الدراسات الحقلية للتربة و المياة و الخاصة ببزل الاراضى الزراعية

مقدمة

تهدف الدراسات الحقلية للتربة والمياة والخاصة بمشروعات البزل الى تحديد افضل وانسب الطرق للتخلص من المياة الزائدة سواء كانت مياة سطحية او جوفية حيث يتم تحديد الاعمال المطلوبة على ضوء ماهو متوفر فعلا من بيانات و معلومات عند بدء الدراسات لمنطقة معينة. تجرى الدراسات الاستكشافية لمنطقة المشروع لمعرفة حالة المحاصيل والتربة و البزل الطبيعى واستخدامات الارض ويمكن اثناء التواجد بالحقل اجراء بعض الحفر بالبريمة فى مواقع ممثلة للتعرف على بعض خصائص التربة بصفة عامة بينما لايمكن ملاحظة خصائص التربة الاخرى مباشرة مثل نفاذية التربة ومعدل التشرب والملوحة والقلوية والانتاجية المحصولية إلا بالقياسات الحقلية و التحاليل المعملية لعينات التربة والمياة. ان اولى خطوات عمل الدراسات الحقلية هى جمع وفحص وتحليل جميع البيانات المتاحة والخاصة بجيولوجية التربة وماحولها وطبوغرافيتها لتساعدعلى فهم وتحليل مشاكل البزل وتوفير طريقة الحل المناسبة للمشكلة. تتطلب المساحة الطبوغرافية اجراء ميزانية شبكية وعمل القطاعات الطولية والعرضية لتحديد مناسيب سطح الارض والخطوط الكنتورية وانحدارات سطح الارض والمناطق المنخفضة المعرضة لرشح وتجمع المياة و يتوقف مقياس رسم هذة الخرائط على حجم المساحة والغرض من الدراسة. كذلك فمن الضرورى جمع وفحص وتحليل بيانات آبار الرصد القريبة ومناسيب المياة فى المجارى المائية المحيطة ومناسيب المياة الارضية وتذبذبها وتوزيعها وحركتها وايضا جمع وفحص المعلومات الخاصة بالتربة من حيث تكوينها الطبيعى والكيميائى ومقدرتها على نقل المياة وبتحليل تلك البيانات يمكن التوصل للحل المناسب لمشكلة البزل بمنطقة المشروع.

خطوات الدراسات الحقلية

1- <u>الحصر الاستكشافى او الأستطلاعى</u> Reconnaissance Survey

تتضمن الدراسة الاستكشافية دراسة مكتبية و زيارات حقلية للحصول على فكرة عامة عن منطقة مشروع الصرف وتعتمد هذة الدراسة بدرجة كبيرة على البيانات المتاحة والزيارات الحقلية والمصادر الغير مباشرة للمعلومات التى تجعل حجم العمل الحقلى اقل ما يمكن و تشمل هذة الدراسة الاعمال التالية:

(1) تجميع البيانات المناخية : تستخدم بيانات البخر نتح وكمية الامطار ومواسمها وغيرها من البيانات المناخية التى يتم تجميعها من اقرب محطة للأرصاد الجوية لمنطقة المشروع لتحديد بعض المعاملات التى تدخل فى تصميم شبكات الصرف مثل مقنن الصرف.

(2) طبوغرافية المنطقة: تتأثر تصرفات المبازل سواء المغطاة او المكشوفة بميول سطح التربة لذلك فان بيانات طبوغرافية المنطقة المطلوب تنفيذ شبكات البزل بها ضرورية لتصميم تلك الشبكات ويتم اعداد الخرائط الكنتورية بمقياس رسم 10000:1 الى 25000:1 ذات فترات كنتورية 0.25 متر لإجراء الدراسات الحقلية بينما تعد الخرائط

بمقياس رسم 2500:1 او 5000:1 بفترة كنتورية من 20 الى 50 سم لإجراء التفاصيل التصميمية. كذلك تستخدم الخرائط الطبوغرافية فى تخطيط شبكة المبازل وتوقيع قطاعاتها الطولية ومواقع مصباتها كما انها تفيد فى رسم المقاطع المختلفة لسطح التربة وتحديد انحداراتها واماكن المناطق المنخفضة والشكل العام لطبيعة سطح المنطقة.

(3) جيولوجية المنطقة: يجب جمع و معرفة بعض البيانات و المعلومات عن جيولوجية منطقة المشروع و ماحولها لان الوضع الجيولوجى قد يكون السبب الرئيسى لمشاكل البزل لذلك فمن الضرورى معرفة تتابع و اعماق طبقات التربة و نوع الطبقات الحاملة منها للمياة و الطبقات الصماء.

(4) التربة: يمكن الحصول من خريطة الحصر التصنيفى للتربة على كثير من البيانات الهامة عن تربة منطقة مشروع الصرف ويجب اعطاء اهمية خاصة لمنطقة الجذور العلوية (صفر–30 سم). كذلك يتم تحديد المساحات المتأثرة بملوحة التربة كما يجب معرفة سبب هذا التملح و نوع الاملاح.

(5) استخدامات الاراضى: يجب معرفة استخدامات الارض والمنشآت الحالية والمستقبلية حيث توضح على الخرائط مواقع المدن والقرى والترع والمبازل والطرق والسكك الحديدية والجسور كذلك يلزم معرفة نوع المحاصيل المنزرعة. يحدد استخدام الأرض درجة ونوع نظام البزل والذى يعتمد على الزراعات الحولية او المستديمة و نوع المحصول الذى يعتبر عاملا هاما فى تخطيط و تصميم شبكة البزل حيث يعتمد عمق المبازل الحقلية على نوع المحصول المنزرع و طول المجموع الجذرى . كما يجب معرفة الفواقد المائية بدقة لتحديد مقنن البزل كذلك يجب تجميع البيانات و المعلومات عن العوامل المختلفة التى تحدد كفاءة استخدام المياة و التربة. و يحدد من هذا الحصر الأستطلاعى الموقع وحدود الزمام وماحولة وموقع وصفات المجارى المائية (رى– بزل) المحيطة والآبار والينابيع والبرك و اى موارد مائية اخرى وايضا مصادر مياة الشرب وتوزيعها وطرق البزل وحصر الدلائل والملاحظات الخاصة بتأثر المنطقة بأرتفاع المياة الارضية وعمل تقديرات مبدئية عن مستوى الماء الارضى و تذبذبة واتجاة حركتة والصفات الطبوغرافية الظاهرة و من المهم استطلاع المنتفعين لجمع المعلومات. و يمكن معرفة حالة البزل بصفة عامة و كذلك بعض الصفات الهيدرولوجية من بعض الملاحظات الحقلية كمايلى:

أ– فى المناطق منخفضة السطح والمحاطة بأخرى مرتفعة يكون الرشح طبيعيا من المناطق العالية الى المساحات المنخفضة فإذا كانت الطبقات السطحية للتربة بطيئة جدا فى نفاذيتها للماء تصبح المياة الارضية تحت ضغط لكن اذا كانت الطبقات السطحية منفذة للماء فإن الرشح قد يؤدى لظهور بعض الاملاح على سطح الارض المنخفضة وكذلك على سطح الانحدارات

ب– ظهور الالوان الرمادية او الزرقاء الخفيفة او السوداء بقطاع التربة يدل على وجود كميات مياة رشح بوفرة

ت– ظهور الالوان البنى او الاحمر او الاصفر فى قطاع التربة يدل على الصرف الجيد و كفايتة تحت الظروف الطبيعية

ث- ظهور اعراض ملوحة التربة فى مساحة ما يشير الى وجود كميات رشح متدفقة من المناطق المجاورة او منسوب مرتفع للماء الارضى

ج- ظهور بقع مليئة بالرطوبة مجاورة لأخرى جافة يدل على انخفاض معامل النفاذية لطبقات التربة و تكون هذة الطبقة غير مستمرة افقيا

ح- ظهور اى رشح بالمبانى يدل على ارتفاع منسوب المياة الارضية فاذا كان هذا الموقع مرتفعا بالنسبة للمنسوب العام للقرية دل ذلك على وجود مصدر لتغذية المياة الارضية قريبا من هذا الموقع و اذا كان هذا الموقع منخفضا بالنسبة للمنسوب العام للقرية دل ذلك على تأثير رشح الاماكن المرتفعة او مصدر قريب مغذى للمياة الارضية.

2- تجميع البيانات المتاحة

يتم تجميع اكبر قدر من البيانات والمعلومات عن القرية من المصادر المختلفة مثل الخرائط المساحية المتاحة وقطاعات المجارى المائية المجاورة وذلك للالمام بالمعلومات التى قد تساعد على تحديد المشكلة بصفة مبدئية وتوجية الدراسات الحقلية بحيث يمكن التحقق من اسباب المشكلة اذا كان صحيحا.

3- الاعمال المساحية Surveying

تشمل الاعمال المساحية عمل ميزانية شبكية للزمام و رفع المعالم المحيطة بإستخدام المحطة المساحية.

4- الدراسات تحت سطحية Subsurface Investigation

يتم حفر عدة آبار يعتمد عددها والمسافة بينها وعمقها على نوع واهمية الدراسات وعلى حجم المشروع كما تعمل عدة قطاعات طولية من هذة الحفر تبين انحدار مختلف الطبقات وحالة المياة الارضية وكافة البيانات الممكن الحصول عليها.ان الغرض من الدراسات تحت سطحية جمع وتحديد المعلومات عن خصائص التربة خاصة تلك المرتبطة بنقل وتوصيل المياة وتشمل الخصائص الطبيعية مثل حجم الحبيبات وتوزيعها وبناء التربة ولونها والخصائص الكيميائية ونسبة الاملاح بها وانواعها ودرجة تركيزها وخصائص التربة الخاصة بنقل وتوصيل المياة وهى:مسامية التربة و نفاذيتها ومسامية الصرف ويعتبر من اهم هذة العوامل معامل النفاذية الذى يجب تحديدة حتى عمق من 2 الى 3 متر فى معظم الاحوال. كذلك يلزم تحديد سمك طبقات التربة ومدى استمرارها وعمق الطبقات والترتيب الرأسى لطبقات التربة.

5- دراسات موارد المياة

تختلف مصادر المياة المطلوب التخلص منها كما يلى:

أ- مياة الرى: يجب دراسة كل من مناسيب الترع المحيطة ومواقعها بالنسبة للقرية وتوزيعاتها الى الحقول وكميات الاملاح الذائبة وتأثير كل رية او مناوبة منفصلة عن منسوب الماء الارضى ومدى تذبذب منسوب الماء الارضى على مدار مواسم الرى .

ب- مياة الشرب: يجب التأكد من خطوط التوزيع وسلامة التوصيلات والفواقد الناتجة من سوء الاستعمال او اى اسباب اخرى والتأثير على منسوب الماء الارضى فى حالة قطع المياة والاثر البيئى ودرجة التلوث.

ت- مياة البزل: يجب تجميع البيانات والمعلومات عن للمصارف العامة او الصرف الصحى من حيث حالة المصارف العمومية ومناسيب المياة بها و موقعها بالنسبة للقرية وكيفية بزل المنازل واماكن العبادة والمدارس واماكن التجمعات الاخرى ومنسوب الماء الارضى وانحدارة خصوصا فى الاماكن القريبة من التجمعات السكانية و لاثر البيئى ودرجة التلوث فى المبازل .

ث- مياة الرشح: يجب المقارنة بين تذبذب منسوب الماء الارضى بالقرية و بين منسوب المياة خارج القرية خصوصا الاماكن المرتفعة حولها ويمكن استخدام ثقوب او حفر الرصد والبيزومترات لاكتشاف الرشح.

ج- المياة الارضية: يتم تحديد مناسيب الماء الارضى وموضعة ومداة وتذبذباتة واتجاة حركتة ومصدر هذة المياة وذلك بانشاء ثقوب الملاحظة والبيزومترات العميقة مع تحليل قراءاتها.

أنواع حفر الرصد للماء الرضى Observation holes

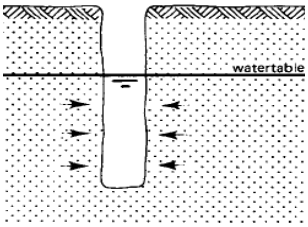
أ- حفرة البريمة او الأوجر Auger Hole

يترواح قطر حفرة الأوجر بين 5 سم (2 بوصة) و10 سم (4 بوصة) وعادة ما تكون 8 سم ويتحدد عمق الحفرة حسب الدراسة المطلوبة والعمق الشائع هو 2 متر واحيانا يصل العمق الى 3 متر او اكثر كما هو موضحا فى شكل رقم (1) و الهدف من هذة الحفر هو فحص عينات التربة تحت سطح الارض وتجميع عينات تربة منها لتحليلها بالمعامل كم يتم تحديد صفات الطبقات المختلفة وقياس معامل النفاذية علاوة على تحديد منسوب الماء الارضى و تجاة سريان المياة.

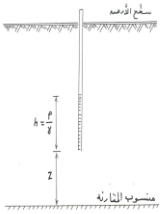
ب- البيزومترات Piezometers

البيزومترات عبارة عن مواسير من البلاستيك PVC او الحديد المجلفن قطرها عادة 2 سم و قد يصل الى 5 سم مفتوحة من اعلى و مخرمة من اسفلها بطول يتراوح بين 10 الى 15 سم و يلف الجزء المخرم منها بقطعة من القماش النايلون او مادة مشابهة (شكل رقم 2) بهدف منع دخول حبيبات التربة الى داخل المواسير و يتم وضعها فى الارض بعد عمل حفرة بالبريمة ثم وضعها بداخلها ووضع الزلط الرفيع حولها ويجب ان تكون الماسورة البلاستيك مرتفعة عن سطح الارض بحوالى 10 الى 25 سم مع عمل بلوك خرسانة حولها لحمايتها مع وضع سدادة بفتحتها لمنع دخول الاتربة لداخلها و تدخل المياة داخلها من خلال قاعها وهى تبين الضغط الهيدروستاتيكى للمياة الجوفية عند قاع الماسورة.

Ⓐ



شكل رقم (1) حفرة البريمة



شكل رقم (2) أنشاء البيزومتر لقياس الضاغط المائى عند عمق معين

الغرض من البيزومترات هو معرفة ما اذا كانت هناك مياة ارتيزية ذات ضغوط و مدى تأثيرها على المياة الارضية لذلك فانها تستخدم بغرض تسجيل الحركة الرأسية للمياة فى حالة وجود مياة ارتيزية حيث يعطى البيزومتر الضاغط الهيدروليكى الكلى عند النقطة التى وصلت اليها نهاية الماسورة طبقا للمعادلة التالية (شكل رقم 2):

$$Ø = P/\gamma + Z = h + Z$$

حيث ان:

Ø : الضاغط الهيدروليكى الكلى (متر)

P : ضغط المياة عند نهاية ماسورة البيزومتر (طن/متر مربع)

γ : الوزن النوعى للمياة الارضية (طن/ متر مكعب)

h : ارتفاع المياة فى البيزومتر (متر)

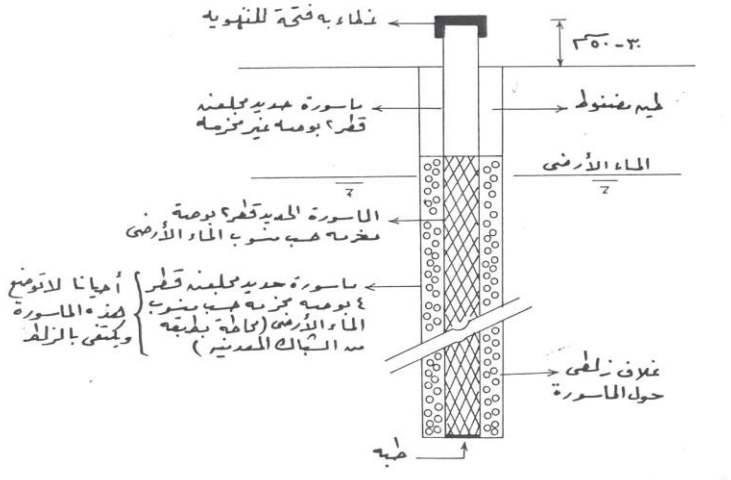
Z : منسوب المقارنة (متر)

لاتستخدم البيزومترات فى تحديد منسوب الماء الارضى وتستعمل قراءات البيزومترات فى دراسة رشح المياة من قنوات و المجارى المائية او اى مصدر مائى و ذلك بمقارنة قراءة البيزومترات كلما بعدنا عن المصدر حيث يوضح الفرق فى قراءة الضاغط الهيدروليكى للبيزومترات اتجاة سير المياة وكذلك انحدارها. كذلك يتم تحديد الرشح الرأسى لاعلى ومن اجل ذلك يوضع عدد (2) بيزومتر او اكثر (عادة ثلاثة) على بعد حوالى من 30 الى 50 سم من

بعضها لتكون مجموعة كل بيزومتر من المجموعة يوضع على عمق معين (عادة 1 او 1.5 او 2 متر) و من قراءة البيزومترات يمكن تحديد حركة المياة فى الاتجاة الرأسى حيث اذا كان ارتفاع المياة فى البيزومتر الاعمق اعلى تكون حركة المياة من اسفل الى اعلى و اذا كان ارتفاع المياة فى البيزومتر الاعمق أقل تكون حركة المياة من اعلى الى اسفل و يستفاد من البيزومترات فى اخذ ارصاد لمدد طويلة حيث تقدر قيمة الضغوط القصوى والصغرى ودراسة حركة تذبذب المياة كذلك يمكن تعيين خطوط الضغوط المتساوية Equipotential Lines ثم خطوط انسياب المياة Stream Lines اي يتم رسم شبكة حركة المياة Flow Net و منها يمكن تحديد اتجاة سريان المياة ومصدرها وحساب كمياتها.

ت- آبار الرصد

آبار الرصد عبارة عن مواسير من البلاستيك PVC المخرمة او من الحديد المجلفن بطول 2 متر من اسفل وعادة بقطر صغير (1.25 الى 4 بوصة) تدق بطول 2 الى 3 متر عادة بعد عمل حفرة بالبريمة بقطر اكبر من قطر الانبوب و تغلف الانابيب المخرمة بقطعة من القماش ثم توضع طبقة من الزلط بين التغليف والتربة لضمان عدم انسدادها وتبرز الانبوب البئر فوق سطح الارض لمسافة من 30 الى 50 سم مع حماية هذا الجزء البارز كما تغطى بغطاء محكم (شكل رقم 3). ويجب ان تكون مواقع آبار الرصد فى اتجاة موازى او عمودى على انحدار سطح الارض و فوق واسفل اى تغير فى طبوغرافية الارض ويفضل ان تعمل المواقع مع بعضها نظام شبكى Grid System متكامل. وتستخدم آبار الرصد لمعرفة مناسيب اسطح المياة الارضية واتجاة حركتها وضغوطها البيزومترية المؤثرة على المنطقة وتحديد سطح المياة الارضية Free Water Surface كما تستخدم لقياس معامل النفاذية. عند تخطيط شبكة آبار الرصد يلزم وضع آبار الرصد فى المواقع التى يتوقع حدوث تغير فى ميل سطح المياة الارضية وعلى امتداد خطوط متعامدة على اتجاة المجارى المائية وعلى امتداد وعمودى على حدود منطقة الدراسة و على امتداد وعمودى على خطوط سريان المياة المتوقعة و تعتمد كثافة شبكة الرصد على الحالة الطبوغرافية و لجيولوجية لمنطقة الدراسة والغرض من اجراء الدراسة.



شكل رقم (3) أنشاء بئر الرصد

مراحل تنفيذ الدراسات الحقلية Stages of Field Investigation

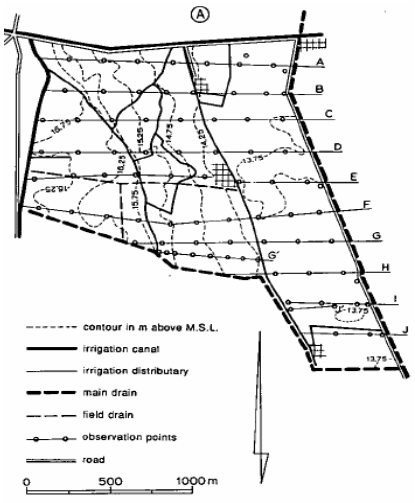
أول متطلبات الدراسات الحقلية هو تواجد الخريطة الطبوغرافية ذات الخطوط الكنتورية والتى تستخدم فى اختيار مواقع آبار الملاحظة واجراء القياسات الحقلية وتوقيع النتائج وتحديد حدود منطقة الدراسة ويتم اجراء الدراسات الحقلية طبقا لخطوات محددة بهدف تجميع المعلومات والبيانات عن مشكلة الصرف والحصول على بيانات تصميم شبكة الصرف حيث يجرى الاتى:

(1) اعداد الخرائط الكنتورية الخاصة بمواقع نقاط الاختبار و الرصد

يتم اعداد الخرائط المساحية بغرض القيام بالدراسات الحقلية (خرائط الدراسات الحقلية) وذلك بتوقيع نقاط الاختبار والرصد عليها وتختار مواقع هذة النقاط بحيث تعطى صورة متكاملة من البيانات اللازمة وتكثيف هذة النقاط فى المواقع الهامة القريبة من المصدر المحتمل لتغذية المياة الارضية والمواقع المتأثرة بارتفاع المياة الارضية ويجب ان تنتشر داخل وخارج القرية اذا لزم الامر والمسافة بين نقاط الرصد تقل او تزيد طبقا للظروف الخاصة بطبيعة التربة وعادة توقع نقاط الاختبار والرصد على خرائط بمقياس رسم 25000:1 موقعا عليها الترع والمصارف والطرق والقرى والسكك الحديدية وخطوط الكنتور بفترة كنتورية 1.0 متر كما تبين هذة الخريطة موقع المنطقة المطلوب دراستها ومايحيط بها وتعطى فكرة عامة عن مناسيب سطح الارض بها وحولها (شكل رقم 4). كذلك يتم الحصول على اى خرائط اخرى قد تساعد على اضافة بيانات جديدة مثل خطوط تغذية مياة الشرب والصرف الصحى ويستخدم عمليا نظام شبكى متعامد لتعيين المواقع التى تؤخذ عندها عينات من التربة وقياس خصائص التربة الهيدرولوجية وعمق وملوحة المياة الارضية وعادة تختار شبكة مربعة من الخطوط المتوازية تتطابق مع احداثيات الخريطة الكنتورية بحيث تكون الخطوط الرأسية للشبكة فى الاتجاة الشمالى الجنوبى والخطوط الافقية فى الاتجاة الشرقى الغربى. وتعتمد كثافة شبكة الرصد والقياسات الحقلية على طبوغرافية اراضى المشروع ومدى تجانسها او اختلافها وتعتبر ادنى مسافة بين حفر الاختبار هى التى ينتج عنها موقع لكل 20 فدان (8 هكتار) وقد وجد فى وادى النيل والدلتا ان موقع رصد لكل 60 فدان (المسافة بين خطوط شبكة الرصد 500 متر) كافى للحصول على بيانات مناسبة عن الخصائص الرئيسية للتربة والمياة الارضية التى تستخدم فى تصميم وتقييم اداء شبكات الصرف المغطى.

(2) عمل الميزانية الشبكية

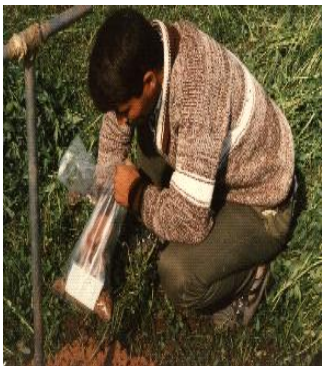
تستخدم المحطة المساحية المتكاملة Total Station لرفع او اضافة بيانات تفصيلية للخرائط المتوفرة علاوة على تحديد مناسيب سطح الارض وانحدارها بغرض عمل خرائط كنتورية بها الفترة الكنتورية عادة 25 سم و يفضل اعداد خرائط بمقياس رسم 1: 1000 للقرية من الخرائط بمقياس رسم 2500:1 بعد اضافة البيانات الجديدة من الميزانية الشبكية و توقيع خطوط الكنتور عليها حيث تستخدم هذة الخرائط فى تصميم وتنفيذ شبكة الصرف المقترحة او اى حل آخر يتناسب و طبيعة المشكلة.



شكل رقم (4)) نموذج للخريطة الكنتورية للدراسات الحقلية

(3) <u>عمل الجسات اللازمة</u>

يتم عمل حفر بالبريمة حتى عمق 2 او 3 متر فى مواقع نقاط الاختبار التى تم تحديدها على خرائط الدراسات الحقلية حيث تؤخذ عينات من التربة عادة عند الاعماق 0.25 و 0.50 و 1.0 و 1.5 و 2.0 متر كما فى صورة رقم (1) وكذلك تؤخذ عينات تربة عند التغير فى طبيعة التربة وقد يقل عدد عينات التربة فى حالة تجانس قوام التربة و ترسل للمعامل للتحليل و الغرض من ذلك هو دراسة طبقات التربة وتكوينها وتحديد خواصها الطبيعية و الكيميائية ومن هذة التقديرات قوام التربة وملوحة التربة والكاتيونات والانيونات الذائبة ومسامية الصرف والحموضة والقلوية والشد الرطوبى والصوديوم المتبادل. كذلك يتم وصف القطاع لكل طبقة و تحديد عمق و نوع الطبقات الصماء ومدى استمراريتها افقيا او رأسيا.



صورة رقم (1) تجميع عينات التربة من الطبقات المختلفة بإستخدام بريمة الحفر

(4) قياس بعض الخصائص الطبيعية لطبقات التربة

تعتبر اهم خاصيتين طبيعيتين للتربة يجب تحديدهما بالنسبة لمشروع صرف هما معامل النفاذية ومسامية الصرف الفعلية:

أ- قياس معامل النفاذية Hydraulic Conductivity Measurements

يحدد معامل النفاذية مدى قابلية مرور المياة داخل قطاع التربة ويمكن تعريفة بانة سرعة المياة المتخللة قطاع التربة المشبع بالمياة اذا ساوى الميل الهيدروليكى الوحدة و قد جاء هذا التعريف من اعتبار حركة المياة بالتربة حركة بطيئة تتبع قانون دارسى Darcy Law الذى يعبر عنة بالمعادلة التالية:

$$V = K\, i$$

حيث ان:

V : سرعة المياة بالتربة (متر/يوم)

i : ميل خط الضاغط الهيدروليكى (بدون ابعاد)

K : معامل التوصيل الهيدروليكى (متر/يوم)

العلاقة بين معامل التوصيل الهيدروليكى و معامل النفاذية كما يلى:

معامل التوصيل الهيدروليكى = مقدار ثابت x معامل النفاذية

يتوقف المقدار الثابت على كثافة السائل المار بالتربة وعجلة الجاذبية الارضية ولزوجة السائل المار بالتربة ومن هنا نجد انة كثيرا ما يعبر عن معامل التوصيل الهيدروليكى فى قانون دارسى بمعامل النفاذية وتظهر اهمية معامل النفاذية عند حساب المسافة بين المصارف الحقلية وتصرفات الآبار وفى الدراسات الخاصة برشح المياة وتحديد معامل توصيل التربة الذى يحدد كمية المياة المارة بقطاع التربة وتوضح صورة رقم (2) قياس معامل النفاذية بالحقل بإستخدام طريقة البريمة او Auger-hole Method .

صورة رقم (2) قياس معامل النفاذية بالحقل

تعتمد نفاذية التربة على عدة عوامل منها مايتصل بالتربة ومنها مايتصل بالسائل المار بها ولكن اهمها هو بناء التربة ودرجة ثباتها واندماجها لاسيما حجم وتوزيع المسام ويختلف فى التربة الواحدة فى الاتجاهات المختلفة ففى التربة الرسوبية يقل فى الاتجاة الرأسى عنة فى الاتجاة الافقى و وجود الشقوق و الثقوب التى تعملها جذور النبات بالتربة والديدان ومدى انضغاط التربة و التكوين المعدنى للتربة فيقل معامل النفاذية مع زيادة ملح كلوريد الصوديوم بالتربة حتى حد معين ثم تزيد بنسبة اقل كما يزيد معامل النفاذية بزيادة الجبس (كبريتات الكالسيوم) بالتربة فى حدود معينة ومدى انسداد مسام التربة بالهواء والغازات او تحلل المواد العضوية ودرجة الحرارة.

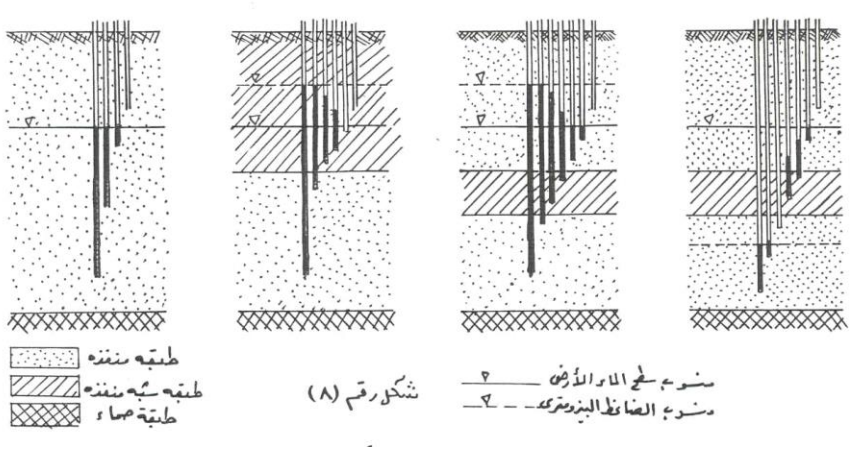
ب- قياس مسامية البزل Measurement of Drainable Porosity

تعرف المسامية الفعلية للبزل بانها متوسط التغير فى محتوى التربة الرطوبى عند تغير منسوب المياة الارضية بمقدار الوحدة وتتوقف على خواص التربة وعمق المياة الارضية ويمكن حساب قيمة مسامية الصرف اذا علم الشد الرطوبى للتربة والعامود الضاغط عند منسوبين مختلفين للمياة الارضية وترجع أهمية مسامية الصرف الى انها تدخل فى حسابات بعض المعادلات التى تحدد المسافة بين المصارف ولتقديرها تؤخذ عينات من التربة بحالتها الطبيعية (غير مثارة Undisturbed) حيث يؤخذ حجم معين منها فى حالة تشبع 100% ثم يعرض لشد مقداره 70 سم حيث تتخلص التربة من المياة الحرة أسرع مما لو تركت التربة تصرف ماءها تحت تأثير الجاذبية الارضية وبقسمة حجم المياة التى تم بزلها تحت الشد السابق على حجم التربة ينتج قيمة مسامية البزل.

(5) رصد حركة و اعماق و نوعية المياة الارضية السطحية و العميقة

أ- أنشاء البيزومترات لتسجيل حركة المياة الرأسية و الضغوط الهيدروليكية

يتم عمل البيزومترات فى المواقع التى حددت على خريطة الدراسات الحقلية و هى غالبا ماتكون مجاورة للحفر التى تم عملها بالبريمة حيث يلاحظ فى حالة اذا كانت التربة متجانسة و غير محصورة او محدودة Unconfined يصبح سريان المياة فى الاتجاة الرأسى ليس لة اهمية بحيث يمكن اهمالة و فى هذة الحالة لايهم عمق البيزومترات حيث تعطى البيزومترات قراءة واحدة فى هذا الموقع. لكن اذا كانت التربة مكونة من عدة طبقات يجب وضع البيزومترات فى هذا الموقع بحيث يوضع على الاقل بيزومتر واحد فى كل طبقة حيث تكون مناسيب المياة فى البيزومترات مختلفة طبقا لتكوين طبقات التربة و قد يدل ذلك على سريان المياة من اسفل الى اعلى او العكس و شكل رقم (5) يبين بعض هذة الحالات.



شكل رقم (5) الحالات المختلفة لوضع البيزومترات

تعمل البيزومترات بصفة عامة فى اى موقع على اعماق 1.0 و 1.5 و 2.5 متر مالم تستدعى طبيعة التربة غير ذلك كما تعمل بعض البيزومترات العميقة و التى غالبا لايمكن حفرها بالبريمة و لكن بإستخدام حفارات خاصة قد يصل عمق الحفر بها من 5 الى 20 متر او اكثر حسب طبيعة التربة ونوع الدراسة. ويلاحظ وضع البيزومترات فى الاماكن الصحيحة بحيث تكون فى اتجاة سريان المياة كما فى شكل رقم 6. تعمل ميزانية بغرض معرفة مناسيب اعلى مواسير البيزومترات بحيث يمكن حساب منسوب المياة داخل البيزومتر وذلك بعد قياس عمق المياة فى البيزومتر. ومن الضرورى استخدام الطريقة المناسبة لتسجيل قراءات البيزومترات ويوضح شكل رقم 7 الطرق المختلفة لأخذ قراءات البيزومترات وآبار الرصد و من اهم هذة الطرق مايلى:

أ- طريقة الشريط المبتل: يوضع شريط القياس داخل الماسورة وتسجل قراءة الشريط لعمق اكبر من عمق المياة بالبيزومتر و تسجل قراءة الشريط و يطرح منة الجزء المبتل فنحصل على عمق المياة.

ب- طريقة الطبة: الطبة عبارة عن اسطوانة صغيرة من النحاس مفتوحة من القاع و متصلة من اعلاها بشريط او بحبل رفيع و توضع داخل ماسورة البيزومتر وترفع لأعلى واسفل حتى يسمع صوت احتكاكها بالمياة وعند ذلك تسجل قراءة الشريط او يقاس طول الجزء من الحبل داخل الماسورة وهو يمثل عمق المياة و يلاحظ ان هذة الطريقة تستخدم فقط فى حالة اذا كان البيزومتر غير عميق بحيث يمكن سماع صوت احتكاك الاسطوانة بالمياة.

ت- طريقة مبين عمق المياة الكهربائى: مبين عمق المياة يتكون من دائرة كهربائية تعمل بالبطارية وعند وصول طرف القطب لسطح المياة تقفل الدائرة الكهربائية حيث تعطى انارة او صوت او مؤشر و عندئذ يسجل عمق المياة فى البيزومتر.

ث- طريقة العوامة او مسجل منسوب المياة الاوتوماتيكى: تعتمد هذة الطريقة على ان العوامة تطفو على سطح المياة داخل ماسورة البيزومتر حيث يسجل عمق المياة ويمكن استخدام مسجل منسوب المياة الاوتوماتيكى اذا دعت الضرورة لذلك

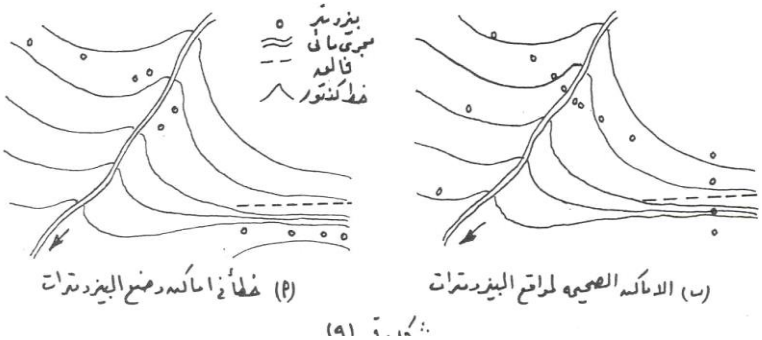
فترات الرصد عادة ماتكون اسبوعية او نصف شهرية او شهرية و يعتمد ذلك على مدى التغير فى مناسيب المياة الارضية و يلاحظ ان تكون الارصاد لجميع المواقع فى نفس اليوم و خلال فترة زمنية قصيرة و تؤخذ عينات من مياة البيزومترات العميقة بصفة دورية و ترسل للمعامل للتحليل الكيميائى و البيولوجى.

ب- أنشاء آبار الرصد لتسجيل اعماق و حركة و نوعية المياة الارضية

تستخدم الحفر التى تم عملها بالبريمة والتى تكون عادة بعمق 2 متر او 3 متر فى قياس مناسيب سطح المياة الارضية حيث توضع مواسير مخرمة بطول اعلى من اى منسوب محتمل للمياة الارضية ثم تعمل ميزانية لتحديد مناسيب الآبار وكذلك ارض الزراعة بجوار البئرو منها يمكن استنتاج مناسيب سطح المياة الارضية و تؤخذ عينات من المياة الارضية بصفة دورية.

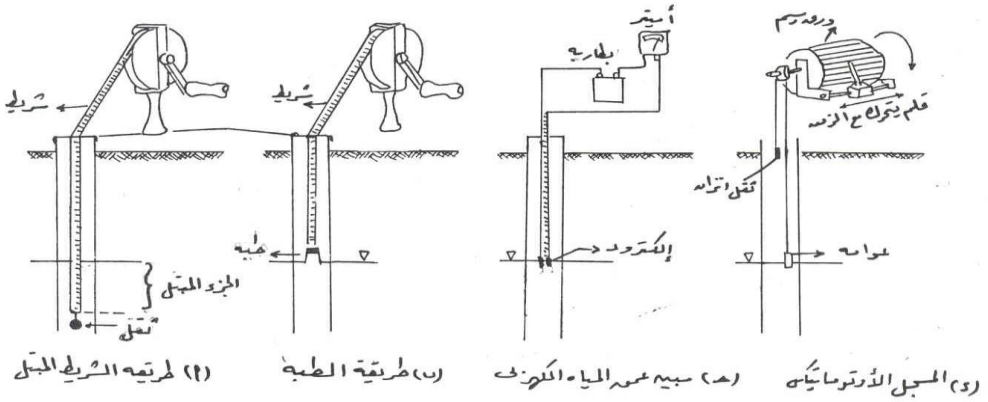
(6) تسجيل البيانات الخاصة بالمضخات و الآبار و المسطحات المائية و اطوالها

يمكن الاستفادة من المضخات المنتشرة بالقرية فى الحصول على بعض المعلومات الخاصة بالمياة الارضية و ذلك بمعرفة عمق انابيب المضخات و الجزء المخرم منها و عمق المياة بها مع ملاحظة ان انابيب المضخات من المحتمل ان تكون قد اخترقت اكثر من طبقة حاملة للمياة قليلة العمق كما يؤثر تشغيل المضخة على عمق المياة الارضية بها و حولها لذلك يستفاد بفكرة عامة عن المياة الارضية كما تسجل مناسيب الآبار اذا كانت موجودة بالقرية او خارجها و يجب رصد مناسيب جميع الاسطح المائية حول القرية و داخلها مثل القناة و المبازل و البرك و ذلك لمعرفة مدى ارتباط هذة المناسيب مع مناسيب المياة الارضية و تأثير كل منها على الآخر



شكل رقم (6) كيفية وضع البيزومترات

.



شكل رقم (7) الطرق المختلفة لأخذ قراءات البيزومترات و آبار الرصد

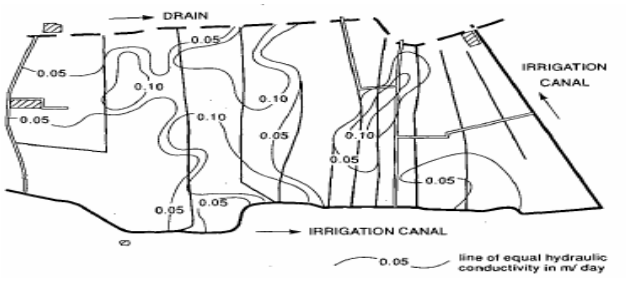
(7) تحليل نتائج الدراسات الحقلية

بعد الانتهاء من الدراسات و القياسات الحقلية و تجميع البيانات المطلوبة يتم دراسة و تحليل هذة البيانات كما يلى:

أ- **<u>الخرائط و الاعمال المساحية :</u>** من نتائج الميزانية الشبكية ورفع المعالم الحديثة بالاضافة الى الخرائط التى تم الحصول عليها و تعديلها طبقا لطبيعة القرية حاليا يتم عمل خريطة مساحية بمقياس رسم 1000:1 موقع عليها تفاصيل الزمام من مبانى وشوارع وخلافة حيث سيتم استخدامها فى تخطيط شبكة الصرف علاوة على اعداد خريطة اخرى بمقياس رسم اصغر عن السابقة 2500:1 موقعا عليها خطوط الكنتور بفترة كنتورية 25 سم حيث تبين الانحدارات و تستخدم فى تصميم شبكة الصرف.

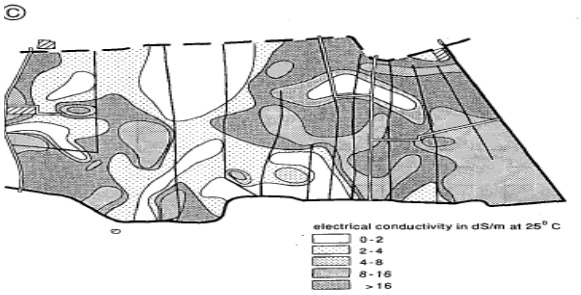
ب- <u>البيانات و القياسات الحقلية</u>

من نتائج التحاليل المعملية لعينات التربة و نتائج الآبار و البيزومترات يمكن تحديد الخصائص الطبيعية للتربة واهمها حجم حبيبات التربة وتوزيعها وبناء التربة وكذلك الخصائص الكيميائية والتى تشمل نسبة الاملاح بها وانواعها ودرجة تركيزها وتحديد خصائص التربة الخاصة بنقل وتوصيل المياة واهمها معامل النفاذية للتربة ومسامية الصرف و من هذة البيانات يمكن معرفة سمك طبقات التربة ومدى استمرارها والترتيب الرأسى لطبقاتها ثم اعداد الخرائط والتى تشمل على اعداد القطاعات الطولية التى تشمل عدة مواقع للجسات تبين مدى وانحدار مختلف الطبقات و علاقتها بالسطح وحالة المياة الارضية وبناء مختلف الطبقات وكافة البيانات الممكنة ثم عمل خرائط كنتورية لطبقات التربة المختلفة وايضا عمل خرائط كنتورية لمعامل النفاذية ومسامية الصرف طبقا لعمق معين (عادة حتى عمق جسات البريمة) كما فى شكل رقم 8.



شكل رقم (8) الخريطة الكنتورية لمعامل النفاذية

اعداد خريطة كنتورية تبين ملوحة التربة خاصة للطبقة السطحية (صفر–30 سم من سطح التربة) كما فى شكل رقم (9).



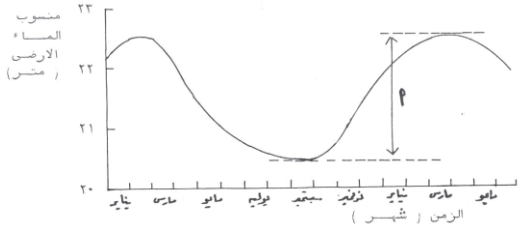
شكل رقم (9) خريطة كنتورية تبين ملوحة التربة

ت– <u>قياسات المياة الارضية</u>

بعد الحصول على تسجيلات كاملة يمكن منها استنتاج العوامل التى تؤثر على منسوب الماء الارضى لابد من رسم خرائط لهذة البيانات وتحليلها والخرائط والرسومات الهامة لتحليل هذة البيانات هى:

<u>الهيدروجرافات</u>: يتم رسم مناسيب سطح المياة مع الزمن لكل ثقب ملاحظة وبئر رصد وبيزومتر فتبين تذبذب منسوب الماء الارضى والاتجاهات العامة لحركة منسوب المياة وتوضح اشكال رقم 10 و 11 نماذج لبعض الهيدروجرافات.

<u>خرائط مناسيب سطح الماء الارضى</u>: يوقع على هذة الخرائط جميع المواقع التى تم قياس منسوب سطح الماء الارضى عندها و من الارصاد التى تم الحصول عليها فى تاريخ معين عند هذة المواقع يتم رسم خريطة كنتورية واحيانا يؤخذ متوسط فترة اطول بدلا من الاعتماد على القراءات التى تمت فى يوم معين. و توضح الاشكال رقم 12 و 13 كيفية رسم الخطوط الكنتورية للمياة الارضية و امثلة لها.

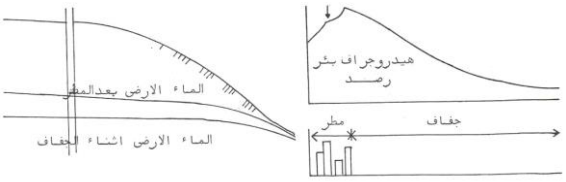


شكل رقم (10) مثال لهيدروجراف لبئر يبين التذبذب السنوى و الموسمى لمنسوب المياة الارضية

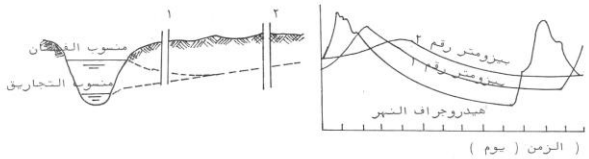
<u>الخريطة الكنتورية للضاغط الهيدروليكى:</u> من مواقع مجموعات البيزومترات ومنسوب المياة بها او الضاغط الهيدروليكى عند قاعها ترسم خطوط تمر بالنقاط ذات الضغط المتساوى.

<u>خرائط عمق الماء الارضى</u>: يتم اعداد خريطة منسوب الماء الارضى فوق خريطة طبوغرافية لنفس المساحة حيث تحددد المواقع التى تتقاطع عندها خطوط الكنتور بالخريطتين و يدون الفرق بين الكنتورين عند موقع تقاطعهما وبإستعمال هذة القيم يمكن رسم خريطة كنتورية توضح العمق حتى المياة الارضية عند اى نقطة (شكل رقم 13) و تعد الخريطة ايضا من عمق الماء الارضى تحت سطح الارض عند مواقع القياس لهذة الاعماق ثم ترسم خريطة كنتورية من هذة القراءات.

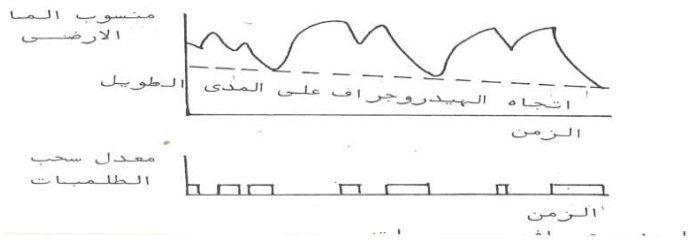
<u>خرائط تذبذب مستوى الماء الارضى:</u> تجهز بوضع خريطة منسوب الماء الارضى عند تاريخ معين فوق خريطة اخرى لمنسوب الماء الارضى عند تاريخ آخر ويرسم تذبذب مناسيب المياة الارضية مابين التاريخين حيث تحدد المواقع التى تتقاطع عندها خطوط الكنتور بالخريطتين و يدون الفرق بين الكنتورين عند موقع تقاطعهما و باستعمال هذة القيم يمكن رسم خريطة كنتورية توضح تذبذب منسوب الماء الارضى .



أ- هيدروجراف يبين ارتفاع المياة الارضية اثناء تغذية المياة الارضية بالامطار او مياة الرى و مايتبعة من انخفاض اثناء فترة الجفاف



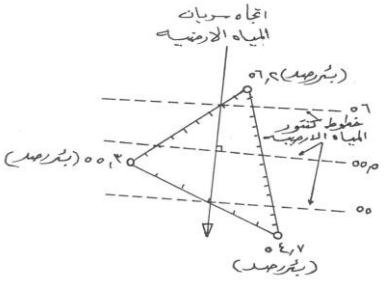
ب- هيدروجراف يبين تأثير التغير فى مناسيب مياة النهر على الماء الارضى و يلاحظ تلاشى تأثير النهر كلما زادت المسافة بعدا عن النهر



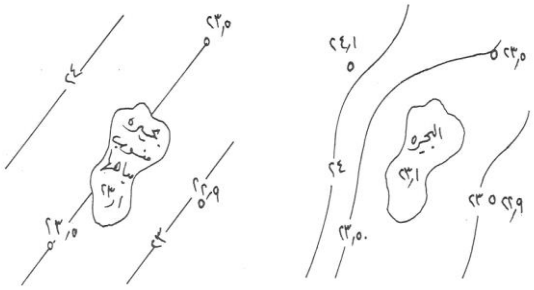
ت- هيدروجراف لبيزومتر فى طبقة حاملة للمياة و تأثرة بعمل الطلمبات

شكل رقم (11)

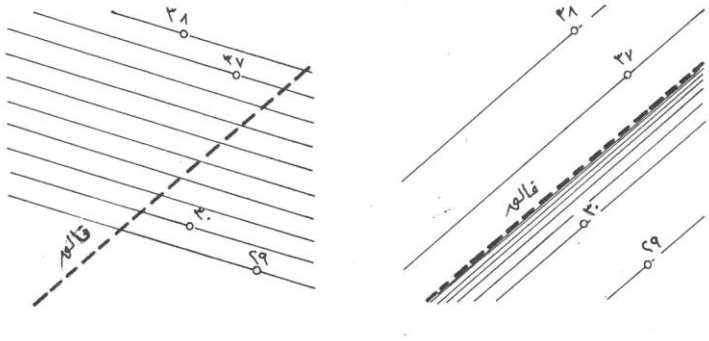
<u>خرائط الفرق فى الضاغط الهيدروليكى:</u> اذا كانت الطبقة الحاملة للمياة محصورة Confined توضح قراءة البيزومترات فى اى موقع فروق فى قراءة البيزومترات عند هذا الموقع و ترسم خريطة الفرق فى الضاغط الهيدروليكى عند تاريخ معين من الفرق فى قراءة البيزومترات عند كل نقطة رصد ثم رسم الخطوط ذات الفرق المتساوى من قيم فرق الضاغط عند نقطة الرصد كما يمكن رسم هذة الخريطة من خريطة مناسيب سطح المياة الارضية و خريطة مناسيب المياة فى البيزومترات حيث الفرق بين المنسوبين يمثل الفرق فى الضاغط الهيدروليكى.



شكل رقم (12) كيفية رسم الخطوط الكنتورية للمياة الارضية



صحيح : اخذ فى الاعتبار وجود البحيرة **خطأ: أهمل وجود البحيرة**



صحيح: اخذ فى الاعتبار وجود الفالق **خطأ: أهمل وجود الفالق**

شكل رقم (13) أمثلة لخطوط كنتورية خطأ و اخرى صحيحة للمياة الارضية

قطاعات منسوب الماء الارضى Watertable Profiles

يجهز كل قطاع بعمل خط على خريطة الدراسات الحقلية يمر بعدة ثقوب ملاحظة او آبار رصد ثم ترسم قطاعات منسوب الماء الارضى على خريطة منفصلة من توقيع مواقع و اعماق ثقوب الملاحظة او آبار الرصد و منسوب الماء الارضى و تحديد اية مصادر للمياة مثل قنوات الرى و البرك يمر بها القطاع. يفضل عمل القطاع فى اتجاة حركة المياة كما يشمل القطاع اعماق المياة عند فترات معينة و ذلك للمقارنة بين تذبذب هذة المناسيب و يحسن ان يحتوى القطاع على بيانات عن التربة التحت سطحية.

خرائط نوعية المياة

من التحاليل المعملية للمياة الارضية يمكن رسم خرائط كنتورية لنوعية المياة و ذلك بالنسبة لدرجة ملوحة المياة او تلوثها حيث ترسم و توقع على الخريطة قيم مستويات الملوحة و التلوث عند كل موقع ثم ترسم الخطوط الكنتورية للدرجات المتساوية للملوحة و التلوث.

تستخدم الخرائط و البيانات فى امور عديدة حيث تستخدم الهيدروجرافات لحل بعض المشاكل الخاصة كما يمكن الحصول منها على بعض البيانات الاضافية لاستعمالها فى تحليل و تفسير بعض الظواهر حيث يمكن منها تحديد معدل صعود او هبوط منسوب الماء الارضى و الفترات الحرجة التى يجب حفظ منسوب المياة الارضية عندها بعمل اى عمل صناعى مناسب كما يمكن منها التنبؤ بمناسيب المياة الارضية وبعد مصدر المياة الارضية وتأثيرها على الهيدروجرافو بالنسبة الى خرائط مناسيب المياة الارضية يمكن منها تحديد اتجاة المياة من شكل ووضع خطوط الكنتور كما توضح مساحات التغذية او الشحن Recharge و مساحات السحب Discharge (الاشكال14 و 15) ويستفاد من خرائط عمق المياة الارضية فى تحديد المواقع المتأثرة بارتفاع منسوب المياة الارضية و التى يجب خفض منسوبها باى وسيلة لحماية القرية من تأثيرها ويستفاد من خرائط تذبذب منسوب الماء الارضى فى تحديد مساحات الشحن و السحب بسهولة حيث المساحات ذات التذبذب الكبير فى منسوب الماء الارضى تمثل مساحات

شحن و عادة تكون مساحات مرتفعة بينما المساحات ذات التذبذب البسيط هى مساحات سحب و عادة تمثل مساحات منخفضة تستقبل باستمرار المياة الارضية من المناطق المرتفعة و يرجع التغير القليل فى تذبذب الماء لوجود الماء الارضى باستمرار فى هذة المساحات. كذلك يمكن تقدير قيمة كمية التغير فى الماء الارضى المخزون بالتربة على مدى فترة معينة باستخدام المعادلة التالية:

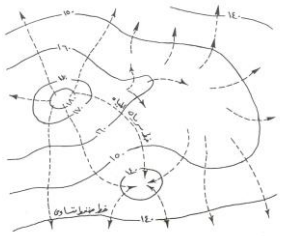
$$\Delta S = \mu \Delta h$$

حيث ان:

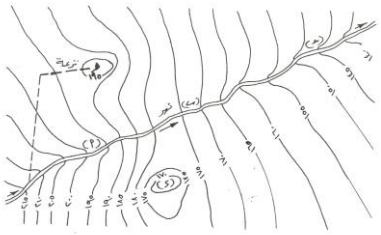
S : التغير فى مخزون الماء الارضى خلال فترة معينة لوحدة مساحة سطحية افقية (متر)

μ : مسامية التربة الفعلية (بدون تمييز)

h : التغير فى منسوب الماء الارضى خلال فترة معينة (متر)



شكل رقم (14) خطوط الضغوط المتساوية و خطوط سريان المياة



أ) مساحات شحن

ب) منسوب الماء الارضى يتساوى مع منسوب مياة النهر

ج) مساحات سحب

ء) منطقة سحب (آبار سحب بالطلمبات

هـ) منطقة شحن (فاقد مياة كثير)

شكل رقم (15) الخطوط الكنتورية للمياة الارضية

تعتبر خريطة الفرق فى الضاغط الهيدروليكى من الخرائط الهامة فى تحليل و تقييم سريان المياة فى الاتجاة الرأسى خلال طبقات التربة حيث اذا كان اتجاة السريان للمياة من اعلى الى اسفل او من اسفل الى اعلى كما يمكن منها حساب معدل سريان المياة فى الاتجاة الرأسى خلال طبقة شبة منفذة تأتى بعد طبقة منفذة و ذلك

بإستخدام المعادلة المناسبة ويستفاد من الخرائط الكنتورية لسطح المياة الارضية او الضغوط البيزومترية المتساوية فى تحديد الاتى:

أ- **اتجاة سريان المياة Flow direction** : الخطوط الكنتورية للمياة الارضية تشمل الخطوط ذات الضغط المتساوى Equipotential Lines و اتجاة سريان المياة يكون عموديا على هذة الخطوط ويمكن توقيعة على الخريطة الكنتورية و تسمى هذة الخطوط العمودية خطوط سريان المياة Stream Lines (شكل رقم 14).

ب- **الميل او الانحدار الهيدروليكى Hydraulic Gradient** : من الخرائط الكنتورية لسطح المياة الارضية او الضغوط البيزومترية المتساوية يمكن تقدير قيمة الميل الهيدروليكى و ذلك بقياس مسافة معينة و لتكن المسافة بين كنتورين او اكثر (dx) و تحديد الفرق بين المنسوبين فى هذة المسافة (dh) حيث الميل الهيدروليكى (i) يمكن حسابة كمايلى: $i = dh/dx$

ت- **روابى المياة الارضية Groundwater Mounds** : تتكون من تغذية المياة الارضية من اعلى نتيجة الرى او تسرب المياة من مواسير شبكة المياة او اى مصدر آخر او من اسفل نتيجة تغذية طبقات التربة السطحية من الطبقات السفلية نتيجة تأثير اراضى مجاورة مرتفعة مثلا ولحد كبير يمكن تحديد موقع مصدر المشكلة المسبب لارتفاع المياة الارضية (اشكال 14 و 15)

ث- **مهابط المياة الارضية Groundwater Depressions** : تتكون بسبب انخفاض مفاجئ فى مناسيب المياة الارضية نتيجة سحب الطلمبات او فوالق او شروخ بالتربة (اشكال 14 و 15)

ج- **تأثير المجارى المائية Influent Streams** : من شكل انحناء الخطوط الكنتورية المجاورة لاى مجرى او مسطح مائى يمكن معرفة اذا كان هذا المجرى يغذى المياة الارضية او المياة الارضية تغذية (شكل رقم 15) و على سبيل المثال غالبا ماتكون قنوات الرى مصدر مغذى للمياة الارضية حيث منسوبها عادة يكون اعلى من منسوب الماء الارضى و مجارى الصرف تصرف المياة الارضية اذا كان منسوب المياة بها اقل من منسوب الماء الارضى

ح- **شبكة سريان المياة Flow Net**

تتكون شبكة سريان المياة من الخطوط الكنتورية ذات الضغوط المتساوية و الخطوط الكنتورية المتعامدة عليها وهى خطوط سريان المياة بحيث تكون الخطوط ذات الضغوط المتساوية و خطوط سريان المياة مربعات متساوية الاضلاع بقد الامكان. و يمكن من شبكة سريان المياة حساب كمية المياة الداخلة او الخارجة من حدود مساحة معينة بعد معرفة درجة توصيل التربة (KD) و ذلك من المعادلة التالية:

$$Q = KDiL \ (i\ dh/dx)$$

حيث ان:

Q : معدل التصرف ($م^3$/يوم)

KD : درجة التوصيل للطبقة الحاملة للمياة ($م^2$/يوم) حيث K معامل التوصيل الهيدروليكى و D تمثل عمق الطبقة الحاملة للمياة

i : الميل الهيدروليكى و يساوى dh/dx

L : عرض القطاع الذى سيمر منة هذا التصرف (متر)

وفى حالة اذا كان سريان المياة غير متجانس تطبق المعادلة التالية: $Q = n\ \Delta h\ KD$

حيث ان: Δh : تمثل الفرق فى الضاغط الهيدروليكى بين خطوط كنتور الضغط المتساوى و n : عدد المربعات