----- المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض، المجلد ١٢، العدد ٢، ص ١ – ١٢، ٢٠١٢----

خرائط جيوتكنيكية للقناة الغربية وقناة الضخ والفروع التابعة لهما لمشروع ري الجزيرة الجنوبي - شمال غرب العراق

هدير غازي محمد أديب *مركز بحوث السدود والموارد المائية جامعة الموصل*

عزالدين صالح الجوادي *قسم علوم الأرض جامعة الموصل*

سهام إبراهيم العزو *كلية العلوم*

(تاريخ الاستلام ٢٠١١/٧/١٣ ، تاريخ القبول ٢٠١١/١٠/١٢)

الملخص

تضمن هذا البحث إعداد مجموعة من الخرائط الجيوتكنيكية للقناة الغربية وقناة الضخ والفروع التابعة لهما والواقعة ضمن مشروع ري الجزيرة الجنوبي– شمال غرب العراق. تم ذلك من خلال استخدام ٢١٨ حفرة استكشافية من تقارير سابقة وبأعماق مختلفة وصلت إلى أكثر من ١٥ متر للحفرة الواحدة. اعتمد معدل قيم الصفات الهندسية في كل نطاق والمتمثلة بحدود اتيربيرك وهي حد السيولة، حد اللدونة ومعامل اللدونة، فضلا عن الكثافة الكلية في إعداد هذه الخرائط، إذ تم تقسيم البيانات إلى ثلاثة نطق بسمك ٥ متر لكل نطاق. كان الغرض من هذا التقسيم توفير معلومات وافية عن توزيع تلك الصفات وأهميتها للأغراض الهندسية والزراعية، ليستفيد منها المصمم في توزيع المنشات الكبيرة والصغيرة في عموم مناطق المشروع. بلغ معدل قيم معامل اللدونة بحدود ٢٥% والذي يكون غاية في الأهمية في عدم حصول اضطراب للتربة عند رصها. امتازت تربة المشروع بخاصية جهد متوسط للانتفاخ والتقلص وذلك لامتلاكها حد سيولة تراوح بين %(40-50) ومعامل لدونة بين %(20-30). ساعدت المعلومات المتمثلة بحدود اتيربيرك لاسيما حد السيولة ومعامل اللدونة في تصنيف تربة المشروع لكل نطاق ضمن مخطط اللدونة. استخدم برنامج راسم الخرائط SURFER لبيان توزيع هذه الصفات في النطق أعلاه. إن معظم توزيع الصفات الهندسية كانت تميل إلى التحسن باتجاهي الغرب والجنوب الغربي لمنطقة لمشروع، باستثناء الكثافة الكلية المتوسطة في مواقع محطات الضخ والتي عدت أفضل كثافة ملائمة لإقامة مثل تلك المحطات. بينما كانت قيم الكثافة الكلية واطئة إلى واطئة جدا في عموم منطقة المشروع، إذ يمكن الاستفادة منها للأغراض الزراعية بسبب زيادة قابليتها على امتصاص الماء وتقليل السيح السطحي.

Geotechnical Maps of West and Pump Canals and their Branches of the Southern Jazirah Irrigation Project – NW Iraq

Hadeer G. M. Adeeb Azealdeen S. Al-Jawadi
Dams and Water Resource Research Center
University of Mosul

Seham I. Al-Azzo
Department of Geology
College of Science
University of Mosul

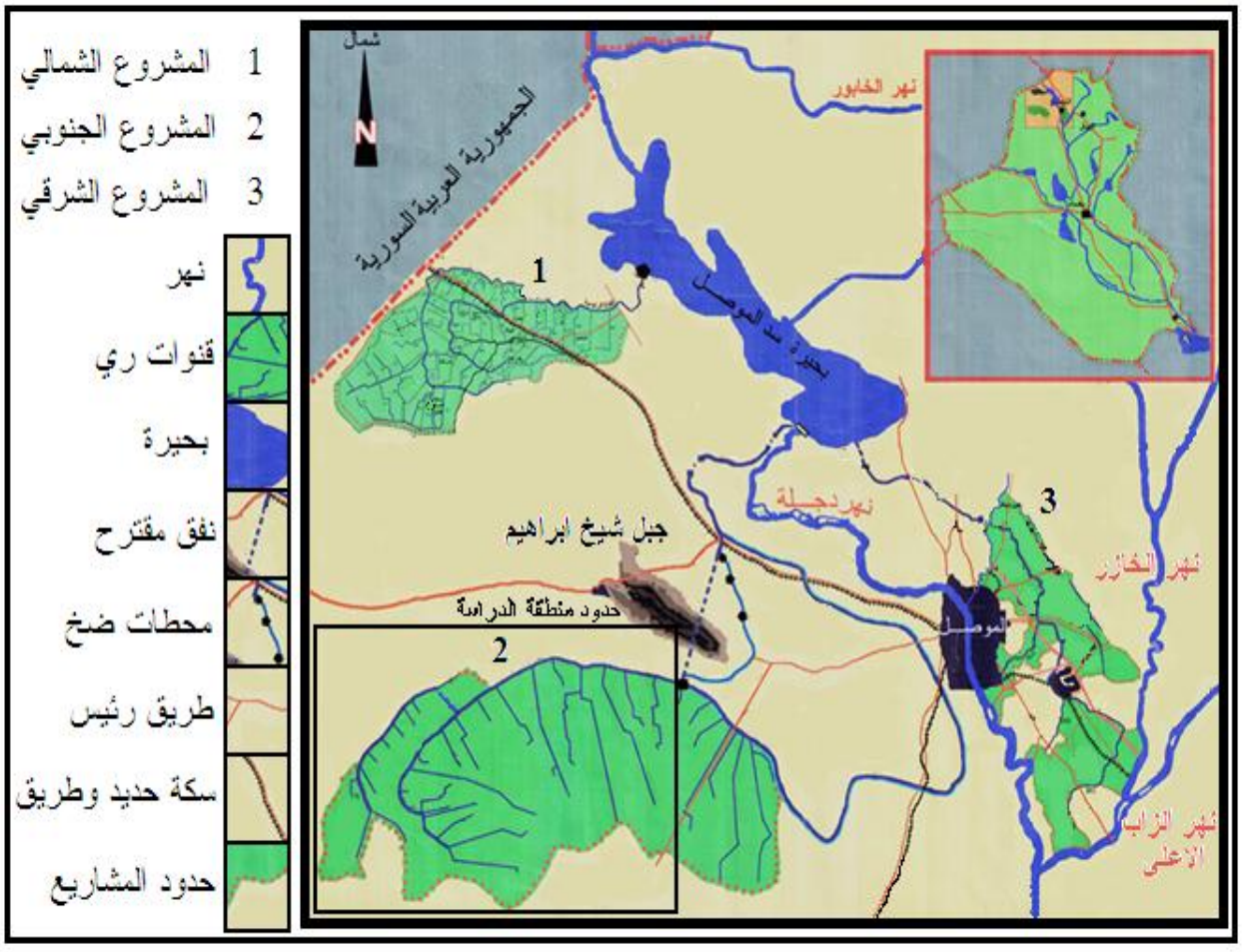
ABSTRACT

The main object of this work is to establish some of geotechnical maps of western canal, the pumping canal and their branches in the Southern Jazirah Irrigation project NW Iraq. Data have been collected, with different depths, from the drilled 218 boreholes. The data divided into three zones depending on the depth of each zone 5 meters, the first one is 0-5 m., the second is 5-10m. and the third is 10-15m. The mean values of engineering properties, represented by Atterberg limit (Liquid limit, Plastic limit And Plasticity index) and bulk density have been adopted as basis to prepare these maps.. The purpose of this division is to ensure information about these properties especially, for construction and agriculture purposes in order to helps designer in distribution of small and large constructions all over the project. The results show that the mean value of plasticity index reached 25 which is vital in ensuring non disturbance in soil while packing. The soil is characterized with swelling and shrinkage potential by having liquid limit rang between (40-50) and plastic limit between (30-20). Liquid limit and plasticity index have been used in soil classification of each zone. To illustrate the distribution of these properties SURFER program has been utilized. The engineering –geological maps show that the distribution of most engineering properties tends to improve towards west and south west of the project, except that the medium bulk density in site of pump stations which are deemed the best density for establishing such stations .Whereas the values of the bulk density were between low to very low in the whole project, whereof such bulk are useful in agricultural purposes because of the tendency of its water absorption and the reduction in surface runoff.

المقدمة

يعد مشروع ري الجزيرة الجنوبي احد المشاريع الإستراتيجية الثلاث الواقعة في شمال العراق، وهي مشاريع ري الجزيرة الشمالي والشرقي والجنوبي. تقع منطقة الدراسة بين خطي طول (42°40′-41°40′) وخطي عرض (36°20′-35°55′) تقريبا. تبلغ المساحة الكلية لأراضي المشروع ٧٢٥.٠٠٠ دونما، ويتكون من القناة المغذية التي صممت بثلاث تصاميم تغذي القناتين الرئيستين الشرقية والغربية وقناة الضخ الرئيسة والفروع التابعة لهم. يتمثل المقترح الأول بإمرار الماء عبر نفق طوله ١٩ كم

يخترق طية شيخ إبراهيم المحدبة، والمقترح الثاني يتمثل بقناة طولها ٧٢ كم باستخدام ثلاث محطات ضخ، والمقترح الثالث عبارة عن قناة مبطنة بطول ١٧٦ كم تعمل بتأثير الجاذبية. تتفرع القناة المغذية في نقطة التقسيم إلى قناتين رئيستين مفتوحتين شرقية وغربية. تمتد القناة الغربية باتجاه شمال غرب ثم يتغير مسارها باتجاه الجنوب الغربي ويبلغ طولها ٧٦.٤ كم وبتصريف قدره ١٠٠.٥ م^3/ثا، إذ يتفرع منها احد عشر فرعا بشكل قنوات مفتوحة وسبعة أفرع بشكل قنوات إسمنتية مسبقة الصب وفرعان بشكل خطان لأنابيب ضغط اسبستية تغذى بوساطة محطات ضخ صغيرة. تقع على القناة الغربية محطة ضخ بتصريف قدره ٢٥.٣ م^3/ثا وبطاقة رفع قدرها ٤٠ م والتي تغذي قناة الضخ بوساطة خط أنابيب ضغط حديدية. تتصل قناة الضخ بمنشأ المذب لمحطة الضخ على القناة الغربية وتمتد نحو الجنوب الغربي، إذ يبلغ طولها ٢٧.٧ كم وبتصريف مساو لتصريف القناة الغربية، ويتفرع منها سبعة أفرع بشكل قنوات مفتوحة يتفرع منها قنوات إسمنتية وخط أنابيب ضغط اسبستية. هنالك أعداد من المنشات الهيدروليكية والقناطر ومعابر للسيارات والمشاة وطرق مبلطة ومبازل لمياه الأمطار ستنفذ في منطقة المشروع. تبعد منطقة الدراسة عن مدينة الموصل ٦٥ كم تقريبا وتقع نقطة التقسيم على الطرف الجنوبي الغربي لطية شيخ إبراهيم (الشكل ١).



الشكل ١: خارطة توضح موقع منطقة الدراسة بالنسبة لمشروع إروائه والأراضي المزمع إروائها في المشاريع الثلاثة الهندسية (Al-Khafaji, 1990)

والتي تغطي كامل مسار القناة الغربية ابتداء من نقطة التقسيم عند الكيلومتر صفر إلى

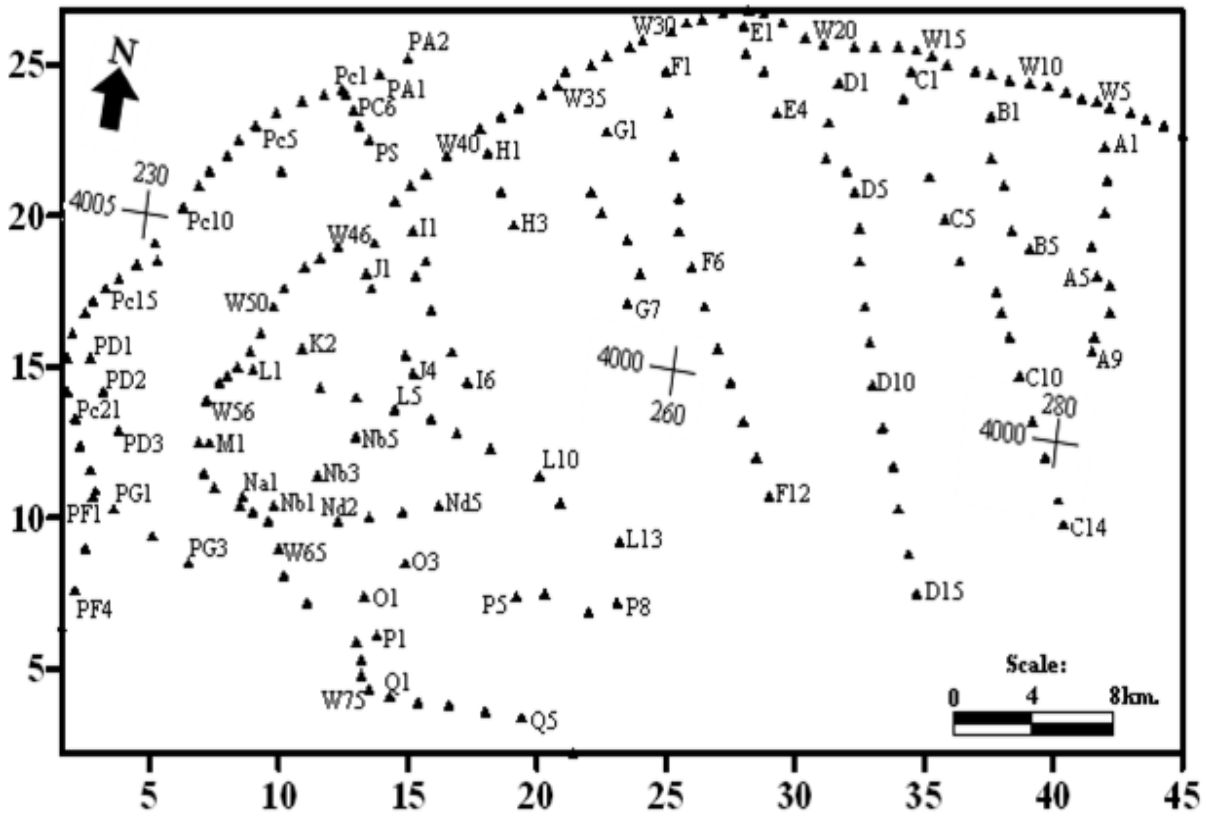
إلى النقطة W75 عند الكيلومتر ٧٦.٤٠٠، فضلا عن القنوات الفرعية ابتداء من القناة الفرعية A إلى القناة الفرعية Q، وكذلك الحفر الاستكشافية في قناة الضخ الرئيسة وفروعها، بعد أن تم تحديد منطقة الدراسة بإحداثيات خاصة استندت على تقسيمها إلى إحداثيات تربيعية لغرض استخدامها في برنامج راسم الخرائط (الشكل ٢).

استخدمت خارطة إسقاط مواقع الآبار بمقياس (١:١٥٠٠٠٠)، والتي تعد من الخرائط ذات المقياس الصغير حسب اقتراح منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة UNESCO في تقسيم المقياس العالمي الخاص بإعداد الخرائط الجيوتكنيكية (CEGM-IAEG, 1976) وحسب الآتي:

- خرائط ذات المقياس الكبير (١:١٠٠٠٠ و اكبر).
- خرائط ذات المقياس المتوسط (اصغر من ١:١٠٠٠٠ و اكبر من ١:١٠٠٠٠٠).
- خرائط ذات المقياس الصغير (١:١٠٠٠٠٠ واصغر).

استخدمت الخرائط المتوفرة ذات المقياس الصغير في رسم الخرائط الجيولوجية الهندسية لبيان توزيع الصفات الهندسية في مواقع المشروع دون الحاجة إلى وضع تفاصيل دقيقة عن توزيع هذه الصفات. وقد أشار (Long, *et al.*, 1987) إلى أن التصنيف في الهندسة الجيوتكنيكية، وكما هو الحال في أنواع العلوم الأخرى، هو تقسيم الصفات الهندسية إلى مجاميع ذات نوعيات متشابهة. وان الأنظمة التصنيفية تشكل أسس المفاضلة ودراسة الصفات والتصرف حسب الرتب.

اعتمدت البيانات المأخوذة من الحفر الاستكشافية (Al-Khafaji, 1990) التي تمثل حدود اتيربيرك والكثافة لكامل الحفر الاستكشافية الموزعة في عموم منطقة الدراسة فيما يخص القناة الغربية وقناة الضخ الرئيسة وفروعهما لغرض انجاز خرائط جيوتكنيكية لهذه الخواص في منطقة الدراسة. إن الغاية من هذه الدراسة هو توضيح توزيع حدود اللدونة والسيولة ومعامل اللدونة فضلا عن الكثافة لثلاثة نطق يكون سمك النطاق الواحد فيها ٥ م. فضلا عن استخدامها في توزيع ووضع التصاميم الأولية للمنشات الهندسية الكبيرة والصغيرة اعتمادا على جودة الخواص الهندسية في كل نطاق. وقد أشار (Kleinhans, 2002) إلى أن الغرض من رسم الخرائط الجيوتكنيكية هو لإيجاد معلومات أولية عن تخطيط واستخدامات الأرض وطرائق تطويرها.



الشكل ٢: خارطة تبين مواقع الحفر الاستكشافية في منطقة الدراسة.

جيولوجية منطقة الدراسة

يشكل تكويني الفتحة Fat'ha Formation وانجانة Injana Formation صخور الأساس في منطقة الدراسة، إذ يمتد الأول على طول القناة الغربية لاسيما الجزء الذي يمتد بالاتجاه الشمال الغربي فضلا عن قناة الضخ الرئيسة وفروعها، بينما يمتد الثاني في المنطقة التي تسير فيها القناة الغربية باتجاه الجنوب الغربي وكذلك معظم فروع القناة الغربية. تغطي ترسبات العصر الرباعي (البليستوسين – والهولوسين) معظم أراضي المشروع التي شملتها الدراسة الحالية، وهي عبارة عن ترسبات شبه نهرية للوديان Wadi Semifluvial وترسبات المنحدرات Slope Sediments وترسبات الترب الجبسية Gypcrete. غالبا ما تمثل مكونات ترسبات العصر الرباعي الطين والغرين وبعض الرمال والحصى القادمة من تجوية الصخور الفتاتية لتكويني الفتحة وانجانة (EETW, 1991).

البيانات المستخدمة وطريقة العمل

تم الحصول على بيانات الحفر الاستكشافية البالغ عددها ٢١٨ حفرة باعماق مختلفة تصل الى عمق ١٥ متر على امتداد مسار القناة الغربية وقناة الضخ الرئيسة وفروعهما من (Al-Khafaji, 1990). تضمنت المعلومات المستقاة في المصدر في أعلاه حد السيولة Liquid Limit وحد اللدونة Plastic Limit والكثافة الكلية Bulk Density. تم تقسيم البيانات إلى ثلاثة نطق بسمك ٥ متر لكل نطاق بعد استخراج معدل الصفات لكل نطاق، إذ يبدأ النطاق الأول من سطح الأرض إلى العمق ٥ متر والنطاق الثاني من العمق ٥ متر إلى ١٠ متر والنطاق الثالث من العمق ١٠ متر إلى ١٥ متر (الجدول ١). إن الغرض من هذا التقسيم هو لإعطاء المصمم تفاصيل دقيقة عن توزيع الصفات الهندسية الأساسية في المنطقة لغرض الاستفادة منها في توزيع المنشات حسب حجمها والأحمال التي تسلطها. اعتمد (Stiff, 1994) على تماثل الصفات الهندسية في النطق مختلفة السمك في رسمه للخرائط الجيوتكنيكية الإقليمية، بينما أشار (Kleinhans, 2002) إلى افتراض تشابه مقطع التربة في المناطق المتشابهة التكوين الصخري والتضاريس والتي تعطي تشابه في الصفات الهندسية لكل نطاق.

استخدم في هذه الدراسة برنامج الجداول الالكترونية Microsoft Excel لفصل البيانات حسب العمق ومعالجتها إحصائيا لغرض تصنيفها حسب تصنيف مخطط اللدونة Plasticity Chart، وكذلك تم استخدام برنامج راسم الخرائط Surfer لبيان توزيع الخصائص الهندسية لكل نطاق في منطقة الدراسة.

الجدول ١: معدلات الصفات الهندسية للنطق الثلاث.

الصفات / النطق	حد السيولة	الانحراف المعياري	حد اللدونة	الانحراف المعياري	معامل اللدونة	الانحراف المعياري	الكثافة الكلية	الانحراف المعياري
الأول	٤٧.٣	7.7	٢٥.٠	3.2	٢٢.٦	6.8	٢.٠٠	0.09
الثاني	٥٠.٠	9.0	٢٥.٥	3.9	٢٣.٥	5.8	٢.٠٠	0.14
الثالث	٥٠.٢	11.1	٢٥.٧	5.4	٢٣.٢	5.4	١.٩٦	0.09

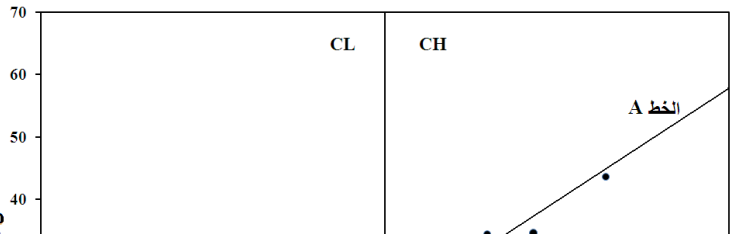
تحليل ومناقشة النتائج

استخدم معامل اللدونة وحد السيولة في تصنيف تربة كل نطاق ومثلت على مخطط اللدونة. لوحظ من خلال (الشكل ٣) أن معظم ترب النطق الثلاث تكون واقعة ضمن الصنف CL والتي بلغت نسبتها 68% ،49% و 64% للنطق الثلاث على التوالي. وبعضها يقع ضمن الصنف CH، بينما يقع القليل منها ضمن الصنفين OH-MH و ML-OL، ويستنتج من هذا أن معظم أراضي المشروع تتكون من تربة طينية قليلة السيولة.

اعتمد تصنيف حد السيولة وحد اللدونة ومعامل اللدونة والكثافة الكلية الموضح في (الجدول ٢) المأخوذ عن (Attewell and Farmer, 1976). وتشير البيانات الموضحة في (الجدول ١) إلى أن تربة النطاق الأول تمتاز بلدونة وانضغاطية متوسطة، بينما تكون عالية في النطاقين الثاني والثالث، إذ بلغ معدل قيمها ٤٧.٣ في النطاق الأول ووصلت قيمتها إلى أكثر من ٥٠ في كلا النطاقين الثاني والثالث. كما يوضح الجدول ٢ إلى أن مجمل تربة المشروع تمتاز بمعامل لدونة عال، حيث تتجاوز جميع القيم الحد العالي لمعامل اللدونة، إذ بلغت معدلاتها ٢٢.٦ في النطاق الأول و ٢٣.٥ في النطاق الثاني و ٢٣.٢ في النطاق الثالث. أما الكثافة الكلية فكانت واطئة جدا في عموم منطقة الدراسة، إذ لم يتجاوز معدلها ٢.٠ غم/سم^{٣}، بينما بلغت أعلى قيمة لها ٢.٣٨ غم/سم^{٣} في النطاق الثاني وهي كثافة متوسطة، واقل قيمة لها كانت ١.٨٢ غم/سم^{٣} في النطاق الثالث.

تم توزيع قيم الصفات الهندسية لكل نطاق من نطق التربة، ويبين الشكل ٤ توزيع هذه الصفات بين العمقين (0-5) متر والتي تمثل النطاق الأول. تصنف التربة في هذا النطاق بأنها قليلة الكثافة جدا في عموم المنطقة باستثناء المناطق التي تشغل بداية الفرع D وكذلك جزء القناة الرئيسة القريب من الفرع J. أما الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدراسة فتكون قيم الكثافة الكلية قليلة، بينما الجزء الشمالي من منطقة الدراسة لاسيما عند بداية الفرع E فتكون متوسطة.

فيما يخص حد السيولة فان عموم المنطقة تمثل حد سيولة يقع مابين (30-50)، وهذا يدل على تربة ذات لدونة وانضغاطية متوسطة باستثناء بعض المناطق تكون فيها التربة ذات حد سيولة عال لاسيما في المنطقتين الغربية والجنوبية الغربية. ويلاحظ من خارطة توزيع حد اللدونة بان جميع منطقة الدراسة تمتاز بقيم حد لدونة تقع مابين (20-30) عدا أجزاء من المنطقتين الغربية والجنوبية الغربية فتكون أكثر من ٣٠.



الشكل ٣: مخطط اللدونة موضح فيه تصنيف تربة منطقة الدراسة للنطق الثلاث.

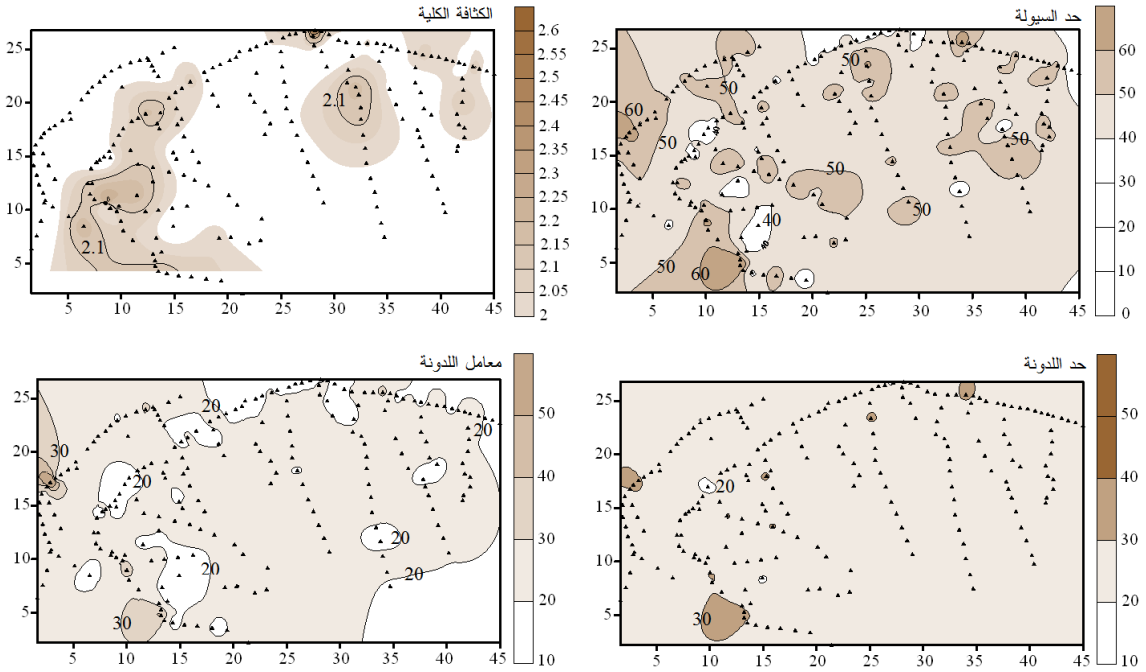
أ- النطاق الأول للعمق بين (5-0) متر.

ب- النطاق الثاني للعمق بين (10-5) متر.

ج- النطاق الثالث للعمق بين (15-10) متر.

الجدول ٢: تصنيف الصفات الهندسية للتربة بالاعتماد على حد السيولة وحد اللدونة والكثافة الكلية (Attewell and Farmer, 1976).

حد السيولة		حد اللدونة		الكثافة الكلية	
حد السيولة	التصنيف	معامل اللدونة	التصنيف	الكثافة الكلية	التصنيف
اقل من ٢٠	تربة غير متماسكة	اقل من ٤	واطئة	أكثر من ٢.٥٥	عالية جدا
٢٠ – ٣٠	لدونة وانضغاط قليل	٤ – ٧	متوسطة	٢.٤٠ – ٢.٥٥	عالية
٣٠ – ٥٠	لدونة وانضغاط متوسط	أكثر من ٧	عالية	٢.٢٥ – ٢.٤٠	متوسطة
أكثر من ٥٠	لدونة وانضغاط عال			٢.١٠ – ٢.٢٥	قليلة
				اقل من ٢.١٠	قليلة جدا

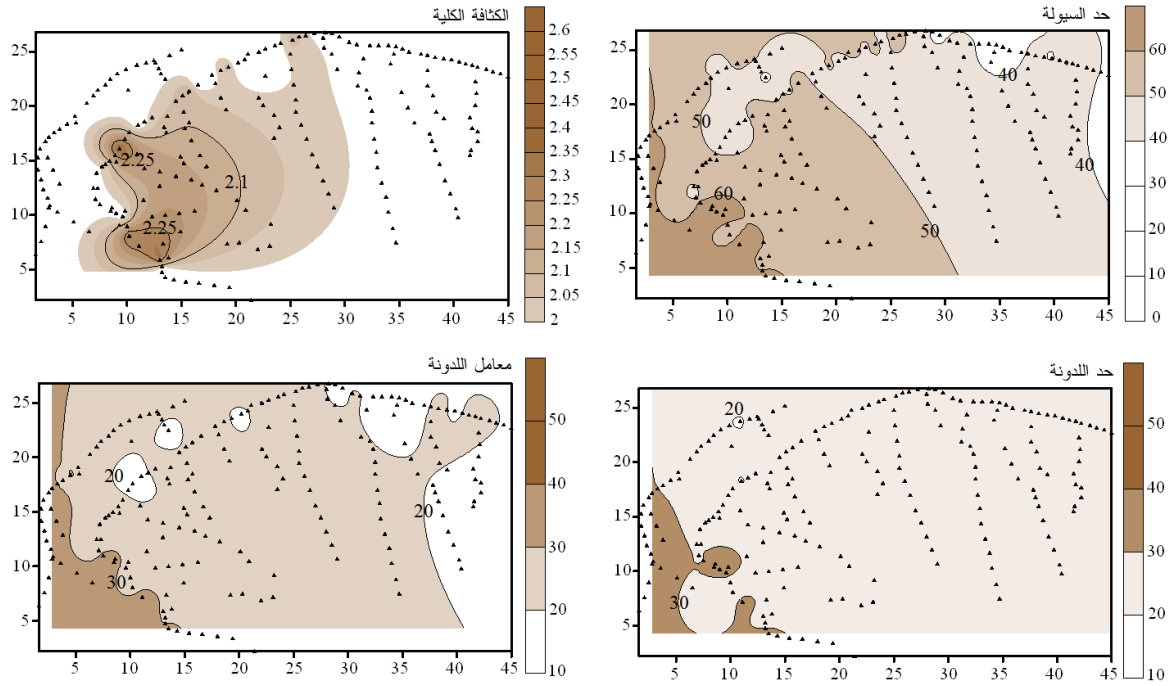


الشكل ٤: توزيع الصفات الهندسية للنطاق الأول المحصور بين العمقين (٠–٥) متر.

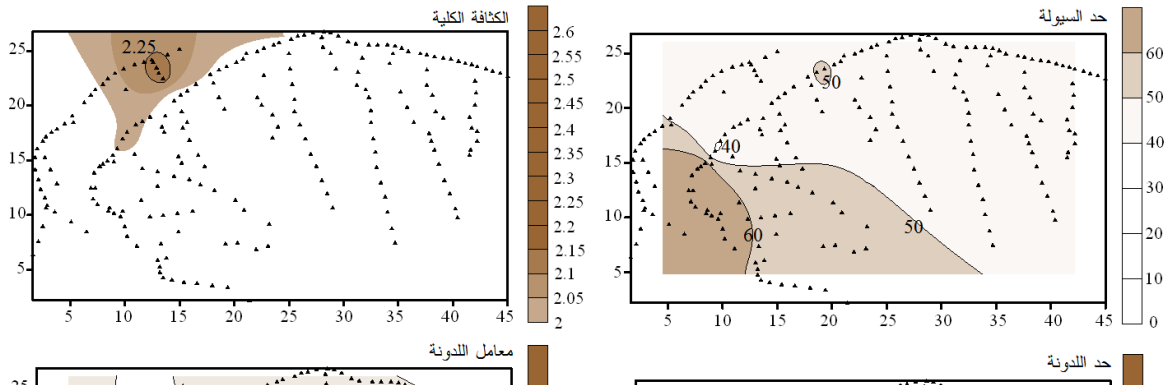
أما النطاق الثاني الواقع بين العمقين (5-10) متر فقد تركزت القيم المتوسطة للكثافة الكلية عند نهاية القناة الغربية وتحديدا عند الفروع (L, N, O). بينما أعطت قيم حد السيولة وحد اللدونة ومعامل اللدونة قيما عالية في الجزء الجنوبي الغربي لمنطقة الدراسة (الشكل ٥).

وأخيرا النطاق الثالث الواقع بين العمقين (15-10) متر فقد تركزت القيم المتوسطة للكثافة الكلية حول محطة الضخ الرئيسة ومأخذ قناة الضخ الواقعتين شمال منطقة الدراسة، بينما أشارت قيم حد السيولة إلى ارتفاع قيمها في المنطقة الجنوبية الغربية. أما قيمتي حد اللدونة ومعامل اللدونة فان قيمها القليلة لم تعط مؤشرا للتعرف على توزيع هاتين الخاصيتين في منطقة الدراسة (الشكل ٦).

يلاحظ مما ذكر في أعلاه أن قيمة الكثافة الكلية الواطئة والواطئة جدا في عموم نطق الدراسة تشير إلى ظروف تربة مسامية تفيد في زيادة امتصاصها للماء وبنفس الوقت تؤدي إلى تقليل السيح السطحي وهذه الخاصية تخدم الأغراض الزراعية (Yamamoto, 1963). باستثناء المناطق ذات الكثافة المتوسطة في النطاق الأول والتي تقع في بداية الفرع E، وبهذا ينصح بإنشاء محطة الضخ عليها، وذلك لأنها تعد منشأ هندسيا يحتاج إلى تربة ذات مواصفات هندسية جيدة.



الشكل ٥: توزيع الصفات الهندسية للنطاق الثاني المحصور بين العمقين (٥–١٠) متر.



يبين(الشكل ٤) أن معظم منطقة الدراسة ضمن النطاق الأول تمتاز بحد سيولة بين (50-40) ومعامل لدونة بين (30-20)، وهذا يشير إلى أن تربة النطاق الأول لها خاصية الجهد المتوسط للانتفاخ والتقلص. إذ أشار (Thomas, 1998) إلى أن التربة التي تمتاز بجهد انتفاخ وتقلص عاليين جدا تمتلك حد سيولة أكثر من ٥٠ ومعامل لدونة أكثر من ٣٠، والتربة التي تمتاز بجهد انتفاخ وتقلص متوسطين تمتلك حد سيولة يتراوح بين (٢٥-٥٠) ومعامل لدونة بين (30-15)، بينما التربة التي تمتاز بجهد انتفاخ وتقلص واطئين تمتلك حد سيولة اقل من ٢٥ ومعامل لدونة اقل من ١٥. أما فيما يخص النطاقين الثاني والثالث فان معظم منطقة الدراسة لها جهد انتفاخ وتقلص متوسط باستثناء الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية، إذ أنها تمتلك جهد انتفاخ وتقلص عاليين (الشكلين ٥ و٦).

تتراوح قيم معدلات معامل اللدونة في النطق الثلاث بين (٢٥-٢٥.٧) (الجدول ٢)، وهذا يشير إلى أنها تربة لا يحصل فيها اضطراب ويمكن رصها بسهولة عند امتلاكها لمحتوى رطوبة بحدود ٢٥% من الوزن الجاف. وهذا يؤكد ما أشار إليه (Yamatomo,1963) إلى أن التربة التي تمتلك حد لدونة مقداره ٢٥ لا يحصل فيها اضطراب عند رصها بينما الترب التي تمتلك حد لدونة عالي فلا يمكن رصها بسهولة.

الاستنتاجات

١. تصنف معظم ترب منطقة الدراسة ضمن الصنف CL والقسم الآخر ضمن الصنف CH وهذا يعني أن ترب المشروع هي طينية معظمها قليلة السيولة وبعضها عالية السيولة.
٢. تمتاز التربة بلدونة وانضغاطية متوسطة إلى عالية، وكثافة واطئة جدا.

٣. تعد الكثافة المتوسطة في النطاق الثالث في موقع محطات الضخ وقناة الضخ مهمة في إقامة هذه المحطات، إذ يجب أن تصل أسس هذه المحطات إلى بداية عمق هذا النطاق.
٤. تمتاز تربة النطاق الأول بجهد انتفاخ وتقلص متوسطين وكثافة واطئة إلى واطئة جدا وهذه تعد جيدة للأغراض الزراعية.

المصادر الأجنبية

Al-Khafaji, A. N. 1990. Soil Investigation, West Pump Canals and their Branches, Vol. 2, Appendices A and D, Unpublished Report, Energoinvest and Engineering Testing and Works, Mosul, Iraq.

Attewell, P. B. and Farmer, I. W. 1976. Principles of Engineering Geology, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1045p.

Commission on Engineering Geological Maps of the International Association of Engineering Geology 1976. Engineering Geological Maps: A Guide to their Preparation, No. 15. The UNESCO Press, Paris, 79 p.

Energoinvest and Engineering Testing and Works, EETW. 1991. South Jazira Irrigation Project Geological and Geotechnical Investigation Works, Final Field Report, Book 1-4, Sarajevo, Yugoslavia.

Kleinhans, I. 2002. A Critical Appraisal of Regional Geotechnical Mapping in South Africa, M Sc. Thesis, University of Pretoria, Pretoria, South Africa, 156 p.

Long, R. P., Demars, K. R., Covo, A., Mankbadi, R., Mekagaroon, V. and Shaheen, W. 1987. Final Report Conversion to the Unified Soil Classification System, JHR 87-176, Project 86-6, 49 p.

Stiff, J. T. 1994. Terrain Evaluation for Urban Development. Proceeding of Fourth Terrain Evaluation and Data Storage Symposium, 3-5 August, 1994. MIDRAND, South Africa.

Thomas, P.J. 1998. Quantifying Properties and Variability of Expansive Soils in Selected Map Units, Ph.D. Thesis, Blacksburg, Virginia, USA, 190 p.

Yamamoto, T. 1963. Soil Moisture Contents and Physical Properties of Selected Soils in Hawaii, U. S. Forest Service Research Paper PSW-P2, 13 p.