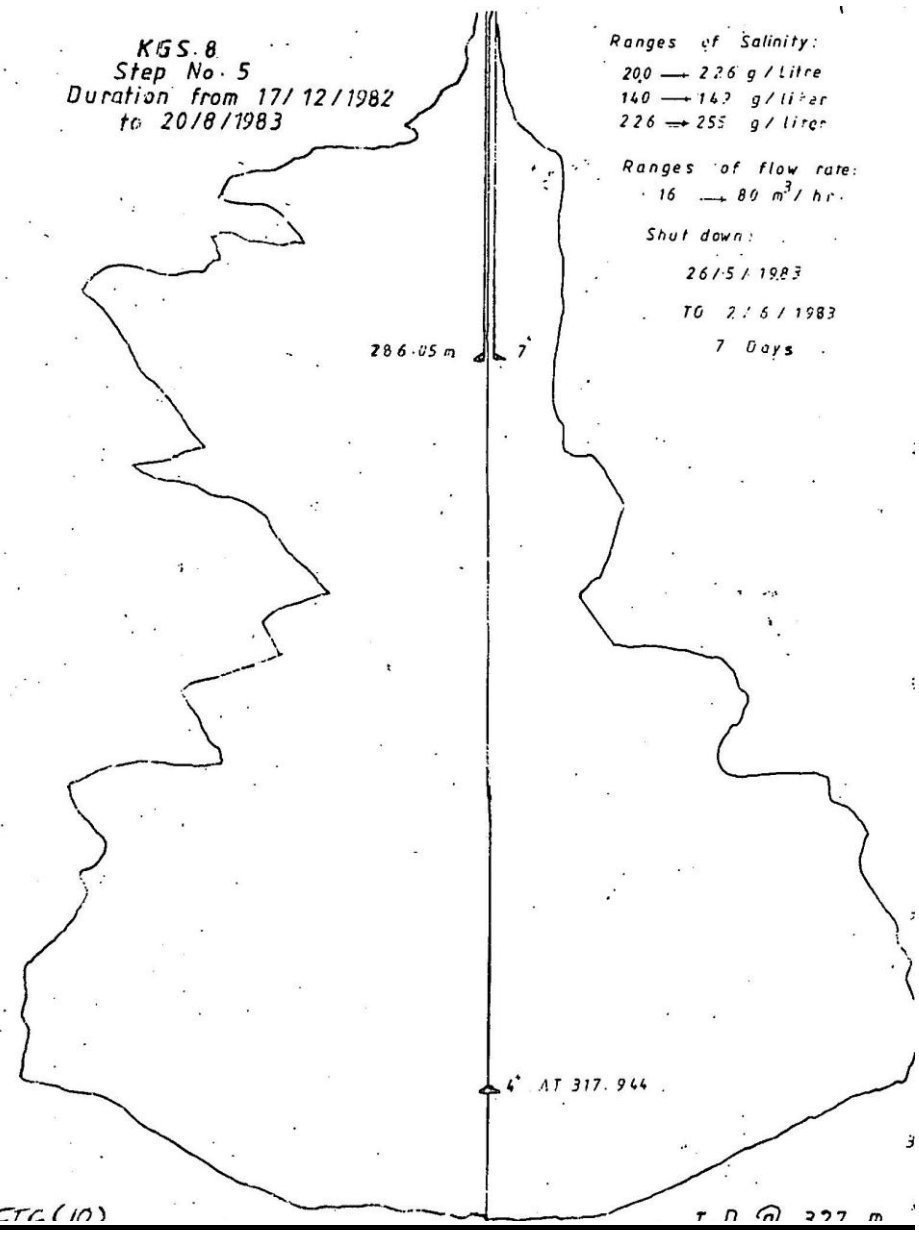
المرحلة الثانية



المرحلة الثالثة



المرحلة الرابعة



المرحلة الخامسة

شكل 7 يوضح فيها مراحل الاذابة للفجوة رقم 8

التعرجات والتكهفات في جدران وسقف الفجوة :-

من الظواهر السلبية التي قد تبرز اثناء مراحل الاذابة المختلفة للفجوات هي التعرجات والتكهفات في جدران وسقف الفجوة . وعند هذه الحالة يستوجب هناك اجراء معالجة سريعة قبل تفاقم الامر وخروجه عن السيطرة وتمثل المغاور الناشئة في سقف الفجوة.

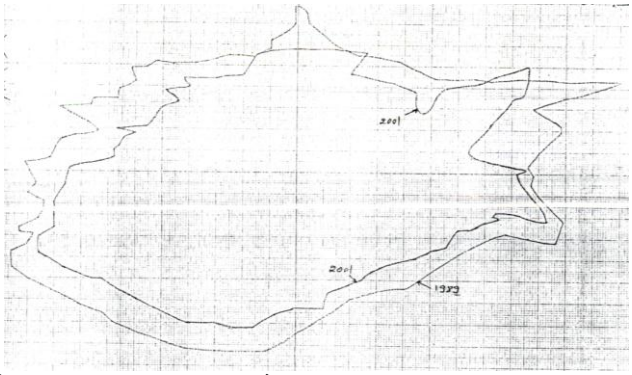
تطلق احيانا" التسمية Ears على المغاور السقفية وقد برزت ظاهرة التعرجات في الجدران والسقف بشكل واسع اثناء مراحل الاذابة لاغلب الفجوات الخمسة المستخدمة في قبة بابا وقد استوجبت المعالجة اجراءات غير اعتيادية وغير محسوبة من قبل مثل الاضطرار الى ضخ كميات هائلة من سائل مانع الاذابة Blanket Fluid وصل احيانا (3) ملايين لتر للفجوة الواحدة وايضا" استبدال نوع سائل مانع الاذابة Gas Oil الى النفثة لأعتبارات عديدة اقتصادية . كذلك الى اجراء بعض التحويرات والتعديلات على تفاصيل المنشآت السطحية لتتلائم مع الوضع المستجد وعلى اية حال افلحت المحاولات اخيرا في تدارك الامر وتعديل شكل الفجوة الى الشكل المقبول عند مراحلها النهائية .

يجدر بالذكر ان من مسببات هذه الظاهرة هي تهدم اجزاء من السقف (Roof Collaps)او عدم تجانس ملوحة ماء الاذابة وفقدان التناسق في هايدروداينميكية ماء الاذابة بسبب معدلات الضخ العالية وحصول اضطرابات وهيجان وتيارات مائية غير منتظمة . ومن الاسباب الاخرى احيانا" هو الاذابة التفاضلية بفضل وجود نسبة من الاملاح ذات معدلات ذوبان سريعة مثل (SrCL,MgCL,KCL) مما يؤدي الى حصول تكهفات ومغاور في المستويات التي تزداد فيها نسبة هذه الاملاح .

من المحاذير التي قد تترتب على ظاهرة المغاور والتكهفات في جدران وسقف الفجوة هو ان عملية الاذابة سوف تخرج عن السيطرة والمراقبة والمعدة مسبقا" وفق برامج حاسوبية خاصة .

مما يتعذر عندها اجراء متابعة دقيقة لعملية الاذابة واضافة الى ماسبق

فأن ترك مثل هذه التكهفات بدون معالجة سوف يؤدي الى حصول ضياع في طاقة الخزن حيث ان الخزين سيمثل تضمنه لجزء ميت للجزء المحصور في المغاور أعلى السقف بسبب الفرق بين كثافة الخزين والماء المالح مما يضطره الى البقاء في اعلى التكهفات وعدم امكانية استرجاعه ثانية".



الشكل8 يوضح البروزات في الفجوات اثناء عملية الاذابة

ابار وفجوات الخزن الجوفي في حقل كركوك

كما ذكرنا سابقا" بأنه تم حفر 11بئر لغرض الخزن الجوفي ولكن حسب الخطة المعدة حولت خمسة منهم الى فجوات لخزن الغاز السائل.

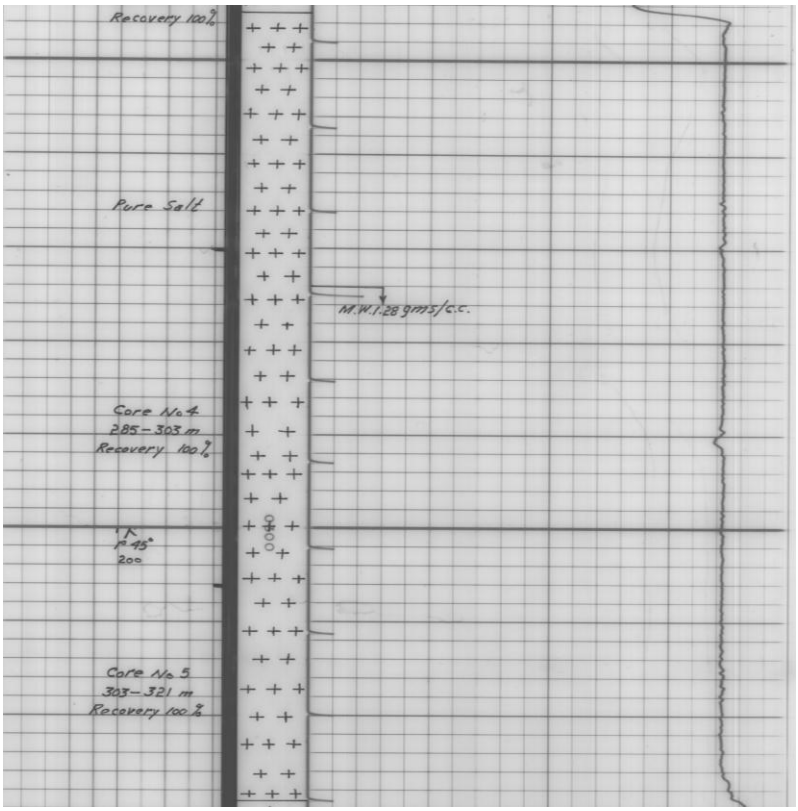
1 - KGS :

- تأريخ البدء بالحفر :-17/ايلول /1977
- تأريخ انتهاء الحفر :-26/ايلول/1977
- العمق النهائي :- 501 م

RTKB:- 321م

توجد في البئر ستة طبقات ملحية اثنتان منها سميكة والاربعة الباقية يتراوح سمكها بين (3-12)م

- الطبقة العليا تمتد من (268م -316)م سمكها (48)م ((بعد تعديلات عام 2015)) ,استغلت لغرض الخزن الجوفي (الشكل 9).
- الطبقة السفلى تمتد من (386 -428,5)م سمكها (42,5)م



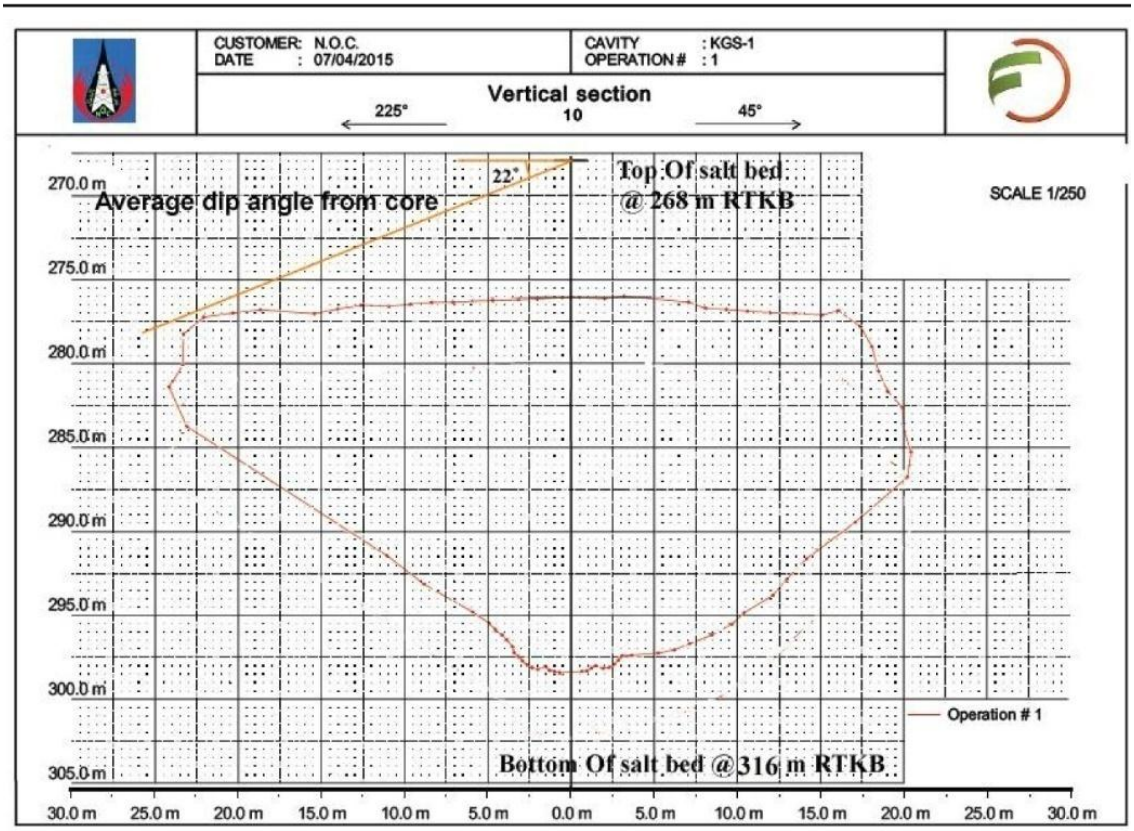
الشكل (9)المجس الصوتي للجزء العلوي للطبقة الملحية

لم يلاحظ وجود فالق Fault ولم تسجل شواهد نفطية ولافقدان طين استغلت الطبقة العليا فقط لغرض الخزن الجوفي

بدأت عمليات الاذابة بشكل عشوائي عام 1986 وانتهت عام 1989 علما" بأنه في عام 1982 استبعدت لقلة سمكها

تبين من مقاطع جميع المسوحات بأن شكل الفجوة مخروط مقلوب ويعزي سبب الاختلاف الى نظام الاذابة العشوائية (اذابة مباشرة) حيث تتم عمليات حقن الماء الغير المشبع بالملح عن طريق انبوب الانتاج النازل الى قاع الفجوة واستلام الماء المالح المشبع عن طريق الفراغ الحلقي(annual) علما" بأن هذه الفجوة هي غير نظامية وكانت في الاساس تستخدم لاذابة الطبقة الملحية فيها لتوفير الماء المالح للبحيرات وبذلك هي ليست فجوة خزن جوفي وذلك لكون سمك الطبقة الملحية اقل من 50 متر

دخلت الفجوة الخدمة عام 1991 واستبعدت عام 2009 وذلك لحصول انخفاض في ضغط الفجوة الى (6بار) مع ملاحظة شواهد تسربات غازية في اطراف الفجوة حسب كتاب هندسة النفط المرقم خ/195/109في 2001/2/8 والحجم الاصلي للفجوة 18260 متر مكعب .



الشكل (10) شكل فجوة رقم 1

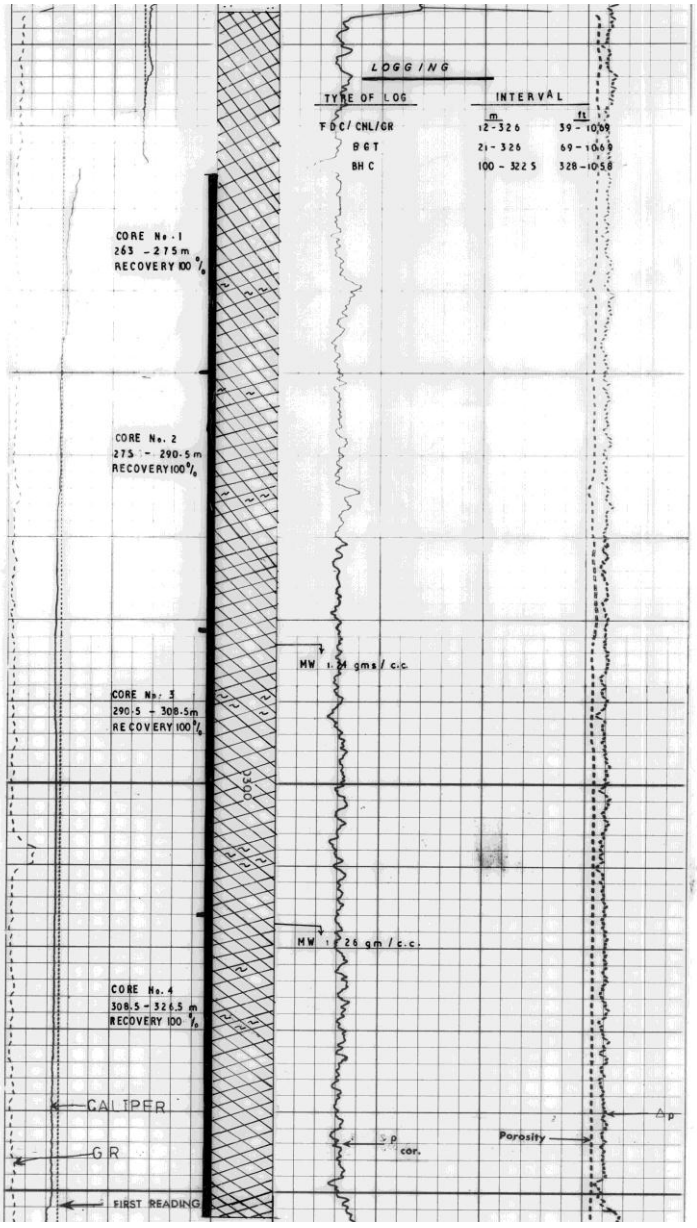
: KGS -2

- تأريخ البدء بالحفر :- 4/أيار/1978
- تأريخ انتهاء الحفر :- 20/أيار/1978

عمق البئر :- 326,5 م

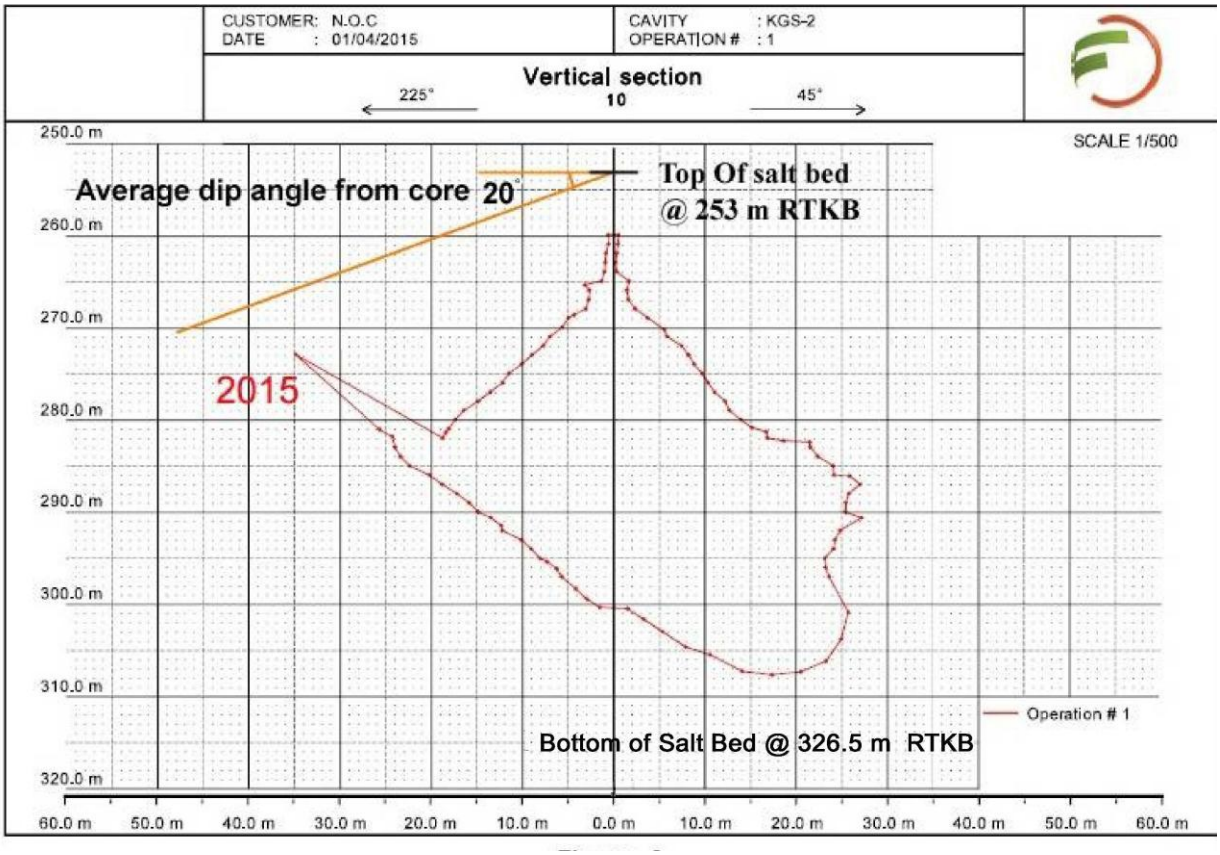
RTKB :- 319م

وهناك طبقتان ملحيتان الاولى سمكها (8) أمتارتمتد من عمق (224,3 - 232,3)م ،الثانية من (253 – 326,5)م (حسب المجس الصوتي) اي سمكها(73.5)م الشكل رقم 11



الشكل رقم (11) الجزء السفلي للطبقة الملحية

لم يلاحظ وجود اي شواهد نفطية اثناء الحفر وبدأت عمليات الاذابة في هذه الفجوة وانتهت عام 1984 وعلى عدة مراحل اجريت خلالها مسوحات صوتية لكل مرحلة لمتابعة تطور شكل وحجم الفجوة . تبين مقاطع المسوحات الصوتية التي اجريت لحد الان ان شكل الفجوة غير منتظم تماما" الشكل رقم (8) ومن خلال الوصف الصخري نلاحظ بأن الطبقة الملحية كانت بلون رصاصي غامق مع وجود شوائب من المارل مما ادى الى اختلاف في سرعة الاذابة في الاتجاهات المختلفة للفجوة مكونة جيوب تمتد عن مركز الفجوة . من التحاليل الكيمياوية يتبين بأنه يحتوي على 98%هالايت ، و Clay 1% والباقي عبارة عن الايت وكلورايت .



شكل رقم (12) يوضح فيها حجم فجوة (2)

نرى من الشكل بأن الفجوة لها شكل مخروطي غير منتظم تماما" وذلك لعدم نقاوة الطبقة الملحية مع وجود مكتنفات من المارل مما ادى الى حصول امتدادات للفجوة على شكل جيب يمتد بعيدا" عن مركز الفجوة بين 210-225 درجة ، الحجم الطبيعي حسب مسح عام 1984 يساوي 63381متر مكعب .

: **KGS -3**

- تأريخ البدء بالحفر :- 7/شباط/1980
- تأريخ انتهاء الحفر :-5/أذار/1980

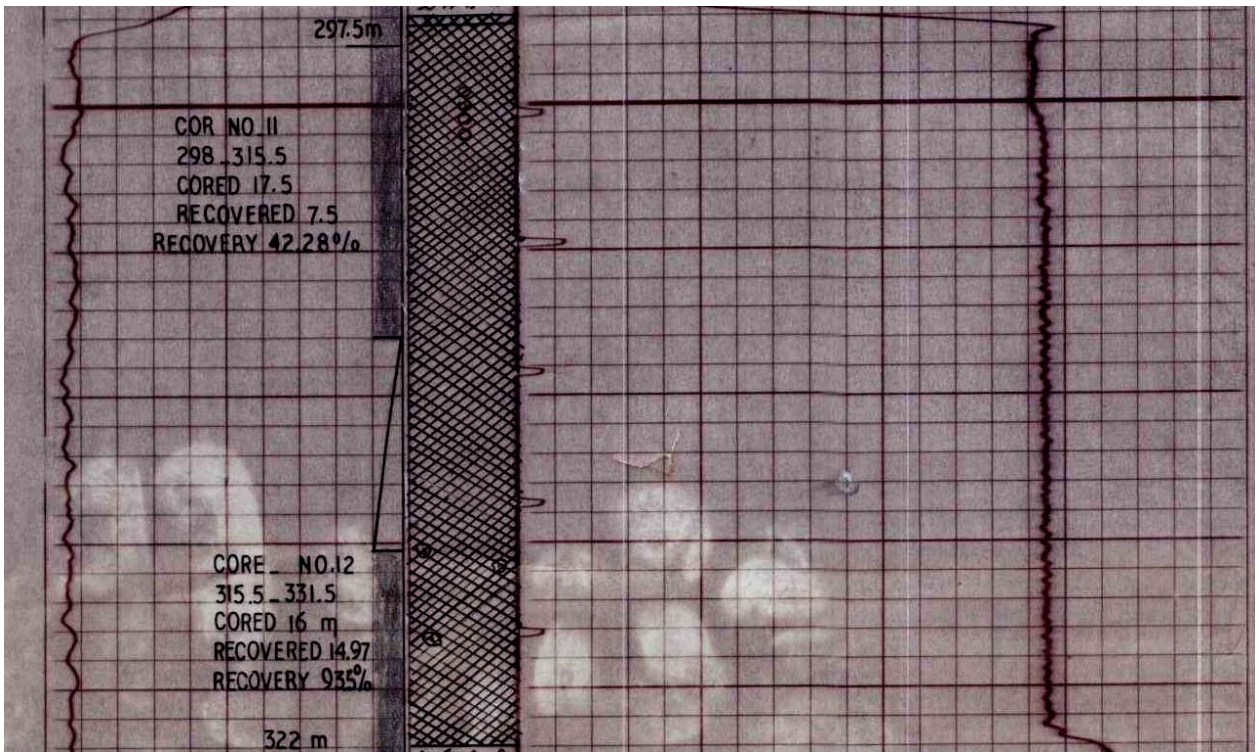
عمق البئر :- 378م

RTKB :- 320م

صادف الحفر ستة طبقات من الملح يتراوح سمكهم بين (3,2 - 25)م ،الطبقتان الرئيسيتان الاولى تقع مابين (274,5 - 283,5)م اي بسمك (9) أمتار .

الطبقة الثانية السفلى تقع بين (297,5-322)م اي بسمك (24,5) ، لم تسجل اي شواهد نفطية او فقدان سائل الحفرالشكل رقم (13) .

فشل البئر لقلة سمك الطبقة الملحية والتي لاتلائم الخزن الجوفي ,وسبب قلة سمك الطبقة يعود لقربها من الجناح الشمال الشرقي لقبة بابا .



شكل رقم (13)المجس الصوتي للجزء السفلي للطبقة الملحية

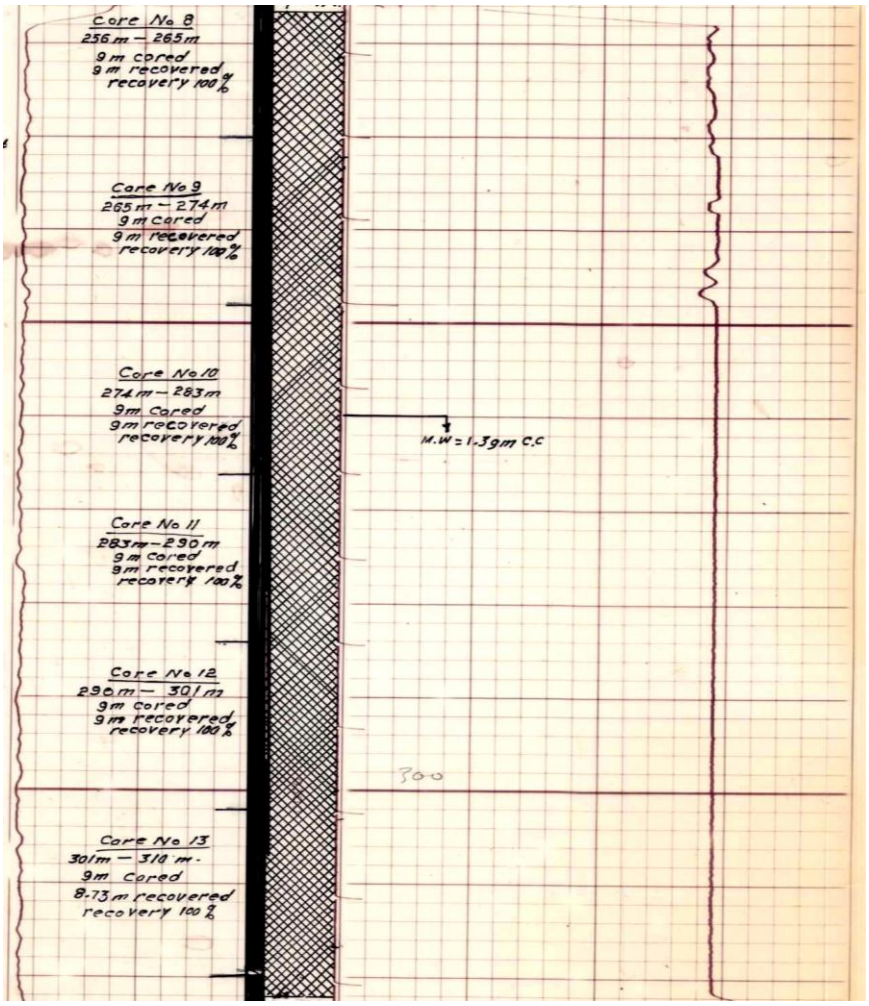
: **KGS – 4**

- تأريخ البدء بالحفر :- 17/نيسان /1980
- تأريخ انتهاء الحفر :-20 /نيسان /1980

عمق البئر :- 337م

RTKB :- 320,28م

تم الكشف على طبقة سميكة واحدة من ضمن خمسة طبقات من الملح ،حيث تمتد من (258,5 - 311)م حسب المجس الصوتي وسمك الطبقة (52,5)م الشكل رقم (14) ، الميل الطبقي يصل الى 20درجة اما Deviation اقل من درجة واحدة لم تستغل لحد الان لغرض الخزن الجوفي .



شكل رقم (14)

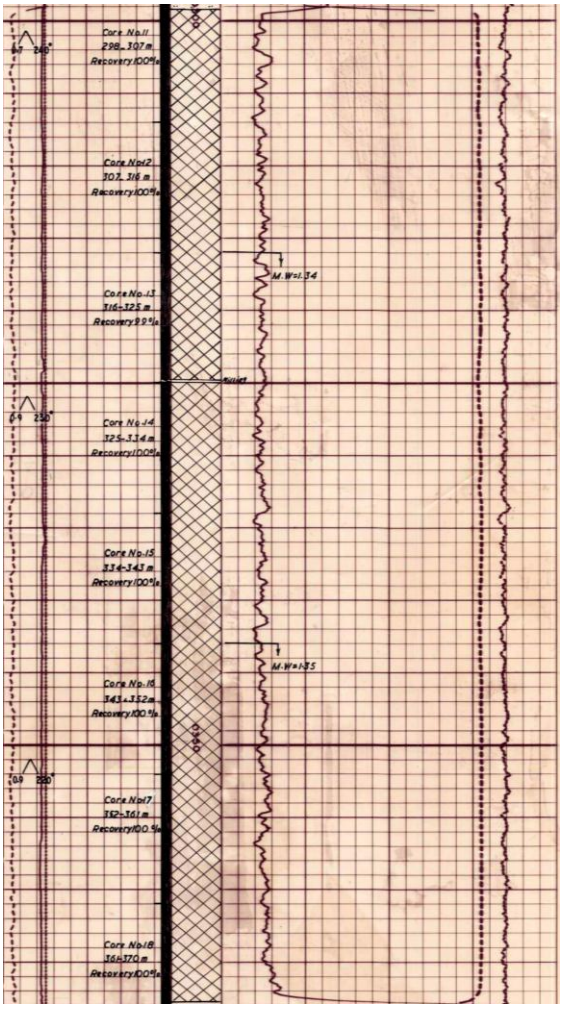
: **KGS – 5**

- تأريخ البدء بالحفر :- 2/نيسان /1980
- تأريخ انتهاء الحفر :-15 /نيسان /1980

عمق البئر :- 385م

RTKB : 318,6م

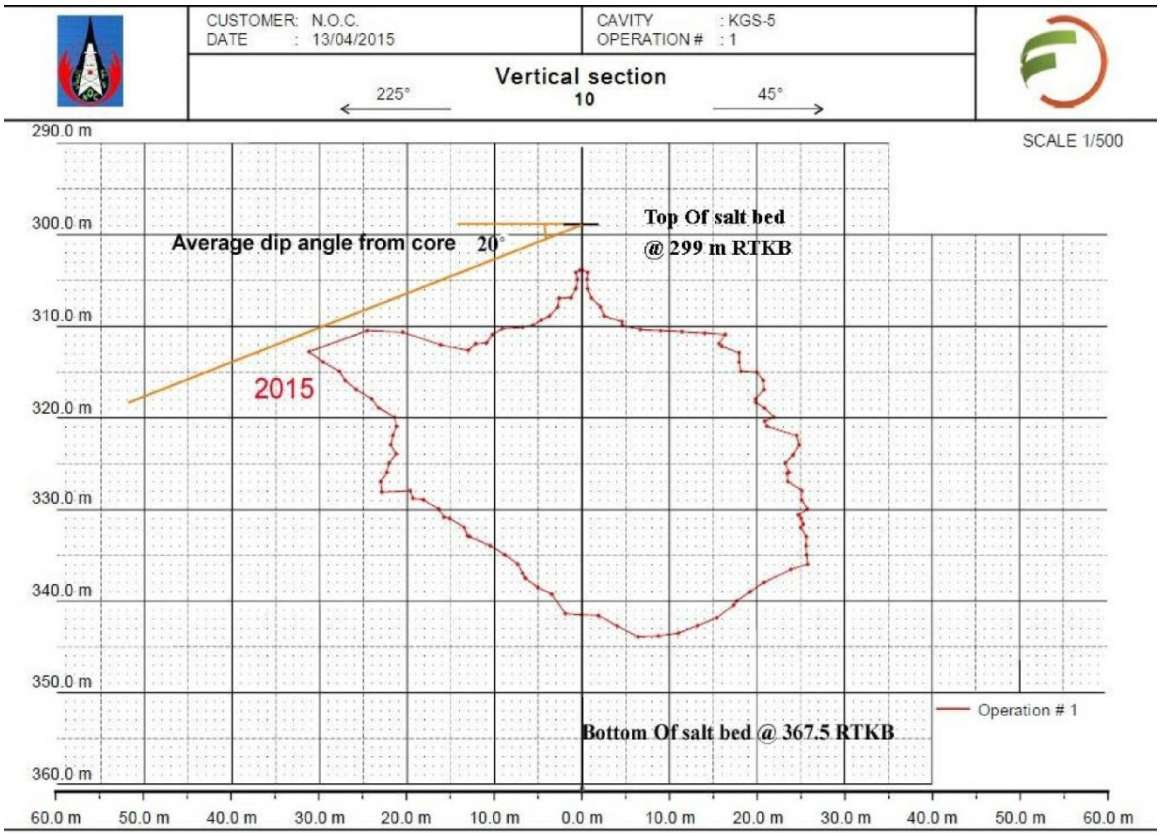
صادف الحفر عدة طبقات من الملح ولكن اثنتان منها سميكة الاولى تمتد من (259,3-282,2)م بسمك 22,9 م والثانية تمتد من (299 - 367,5)م بسمك 68,5 الشكل رقم (15) .



شكل رقم (15)

تم اختيارالطبقة الثانية اي السفلى لعمل فجوة ، وبدأت عملية الاذابة في هذه الفجوة عام 1982 وانتهت عام 1984 وعلى عدة مراحل اجريت خلالها مسوحات صوتية لكل مرحلة لمتابعة تطور شكل وحجم الفجوة . تبين

مقاطع المسوحات الصوتية ان شكل الفجوة غير منتظم تماما" وبالنسبة للوصف الصخري نلاحظ بأن الطبقة الملحية تحتوي على نسبة 1-4% من السلت مما ادى الى اختلاف في سرعة الاذابة في الاتجاهات المختلفة للفجوة مكونة جيوب تمتد بعيدا" عن مركز الفجوة . دخلت الفجوة الخدمة لخزن الغاز السائل عام 1986 واستبعدت عام 1989 . شكل الفجوة مخروطي غير منتظم وذلك بسبب عدم نقاوة الطبقة الملحية مما ادى الى حصول امتدادات على شكل جيوب اقصى امتداد لها 57,73 م بالاتجاه (39-219)درجة عند عمق 313م مع عمليات اذابة غير متجانسة بالاتجاه الجنوبي الغربي عند الاعماق من 329م-343م الشكل رقم (16) .



شكل رقم (16)

تشير قراءات الميل الطبقي المأخوذ من لباب الصخور الى ان الطبقة الملحية تميل بزاوية (20)درجة بالاتجاه الجنوبي الغربي وان سقف الفجوة قريب بمقدار(2)م عن اعلى الطبقة الملحية والحجم الطبيعي للفجوة حسب مسح عام 1984 يساوي (45891)متر مكعب .

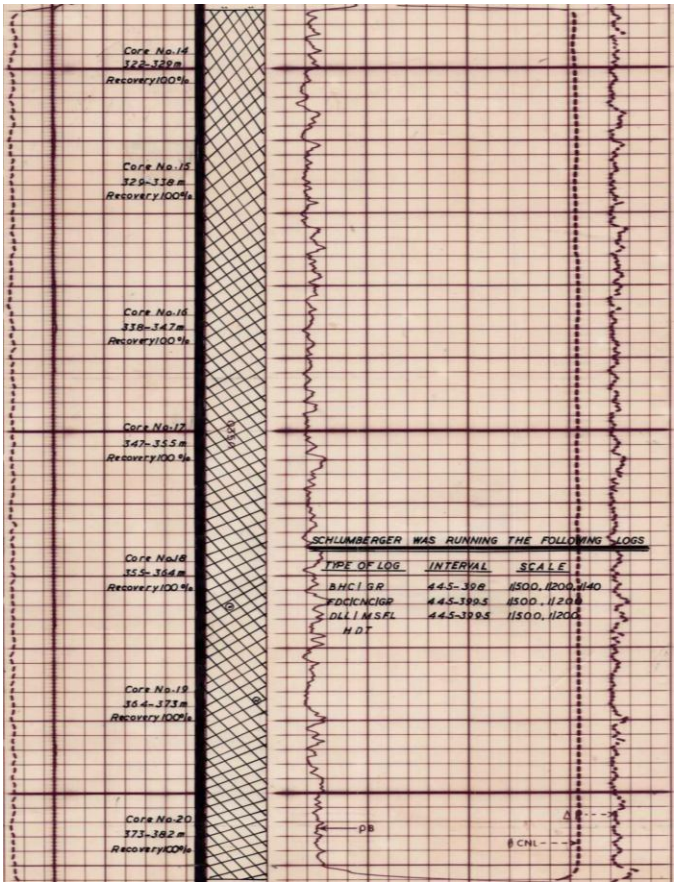
: **KGS – 6**

- تأريخ البدء بالحفر :- 6/مايس /1980
- تأريخ انتهاء الحفر :-24 /مايس /1980

عمق البئر :- 401م

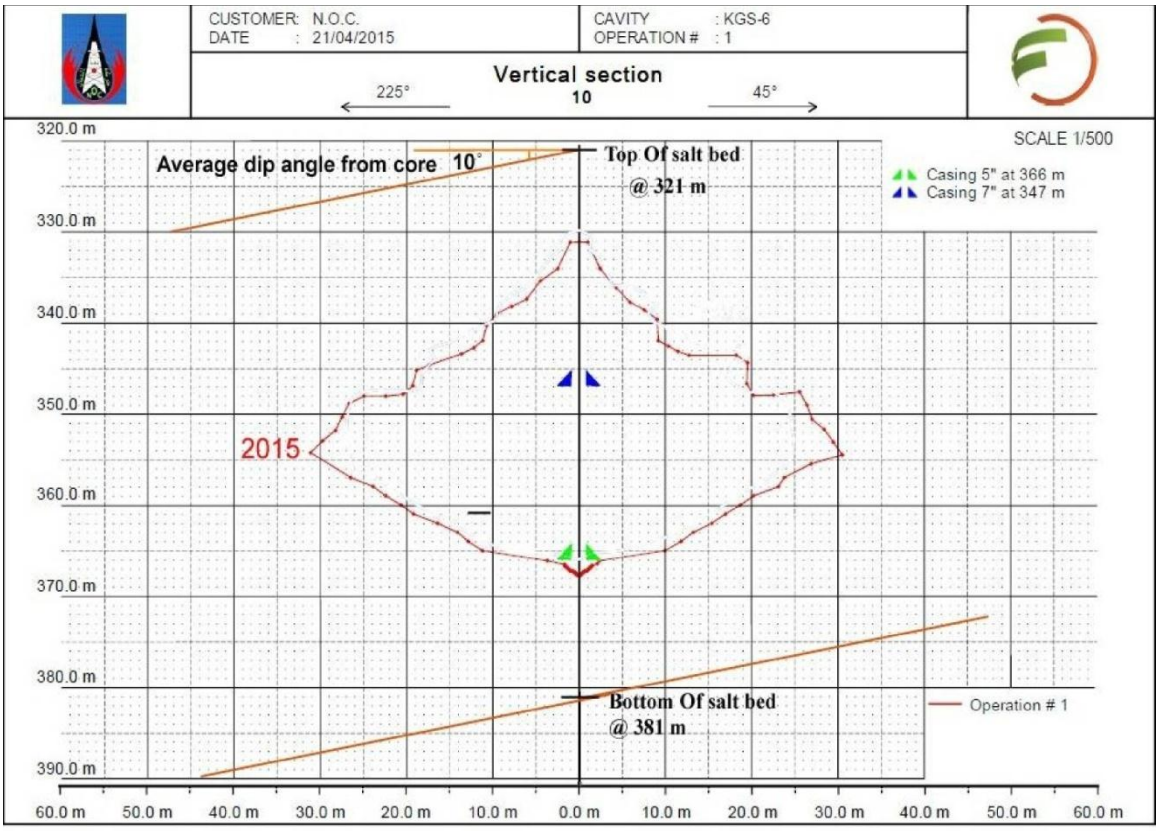
RTKB :- 317,4م

صادف الحفر عدة طبقات ملحية ولكن اثنتان منهما سميكة الاولى تمتد من (117-139,8)م (غير مستغلة للخزن الجوفي) والثانية (321 -381)م اي 60 م (مستغلة للخزن الجوفي) الشكل رقم (17) .



شكل رقم (17)

بدأت عمليات الاذابة في هذه الفجوة عام 1982 وانتهت عام 1984 وعلى عدة مراحل اجريت خلالها مسوحات صوتية لكل مرحلة لمتابعة تطور شكل وحجم الفجوة . من خلال المسوحات الصوتية يتبين بأن شكل الفجوة مخروطي مع تعرجات في سقف الفجوة والسبب وجود شوائب من المارل .تعتبر الفجوة قياسية لبعدها عن السقف وقاع الطبقة الملحية بمقدار 10 امتار وزاوية الميل الحقيقي للطبقة لاتتجـــاوز 10 درجـــــات , hole deviation لايتجاوز درجة واحدة الشكل رقم (18).



شكل رقم (18)

يمكن القول بأن الفجوة سليمة وصالحة لاغراض خزن الغاز السائل ، طاقة الخزن 26500متر مكعب حسب كتاب هيئة العمليات 791في 2010/7/26 .

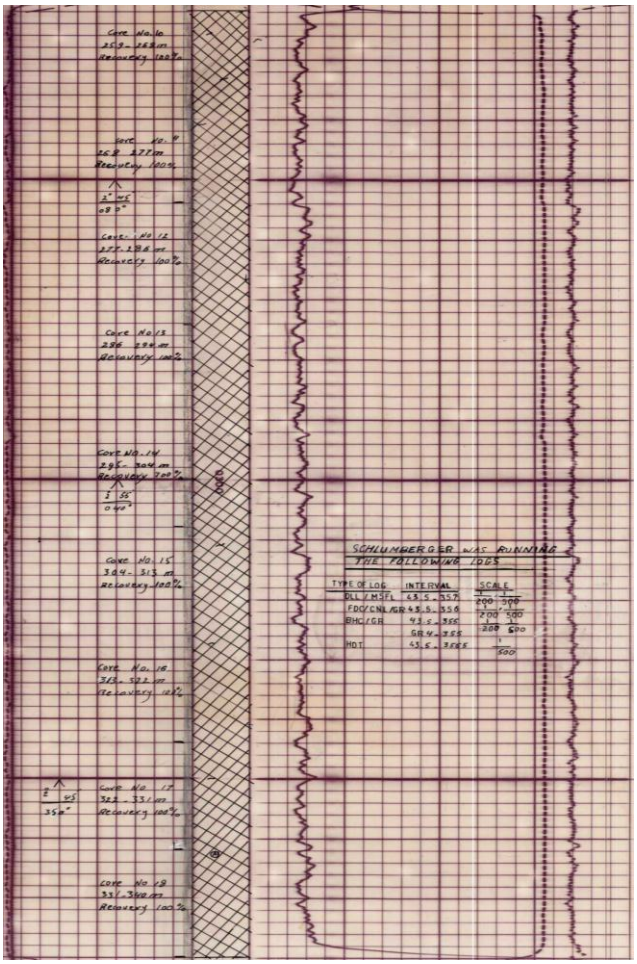
: **KGS – 7**

- تأريخ البدء بالحفر :- 16/حزيران /1980
- تأريخ انتهاء الحفر :-29 /حزيران /1980

عمق البئر :- 357م

RTKB :- 321,17 م

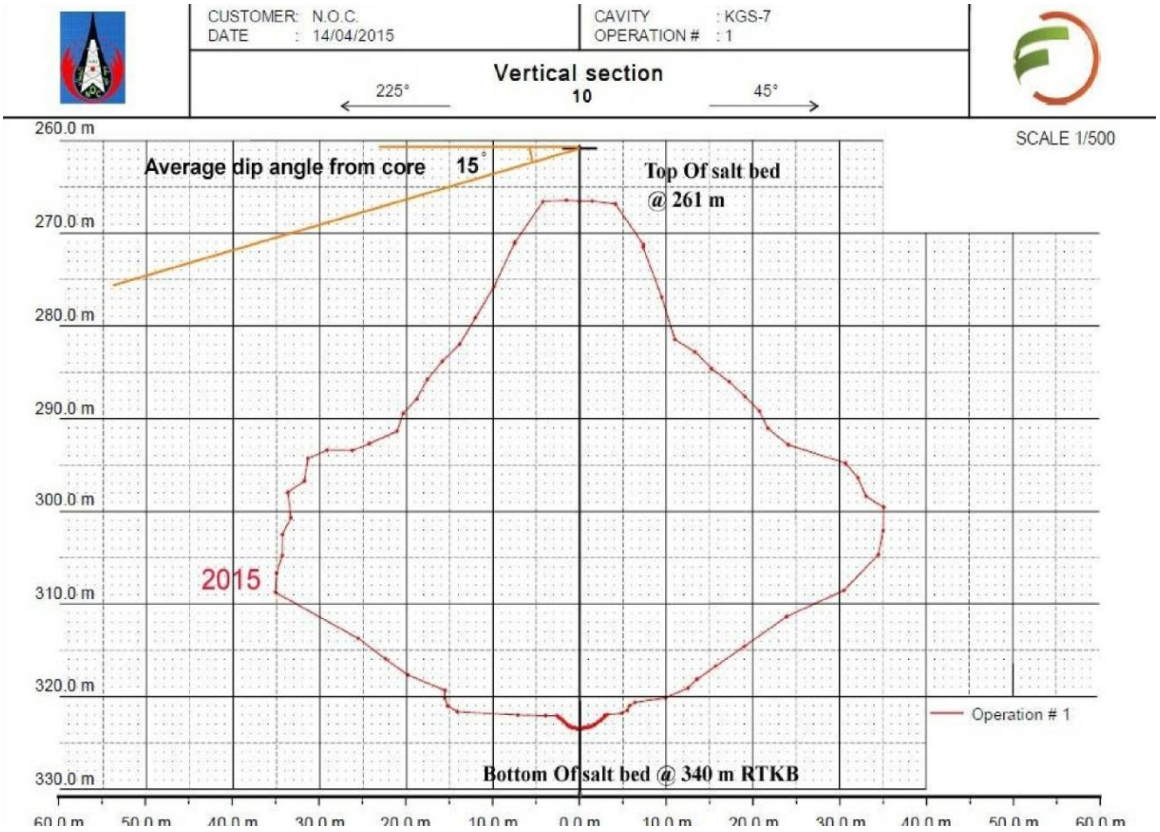
صادف الحفر عدة طبقات ملحية ولكن اثنتان منها سميكة الاولى تمتد من(231-247)م (سمكها 16 متر غير ملائمة للخزن الجوفي) والثانية تمتد من (261 – 340)م (اي بسمك 79م) الشكل رقم(19) .



شكل رقم19

لم تسجل خلال عملية الحفر شواهد نفطية ولكن سجل فقط فقدان جزئي لسائل الحفر وبدأت عمليات الاذابة في هذه الفجوة عام 1982 وانتهت عام 1984 وعلى عدة مراحل اجريت خلالها مسوحات صوتية لكل مرحلة لمتابعة تطور شكل وحجم الفجوة

تبين من مقاطع المسوحات الصوتية ان شكل الفجوة مخروطي منتظم الشكل وان الصخور الملحية نقية شفافة . ان الطبقة الملحية تميل بزاوية (15) درجة بالاتجاه الجنوبي الغربي وان سقف الفجوة بعيد عن اعلى الطبقة الملحية كما في الشكل رقم (16) مما يمكننا القول بأن الفجوة سليمة وصالحة لاغراض خزن الغاز السائل



شكل رقم (20)

الحجم الاصلي للفجوة حسب المسح الصوتي اعام 1984 يصل الى (76601)متر مكعب وان طاقة الخزن (66000) متر مكعب .

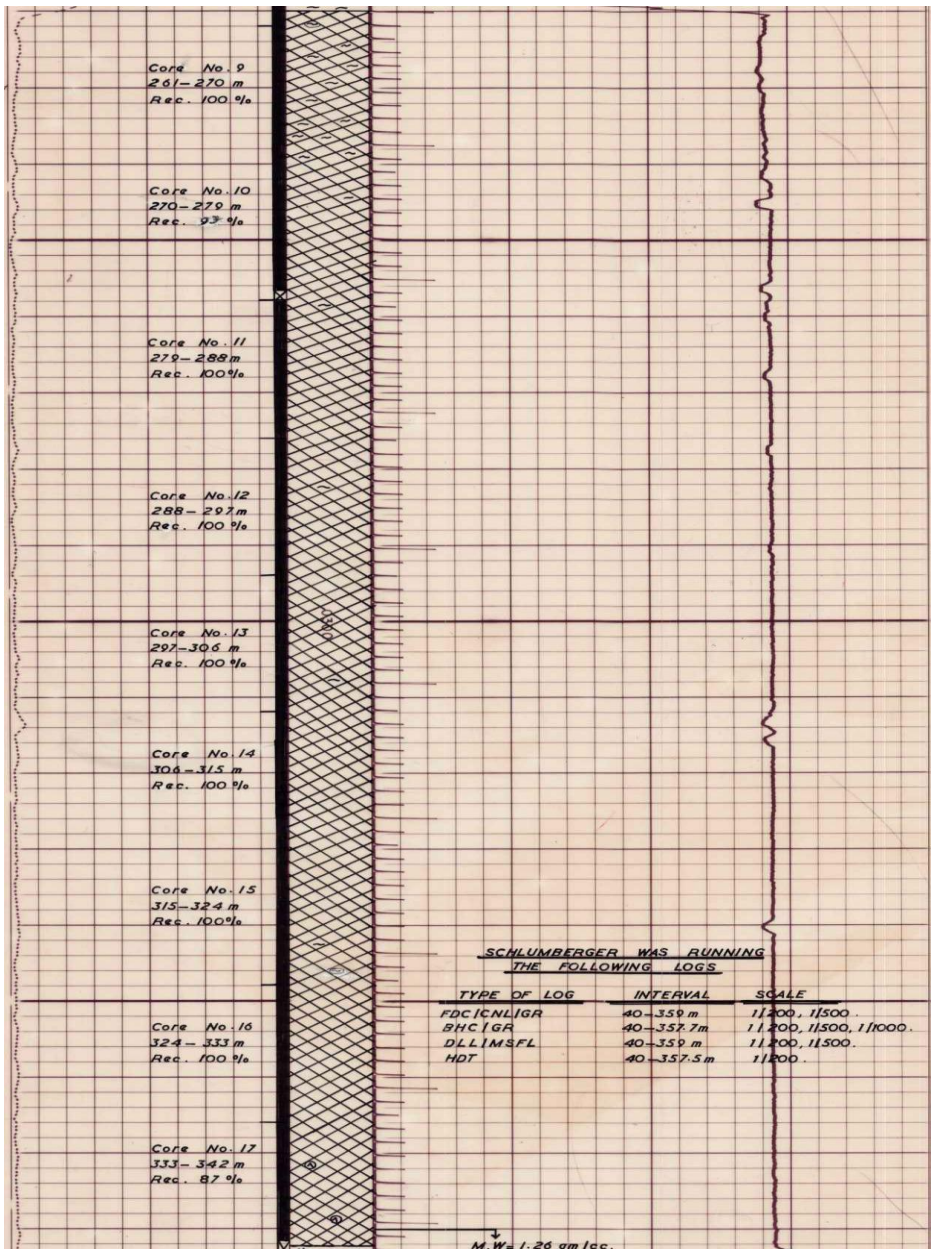
: KGS – 8

- تأريخ البدء بالحفر :- 28/تموز /1980
- تأريخ انتهاء الحفر :-10 /8 /1980

عمق البئر :- 359م

RTKB :- 319,4م

صادف الحفر عدة طبقات من الملح ولكن اثنتان منهما سميكة , الطبقة السفلى تمتد من (260م-341,2)م سمكها (81,2)م كما في الشكل رقم (21) واستغلت لغرض الخزن الجوفي



شكل رقم (21)

لم تسجل شواهد نفطية ولكن سجل فقدان كلي لسائل الحفر في upper red beds في عمق 31 م وفقدان جزئي من 31-37 م .

بدأت عمليات الاذابة في هذه الفجوة عام 1982 وانتهت عام 1984 وعلى عدة مراحل اجريت خلالها مسوحات صوتية لكل مرحلة لمتابعة تطور شكل وحجم الفجوة .طاقة الخزن 53500 متر مكعب.

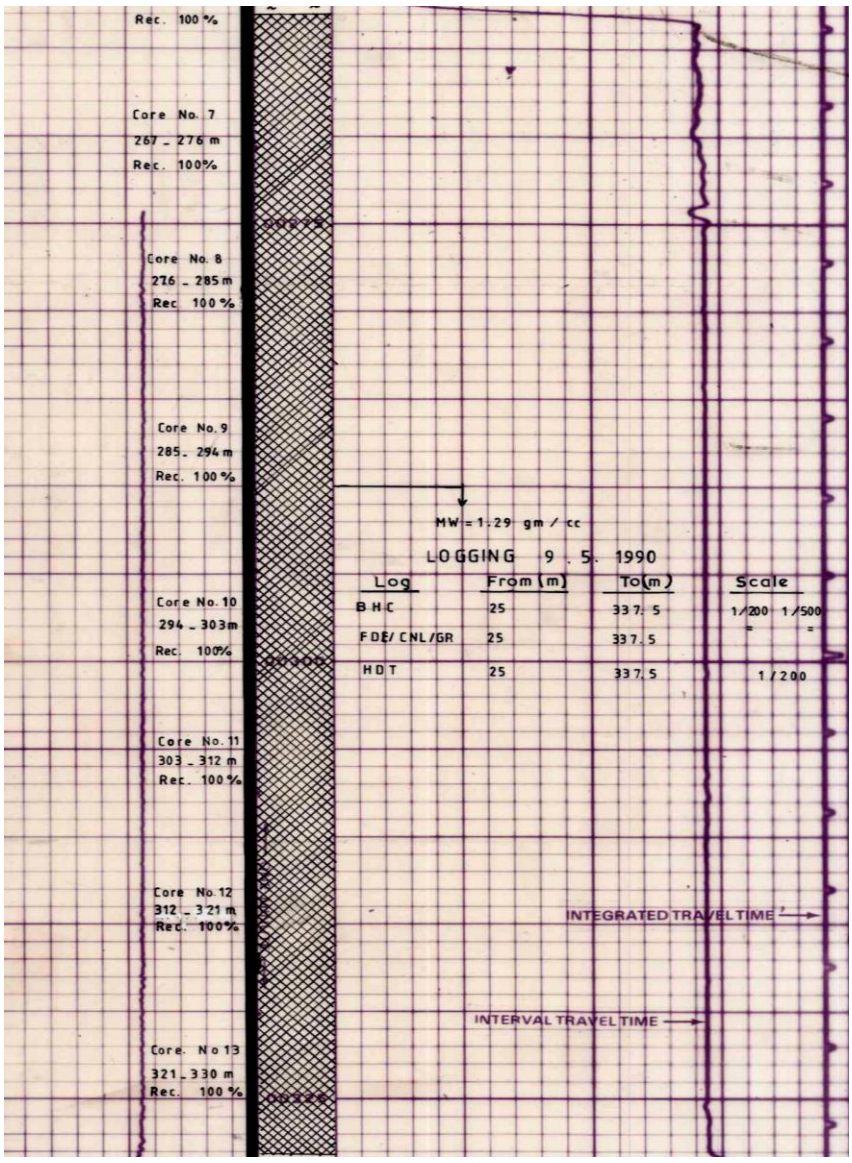
: KGS – 9

- تأريخ البدء بالحفر :-10 /أذار /1990
- تأريخ انتهاء الحفر :-12 /أيار /1990

عمق البئر :- 337,5 م

RTKB :- 322 م

صادف الحفر عدة طبقات ملحية اثنتان منهما سميكة الطبقة الاولى (upper) سمكها 15 م يمتد (233 -248)م الطبقة الثانية (lower) سمكها 65م يمتد(263 - 328)م كما في الشكل رقم (22) لم يستغل هذا البئر للخزن الجوفي .



شكل رقم (22)

: KGS – 10

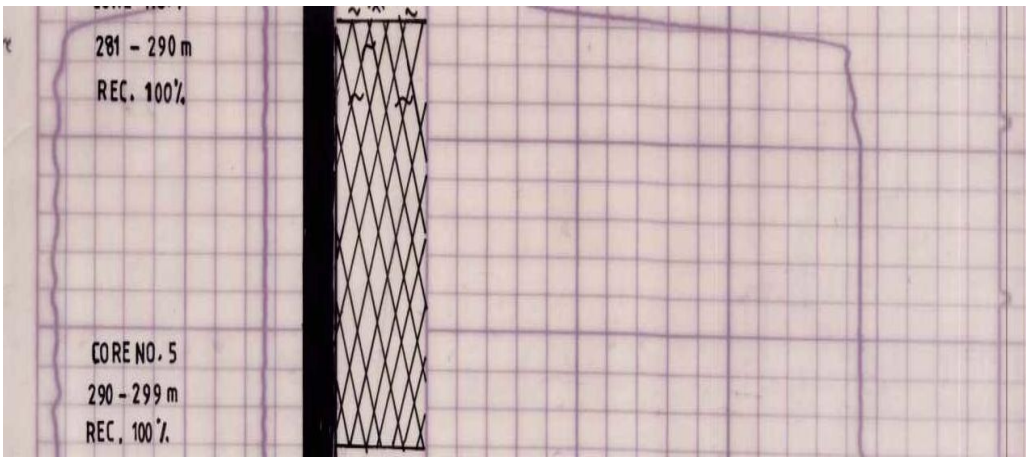
- تأريخ البدء بالحفر :-4 /آب /1990
- تأريخ انتهاء الحفر :-25 /تشرين الاول /1990

عمق البئر :- 359م

RTKB :- 320 م

صادف الحفر طبقتان ملحيتان سمكهما قليل جدا"لايمكن استغلالهما لغرض الخزن الجوفي الاولى upper تمتد من (256 -266)م سمكها (10)م

الثانية (lower) تمتد من (282 -293)م سمكها (11)م الشكل رقم (23) (لا تصلح اي منهما لغرض الخزن الجوفي) .



شكل رقم (23)

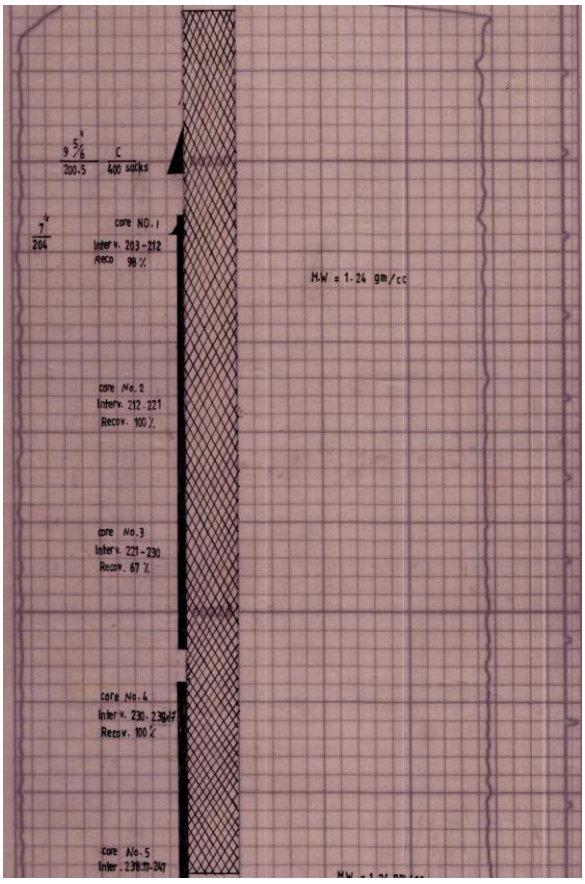
: KGS – 11

- تأريخ البدء بالحفر :-24 /كانون الثاني /1991
- تأريخ انتهاء الحفر :-18 /حزيران /1991

عمق البئر :- 382م

RTKB :- 320 م

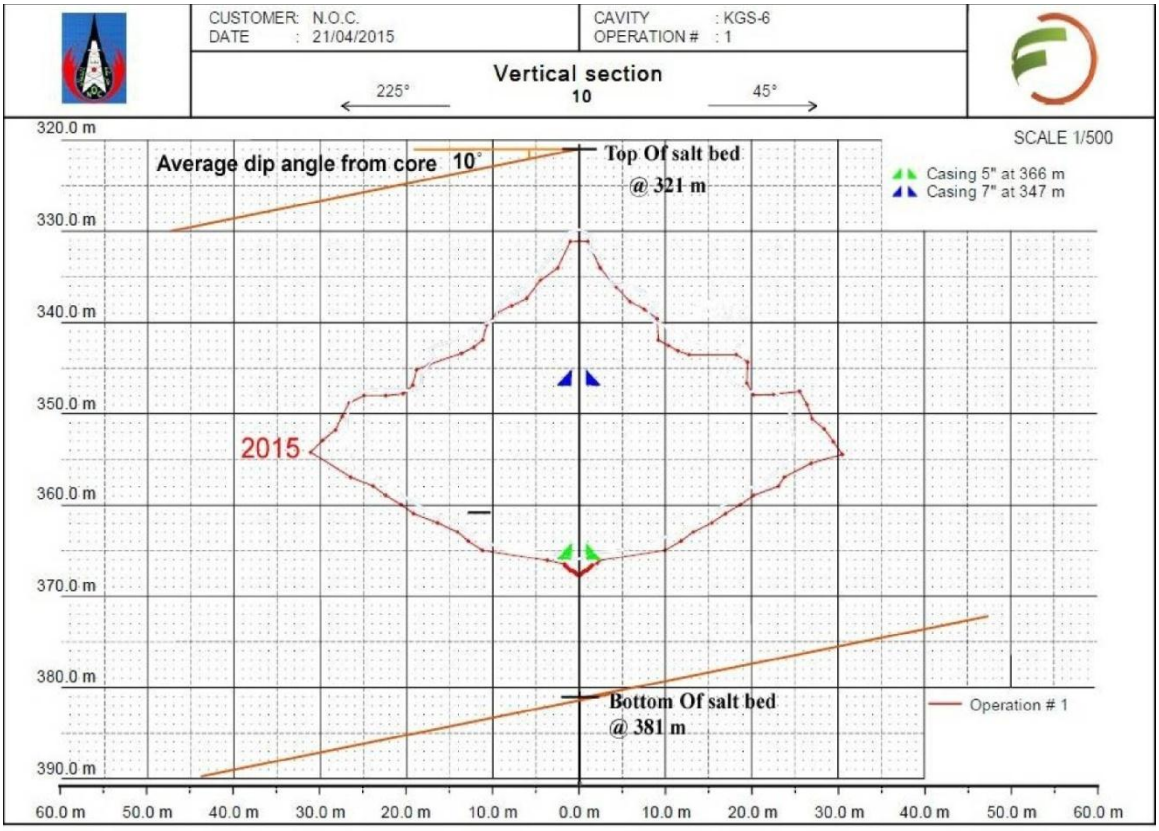
صادف الحفر عدة طبقات ملحية ولكن اثنتان منهما سميكتان الاولى (upper) سمكها (48,5)م يمتد من (192 -240,5)م الشكل رقم (24) الثاني (lower) سمكها 38 يمتد من (323,5-361,5)م استغل الجزء الاعلى لغرض الخزن الجوفي .



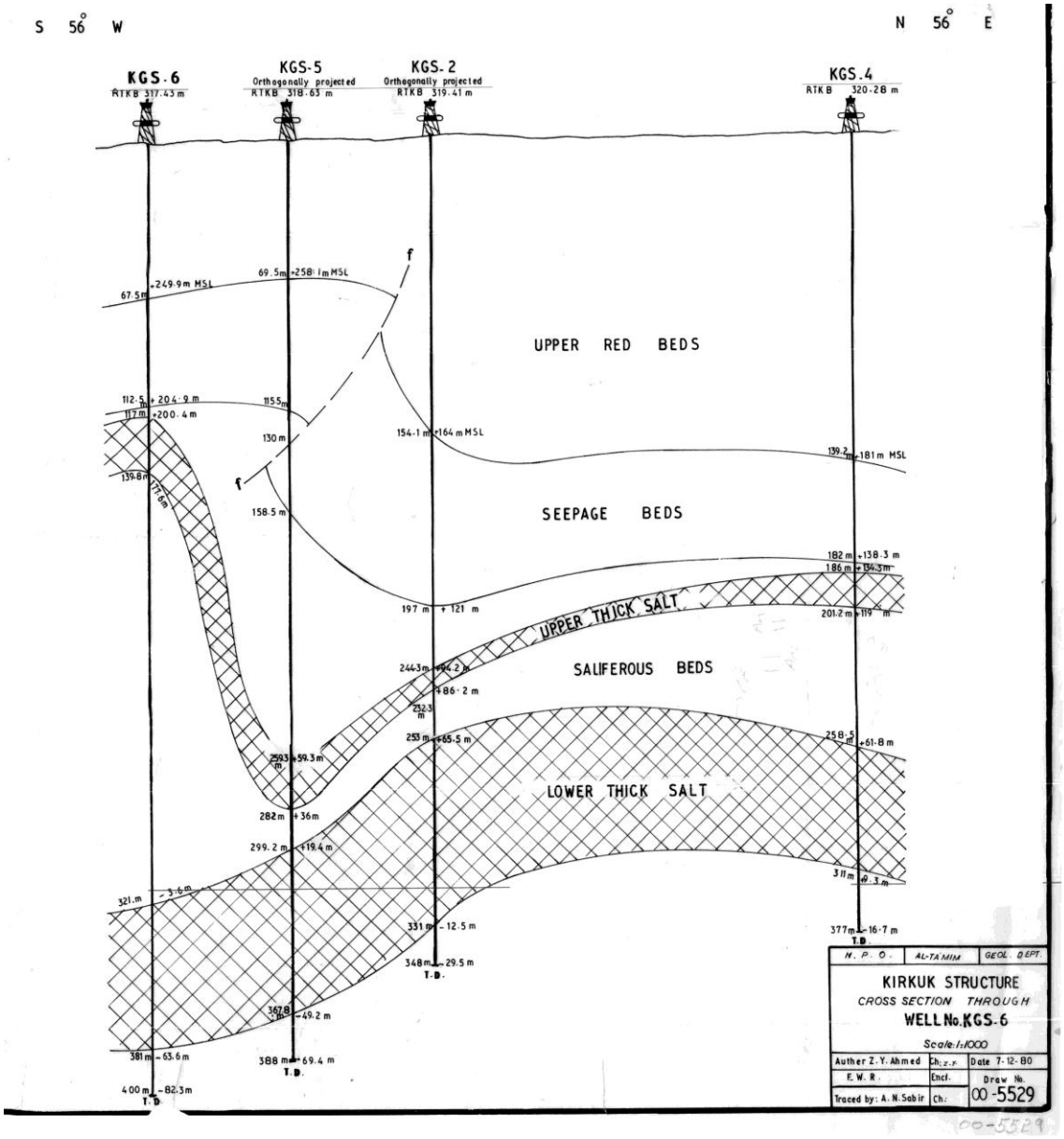
شكل رقم (24)

بدأت عملية الاذابة العشوائية من قبل شركة نفط الشمال في هذه البئر عام 1993 وذلك لتوفير مصدر للماء المالح الذي يستخدم في عملية تفريغ الغاز من فجوات الخزن الجوفي علما" بأن عمليات الاذابة مستقرة في الوقت الحاضر.

تبين من المسح الصوتي ان شكل البئر مخروطي مقلوب غير منتظم اقصى امتداد له عند العمق 198م وبالاتجاه 315 درجه وتبين قراءات الميل الطبقي المأخوذه من لباب الصخور تقريبا" 25درجة وسقف البئر يبعد عن اعلى طبقه الملح بمقدار 3م تقريبا" . بسبب استمرار الشركة على استخدام الفجوة لغرض الاذابة العشوائية لذا لايمكن القول بأن هذا الشكل هو شكله النهائي , عند اجراء المسح الصوتي عام 2015 تبين بان الفجوة يمتد من 321م - 381 م الشكل رقم (25) .



شكل رقم (25)



شكل رقم (26) مقطع عرضي يمر بالفجوات 2,5,6 وبئررقم 4

الاستنتاج/

1. نسبة المواد غير الذائبة في الطبقات الملحية يتراوح بين 2%-5% .
2. لايتجاوز الانحراف درجة واحدة ماعدا بئر رقم KGS-2، KGS-7 حيث يتجاوز الانحراف فيهما 3 درجات ولكن فقط في الجزء السفلي فيها .

مراحل عمل الفجوات:-

فجوة رقم (2) كمثال:-

بعد حفر البئر والوصول الى العمق النهائي(328)م يتبين من اللباب والمجس الصوتي للطبقة الملحية المراد عمل الفجوة فيها , عند ملاحظة المجس الصوتي نرى بان سمك الطبقة الملحية في هذه الفجوة يمتد من (253 – 326.5)م اي (73.5) متر . تقع " 5/8 9 casing في عمق (255.4)م . جرت اذابة الفجوة خلال خمسة مراحل :-

المرحلة الاولى :- تمت بتاريخ 1982/9/11 , بعد اتمام الاذابة سجلت هذه المعلومات :-

--Highest measured point of cavity 309m

--Bottom of cavity in the echo – tool axis 319.90 m

--Lowest point of the cavity 319.90 m

---Largest diameter measured through echo –tool axis of depth 317 m in 165 ---347 orientation 10 .47m

---volume between 308.75m and 319.25m approx 220m3

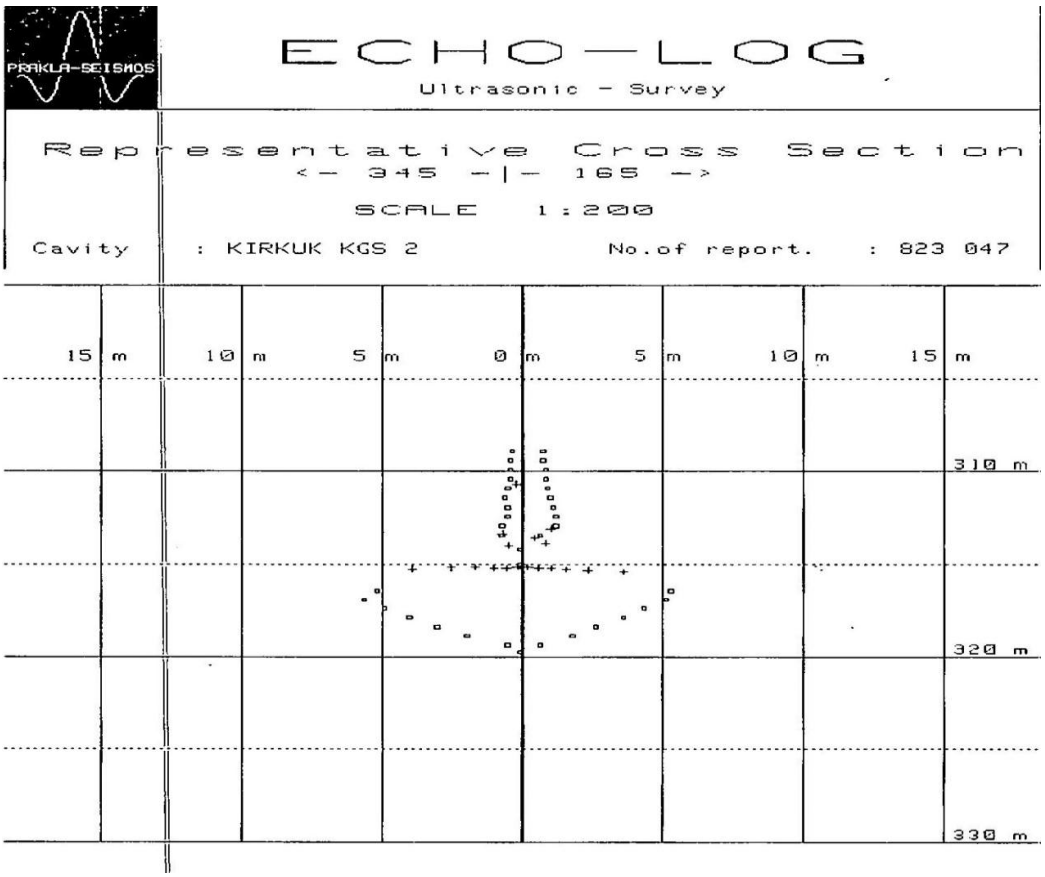
--- tempreture in the cavity 29.5 C

بعد الانتهاء من عملية الاذابة (leaching) يبدأ عملية (Echo – log) ويؤخذ 12 مقطعا عموديا (vertical cross section) بالدرجات التالية :-

Orientation of vertical cross-sections:

No.	1	---	180° <------->	0°
No.	2	---	195° <------->	15°
No.	3	---	210° <------->	30°
No.	4	---	225° <------->	45°
No.	5	---	240° <------->	60°
No.	6	---	255° <------->	75°
No.	7	---	270° <------->	90°
No.	8	---	285° <------->	105°
No.	9	---	300° <------->	120°
No.	10	---	315° <------->	135°
No.	11	---	330° <------->	150°
No.	12	---	345° <------->	165°

وهذا احد نماذجه:-



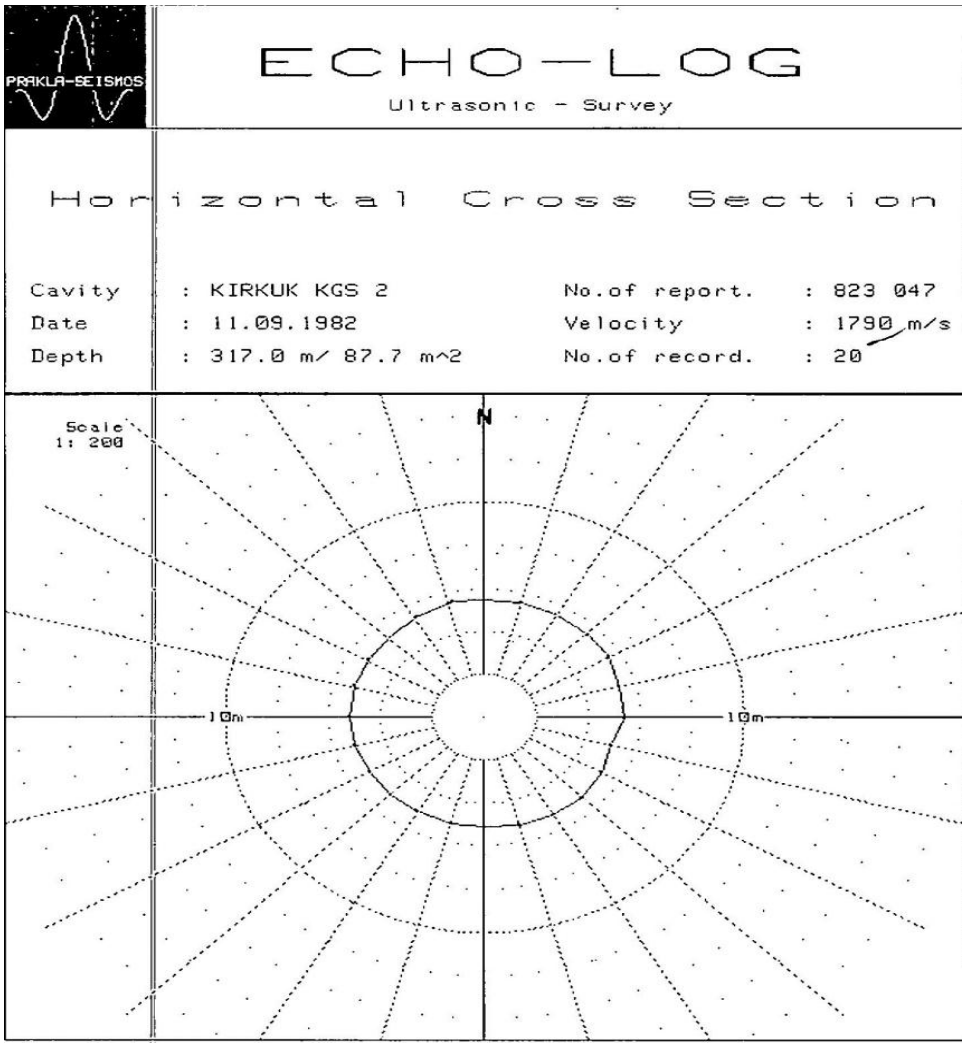
شكل رقم (27) يوضح فيها المرحلة الاولى لعملية الاذابة لفجوة رقم 2

بعدها تؤخذ المقاطع الافقية حسب العمق وتم اخذ 17 مقطعا من عمق 309 م الى 319,5 م

Horizontal cross-sections in following depths:

309.0 m, 309.5 m, 310.0 m, 310.5 m, 311.0 m, 311.5 m,
312.0 m, 312.5 m, 313.0 m, 313.5 m, 316.5 m, 317.0 m,
317.5 m, 318.0 m, 318.5 m, 319.0 m, 319.5 m

وهذا احد نماذجه :-



شكل رقم (28) المقطع العرضي للمرحلة الاولى لفجوة رقم 2

ويلي هذا اخذ (Tempreture log ,gamma ray log, caliper log)

المرحلة الثانية :- تمت هذه المرحلة بتاريخ 1982/10/28 حيث تبدأ فيها الاذابة عدة أمتار باتجاه الاعلى وكانت النتائج كما يلي :-

----- highest point of cavity 301m

في المرحلة الاولى كانت اعلى نقطة 309م اي تم اذابة 8 امتار من الملح في اعلى الطبقة في هذه المرحلة

---bottom of cavity in the echo-tool axis 318.1m

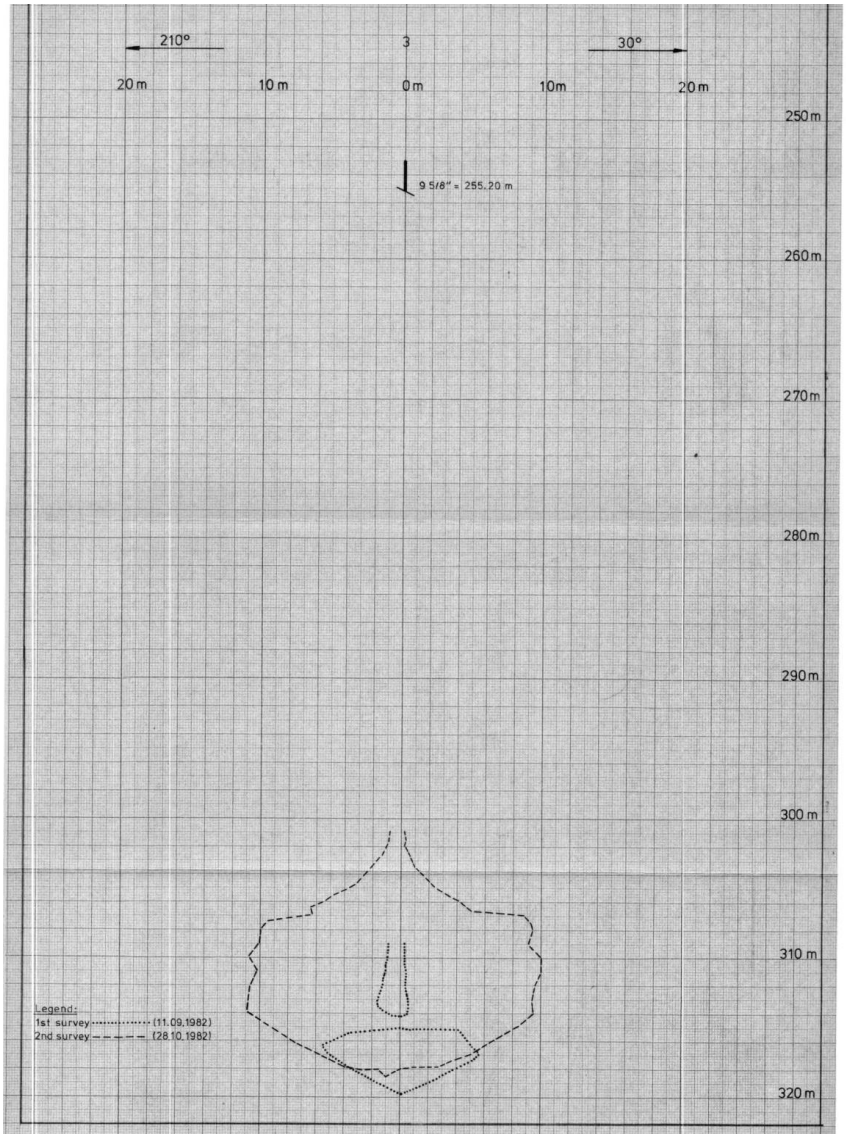
في المرحلة السابقة كانت ادنى نقطة 319.9 م و سبب تقليل 1.8 م يعود الى تجمع الرواسب غير الذائبة في اسفل الفجوة ((الاذابة تشمل فقط اعلى الطبقة وليس اسفلها)) .

----lowest point of cavity 318.5m

---largest diameter measured through the echo-tool axis at depth 311`m in a 272—91 orientation = 21.7m

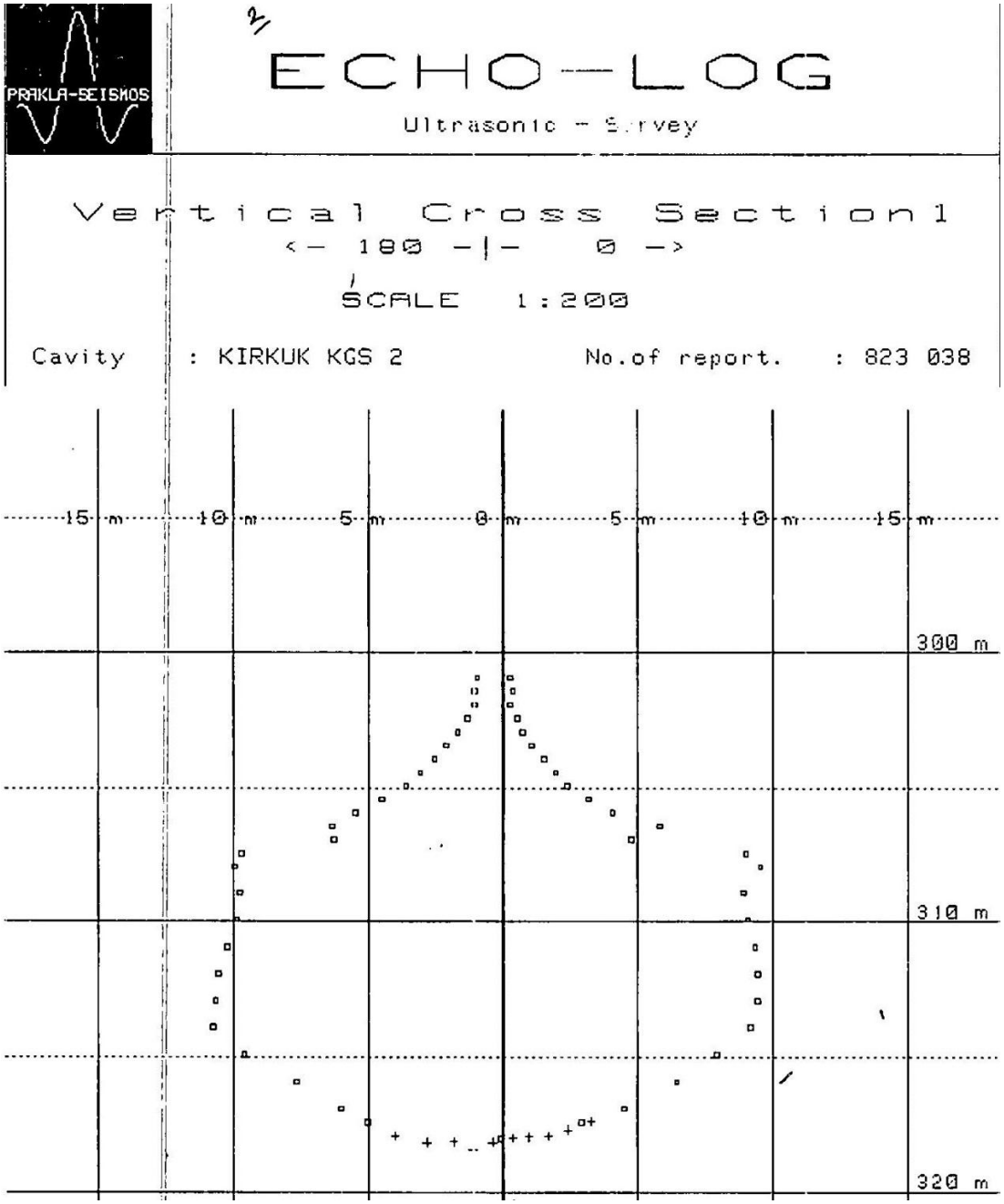
---volume between 300.75m and 317.75m approx 2960m3

---- tempreture in the cavity 21c

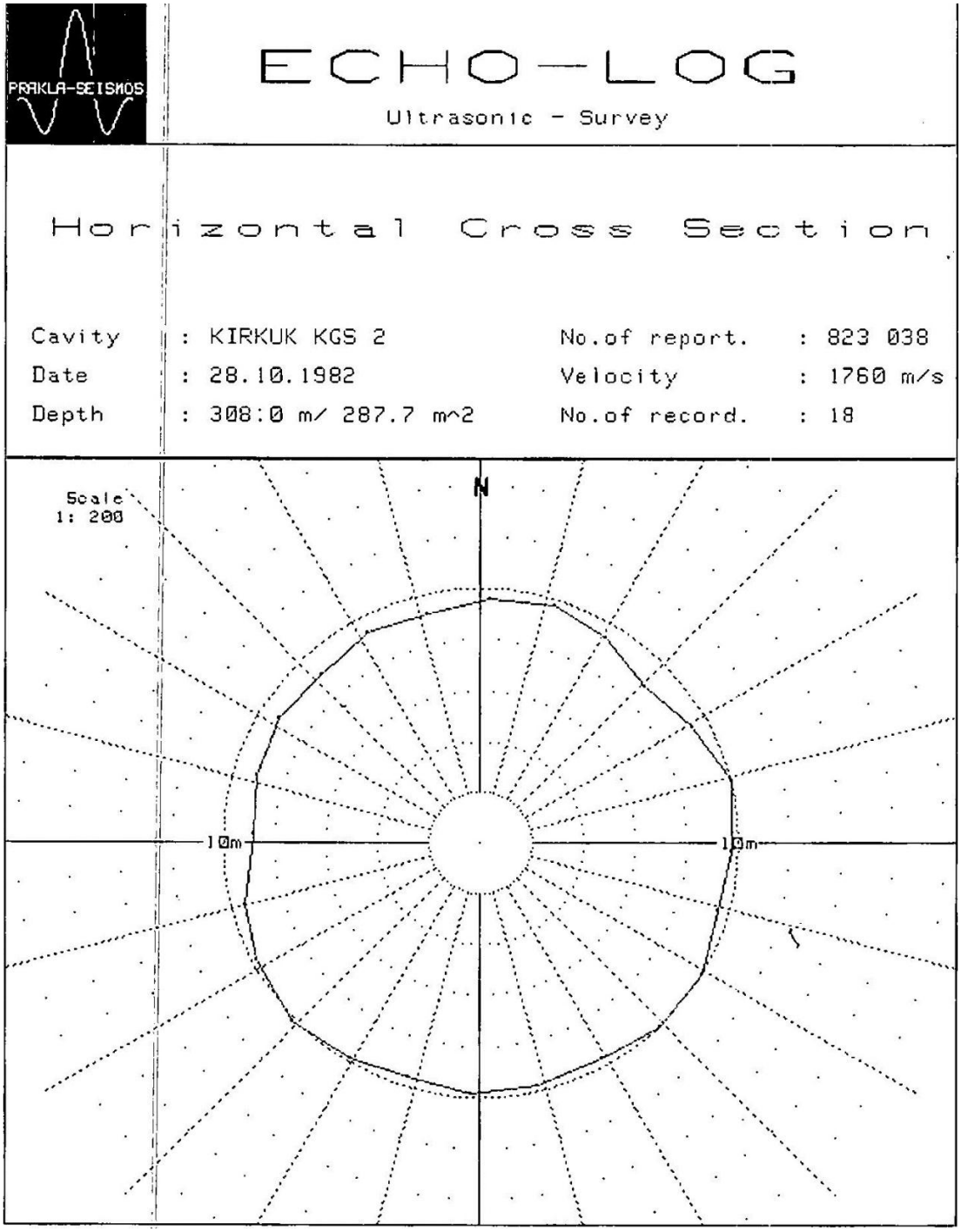


شكل رقم (29) الفجوة بعد الانتهاء من المرحلهالثانية

بعدها يؤخذ 12 مقطعا عموديا و25 مقطعا افقيا

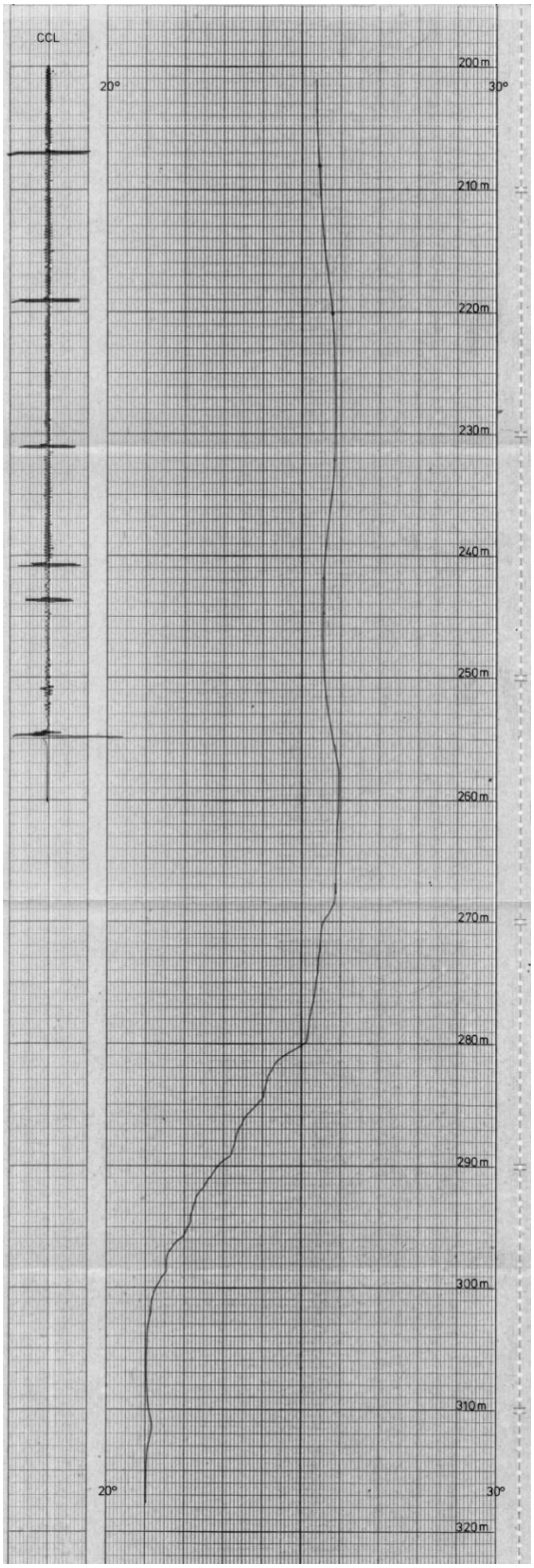


شكل رقم (30)المقطع العمودي للمرحلة الثانية للفجوة 2

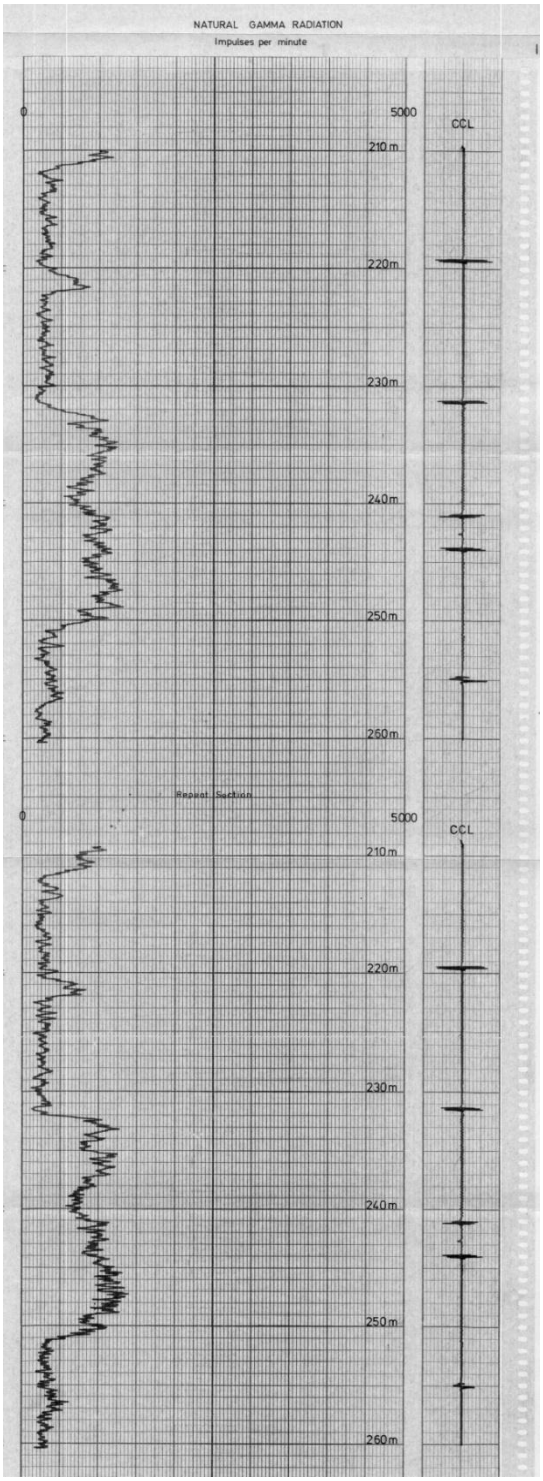


شكل رقم (31) المقطع العرضي للمرحلة الثانية للفجوة 2

يليهم عمليات ((tempreture log ,caliper log . gamma ray log , echo log))



شكل رقم (32) المجس الحراري للفجوة 2



شكل رقم (33) Gamm and CCL log

المرحلهالثالثة :- تمت هذه المرحلة بتاريخ 1982/12/11 . بعد انتهاء الاذابة كانت النتائج كالاتي :-

---highest point of cavity 292m

---lowest point of cavity 317m

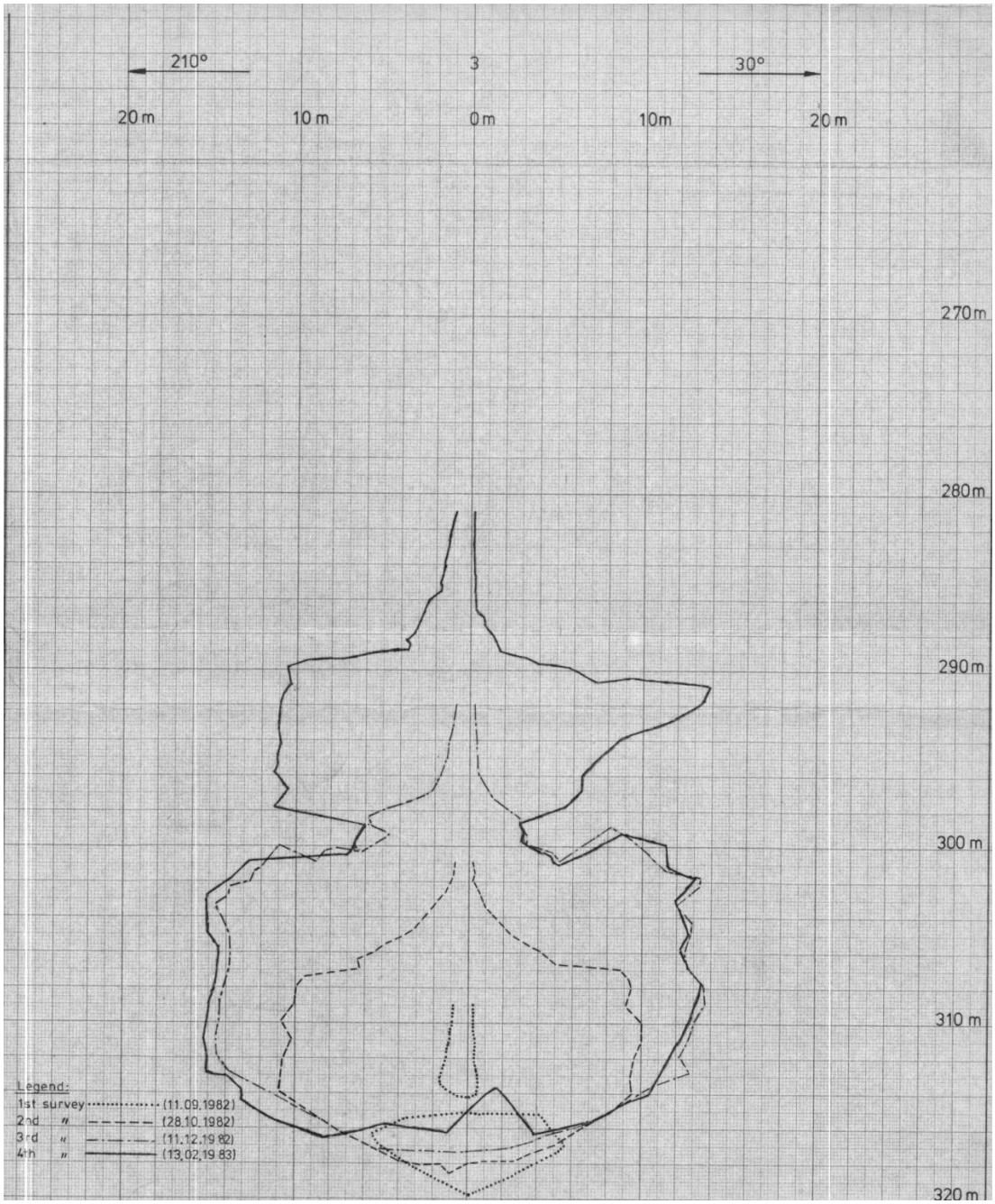
المرحلهالرابعه:- جرت هذه المرحلة بتاريخ 12/13/ 1982 وكانت النتائج بعد الاذابة كالاتي :-

---highest point of cavity 281m

---bottom of cavity 315.20m

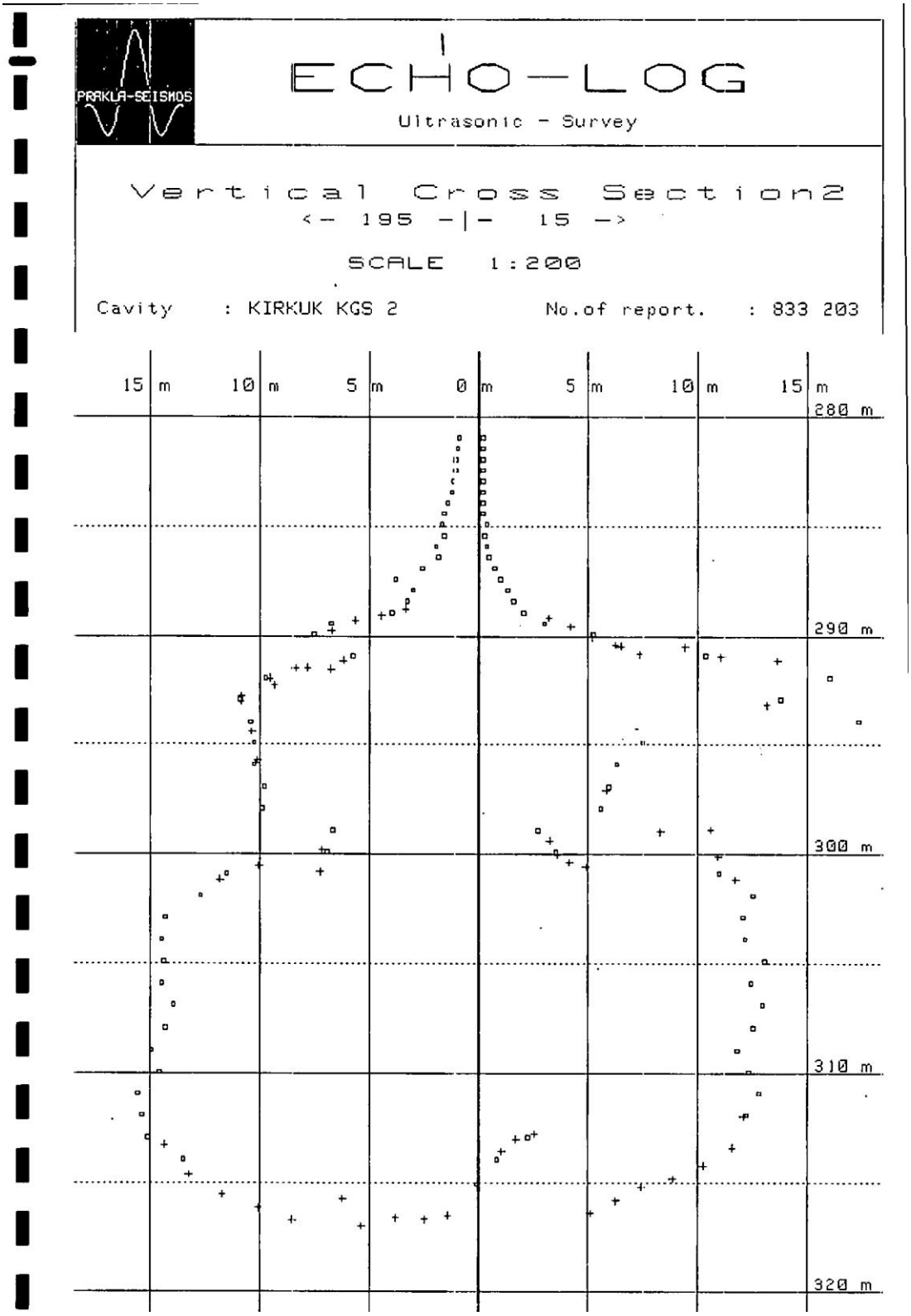
--largest diameter at depth 307m in a91-272 oriantation = 30.84m

--volume between280.75and 316.5m approx 11.78m3

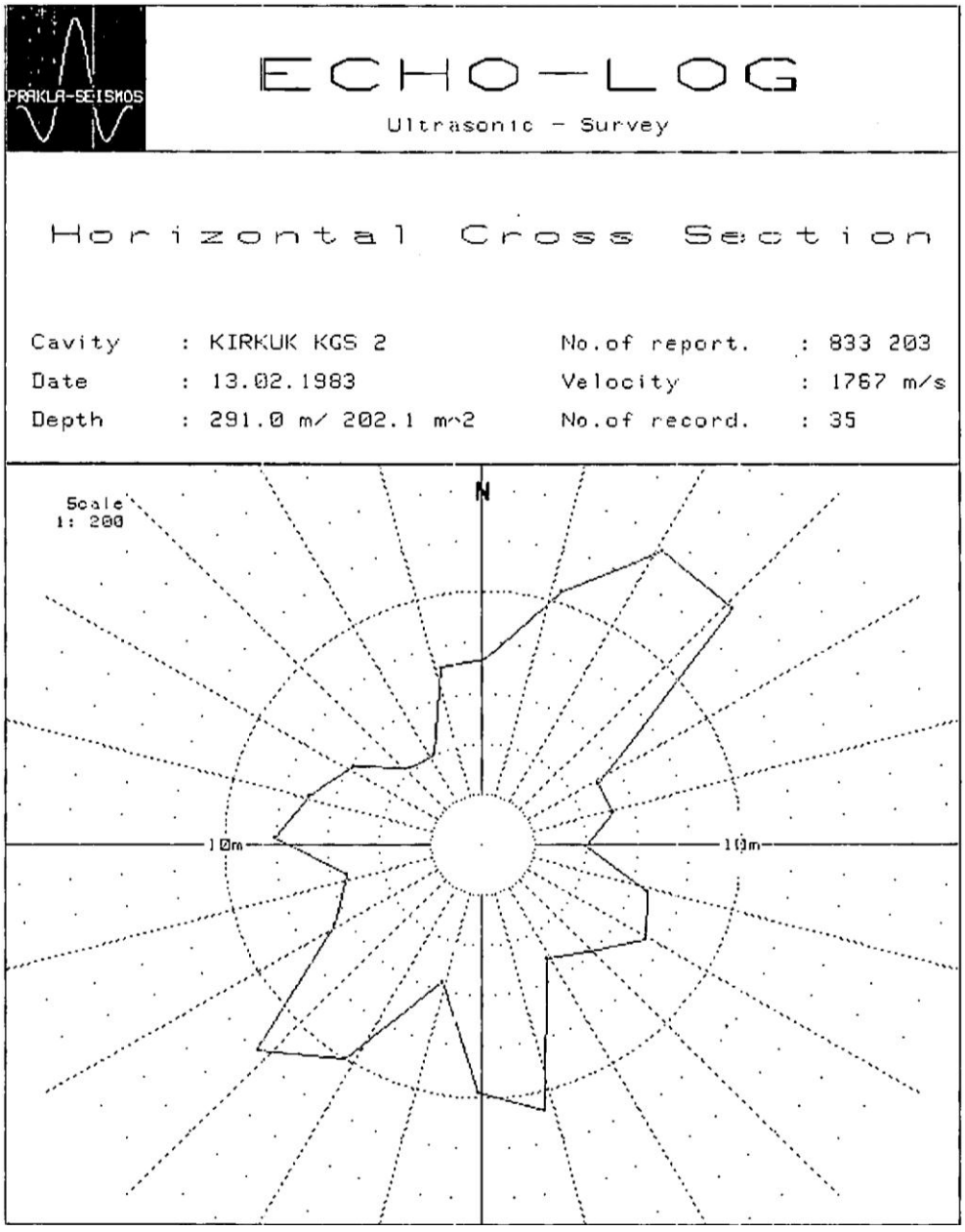


شكل رقم (34) الفجوة بعد الانتهاء من المرحلة الرابعة

بعدها تم اخذ المقاطع الاثني عشر العمودية و43 مقطعا عرضيا



شكل رقم (35) المقطع العمودي لمرحلة الرابعة



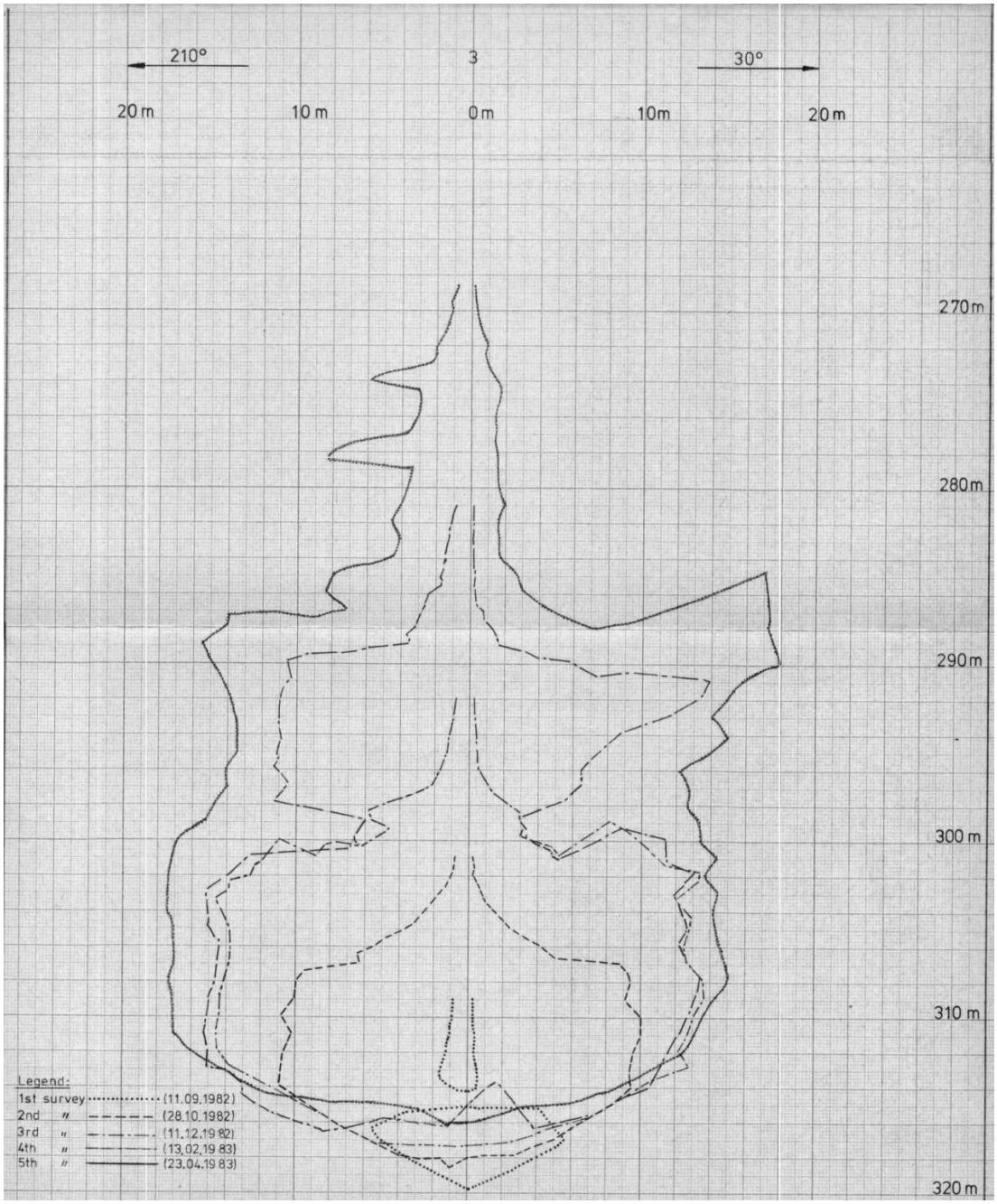
شكل رقم (36) المقطع العرضي للمرحلة الرابعة

المرحلة الخامسة والأخيرة :- جرت العملية بتاريخ 1983 /4/23 وبعد الاذابة كانت النتائج كالاتي :-

---highest of cavity 268.6 m

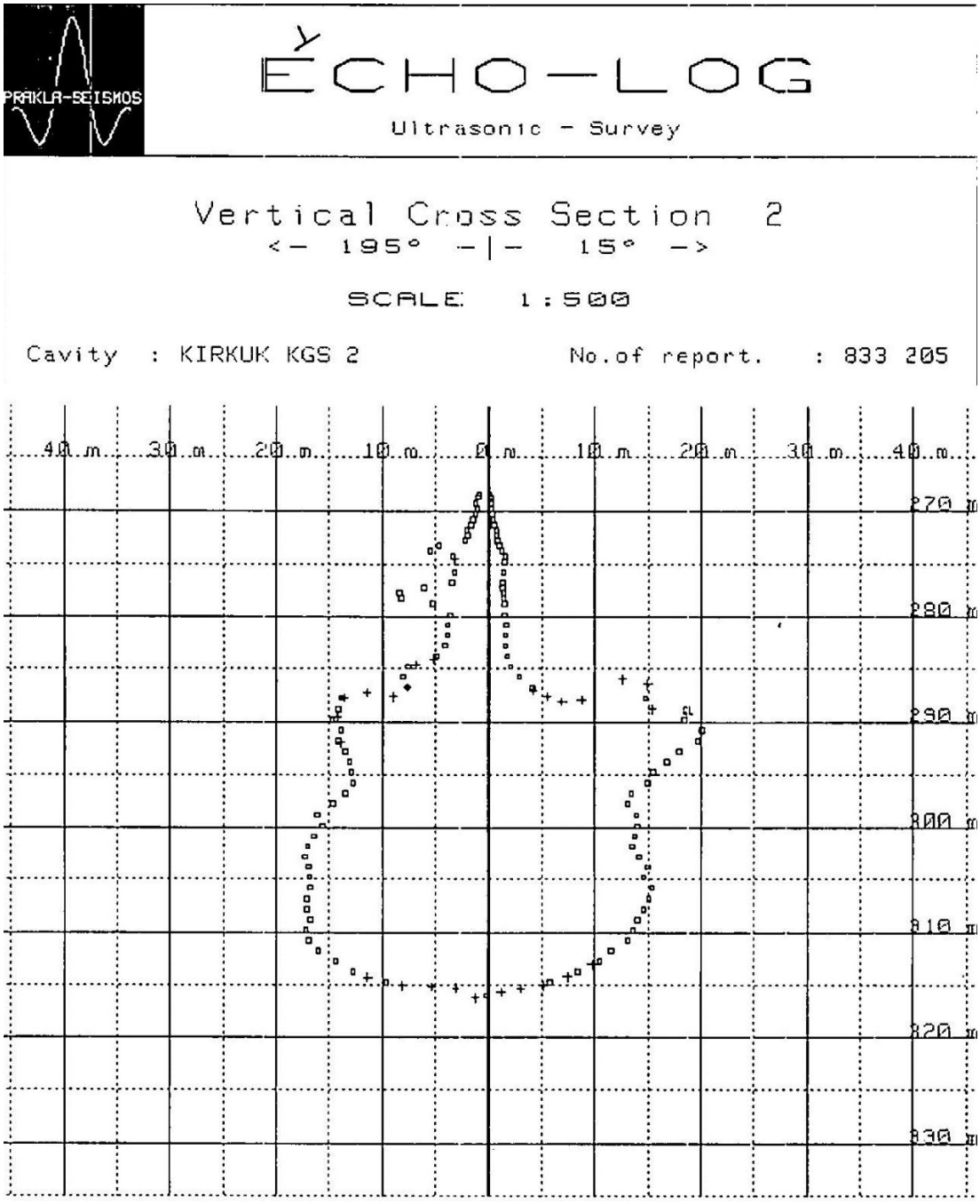
---bottom of cavity 316.2m

---largest diameter 36.27m

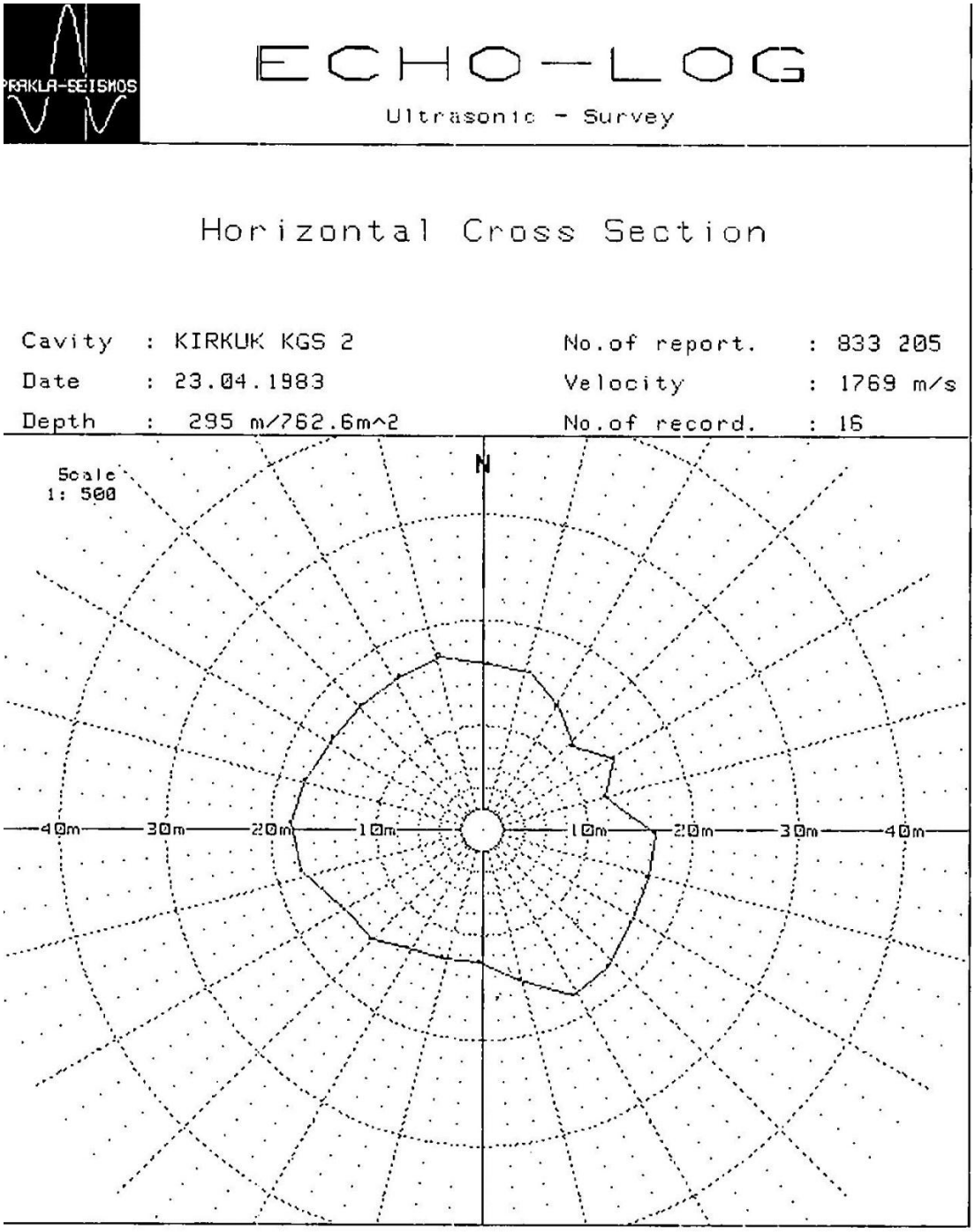


شكل رقم (37) الفجوة بعد الانتهاء من المرحلة الخامسة

وتم اخذ المقاطع الاثني عشر العمودية و83 مقطعا افقيا



شكل رقم (38) المقطع العمودي للمرحلة الخامسة والاخيرة



شكل رقم (39) المقطع العرضي للمرحلة الاخيرة

في كل المراحل تؤخذ tempreture log . gammaray log. Casing log CCL log

عمليات المسح الصوتي :-

لغرض مراقبة الفجوات والتغيرات التي تطرأ عليها نتيجة ضغط الصخور وعملية حقن وسحب الغاز عن طريق حقن واخراج الماء المالح تجري عملية المسح الصوتي للفجوات بين فترة واخرى , ومن الافضل ان تكون كل خمسة سنوات .

هناك عدة مسوحات جرت على هذه الفجوات :-

1. المسح الصوتي لعام 1984:- جرى هذا المسح الصوتي من قبل شركة (pakla)بعد الانتهاء من اعمال الفجـــوات الخمس (2-5-6-7-8) وحددت حجـــــم كل منهـــــا (حجم كل فجوة يتراوح من (45000- 60000)متر مكعب ويعتبر هذا الحجم هو الحجم الأصلي للفجوة.
2. المسح الصوتي لعام 1989 :- بعد خمس سنوات من استعمال الفجوات اجري مسح صوتي للفجوات 1،2،5،6،7،8 .
3. المسح الصوتي لعام 2001-2002 :- قامت به شركة جيوفيزيكا تورون البولندية للفجوات 6،7،8،11،1،2،5
4. المسح الصوتي لعام 2015:- اجري من قبل شركة (Flodem) الفرنسية بالتعاون مع شركة الجس العربي وشملت الفجوات 1،2،5،6،7،8،11 وعند كل مسح صوتي تؤخذ عدة مقاطع افقية وعمودية .

المسح الصوتي Echolog لعام 1989

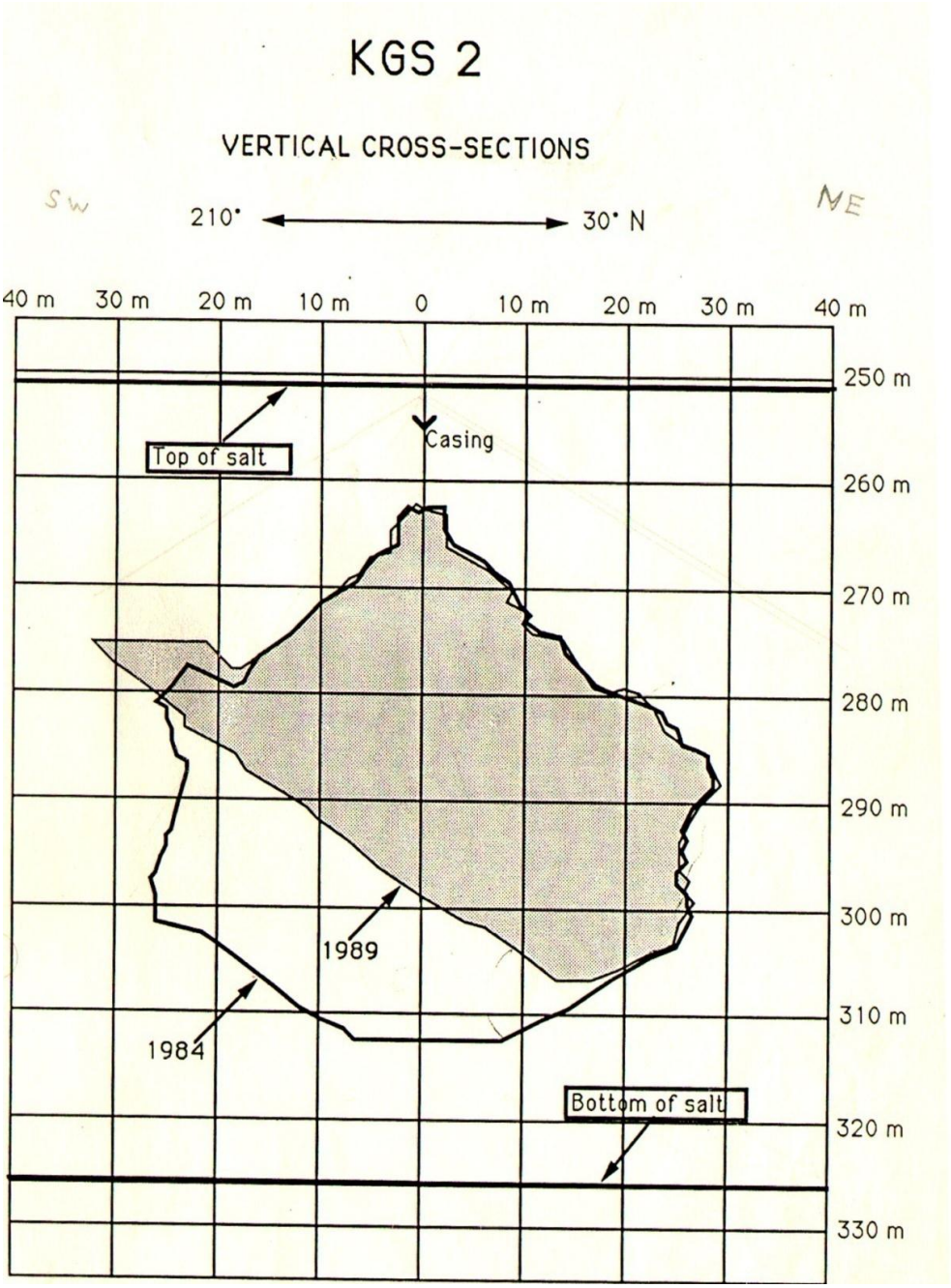
كانت النتائج كالأتي:-

- **KGS - 1**

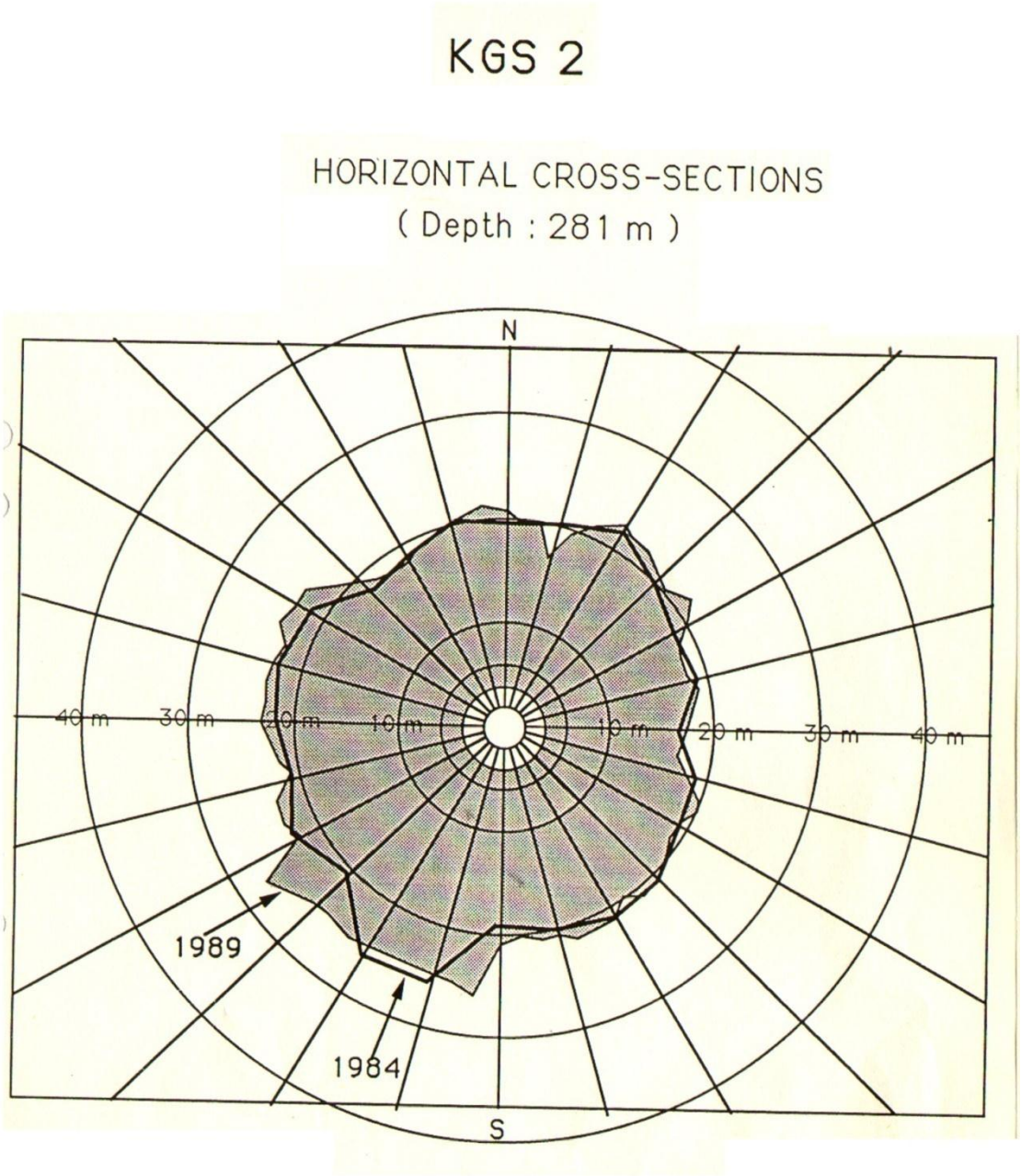
بسبب نقص الماء المالح(brine) في البحيرات تم تحويله الى اذابة عشوائية لأنتاج ماء مشبع بالملح , ونتيجة متطلبات العمل قرر استعماله لغرض الخزن الجوفي .منذ ذلك الوقت تستعمل الفجوة رقم (1)لغرض الخزن الجوفي وطاقة الخزن فيها (15000)متر مكعب وحدد حجم الفجوة في هذا المسح 18260متر مكعب بين العمقين 273,5 -296 م .

بين المسحين 1989 -1984 فقدت الفجوة (1/3) حجمها المفيد , الفقدان جاء نتيجة تراكم الترسبات في قاع الفجوة والتي جاءت من جيب وتجويف ثانوي ظهر في السقف ,هذا التجويف يقع في جنوب الغربي للفجوة وينشأ بأتجاه الاعلى . ونتيجة حدوث تهدم في التجويف ملئ القعر بمواد رسوبية ،ودخل الغاز الى داخل التجويف بحيث لايمكن استرجاعه ولايمكن قياسه ، خلال الفترة اعلاه تم حقن التجويف ب(91659)متر مكعب من الغاز ،وتم سحب (80632)متر مكعب منه اي فقدان 11000متر مكعب من الغاز السائل والذي تجمع في التجويف المذكور .

وان حجم الترسبات المتجمعة في قاع التجويف يبلغ (23000) متر مكعب . ان ما تغير بين المسحين عام 1984-1989 هو حجم الفجوة حيث تغير من (63381) متر مكعب الى (40660) متر مكعب اما شكله المخروطي(conical) بقي على حاله الشكل رقم (40) .



شكل رقم (40) مقارنة شكل الفجوة بين مسحي 1984 و 1989

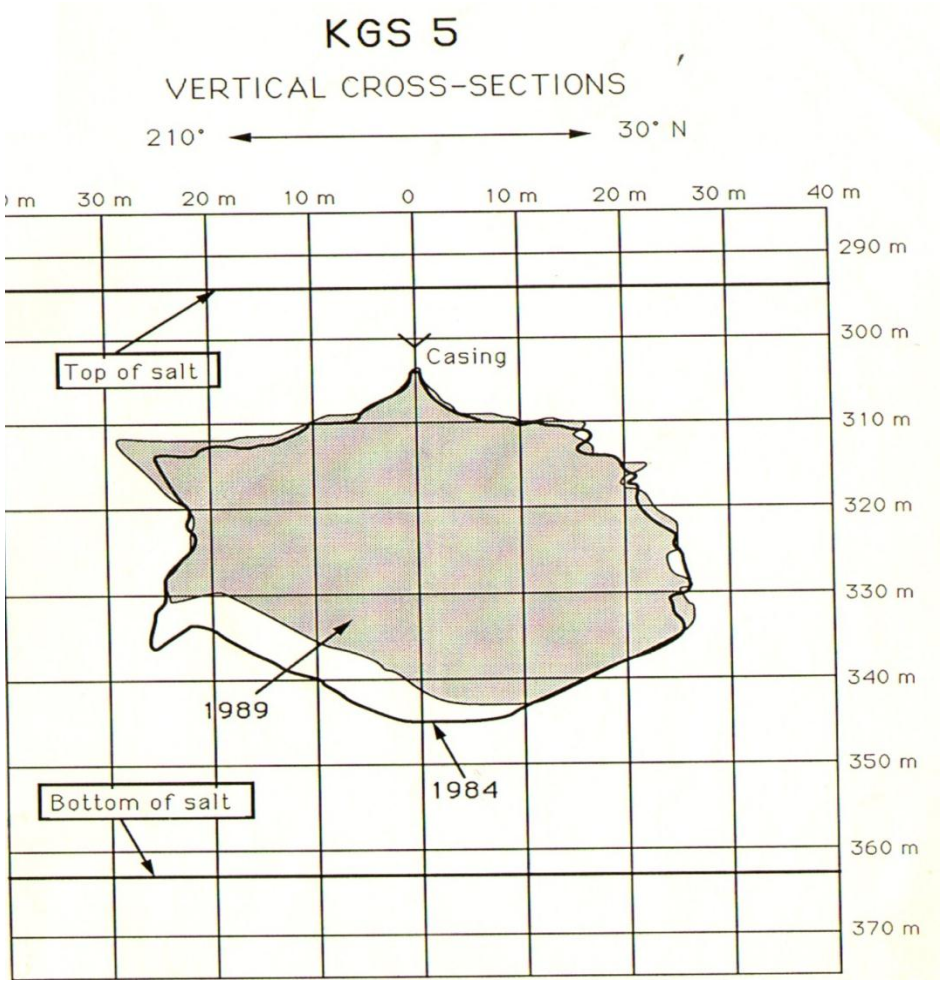


شكل رقم (41) مقطع عرضي للفجوة 2

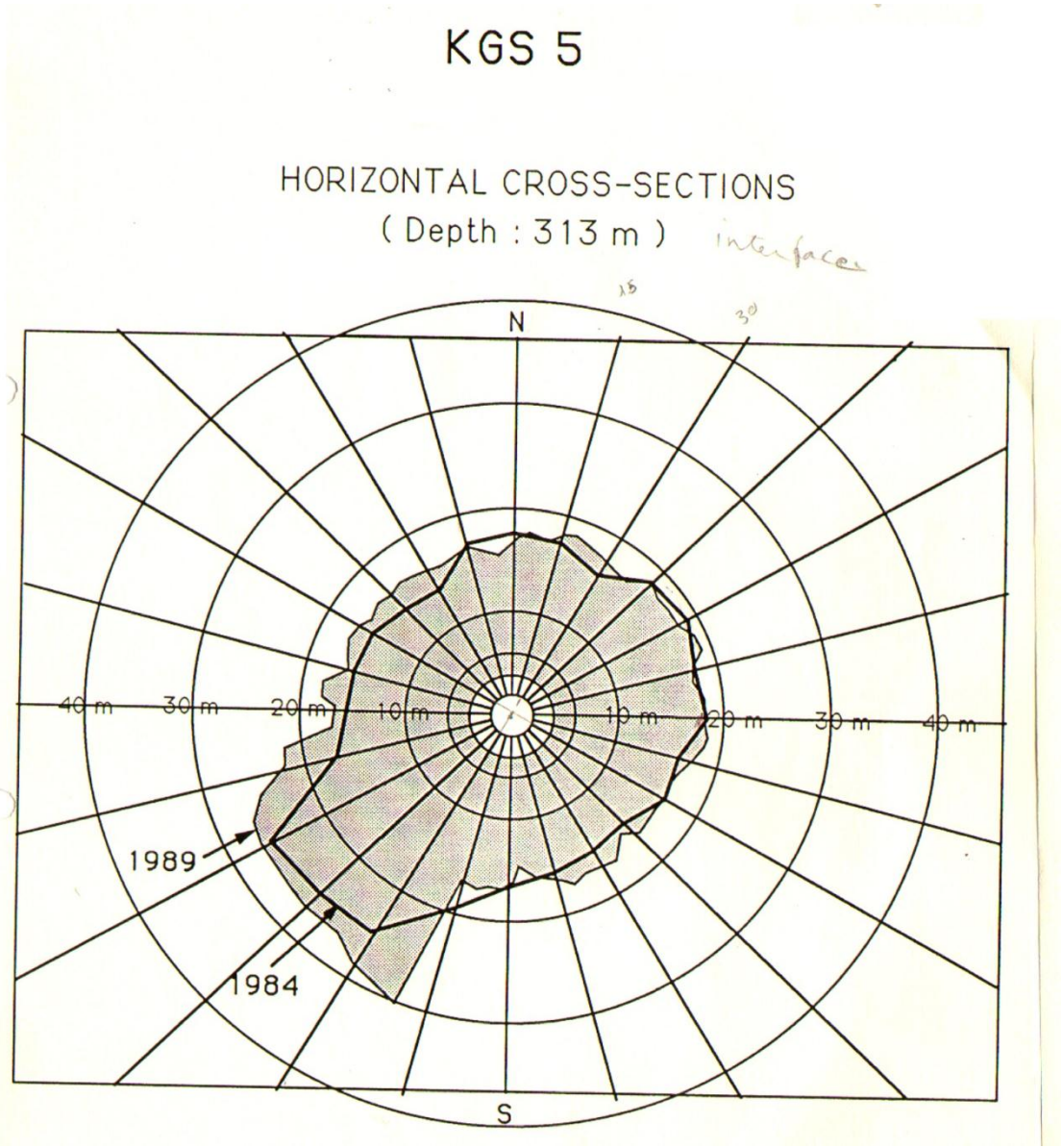
KGS -5

ظهور تجويف في الجزء الجنوبي الغربي للفجوة كما ظهر في الفجوة رقم(2)وحدوث تهدم في التجويف وتجمع حوالي (3865)متر مكعب من الترسبات في قعر الفجوة ,ولكن الفرق هنا مع الفجوة (2)هو امكانية سحب الغاز المتجمع في التجويف .أما بخصوص حجمها يمكن القول بأن حجم الفجوة الأصلي في مسح عام 1984 كان

(45891)متر مكعب بين العمقين(344,5-303,5) م , اما في مسح عام 1989 تقلصت الحجم الى (42790) متر مكعب بين العمقين (342,3-304)م

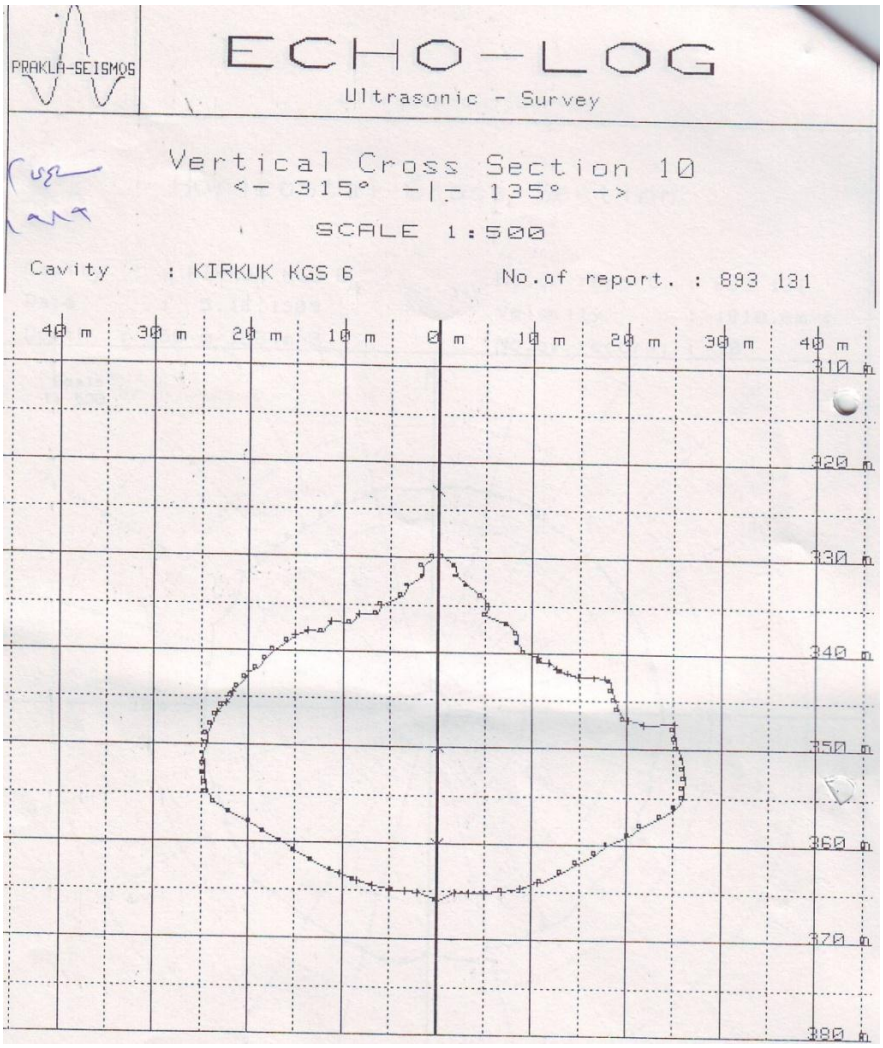


شكل رقم (42)المقطع العمودي مقارنة بين مسحي 1984 و 1989 للفجوة 5

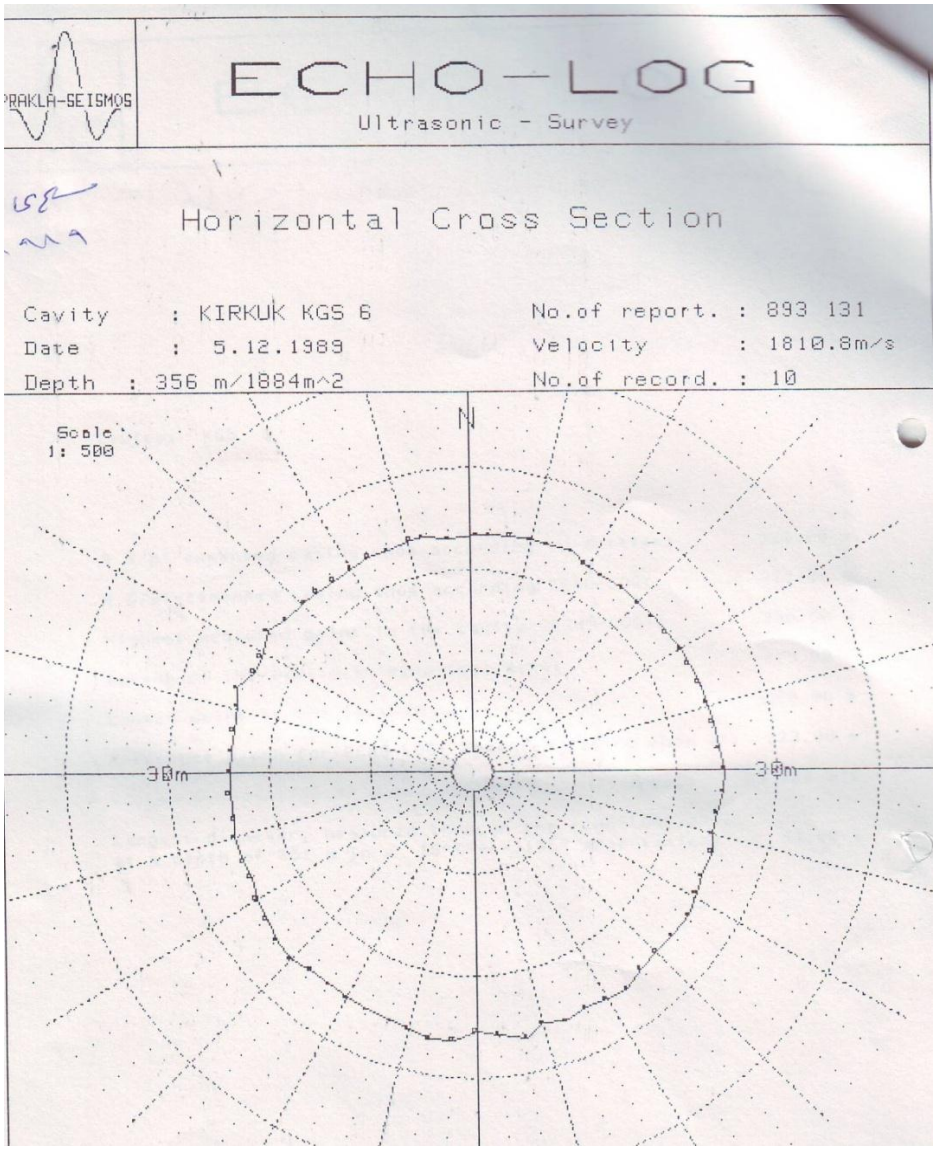


شكل رقم (43)المقطع العرضي مقارنة بين مسحي عام 1984 و1989 للفجوة 5

لم يطرأ عليها تغيير يذكر حيث بقي حجمها مقاربا" للحجم الأصلي , وتم حقن الفجوة ب (64858)متر مكعب من الغاز خلال خمس سنوات وتم سحب (63806) متر مكعب منه اي فقدان قليل واعتيادي للخزن الجوفي .



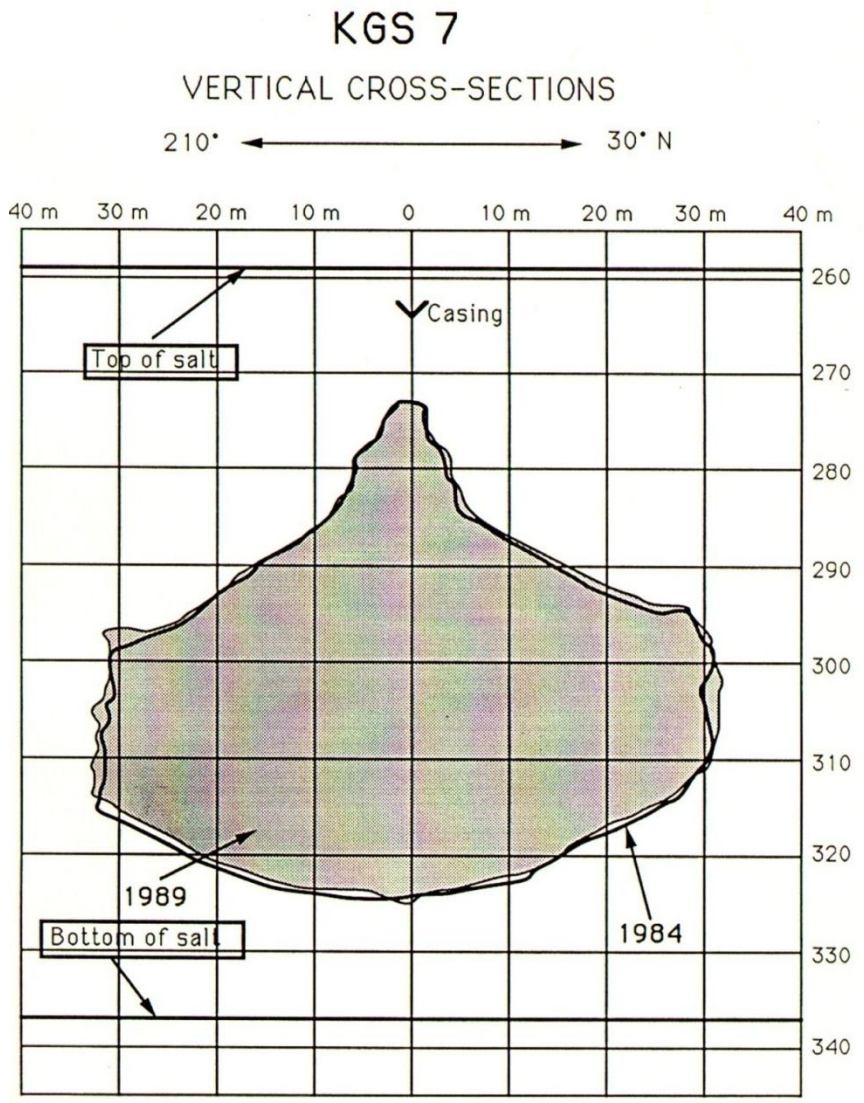
شكل رقم (44)المقطع العمودي الفجوة (6)



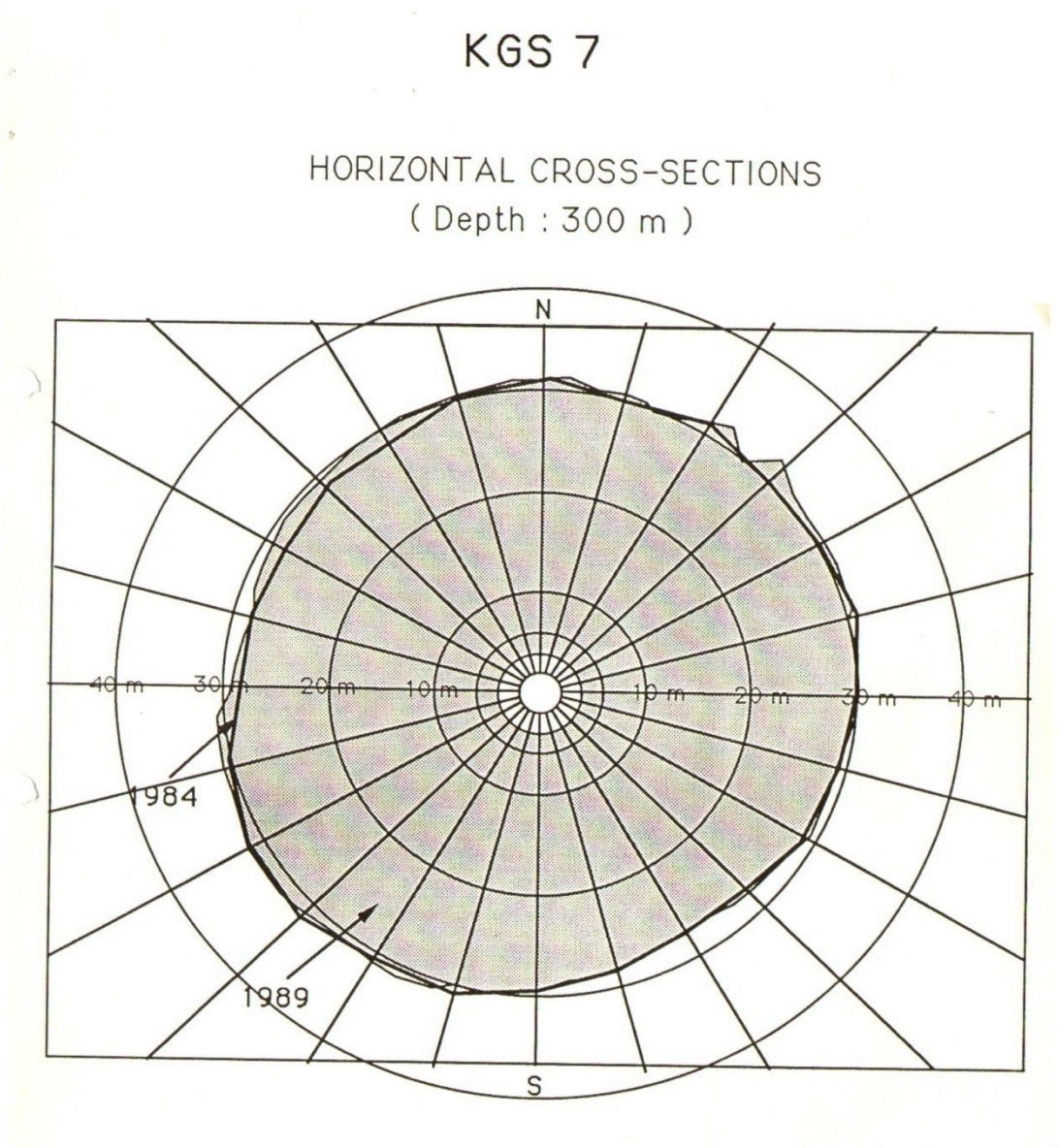
شكل رقم (45) مقطع عرضي للفجوة (6)

KGS -7

ايضا" لم يطرأ عليها تغيير, كان حجمها في المسح الصوتي لعام 1984 بلغ (76601) متر مكعب اما بعد خمس سنوات وفي سنة 1989 وصل حجم الى (76730) متر مكعب وتم حقن (73812) متر مكعب من الغاز وتم سحب نفس الكمية تقريبا"



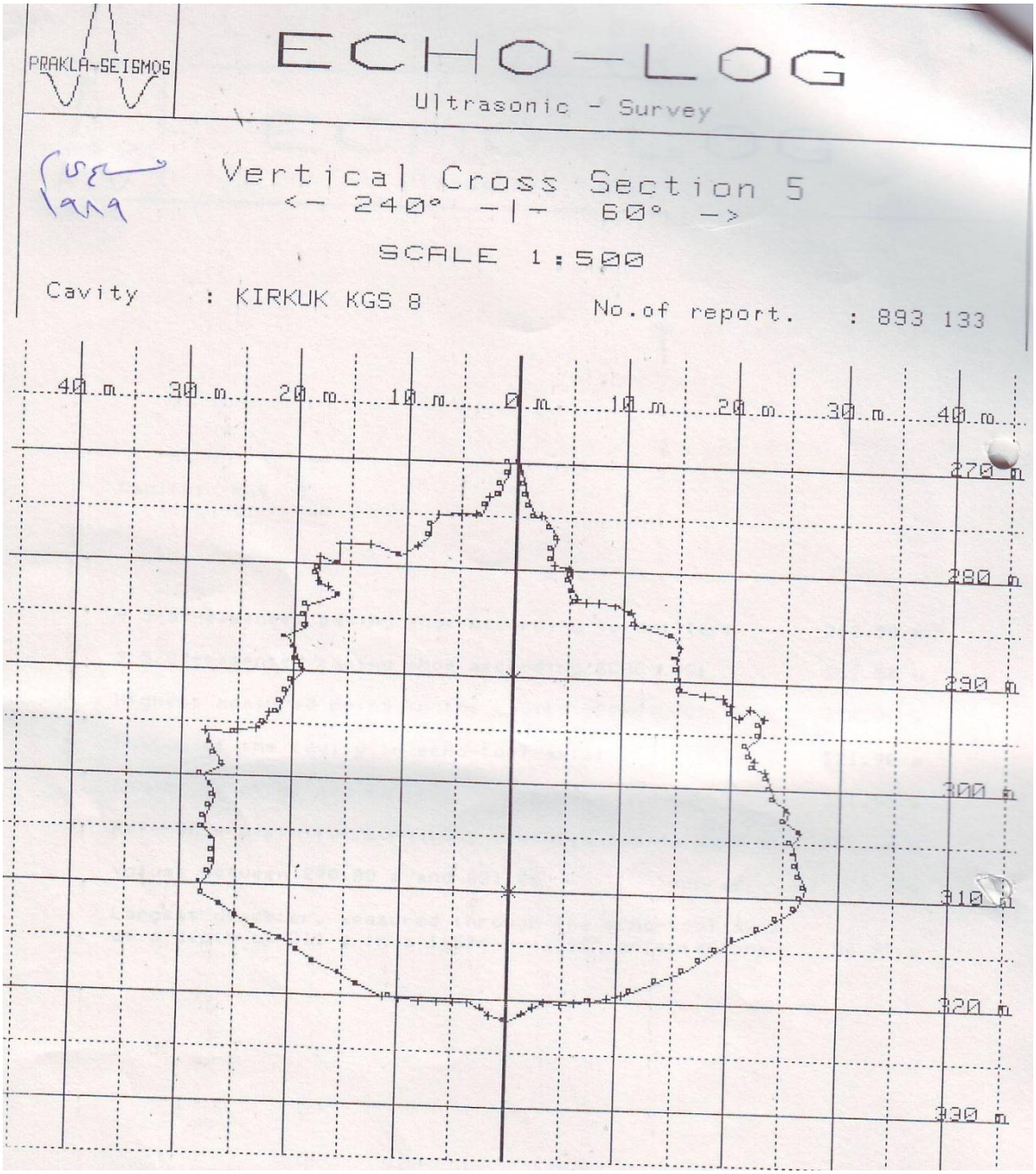
شكل رقم (46) مقارنة بين مسحي 1984و 1989 في مقطع عمودي



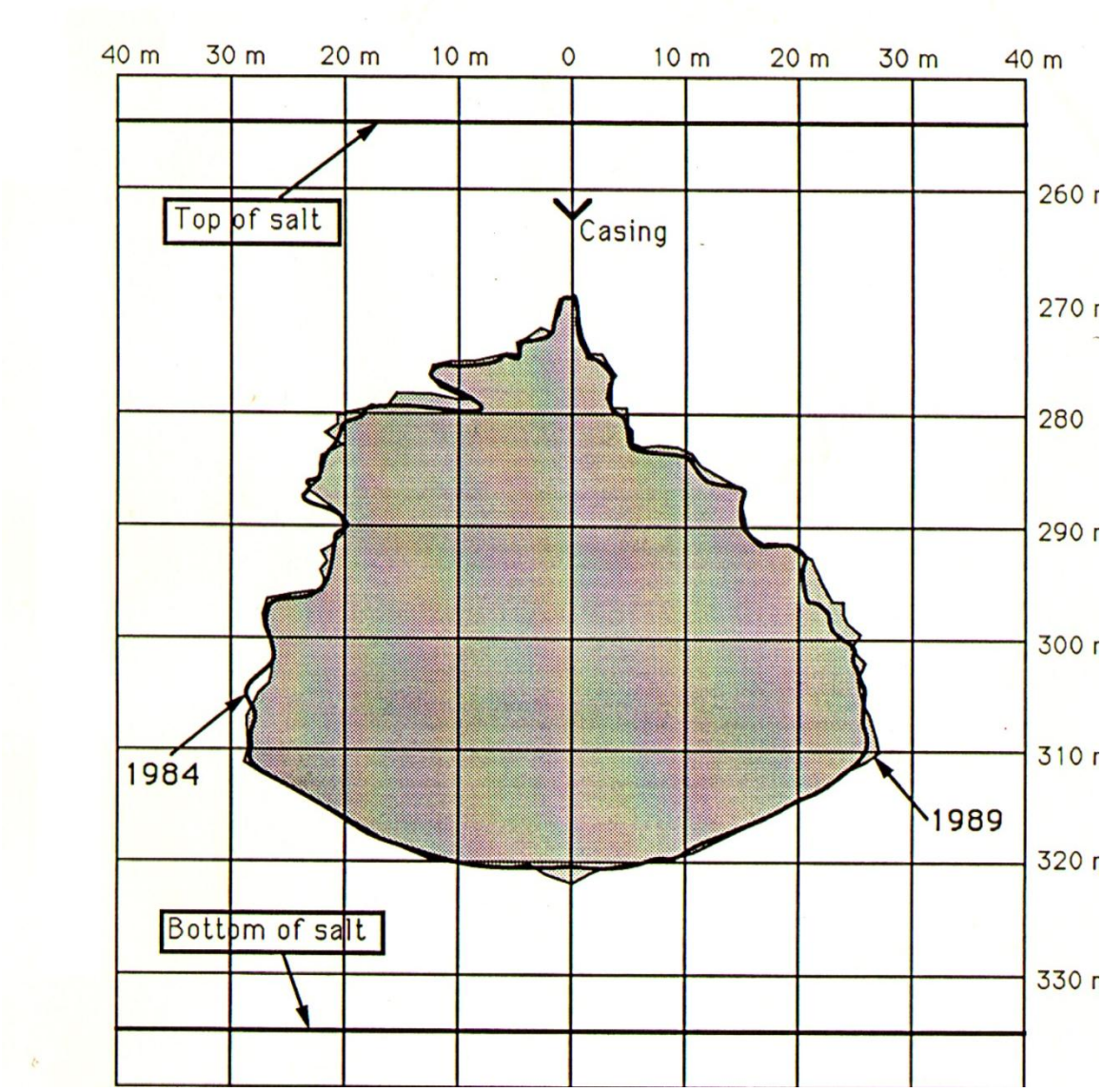
شكل رقم (47) مقارنة بين مسحي عام 1984 و1989 في مقطع افقي

KGS -8

لم يطرأ عليها تغيير يذكر , حجم الحقن (14751)متر مكعب من الغاز وسحبت نفس الكمية تقريبا"



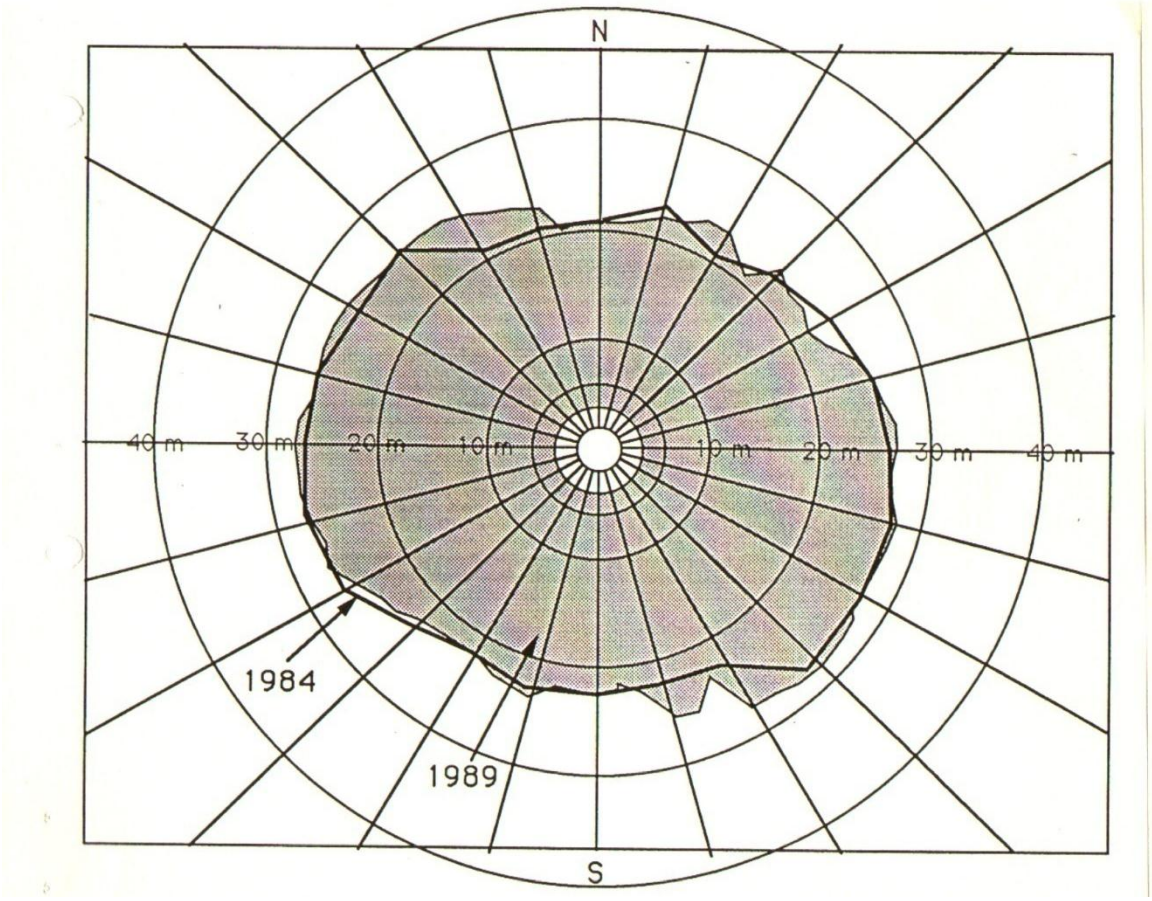
شكل رقم (48) الفجوة رقم (8) حسب مسح عام 1989



شكل رقم (49) مقارنة بين مسحي 1984 و 1989 في مقطع عمودي

KGS 8

HORIZONTAL CROSS-SECTIONS
(Depth : 296 m)



شكل رقم (50) مقارنة بين مسحي 1984 و 1989 في مقطع افقي

KGS – 11

تستعمل للأذابة العشوائية

<u>ملاحظة :-</u> ان عمليات المسح التي اجريت عام 1989 تم فيها اخذ مقاطع افقية لكل متر ومقاطع عمودية بزاوية مقدارها (15،30) درجة .

جرى هذا المسح من قبل شركة جيوفيزيكا تورون البولندية للفجوات 1،2،5،6،7،8 وكانت النتائج كالاتي :-

KGS – 1

حدث تقلص في الحجم بنسبة 18% وهبوط سقف الفجوة بحدود (2،5) م كما لوحظ هبوط قعر الفجوة بحدود (0,5)م وتم التأكد من عمق قعر الفجوة بأنزال مقاييس العمق السلكي .

KGS -2

عند اجراء المسح كانت الفجوة خارج الخدمة بسبب حدوث تهدم واسع في سقفه وحدث تقلصات اضافية في الحجم بلغت 24,4 % مع ارتفاع ألقعر بمقدار (2,3) م .

KGS -5

عند اجراء المسح كانت الفجوة خارج الخدمة بسبب تهدم واسع في سقفه ومقدار تقلص الحجم عن المسح السابق بلغ 39% وارتفاع القعر بمقدار(2,9)م.

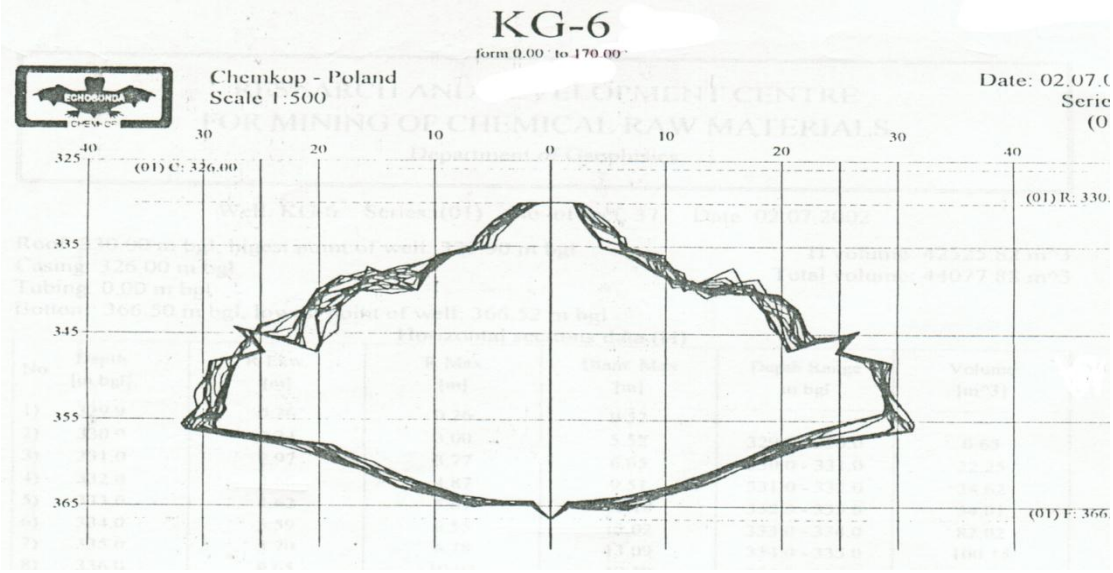
KGS -7

حدث تقلص في الحجم بنسبة 17,3 % مع هطول في السقف قياسا بالوضع السابق وارتفاع قعر الفجوة بحدود (2,25) م.

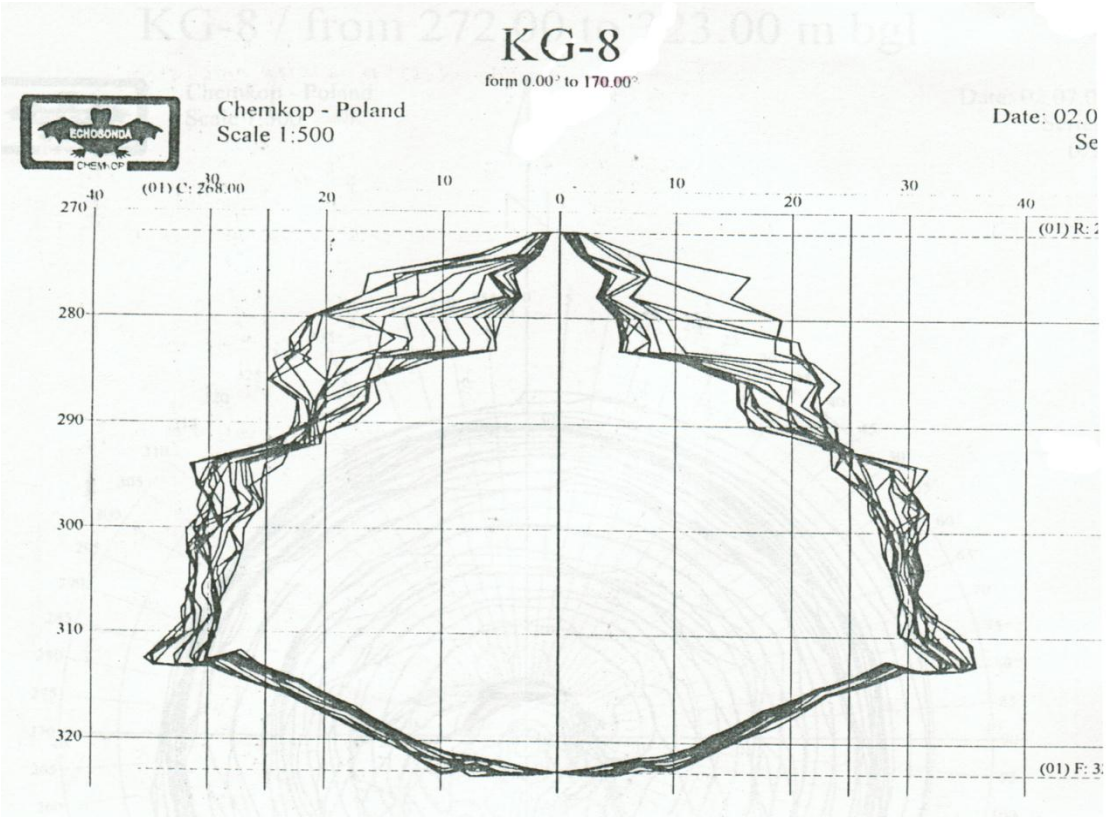
KGS – 6+8

حدوث زيادة في حجم الفجوتين ولكن لم يؤثر على استمرارها في العمل . في نفس العام (2001) جرى مسح الفجوات الأربعة 1،2،5،7 من قبل شركة UGS الألمانية وكان رأيهم مع الرأي السابق بالنسبة للفجوات

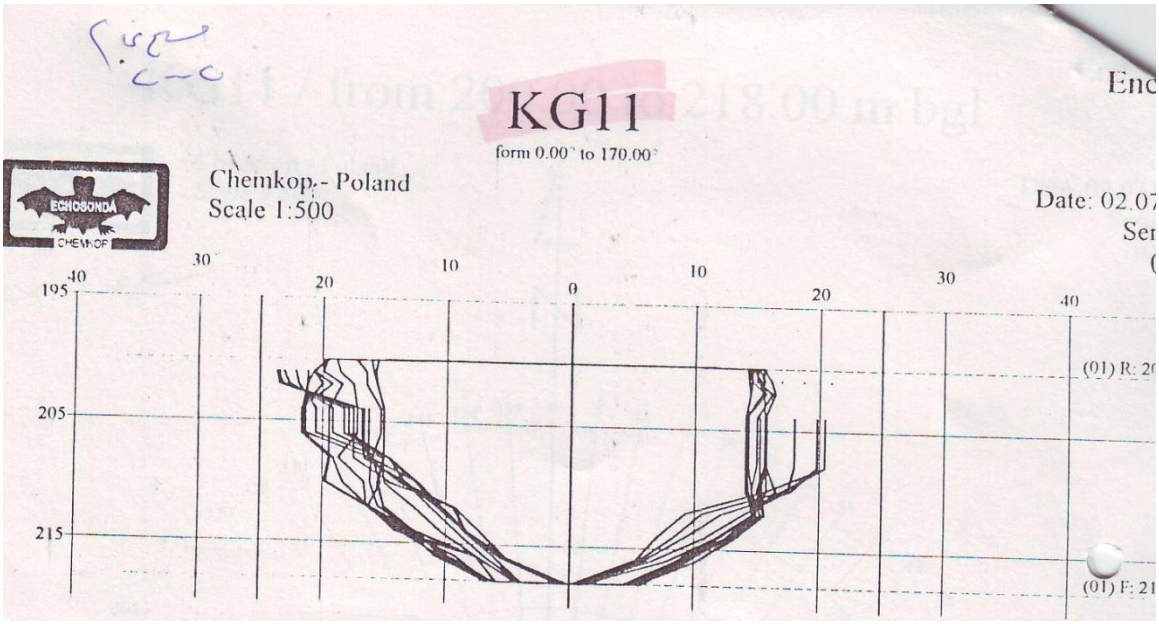
1،2،5 متفق ولكن بالنسبة للفجوة رقم 7 كان رأيهم مخالفا" حيث جاء في تقريرهم بأن الفجوة رقم 7 بقيت تقريبا" على حالها ويوجد تغيير طفيف في الحجم .



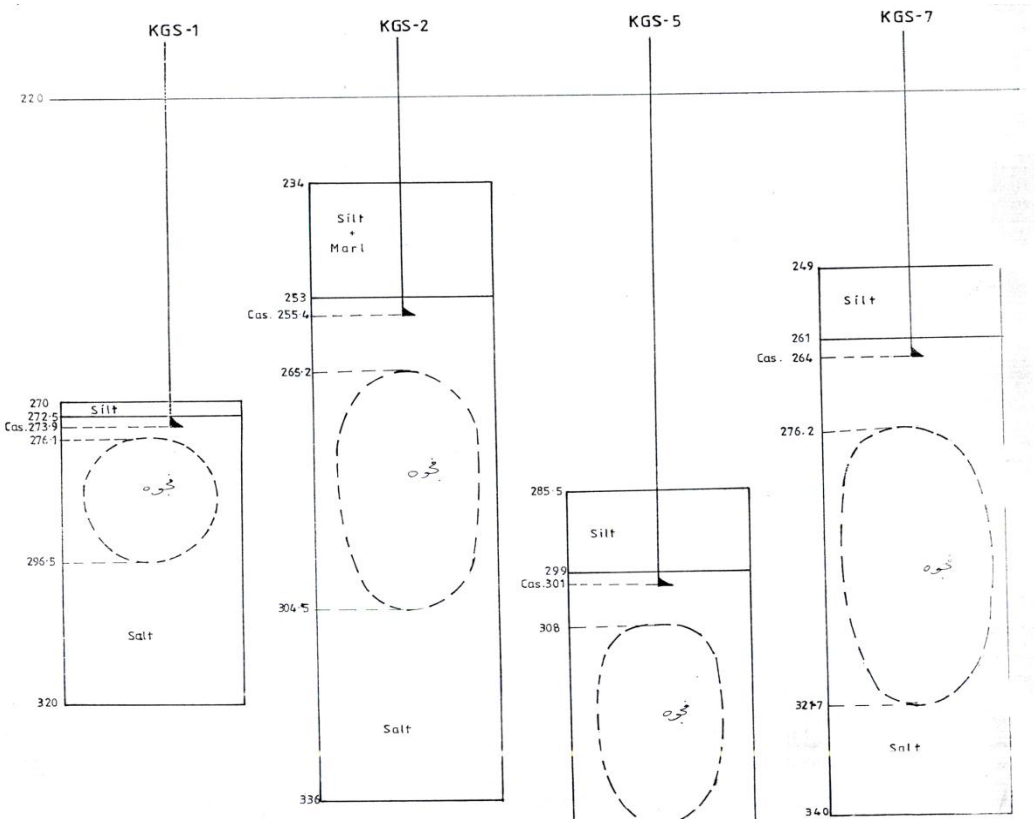
شكل رقم (51) الفجوة حسب مسح عام 2001



شكل رقم (52) فجوة رقم (8) حسب مسح عام 2001

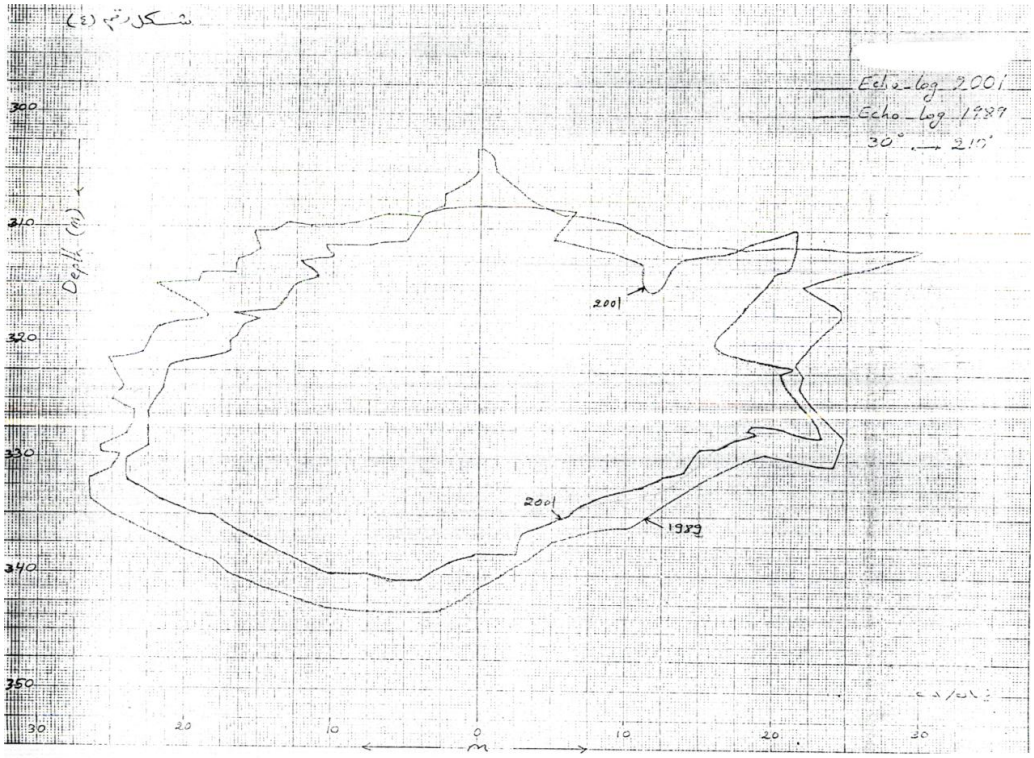


شكل رقم (53) الفجوة رقم (11) حسب مسح عام 2001

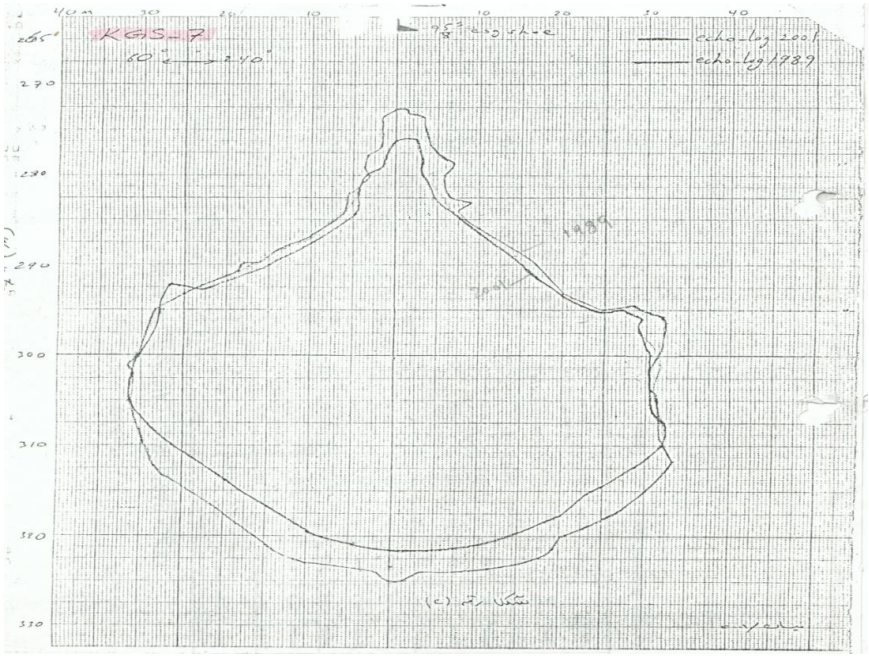


شكل رقم (54)موقع اربع فجوات حسب مسح عام 2001

ملاحظة :- لا يعتمد كثيرا على مسح عام 2001 لكثرة تناقضاته مع ألمسوحات الأخرى .

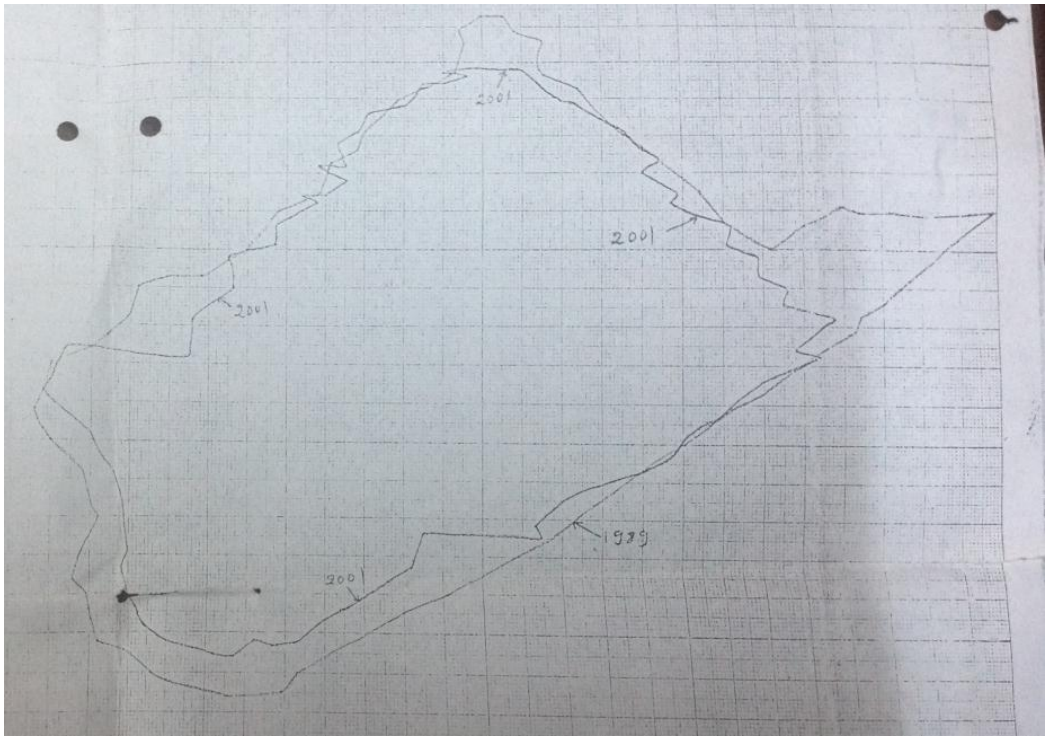


شكل (55) الفجوة رقم 5



شكل56 الفجوة رقم 7

شكل57 الفجوة رقم 1



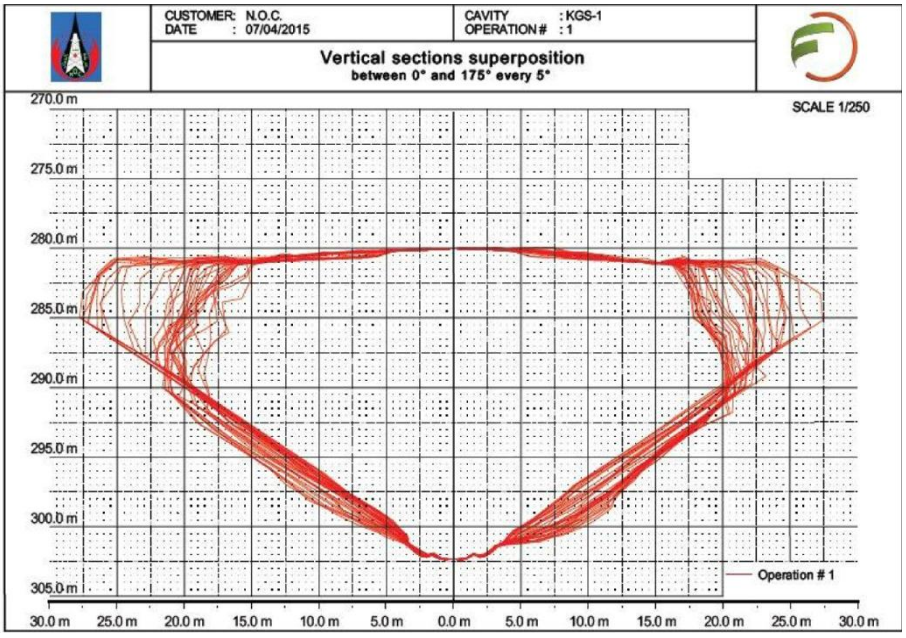
شكل58 الفجوة رقم2

جرى هذا المسح الصوتي من قبل شركة فلوديم الفرنسية بالتنسيق مع شركة الجس العربية (AWALCO) .

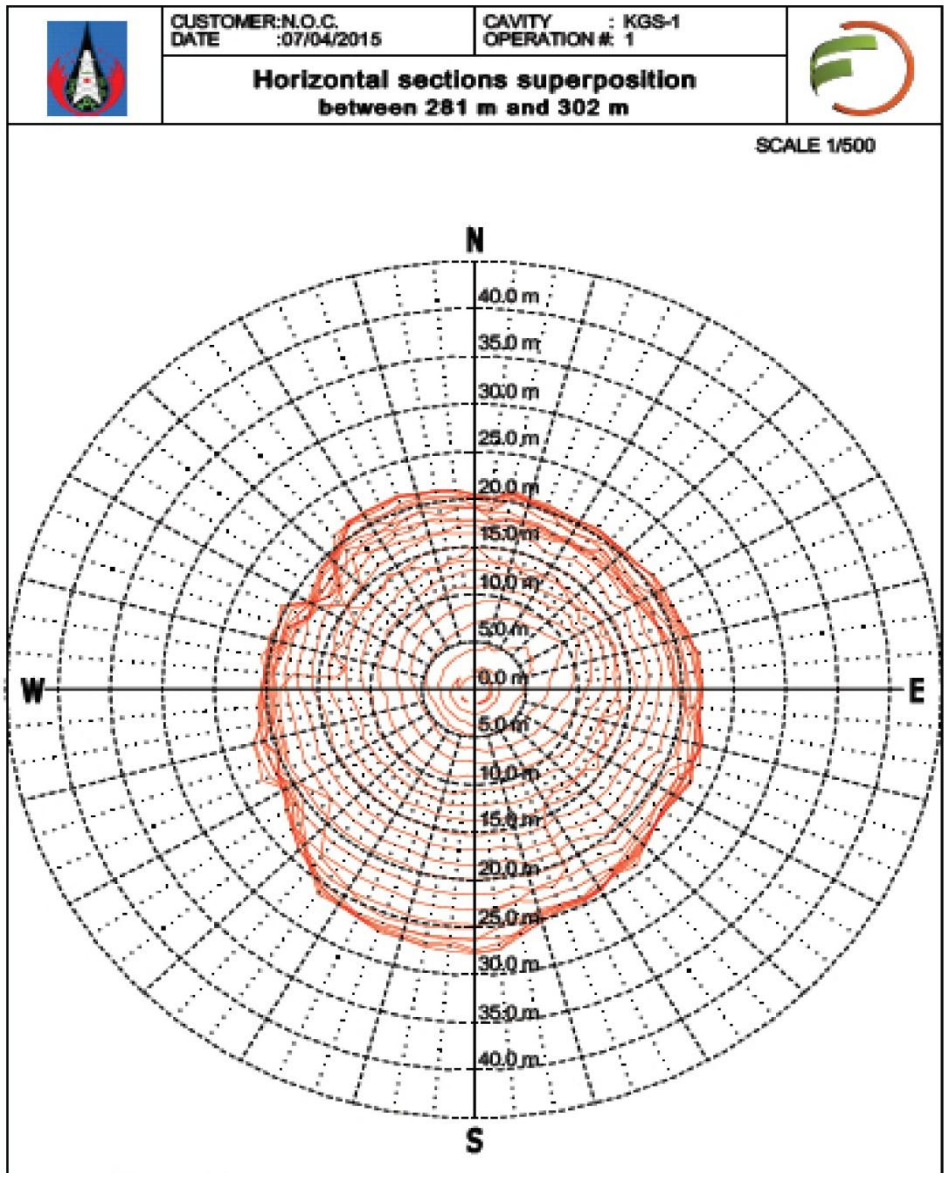
-:KGS -1

دخلت الفجوة الخدمة عام 1991 واستبعدت عام 2009 لحصول انخفاض في ضغط الفجوة لوحظ تقارب كبير بين حجم الفجوة لعام 1989 و2015 ، ان حجم الفجوة في عام 1989 بلغت (18260)متر مكعب بينما في 2015 وصل الى (19948) متر مكعب اي بفارق (4966,6) متر مكعب والسبب يعود الى دقة الجهاز واذابة حجوم اضافية داخل الفجوة .

ملاحظة :- تمت عملية المطابقة للمسوحات الثلاث بعد مستوى المرجعي (RTKB) , تم اعتماد (317)م للمسوحات السابقة وبعد اعادة قراءة منسوب البئر من قبل قسم البناء والأنشاءات وكان المنسوب (313)م مطابق لما ورد في التقرير النهائي للبئر , بذلك يمثل العمق (276)م قاعدة البطانة 9 5/8 عقدة والعمق (268)م اعلى الطبقة الملحية المستخدمة كطبقة اساس لعمل الفجوة والعمق (316)م اسفل الطبقة الملحية .



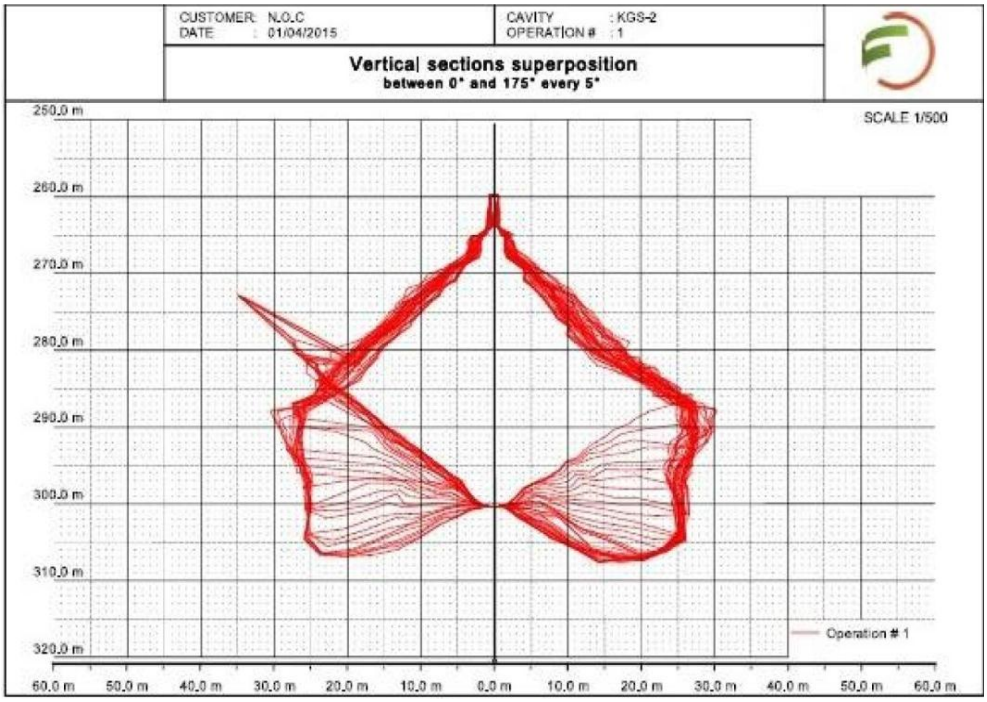
شكل59 الفجوة 1



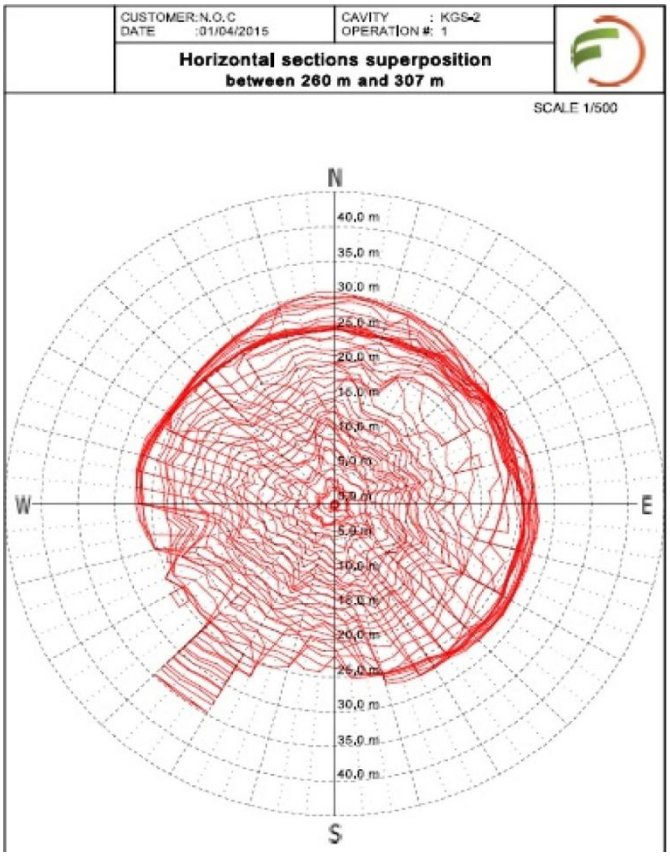
شكل 60مقطع عرضي للفجوة 1

<u>-:KGS -2 ;</u>

نلاحظ حصول تناقص في حجم الفجوة في مسح عام 2015 بمقدار (853)متر مكعب من الحجم المحسوب في عمليات المسح لعام 1989 ويمكن ان يعزى هذا الاختلاف الى دقة قراءات الاجهزة وعوامل جيولوجية تؤدي الى أندفاع الطبقة الملحية نحو تجويف الفجوة لعدم معادلة ضغط الماء المالح للفجوة وضغط الحمل المسلط على الطبقة الملحية لكون البئر مفتوح, وما يدعم ذلك حصول قذوفات للماء المالح في الفجوة بسبب تقلص حجم الفجوة.



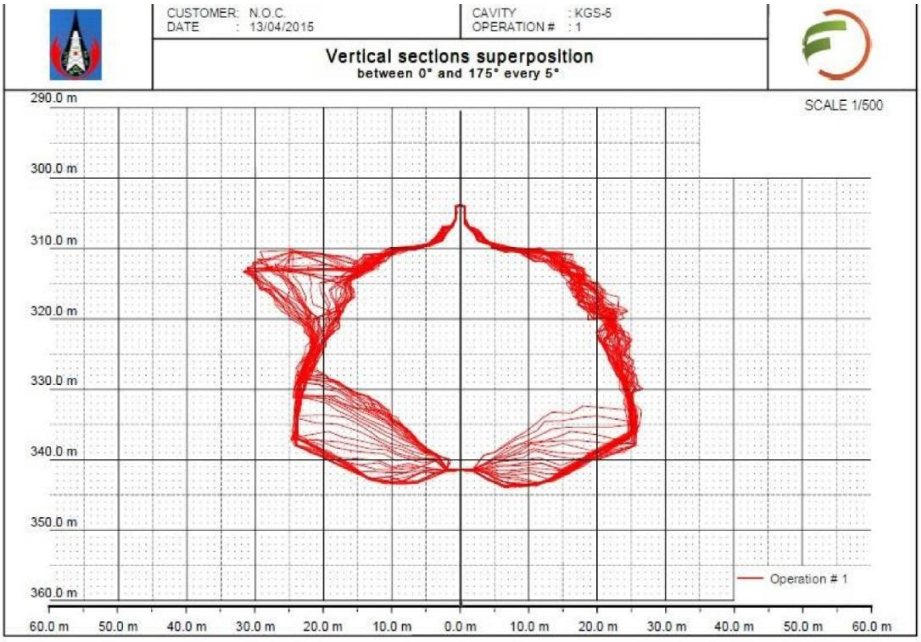
شكل61 الفجوة 2



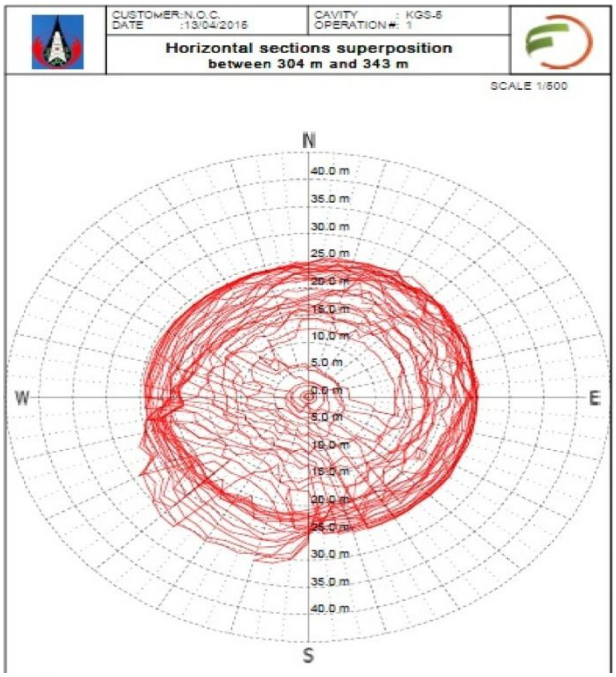
شكل 62 مقطع عرضي للفجوة 2

-:KGS-5

دخلت الفجوة الخدمة لخزن الغاز السائل عام 1986 واستبعدت عام 1989 . حصول نقصان في حجم الفجوة في المسح لعام 2015 بمقدار (1367) متر مكعب من الحجم المحسوب من عمليات المسح لعام 1989 ويمكن ان يعزى هذا الاختلاف الى دقة قراءات الاجهزة وعوامل جيولوجية تتعلق بأندفاع الطبقة الملحية نحو تجويف الفجوة بسبب طبيعة الطبقات الملحية.



شكل 63 الفجوةرقم 5

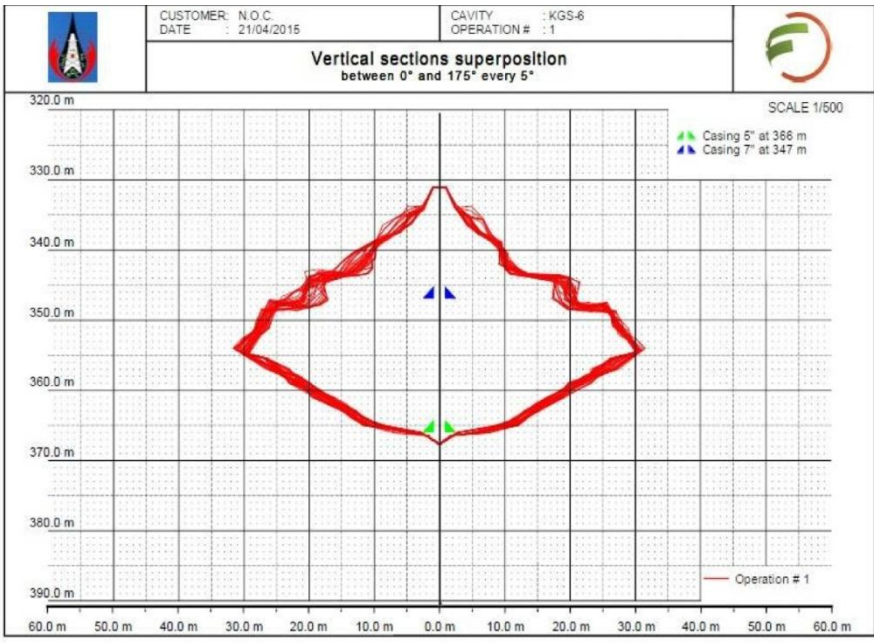


شكل64 مقطع عرضي للفجوة رقم 5

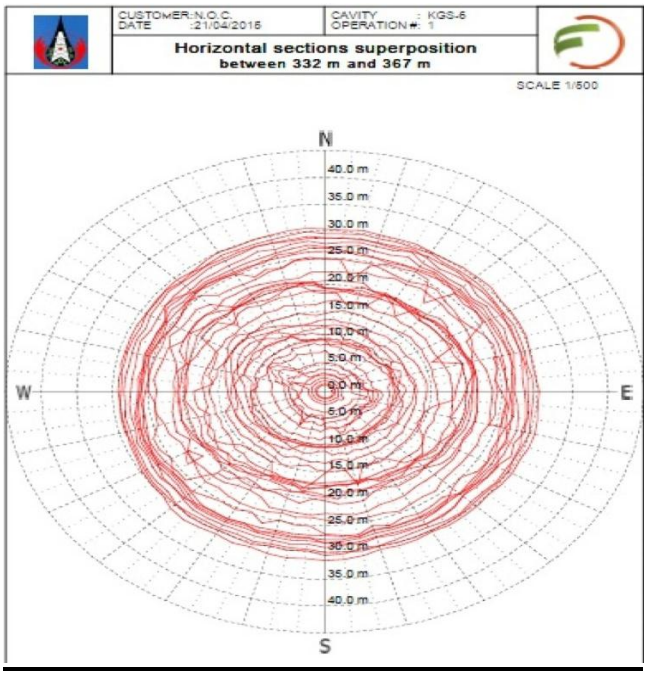
-:KGS-6

حصول زيادة في حجم الفجوة في المسح الحالي بمقدار (3916)متر مكعب من الحجم المحسوب من عمليات المسح لعام 1989 ويمكن ان يعزى الى دقة قراءات الجهاز الحالي عن مثيلاتها في المسوحات السابقة وظروف تشغيلية غير قياسية

الفجوة قياسية صالحة لاغراض خزن الغاز السائل.



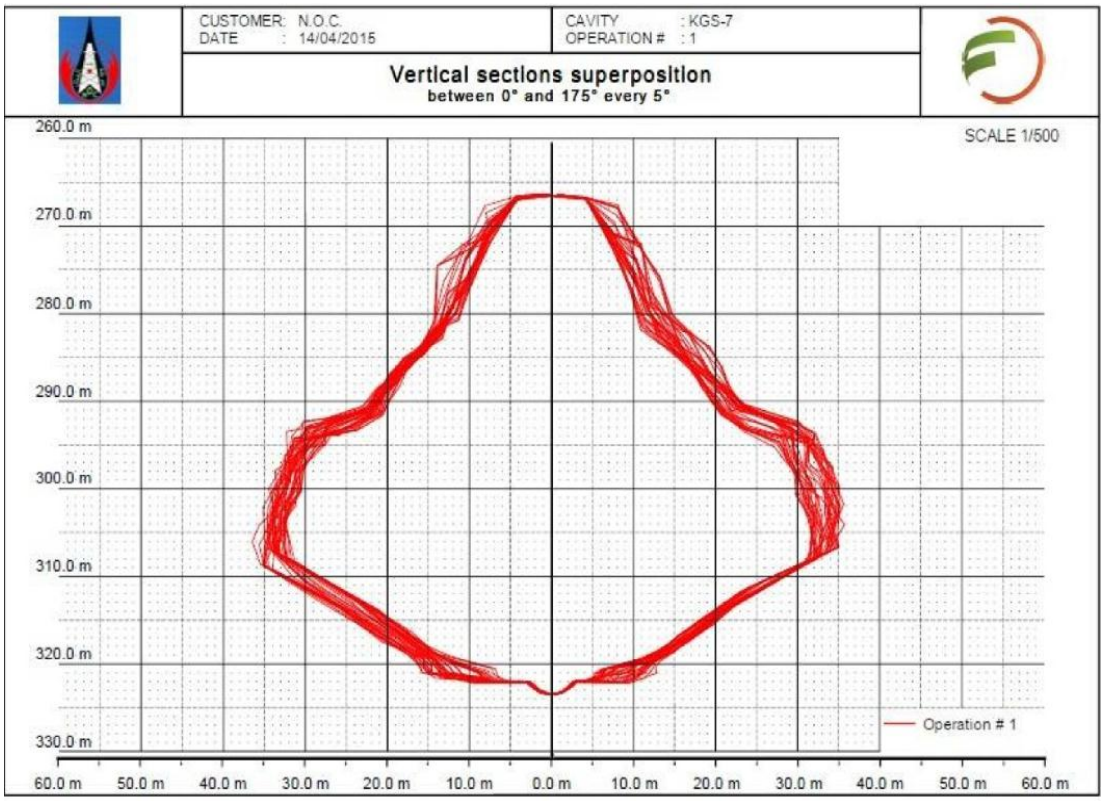
شكل65 الفجوة رقم 6



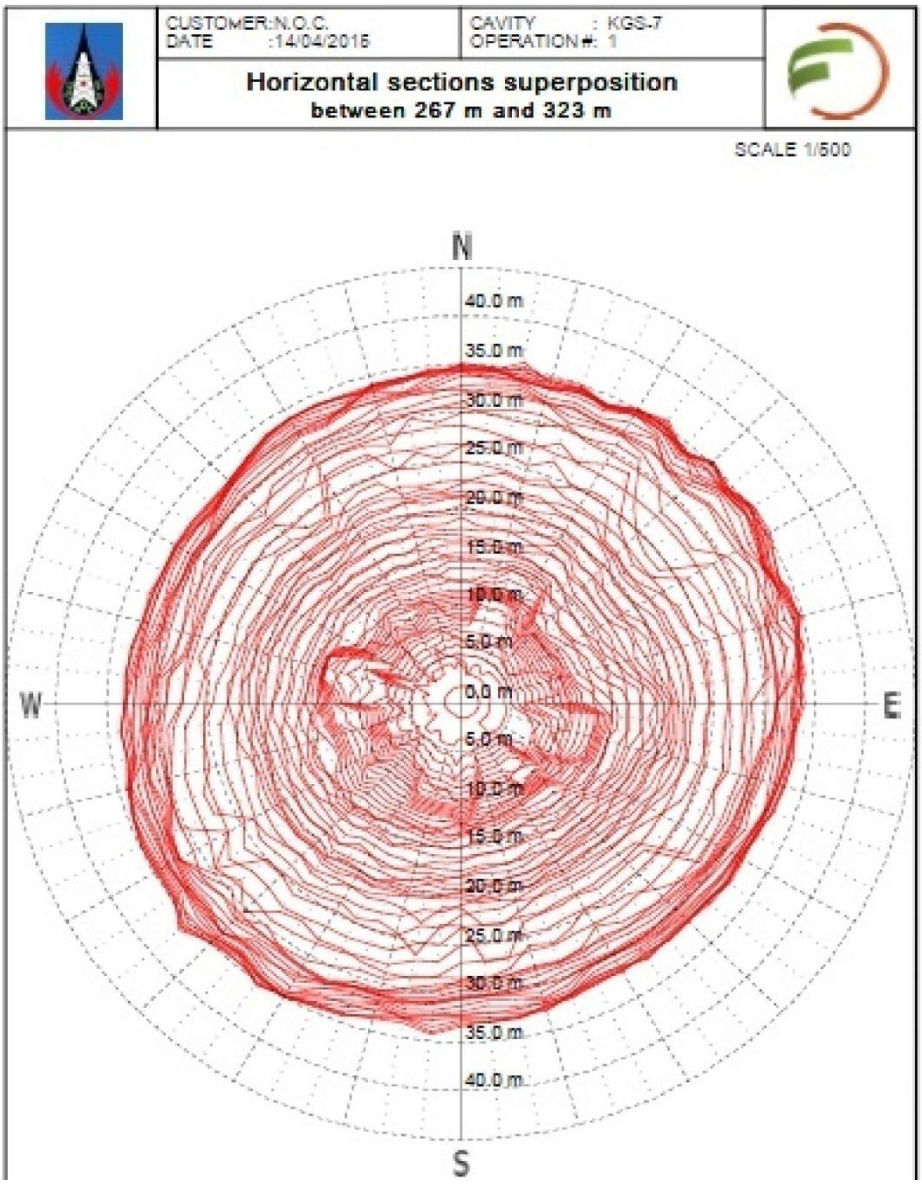
شكل 66 مقطع عرضي للفجوة رقم 6

-: KGS-7

حصول زيادة في حجم الفجوة في المسح الحالي بمقدار (9812) متر مكعب من الحجم المحسوب من عمليات لعام 1989 ويمكن ان يعزى هذا الاختلاف الى دقة قراءات الجهاز الحالي عن مثيلاتها في المسوحات السابقة وظروف تشغيلية غير قياسية والفجوة صالحة لاغراض خزن الغاز السائل .



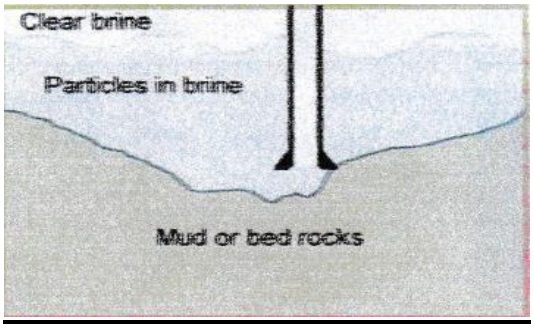
شكل67 الفجوة رقم 7



شكل 68 مقطع عرضي للفجوة رقم 7

KGS -8

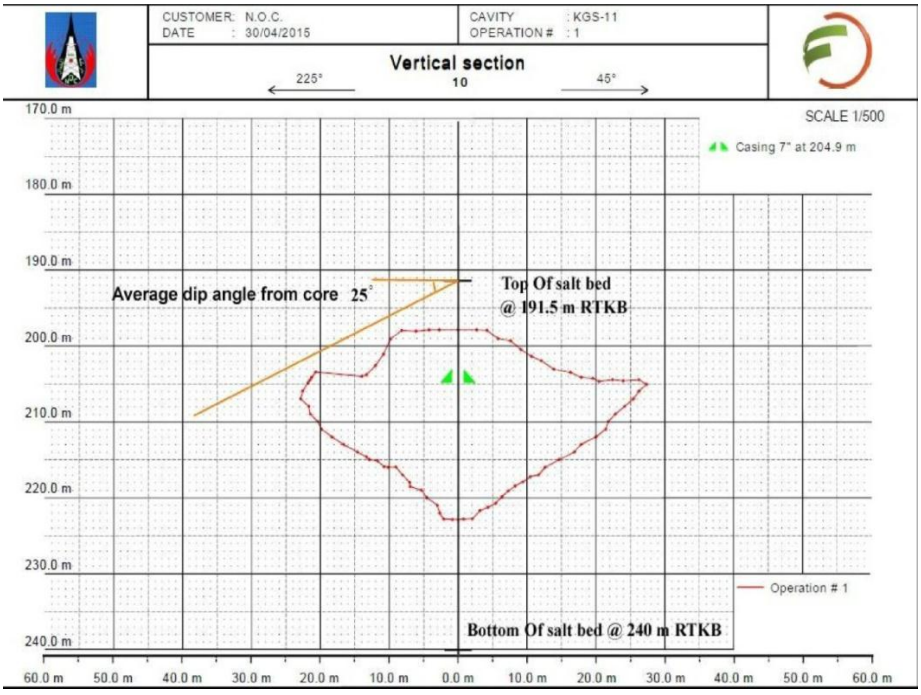
فشل عملية المسح الصوتي لهذا الفجوة بسبب وجود رواسب رخوة ملامسة لنهاية انبوب الانتاج وعدم تمكن ازالتها



شكل69 يوضح فيها ملامسة انبوب الانتاج للرواسب الرخوة

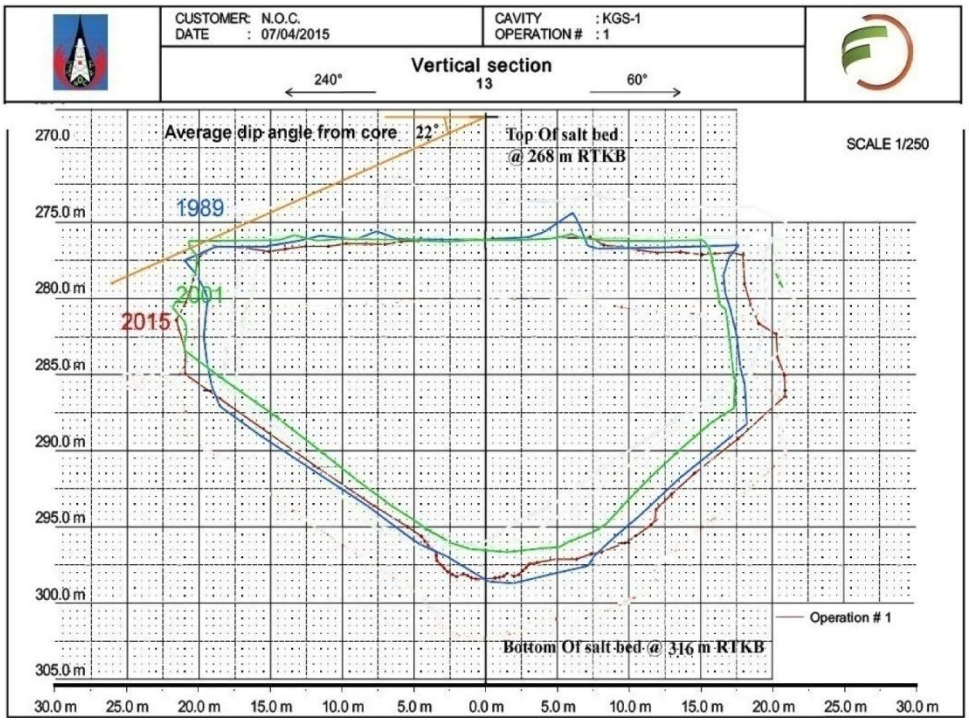
بئر الاذابة 11:-

استعمل هذا البئر منذ عام 1993 لتوفير مصدر للماء المالح الذي يستخدم في عملية تفريغ الغاز من فجوات الخزن الجوفي علما" بأن عملية الاذابة العشوائية مستمرة للوقت الحاضر .

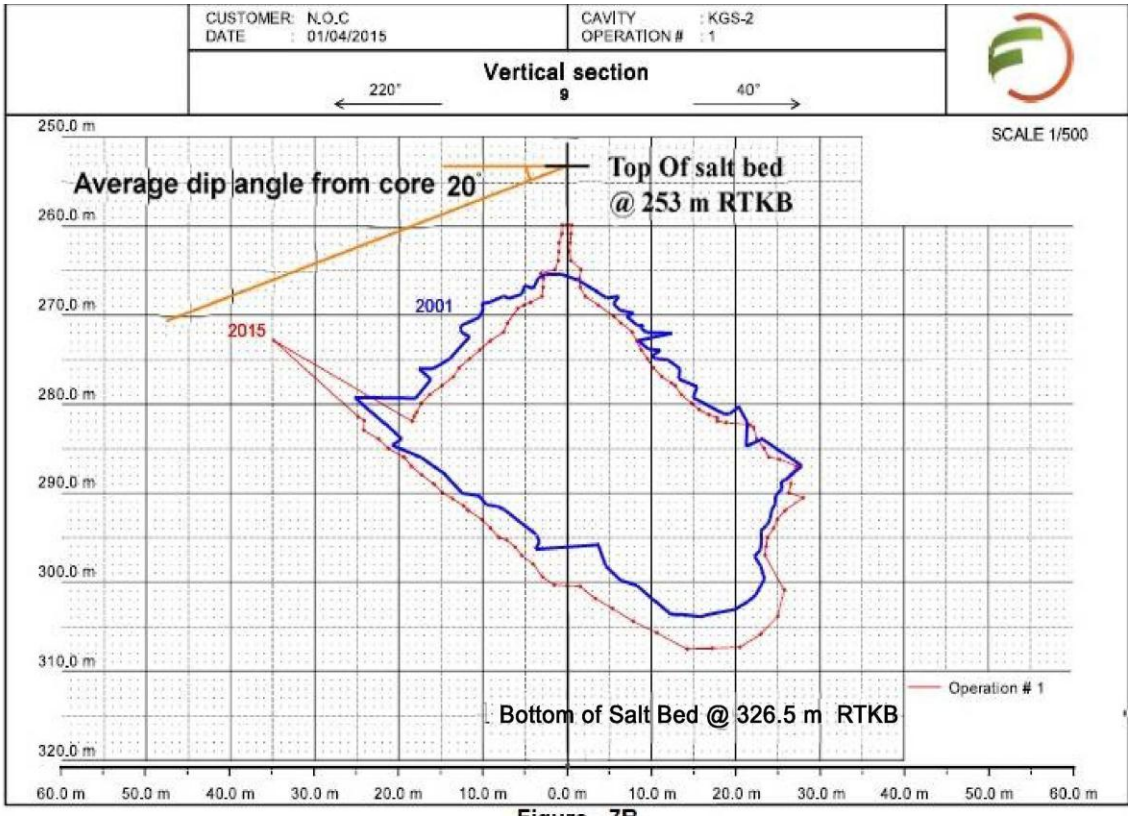


شكل 70 فجوة رقم (11)

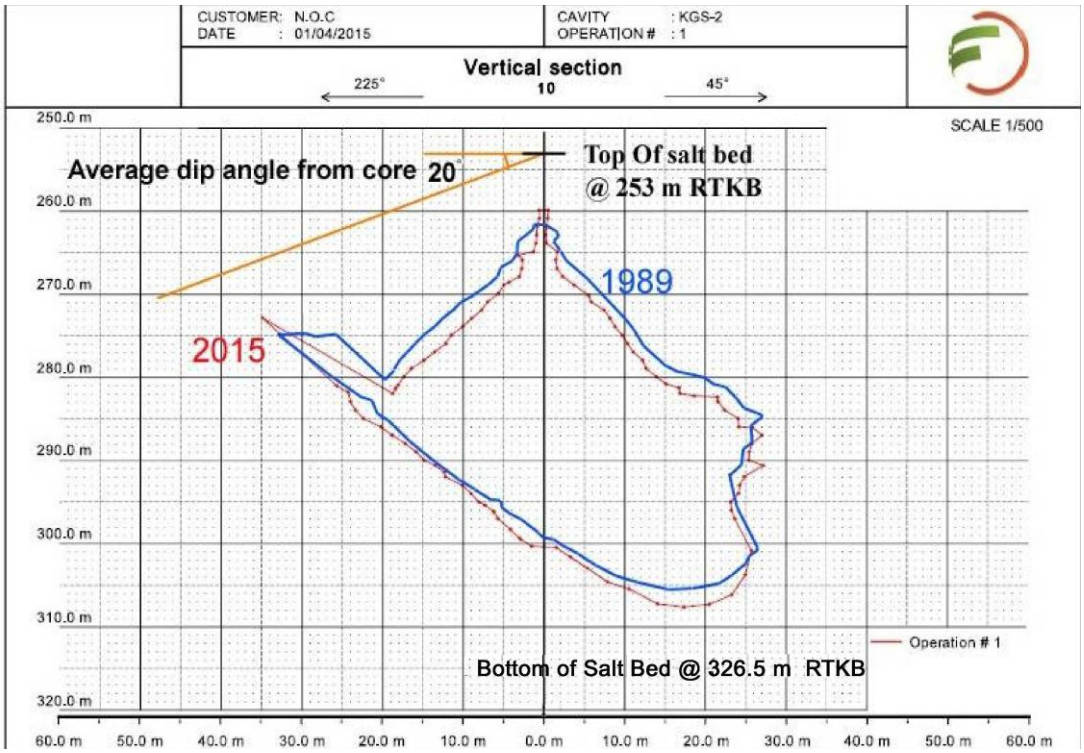
مقارنة بين مسح عام 2015 والمسوحات السابقة



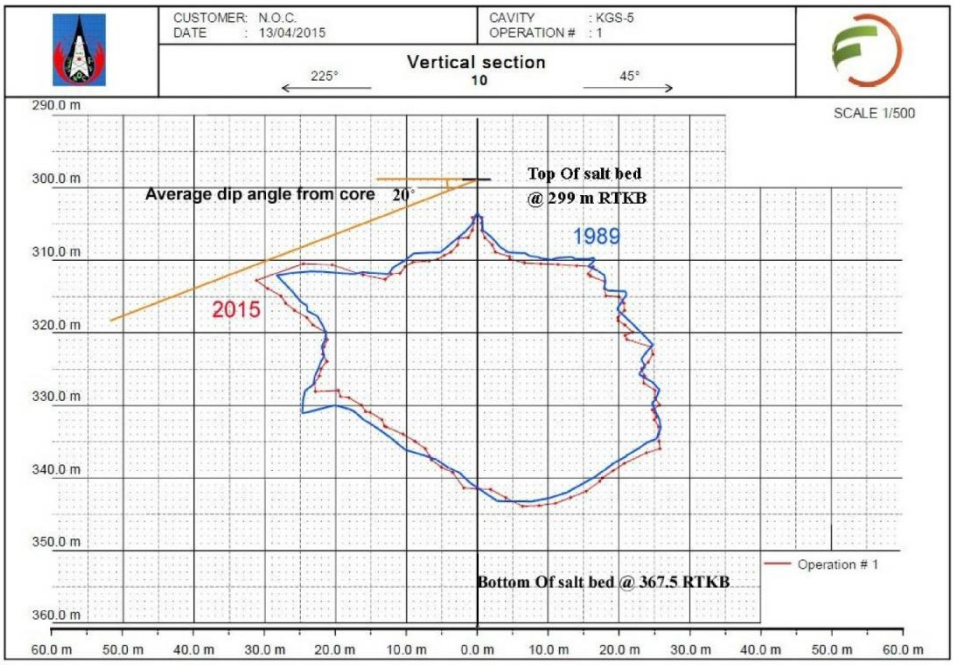
شكل 71 مقارنة مسح بين عامي 1989 و 2015



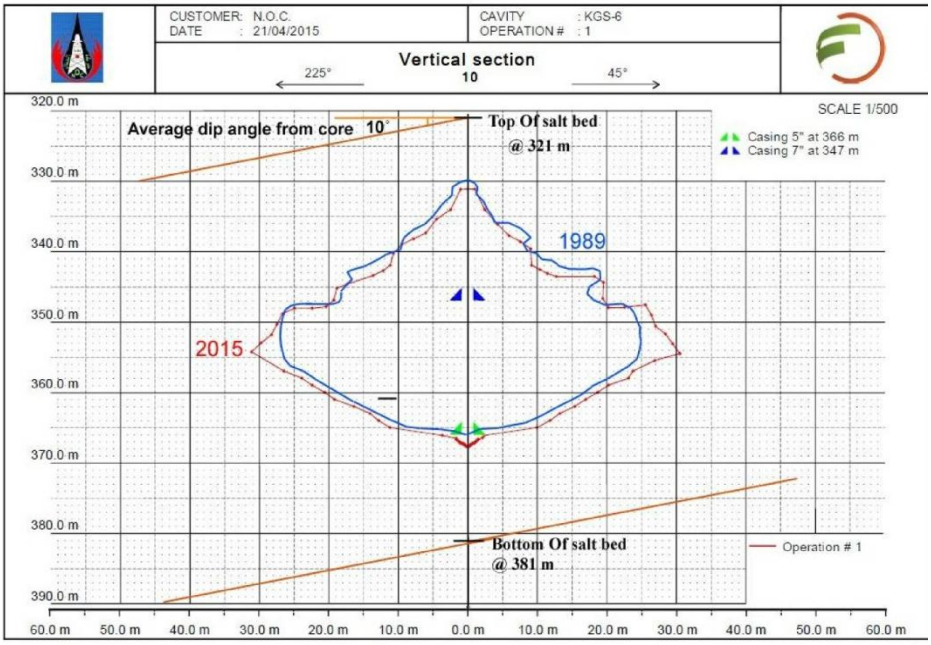
شكل 72 مقارنة بين مسحي 2001 و 2015



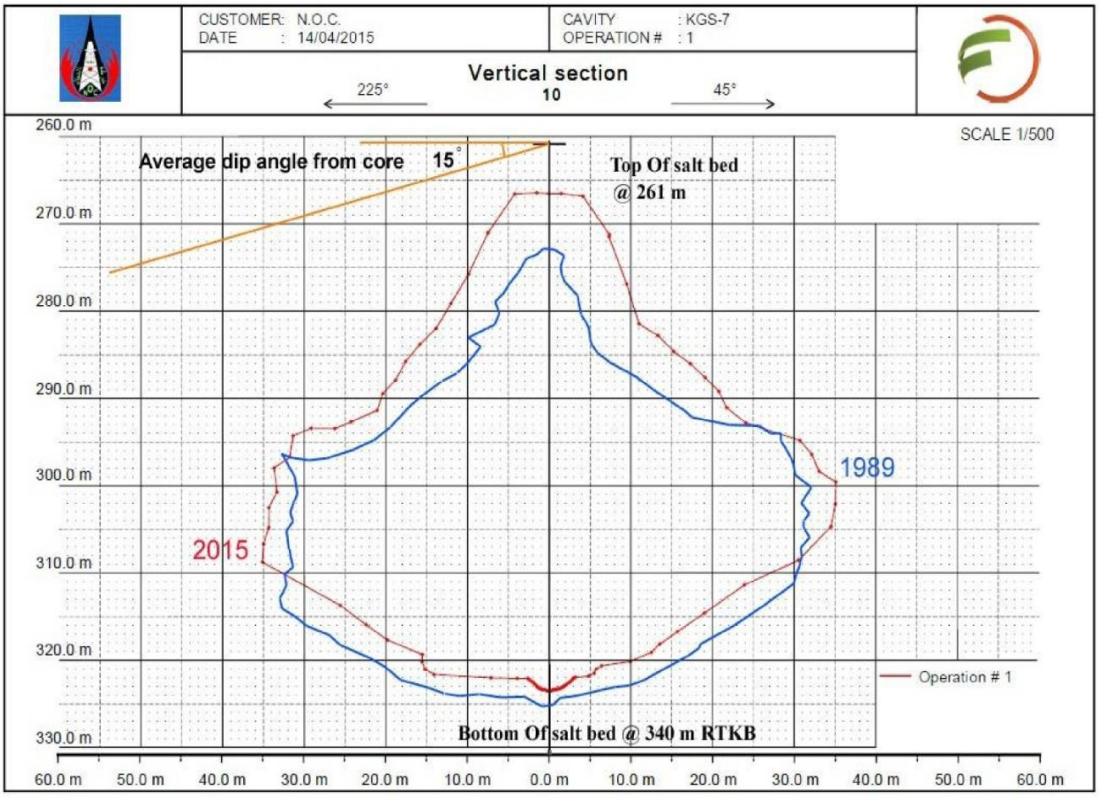
شكل73 مقارنة بين مسحي 1989 و2015 للفجوة 2



شكل 74 مقارنة بين مسحي 1989 و 2015 للفجوة 5



شكل75 مقارنة بين مسحي 1989 و 2015 للفجوة 4



شكل 76 مقارنة بين مسحي 1989 و 2015 للفجوة 7

الأذابة العشوائية:-

الاذابة العشوائية كما يحدث لبئر (11) و (4) يمكن ان تكون حل مؤقت لتوفير الماء المالح لسد النقص الموجود في الماء المالح ولكن الاستمرار فيه يؤدي الى استمرارية اذابة الطبقات الملحية وازدياد حجم الفجوة مما يؤدي الى اتصالها بالطبقات الرملية والطينية المحيطة بها من الاعلى والاسفل وكذلك تخلق الاذابة العشوائية سقف غير نظامي في الفجوة مما يصعب استخدامها لخزن الغاز السائل مستقبلا" .

فروقات في الغاز السائل المجهز والمسترجع :-

في نهاية سنة 2011 حصلت فروقات في الغاز السائل المجهز والمسترجع من قبل شركة غاز الشمال لذلك السبب شكلت لجنة فنية بين شركة نفط الشمال وشركة غاز الشمال حيث قامت اللجنة بمناقشة أسباب حصول النقص في احتساب كميات الغاز المخزونة والمستخرجة من فجوات الخزن الجوفي والتي تقدر ب(19600)متر مكعب من الغاز السائل للفترة من 2007 لغاية 2011 .

اجتمع فريق العمل بكامل اعضاءه من الشركتين في بداية سنة 2012 لمدة ثلاثة ايام وطرحت كل الافكار والتوقعات بأسباب حدوث هذا النقص في كمية الغاز المستخرجة من الفجوات وتضمنت ثلاثة محاور وهي (العدادات ، الأنابيب ، الفجوات) والاتفاق على التوصية بضرورة نصب عدادات جديدة في موقع الخزن الجوفي لشركتنا ووضع آلية وسياقات عمل ثابتة لاعتمادها في اسلوب الخزن والاستخراج من الفجوات والابتعاد عن العمل بشكل عشوائي وخارج السياقات المألوفة لتفادي حصول الفروقات مستقبلا" .

اخراج الفجوة رقم 1 عن العمل:-

بتأريخ 2009/12/24 خاطب قسم الانتاج في شركة نفط الشمال قسم هندسة النفط بكتابهم المرقم 2840 حول تسرب الغاز من الفجوة رقم (1) اثناء عمليات استرجاع الغاز السائل وضخه الى مجمع غاز الشمال عبر انبوب (16)عقدة ، وكذلك لوحظ تسرب الغاز قرب السياج الخارجي لمجمع الخزن وعلى مقربة من موقع الانابيب الرئيسية وتكررت نفس الحالة عند استخدام انبوب 12عقدة.وبعد توقف عمليات الاسترجاع اي توقف تشغيل الفجوة رقم (1) وازاحة محتوى مقطع الانبوبين من المنطقة اختفت اثار الغاز السائل مما تقدم في اعلاه حصلت القناعة بوجود تسريب من الفجوة رقم 1.

وقد تم تشكيل لجنة من هيئة الحقول للوقوف على اسباب هذا التسرب الغازي وقد تبين مايلي :-

1. هناك تسرب للمكثفات والغازات من مناطق عديدة وبأتجاهات مختلفة تبعد حوالي (50-80)م عن موقع بئر الفجوة .
2. منذ التسعينات لم يلاحظ اي تسرب على السطح في المناطق المحيطة بالفجوة وانما بدء التسرب منذ عام 2008 وازداد نهاية 2009 وصاحب هذا التسرب انخفاض ملحوظ من ضغط الفجوة عند خزن المنتجات فيها .
3. لوحظ انه بعد تسريب الضغط وافراغ الفجوة من محتواها استمرار تدفق المكثفات والغازات حتى بعد (4)ايام من افراغ الفجوة الى ضغوط واطئة (4-5) ابار.

وبناء" على هذه المشاهدات نرى ان التسرب يحدث في مناطق عديدة سبق ان تشبعت صخورها بالموائع المحقونة في الفجوة وان التسرب ناجم عن اتصال الفجوة بالسطح من تشقق الصخور التي تعلوها وان كان هذا الاتصال ضعيفا" ويزداد تأثيره عند ملئ الفجوة بالموائع وبضغوط عالية والدليل على هذا التشبع هو استمرار تدفق المكثفات لمدة (4)أيام بعد تفريغ الفجوة والسبب هو هبوط السقف حوالي (2,5) م

واستنتجت اللجنة بأن الفجوة رقم (1) غير صالحة للخزن بسبب ظاهرة تسرب محتوياتها للسطح علما" بأن الفجوة غير نظامية وكانت اصلا" تستخدم للاذابة العشوائية وان تركيبها وشكلها الداخلي غير مؤهل للاستمرار بعمليات الخزن الجوفي .

حالات تدفق الغاز:-

يتدفق الغاز من التجويف الى السطح في حالات توفر الظروف التالية :-

- تقدم التشققات و التهدم الى السطح .
- وجود ممر نفاذ لل (LPG) نحو الاعلى .
- ضغط ال (LPG) أعلى من الضغط الهيدروستاتيكي .

نلاحظ وجود النقطة الاولى في فجوة رقم (2) حيث حصل تهدم في وحدة siltstone وضعفت قوته الميكانيكية . في هذه الحالة يصبح ال (LPG) في تماس مع طبقة الانهايدرايت عند العمق (235) م ثم يصعد تدريجيا" نحو الاعلى عن طريق التشققات .

تكنولوجيا الخزن :-

تستلم الفجوات منتجات الغاز السائل عن طريق انبوبين منفصلين الاول (16) أنج للبروبان والثاني (14) أنج للبيوتان .يحقن هذا الغاز السائل الى الفجوة بواسطة ضغط حوالي (45) بار .كمية الغاز المحقون

يتراوح بين (80-100) مترمكعب/ساعة اما الحد الاعلى للحقن يصل الى (120)متر مكعب /ساعة . عندما نرغب بأستخراج الغاز السائل الموجود في الفجوات يحقن الماء الملحي المشبع الموجود في البحيرات بضغـــط (25-35) بار الى الفجوات ,عند ذلك تخرج الغاز السائل عن طريق انبوب خاص الى الخارج بكمية (200)متر مكعب /ساعة .

البحيرات

تعد بحيرات الماء المالح جزءا حيويا من مشروع الخزن الجوفي للغاز السائل في الفجوات الملحية في قبة بابا, وتستوعب البحيرات الاصطناعية الأربعة المنشئة في موقع المشروع ما حجمه (200) ألف متر مكعب من الماء المالح الذي يستخدم لتفريغ الغاز السائل المخزون في الفجوات الملحية العاملة, وهكذا فان وجود خلل ما في أداء وعمل البحيرات يهدد بحصول شلل تام للمشروع وعدم إمكانية سحب المخزون .

بدأت الإعمال المدنية لحفر البحيرات في عام 1982 وكان لابد من اجراء تفجيرات متواصلة في الموقع لتفتيت الطبقات السميكة من صخور الجبس وقد استلزم هذا استخدام كميات كبيرة من المتفجرات وعلى مدى أيام طويلة.

لوحظ أثناء عمليات كشف الأتربة والصخور وجود تسربات للماء من الشقوق بصورة عشوائية وتزداد قرب الجهة الملاصقة للمنطقة السكنية ولم تعر شركة سوفرا غاز اهمية لذلك لان الشركة لم تكن بمعرفة تامة حول تعرض المنطقة للتشويهات بسبب العوامل التكتونية وتعرضها لعوامل التجوية والتعرية .

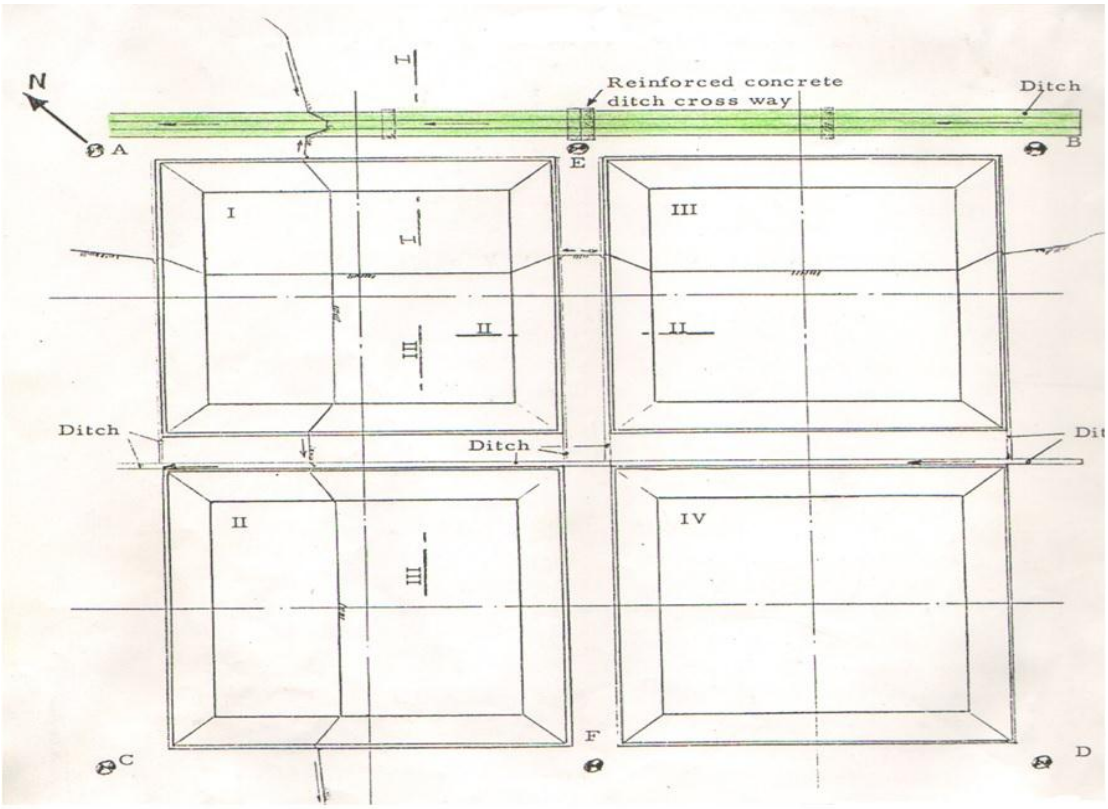
بدأت أعمال التشغيل التجريبي للمشروع في 5/27 /1985 وبعد شهر آب من العام نفسه بدأ الملئ الكامل للبحيرات بمعدلات عالية ولوحظ انتفاخات كبيرة للغلاف البلاستيكي للبحيرات الثلاثة 1, 4, 3 حيث لم تكن البحيرة رقم (2) جاهزة , وقد عزيت تلك الظاهرة الى وجود غاز النفثا الذائب في الماء المالح والتي كان قد استعمل في اعمال الاذابة , الا انه بحدود شهر تشرين الاول من العام نفسه ايضا لوحظ انخفاض كبير في مستويات ماء البحيرات الثلاث بحدود (13500) متر مكعب من الماء المالح المشبع وعليه فقد اصيب المشروع بحالة من الشلل نتيجة هذا التطور . وتبين تكون انتفاخات في البطانات على شكل بالونات وتنفجر هذا الانتفاخات عند ارتفاع مستوى الماء فوقها بسبب الضغط المسلط عليها من عمود الماء وبالتالي تمزق البطانة وتسرب المياه, تبدأ التجمعات الهوائية والمائية بالتكون تحت البطانة حتى ولو كانت البحيرات خالية من المياه.

ان مضخة تصريف المياه المتراكمة تحت البطانة تعمل لمدة 24 ساعة وبتصريف معدل سحب (60) متر مكعب/ساعة وهذه كمية ضخمة يستدل منها على وجود جريان مستمر للمياه من خارج المنطقة الى داخل البحيرات , وان الاستمرار في سحب الماء من تحت البحيرات سيؤدي الى توسيع الشقوق ومسارات الماء من طبقة الانهايدرايت بسبب ذوبان المواد القابلة للذوبان وبالتالي قد تحدث انهيارات في ارضية البحيرات.

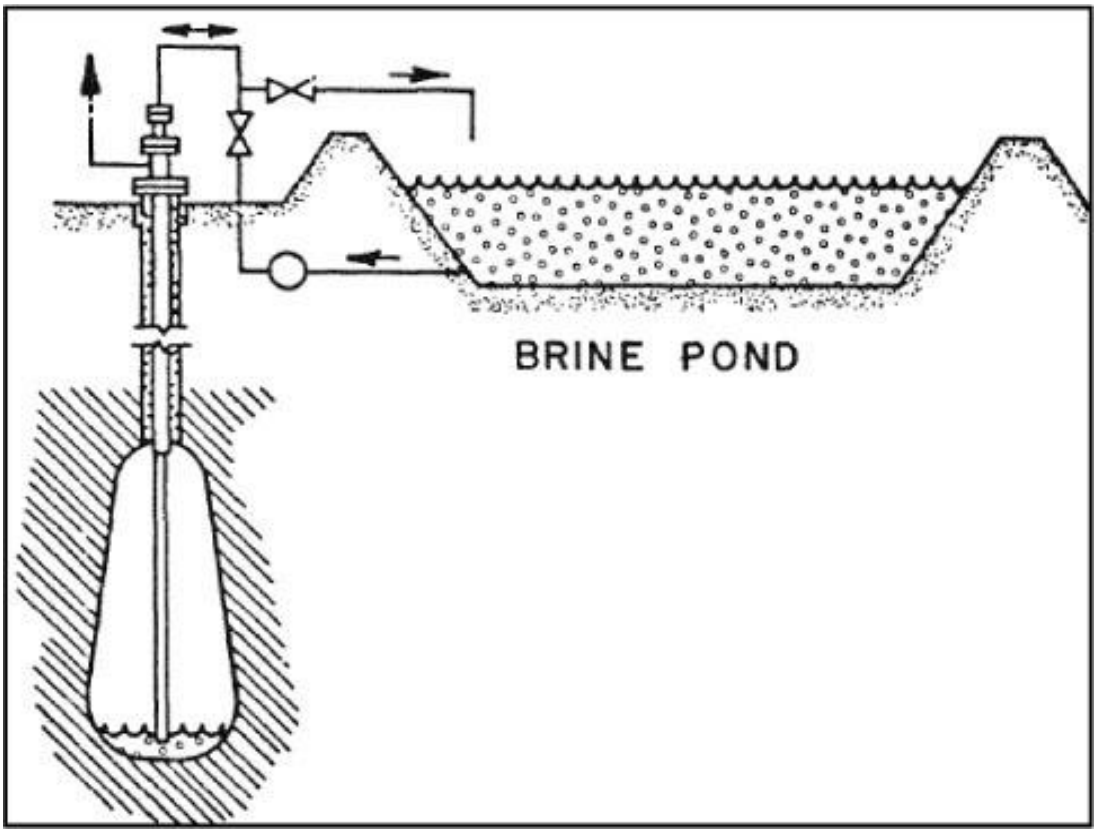
جيولوجية منطقة البحيرات:-

تقع البحيرات من الناحية التركيبية ضمن المنطقة السمتية في حقل كركوك CRISTAL AREA وتمتاز بالمواصفات التالية:

1. وجود طبقات من الجبس على سطح الارض أو تحت الارض بشكل عمودي أو شبه عمودي في منطقة البحيرات حيث مقاومته قليلة لعوامل التجوية والتعرية وينشأ عنها كهوف وفجوات.
2. تعرض المنطقة للتشويهات بسبب تعرضها للعوامل التكتونية ووجود فوالق وتشققات فيها من جهة وتعرضها لعوامل التجوية والتعرية من جهة اخرى.
3. الطبقات الحديثة لاتتجاوز متر واحد , وبعد ازالتها وجدت انها تحتوي على طبقات جبسية سميكة (20) متر وذات ميلان طبقي عالي , وان هذه الطبقات الجبسية السميكة تنتشر في جميع مناطق البحيرات الاربعة .



شكل 77 البحيرات الاربعة



شكل (78) رسم توضيحي لعمل البحيرات والفجوات

مشكلة النضوحات المائية في البحيرات:

بعد مرور فترة قصيرة على إجراء عمليات الخزن الأولى في آب 1985 لوحظ تكون فقاعات غازية هوائية كبيرة في البحيرات وانفجارها, بعد ذلك لوحظ انخفاض مستوى الماء المالح في البحيرات وفقدان كمية كبيرة من المخزون وقد تكررت المشكلة في البحيرات الأربعة.

كانت بوادر مشكلة النضوحات المائية بدأت بالظهور بشكل ما من خلال مرحلة البدء بحفر البحيرات ولم يعيروا لها اية اهتمام في ذلك الوقت, ولكن كانت تلك الاستهانة مكلفة كثيرا فبعد تدشين البحيرات بوقت قصير كانت اجراس الخطر تقرع بعنف بعد تمزق البطانات البلاستيكية للبحيرات وضياع كميات كبيرة من الماء المالح المخزون فيها.

منذ ذلك الحين جرت نقاشات عديدة حول الموضوع ودعيت شركات وجهات أجنبية وأخرى محلية لتقديم المقترحات وكان الموضوع الأساس الذي يركز عليه هو توفير طريقة لحل مشكلة تسرب المياه التي تنبع من باطن الأرض وتوفير منظومة لتنفيس الغازات التي تتجمع وتنحصر في منطقة معينة, وبتأثير عمود الماء المالح تتمدد المادة البلاستيكية الى درجة الانفجار ويحصل تمزق في البطانة ويتسرب الماء المالح في التربة.

لغرض حل المشكلة عقدت عدة اجتماعات بين ممثلي وزارة النفط ووزارة الصناعة والتصنيع العسكري وفريق الخزن الجوفي وأخصائيون جيولوجيون ناقشوا في هذه الاجتماعات الحلول المطروحة لحل المشكلة منها أكساء البحيرات بالاسفلت الكونكريتي باعتبارات ثقل الخرسانة وصلابتها سيمنع تكون الفقاعات تحتها . خرج الفريق بالاستنتاجات التالية وتم أرسالها الى وزارة النفط بتاريخ 1992/3/7 :-

1. ان المياه المتسربة تحت قيعان البحيرات هي مياه طبيعية اعتيادية غير معروف مصدرها وتنبع من مناطق مختلفة من تحت قيعان البحيرات , وان معدل جريان المياه المتسربة على مدار السنة تقدر كمياته ب(8-10) لتر/ثانية.
2. ان نوعية الغازات المتجمعة تحت البطانة البلاستيكية هي هواء اعتيادي.
3. ان مستوى المياه فيها لو ترك يتجمع داخل البحيرة يمكن ان يرتفع الى مستوى حوالي متران فوق اوطأ نقطة في البحيرة.
4. ان المياه المتسربة تكون شبه مشبعة بكبريتات الكالسيوم قبل دخولها منطقة البحيرات وبذلك نسبة الاذابة في صخور الجبس تحت ارضية البحيرات ضيئلة جدا.

بعد ذلك لاحظوا بان جزءا من المياه تحت البطانة تأتي من المجمع السكني العائد لبابا الغربية , وان سقي الحدائق العائدة للمجمع السكني المجاور للبحيرات بشكل غير نظامي و لقدم شبكة الإسالة ووجود كسور فيها ادى الى غور الماء عبر الكسور والطبقات الجبسية القريبة من السطح .

انهيارات اكتاف البحيرات:-

لوحظ في عام 2006 ظاهرة تدفق المياه في اكتاف بحيرات الخزن الجوفي (عيون ماء) وبأمر من السيد مدير العام شكلت لجنه لمتابعة الظاهرة. قامت اللجنة بعد تشكيله بزيارة البحيرات ولاحظوا وجود تسريب للماء من الساتر الترابي العلوي للبحيرات(1،2) من خلال عدة فتحات في الساتر بكميات قليلة حيث زاد كميته في موسم الامطار ونتيجة لذلك حدث انهيار وتكهفات للساتر الترابي العلوي بجانب البحيرة رقم (2) مما ادى الى اندفاع الأطيان الى سواقي تصريف مياه الأمطار للبحيرة والى البحيرة نفسها. يعود السبب لما حدث هو ان الخندق الترابي والكونكريتي المحفور بجانب البحيره رقم (1،2) والموازي للساتر الترابي ويفصل البحيرتين عن التلال والمناطق المرتفعة شمال شرق البحيرات (بعرض وعمق حوالي 2م) والذي أنشئ لحماية البحيرات من السيول قد تم دفنه في منطقتين قرب بحيرة رقم (1) لغرض انشاء طريق امني حول البحيرات خلال عام 2005-2006 وبالتالي ادى الى تسريب مياه الامطار المتجمعة محدثا" الانهيارات المشار اليها بدلا" من تصريفها الى الوادي المخصص لذلك .

كذلك لوحظ انهيار في الكتف المائل للبحيرة رقم (2) قرب المنطقة السكنية في بابا ويعود السبب الى عدم كفاءة السواقي الموجودة انذاك لتصريف مياه الأمطار ووجود ثقوب في بطانتها مما قد يؤدي الى تسريب الماء تحت السواقي وانهيار اكتاف البحيرات .

سواقي مياه الأمطار الموجودة في البحيرات تعاني من المشاكل التالية:-

- عدم قدرتها على تصريف جميع المياه وتجمع جزء كبير منه في وسط البحيرات .
- عدم كفاءتها في التصريف لوجود الأوساخ والأطيان وعدم اجراء الصيانة الدورية لها.
- حدوث تمزقات كثيرة في البطانات البلاستيكية التي تغلف مقاطع السواقي تسمح بتسريب مياه الامطار .

نستنتج من ذلك ان جزءا" كبيرا" من مياه الامطار قد اخذ بالتسريب الى اكتاف البحيرات من خلال التمزقات الكثيره في البطانات البلاستيكية وبالنتيجة يتشبع الاكتاف بالماء ويتحول التربة الى تربه طينية يسهل عملية انزلاق الطبقات الترابية وحدوث انهيار في الاكتاف .

المصادر

1- جميع التقارير النهائية للابار الخزن الجوفي عدد 11 بئرا الصادر من شركة نفط الشمال .

2- مجسات الصوتية (sonic log) لابار الخزن الجوفي .

3- المسح الصوتي لشركة (Martex) الروسية عام 2002 لبعض فجوات الخزن الجوفي لحقل كركوك .

4- تقرير تقيم المسح الصوتي لفجوات الخزن الجوفي لعام 2015 الصادر من قبل هيئة الحقول شركة نفط الشمال .

5- Echo-log Kirkuk KGS-2

6- Echo-log Kirkuk KGS-8 AND 7 the survey of 1983

7- Under ground storage of LPG in salt caverns in the Kirkuk area 1980 .

8- LPG baba storage data analysis of KGS 2,5,6,7,8 April 1990

9- مشكلة النضوحات المائية والغازية في بحيرات الخزن الجوفي الصادر من هيئة الحقول عام 2005

10- استخدام الفجوات الملحية لطمر النفايات السامة اعداد دكتور ضياء محمد حسن قسم الجيولوجيا 2003

11- ادارة اول مشروع للخزن في الفجوات الملحية في العراق غازي صابر علي / وقائع ندوة الخزن الجوفي 1985 كركوك

12- تكوين الفارس الاسفل في حقل كركوك / عبدالزهرة حسين وعدنان اسماعيل السامرائي / وقائع ندوة الخزن الجوفي 1985

13- معالجة مشكلة البروزات العشوائية اثناء عمليات الاذابة في مشروع الخزن الجوفي كركوك / موفق اسماعيل ابراهيم / ندوة الخزن الجوفي

14- تأثيرات متغيرات وظروف عملية الاذابة للطبقات الملحية على درجة تشبع ماء الاذابة . اعداد آني ادور / ندوة الخزن الجوفي 1985