



الجمهورية العربية السورية
جامعة البعث
كلية الهندسة المدنية
قسم هندسة وإدارة الموارد المائية

تأثير تطبيق التربة في حركة المياه باتجاه المصارف الأنبوبية

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية- قسم هندسة وإدارة الموارد المائية

إعداد:

م. حامد تميم حمود

إشراف

أ. د. ياسر حمدان

د. مازن سلوم

(مشرف مشارك)

(مشرف أساسي)

أعضاء لجنة الحكم:

رئيس اللجنة

عضو

عضو

أ. د. إيهاب عبد الله

د. م. محمود السباعي

د. م. مازن سلوم

نوقشت الرسالة بتاريخ 2019/10/17 وأجيزت للنشر.

ملخص البحث

يؤدي ارتفاع منسوب المياه الجوفية إلى غرق الأراضي الزراعية، حيث أن وصوله إلى منطقة الجذور يشكل ضرراً على النشاط الحيوي فيها ويؤدي إلى تعفن الجذور وموتها، ما يتطلب تطبيق نظام صرف لتخفيض مناسيب المياه الجوفية إلى المنسوب المطلوب أسفل منطقة الجذور. يعتمد تصميم نظام الصرف بشكل أساسي على مواصفات التربة المصرفة ويصبح أكثر تعقيداً في حال وجود تطبيق في التربة. في هذا البحث تم دراسة حركة المياه الجوفية باتجاه المصارف المغطاة في التربة ثنائية وثلاثية التطبيق ودراسة خصائص كل طبقة من طبقات التربة على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف المتوضعة في الطبقة العلوية في حالة التدفق المستقر، وذلك باستخدام برنامج (MODFLOW) ضمن بيئة برنامج (GMS (Groundwater Modeling System، حيث تم دراسة تأثير سماكة ونفاذية كل طبقة من طبقات التربة وتأثير قيمة التغذية المائية على الضاغط المائي المتشكل في منتصف المسافة بين المصارف. وتم استنتاج أن السماكة الفعالة للطبقة العلوية أسفل منسوب المصارف D_1 تساوي 20% من المسافة بين المصارف L ، وأن السماكة الفعالة للطبقة السفلية D_2 تساوي 10% من المسافة بين المصارف L وذلك من أجل حالة نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية أي أن $\frac{D_1}{L} = 0.2, \frac{D_2}{L} = 0.1$ ، أما من أجل حالة نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية، تكون السماكة الفعالة للطبقة العلوية أسفل منسوب المصارف D_1 تساوي 10% من المسافة بين المصارف L ، والسماكة الفعالة للطبقة السفلية D_2 تساوي 20% من التباعد بين المصارف L أي أن $\frac{D_1}{L} = 0.1, \frac{D_2}{L} = 0.2$. كما تم التوصل إلى وضع مخططات تصميمية لحساب التباعد بين المصارف في التربة ثنائية التطبيق عند توضع المصارف في الطبقة العلوية ليتم استخدامها في تصميم نظام الصرف المناسب.

Abstract

The rise of groundwater level to root zone, causes damage to root and even death. An appropriate drainage system must be used to reduce the levels of groundwater table under root zone. The drainage system design essentially depends on the soil properties then it becomes more complicated in layered soils. In this research, for a two, and three layered soil, the movement toward pipe drains located in the upper layer was studied numerically using MODFLOW program within Groundwater Modeling System (GMS). The effect of thickness and permeability coefficients of each layer, and the effect of recharge on the head at midway between the drains were studied.

From this study, it can be concluded that the effective thickness of upper layer D_1 is 20% of the distance between drains (L), and the effective thickness of the bottom layer D_2 is 10% of the distance between drains (L) when lower layer permeability is greater than the permeability of the upper layer, i.e. $\frac{D_2}{L} = 0.1, \frac{D_1}{L} = 0.2$. And, when lower layer permeability lower than the permeability of the upper layer, then, the effective thickness of the upper layer below the drain level D_1 is 10% of the distance between drains (L), and the effective thickness of the bottom layer D_2 is 20% of the spacing between drains (L), i.e. $\frac{D_2}{L} = 0.2, \frac{D_1}{L} = 0.1$. Design schemes have also been developed to calculate the distance between drains, in two layered soils when drains locate in upper layer, to be used in the design of the appropriate drainage system.

فهرس المحتويات

I	فهرس المحتويات
VI	جدول بالأشكال الواردة في الرسالة
X	قائمة الجداول
1	المقدمة.....
2	1- الفصل الأول: الدراسة المرجعية والنظرية للصرف المغطى في الترب المتطبقة..
2	1-1- مقدمة.....
5	1-2- الدراسة النظرية للصرف المغطى في الترب ثنائية التطبيق.....
6	1-2-1- معادلة Ernest لحالة الصرف المغطى في الترب ثنائية التطبيق.....
7	1-2-2- معادلة Chestakov لحالة الصرف المغطى في الترب ثنائية التطبيق.....
10	2- الفصل الثاني: لمحة عن برنامج MODFLOW.....
10	1-2- مقدمة.....
10	2-2- بناء نموذج MODFLOW:.....
10	2-2-1- تشكيل الشبكة ثلاثية الأبعاد:.....
10	2-2-2- تهيئة MODFLOW:.....
13	2-2-3- تحديد الشروط الحدية:.....
14	2-2-4- تحديد خصائص طبقات التربة:.....
14	2-2-5- تحديد خصائص المواد Materials:.....
16	2-2-6- بدء المحاكاة Run MODFLOW:.....
17	3- الفصل الثالث: تحليل النتائج.....

- 17 1-1-3-1 مقدمة:
- 18 2-3-2 التحقق من برنامج الحاسب الآلي (MODFLOW):
- 22 3-3-3 دراسة تربة ثنائية التطبيق والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية:
- 23 1-3-3-1 نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية $\frac{k_2}{k_1} > 1$:
- 23 1-1-3-3-1 تأثير سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
- 24 2-1-3-3-2 تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
- 25 3-1-3-3-3 تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
- 26 4-1-3-3-4 تأثير نفاذية الطبقة السفلية ($\frac{K_2}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
- 27 5-1-3-3-5 تأثير التغذية المائية ($\frac{q}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
- 28 2-3-3-2 نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية $\frac{k_2}{k_1} < 1$:
- 28 1-2-3-3-1 تأثير سماكة الطبقة العلوية ($\frac{D_1}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
- 29 2-2-3-3-2 تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

- 30 3-2-3-3- تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 31 4-2-3-3- تأثير نفاذية الطبقة السفلية ($\frac{K_2}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 32 5-2-3-3- تأثير التغذية المائية ($\frac{q}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 33 4-3- تربة ثلاثية التطبق والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية:
- 34 1-4-3- نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $1 > \frac{k_2}{k_1}$ ، $1 > \frac{k_2}{k_3}$...
- 34 1-1-4-3- تأثير سماكة الطبقة العلوية ($\frac{D_1}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 35 2-1-4-3- تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 36 3-1-4-3- تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 37 4-1-4-3- تأثير نفاذية الطبقة الوسطى ($\frac{k_2}{k_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 38 5-1-4-3- تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_3}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):
- 39 6-1-4-3- تأثير نفاذية الطبقة السفلية ($\frac{k_3}{k_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):

40	3-4-2-2- نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} < 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} < 1$..
40	3-4-2-1- تأثير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
41	3-4-2-2- تأثير نفاذية الطبقة العلوية $(\frac{K_1}{K_2})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
43	3-4-2-3- تأثير سماكة الطبقة الوسطى $(\frac{D_2}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
44	3-4-2-4- تأثير نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
45	3-4-2-5- تأثير سماكة الطبقة السفلية $(\frac{D_3}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
46	3-4-2-6- تأثير نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_3}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:
47	الفصل الرابع: المخططات التصميمية
47	4-1- مقدمة:
47	4-2- أمثلة توضيحية لاستخدام المخططات التصميمية:
47	4-2-1- مثال 1:
50	4-2-2- مثال 2:
52	النتائج:
52	في التربة ثنائية التطبيق:

53 في التربة ثلاثية التطبيق:
55	الملحق A المخططات التصميمية لحالة تربة ثنائية التطبيق والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية.
105 المراجع العربية:
106References

جدول بالأشكال الواردة في الرسالة

رقم الصفحة	اسم الشكل	رقم الشكل
2	تغير مناسيب السطح الحر للماء بين التربة المتجانسة والمتطبقة.	(1-1)
3	تربة ثنائية التطبق والمصارف الأنبوبية عند الحد الفاصل حسب Hooghoudt.	(2-1)
3	تربة ثنائية التطبق والمصارف الأنبوبية في الطبقة العلوية حسب Ernest.	(3-1)
4	تربة ثنائية التطبق والمصارف الأنبوبية في الطبقة السفلية حسب Ernest.	(4-1)
4	تربة ثلاثية التطبق حسب Toksoz – Kirkham.	(5-1)
6	معادلة Ernst عندما تتوضع المصارف في الطبقة العلوية.	(6-1)
8	معادلة Chestakov للتربة ثنائية التطبق.	(7-1)
9	مخطط تحديد قيمة ΔfH .	(8-1)
11	إنشاء شبكة ثلاثية الأبعاد.	(1-2)
11	إنشاء محاكاة MODFLOW جديدة.	(2-2)
12	اختيار الحزم المطلوبة.	(3-2)
13	تحديد قيمة التغذية.	(4-2)
14	إضافة المصارف.	(5-2)
15	تحديد خصائص الطبقات.	(6-2)
15	تحديد خصائص المواد.	(7-2)
16	رسم السطح الحر للماء وخطوط تساوي الضغط.	(8-2)
18	مقطع بيولوجي في تربة ثنائية التطبق.	(a-1-3)
18	مقطع بيولوجي في تربة ثلاثية التطبق.	(b-1-3)
19	شبكة متوازي المستطيلات في برنامج MODFLOW.	(2-3)
19	مقطع عرضي في تربة ثنائية التطبق.	(a-3-3)
19	مقطع عرضي في تربة ثلاثية التطبق.	(a-3-3)
20	الشروط الحدية للحالة المدروسة في برنامج MODFLOW.	(4-3)

22	مقارنة نتائج MODFLOW مع معادلتَي Ernest و chestakov.	(5-3)
22	تربة ثنائية التطبيق والمصارف في الطبقة العلوية.	(6-3)
24	تأثير سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل $\frac{D_2}{L} = 0.1$ ، $\frac{q}{k_1} = 0.007$ ، $\frac{K_2}{K_1} = 2 - 5$	(7-3)
25	تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل $\frac{D_2}{L} = 0.1$ ، $\frac{q}{K_2} = 0.007$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(8-3)
26	تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل $\frac{K_2}{K_1} = 2 - 5$ ، $\frac{q}{K_1} = 0.007$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(9-3)
27	تأثير نفاذية الطبقة السفلية ($\frac{K_2}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل $\frac{D_2}{L} = 0.1$ ، $\frac{q}{K_1} = 0.007$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(10-3)
28	تأثير التغذية المائية ($\frac{q}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل: $\frac{K_2}{K_1} = 2 - 5$ ، $\frac{D_2}{L} = 0.1$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(11-3)
29	تأثير سماكة الطبقة العلوية ($\frac{D_1}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل: $\frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75$ ، $\frac{q}{K_1} = 0.007$ ، $\frac{D_2}{L} = 0.1$	(12-3)
30	تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل $\frac{D_2}{L} = 0.1$ ، $\frac{q}{K_2} = 0.007$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(13-3)
31	تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل $\frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75$ ، $\frac{q}{K_1} = 0.007$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(14-3)
32	تأثير نفاذية الطبقة السفلية ($\frac{K_2}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل $\frac{D_2}{L} = 0.1$ ، $\frac{q}{K_1} = 0.007$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(15-3)
33	تأثير التغذية المائية ($\frac{q}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل: $\frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75$ ، $\frac{D_2}{L} = 0.1$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.025$	(16-3)
34	تربة ثلاثية التطبيق والمصارف في الطبقة العلوية.	(17-3)

35	تأثير سماكة الطبقة العلوية ($\frac{D_1}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_3} = 0.015, \frac{K_2}{K_3} = 5$ من أجل ($\frac{h}{L}$)	(18-3)
36	تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_3}{K_2} = 0.2$ من أجل	(19-3)
37	تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1$ من أجل ($\frac{h}{L}$)	(20-3)
38	تأثير نفاذية الطبقة الوسطى ($\frac{k_2}{k_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1$ من أجل ($\frac{h}{L}$)	(21-3)
39	تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_3}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_1}{L} = 0.017, \frac{D_2}{L} = 0.017, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_1}{K_2} = 0.2$ من أجل: ($\frac{h}{L}$)	(22-3)
40	تأثير نفاذية الطبقة السفلية $\frac{k_3}{k_2}$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_1}{K_2} = 0.2$ من أجل:	(23-3)
41	تأثير سماكة الطبقة العلوية ($\frac{D_1}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) $\frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_3}{K_2} = 2$ من أجل	(24-3)
42	تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_3}{K_2} = 2$ من أجل: ($\frac{h}{L}$)	(25-3)
43	تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.003, \frac{K_3}{K_1} = 1$ من أجل: ($\frac{h}{L}$)	(26-3)
44	تأثير نفاذية الطبقة الوسطى ($\frac{k_2}{k_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1$ من أجل: ($\frac{h}{L}$)	(27-3)
45	تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_3}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{D_1}{L} = 0.017, \frac{D_2}{L} = 0.017, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_1}{K_2} = 4$ من أجل: ($\frac{h}{L}$)	(28-3)

46	تأثير نفاذية الطبقة السفلية ($\frac{k_3}{k_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_1}{K_2} = 4$	(29-3)
47	مثال 1 على استخدام المخططات التصميمية.	(1-4)
48	المخطط (A-6-1) من الملحق.	(2-4)
49	المخطط (A-6-2) من الملحق	(3-4)
50	مثال 2 على استخدام المخططات التصميمية.	(4-4)
51	المخطط (A-6-1) من الملحق	(5-4)

قائمة الجداول

رقم الجدول	الجدول	رقم الصفحة
(1-1)	قيم ثابت الشكل (a).	7
(1-3)	مقارنة بين قيم الضاغط الناتجة من البرنامج مع معادلتى Ernest و chestakov من أجل الحالة المحددة:	21

المقدمة

تواجه الأراضي الزراعية في الكثير من الحالات خطر ارتفاع منسوب المياه الجوفية إلى منطقة الجذور، ما يؤدي إلى تعفن الجذور وموت النباتات، فيصبح من الضروري تطبيق نظام صرف مناسب لتخفيض المياه إلى أسفل منطقة الجذور، ونظراً لأن تصميم نظام الصرف يتعلق بشكل مباشر بخصائص التربة بمختلف طبقاتها، كان من الضروري دراسة تأثير تطبيق التربة وتأثير خصائص كل طبقة منها على حركة المياه باتجاه المصارف من أجل تحديد التباعد الأفضل بين المصارف بحيث يبقى منسوب الماء أسفل منطقة الجذور، وبالتالي التوصل إلى تصميم أمثلي لشبكة الصرف.

يهدف هذا البحث إلى دراسة حركة المياه باتجاه المصارف المغطاة في الترب المتطبقة المؤلفة من طبقتين أو ثلاث طبقات وذلك باستخدام برنامج (MODFLOW) ضمن بيئة برنامج الحاسب الآلي (GMS (Groundwater Modeling System) الذي يعتمد على حل المعادلة التفاضلية الجزئية لحركة المياه الجوفية باستخدام نظرية الفروقات المنتهية (FDM) لتحديد مناسيب سطح المياه الجوفية بين المصارف، ودراسة تأثير معامل نفاذية وسماكة كل طبقة من طبقات التربة، وتأثير قيمة التغذية المائية، على قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف، وذلك من أجل حالة توضع المصارف في الطبقة العلوية. يتضمن البحث ثلاثة فصول بالإضافة إلى ملخص باللغة العربية وملخص باللغة الانكليزية وقائمة بالجدول والأشكال، وتبعت الرسالة بقائمة المراجع العلمية ذات الصلة بالموضوع. ويمكن إيجاز محتويات كل فصل كما يلي:

الفصل الأول: يتضمن الدراسات السابقة والدراسة النظرية عن الصرف المغطى في الترب المتطبقة.

الفصل الثاني: يتضمن لمحة عن برنامج MODFLOW.

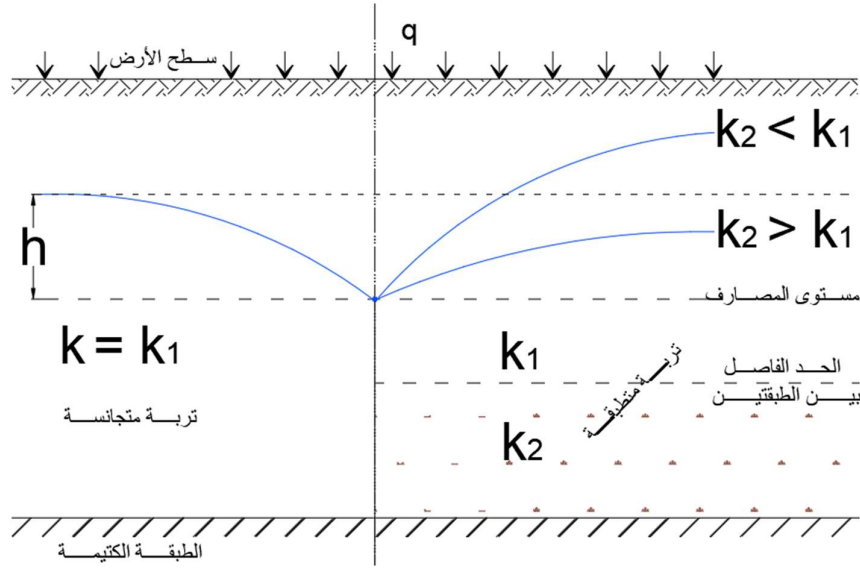
الفصل الثالث: يتضمن تحليل النتائج.

الفصل الأول

الدراسة المرجعية والنظرية للمصرف المغطى في الترب المتطبقة

1-1- مقدمة:

تتعرض الأراضي الواقعة في المناطق الرطبة والمروية إلى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية ووصولها إلى منطقة الجذور، ويلعب تطبيق التربة دوراً هاماً في تحديد مناسيب السطح الحر للمياه الجوفية نتيجة لتغير خصائص التربة من طبقة لأخرى كما في الشكل (1-1).



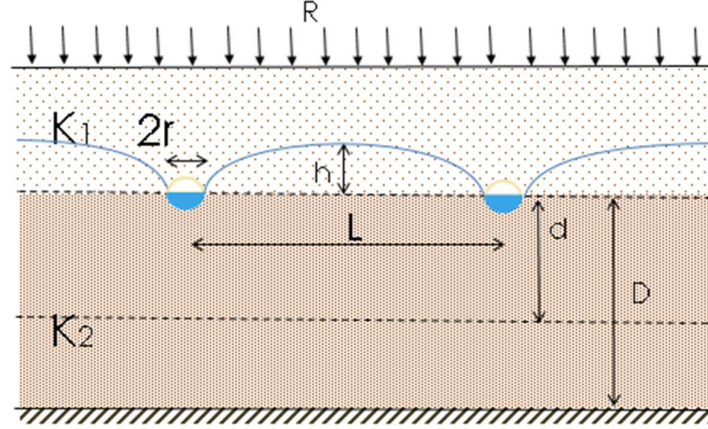
الشكل (1-1): تغير مناسيب السطح الحر للماء بين التربة المتجانسة والمتطبقة.

يعتمد تصميم نظام الصرف في الترب المتطبقة على خصائص كل طبقة، وبالتالي من الضروري دراسة تأثير خصائص كل طبقة من طبقات التربة كالمسافة ومعامل النفاذية على حركة المياه باتجاه المصارف لتحديد الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف من أجل الحصول على تصميم أمثلي لشبكة الصرف.

تمت دراسة تأثير تطبيق التربة على مناسيب السطح الحر للمياه الجوفية بطرق مختلفة من قبل بعض الباحثين كالآتي:

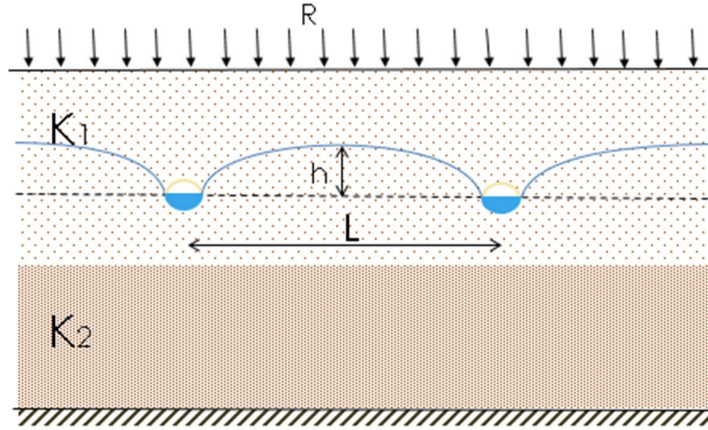
درس (Hooghoudt 1940) الصرف المغطى في الترب ثنائية التطبيق حيث أوجد معادلة لحساب

تدفق المصروف والتباعد بين المصارف في حالة توزيع المصارف على الحد الفاصل بين الطبقتين كما في الشكل (2-1) اعتماداً على معادلات ديبوي ودارسي، [3,6].

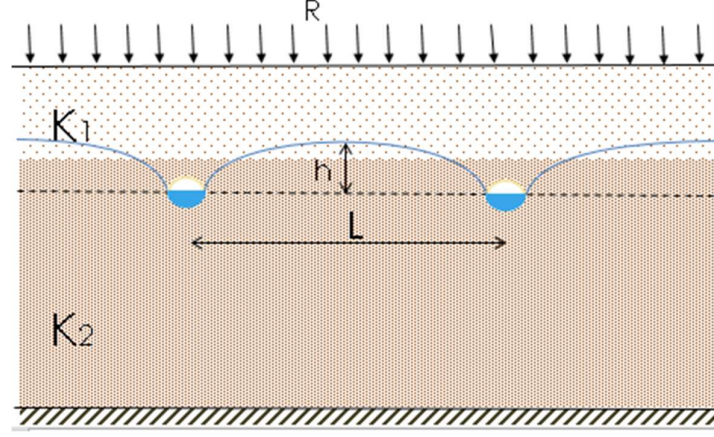


الشكل (2-1): تربة ثنائية التطبيق والمصارف الأنبوبية عند الحد الفاصل حسب Hooghoudt.

أوجد (Ernest 1956) معادلة لحساب التباعد بين المصارف في التربة ثنائية التطبيق آخذاً بالاعتبار مركبات الجريان الأفقي والشافولي والشفاعي في حال توزيع المصارف في الطبقة العلوية كما في الشكل (3-1)، أو في الطبقة السفلية كما في الشكل (1-4)، [4].

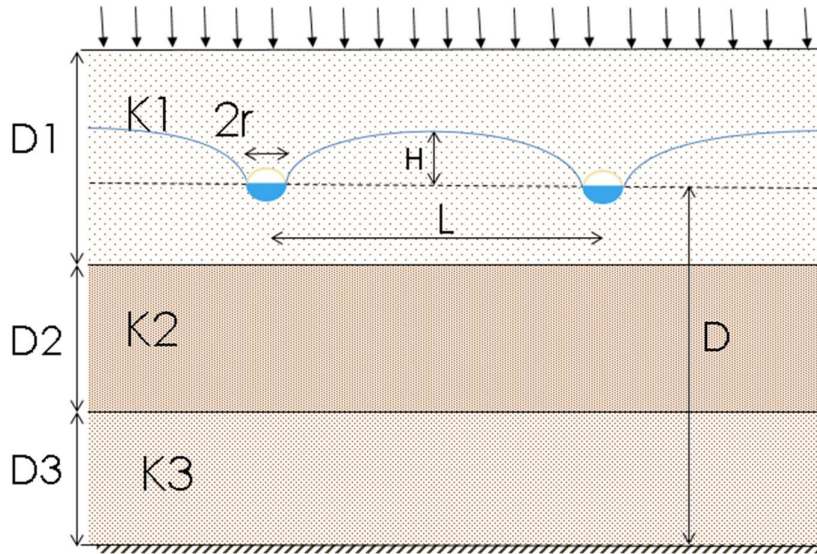


الشكل (3-1): تربة ثنائية التطبيق والمصارف الأنبوبية في الطبقة العلوية حسب Ernest.



الشكل (4-1): تربة ثنائية التطبق والمصارف الأنبوبية في الطبقة السفلية حسب Ernest.

طور (Toksoz – Kirkham 1971) معادلات ومخططات لحساب التباعد بين المصارف ورسم شبكة الجريان في التربة ثنائية وثلاثية التطبق كما في الشكل (5-1)، انطلاقاً من معادلة لابلاس مع افتراض إمكانية إهمال ضياعات الضاغطة في المنطقة أعلى مستوى المصارف وأسفل سطح الماء، ويزداد الخطأ الناتج عن هذا الافتراض بزيادة الضاغطة في منتصف المسافة بين المصارف إلى درجة يصبح عندها الافتراض غير مقبول، ما يعني محدودية استخدام معادلات كيركهام وتوكسوز، بالإضافة لأنها معقدة وتتطلب جهداً ووقتاً أكبر لتطبيقها مقارنة مع الطرق الأخرى [9,10].



الشكل (5-1): تربة ثلاثية التطبق حسب Toksoz – Kirkham.

طور (Van Bers 1976) معادلتى (Ernest, Hooghoudt) مفترضاً إمكانية إهمال ضياعات الضاغط أعلى المصارف (وهو نفس افتراض Toksoz – Kirkham) ليقدم معادلة رياضية من الدرجة الثالثة وكانت نتائجه متقاربة بشكل كبير مع كيركهام وتوكسوز [11].

أوجد (Chestakov 1981) معادلة رياضية لحساب التباعد بين المصارف المغطاة في الترب ثنائية التطبيق عند توزيع المصارف في الطبقة العلوية، وبحيث تكون نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية [2].

طور (Wu – Chieng 1991) معادلتى (Ernest, Hooghoudt) دون إهمال ضياعات الضاغط أعلى المصارف، واستنتج معادلة لحساب التباعد بين المصارف في الترب ثنائية وثلاثية التطبيق ذات سهولة أكبر من كيركهام وتوكسوز وذات إمكانية أكبر للتطبيق ودقة كبيرة بالمقارنة مع النتائج الحقلية [13].

قدم (Oosterbaan–Boonstra–Rao 1996) معادلات لحساب التباعد بين المصارف ورسم منحني السطح الحر للماء مع إمكانية إدخال تأثير مقاومة المصرف لدخول الماء (ضياعات الضاغط عند المصرف) وعدم تماثل خواص التربة، وذلك بالاعتماد على معادلة توازن الطاقة [7]. درس (Singh 1999) الصرف المغطى في الترب ثلاثية التطبيق ووجد أن سطح الماء الحر يتأثر بموقع الحد الفاصل بين طبقات التربة [7].

استخدم (Halbac – Contora – Zamfir 2010) برنامج Endrain لحساب المسافة بين المصارف في الترب ثنائية التطبيق وكانت النتائج متقاربة بشكل كبير مع النتائج الحقلية [5].

درس (Valipour 2012) تأثير تغير عوامل الصرف على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف باستخدام برنامج Endrain ووجد أن مقاومة المصرف (ضياعات الضاغط عند المصرف) هو العامل الأقل تأثيراً على التباعد بين المصارف [12].

1-2- الدراسة النظرية للصرف المغطى في الترب ثنائية التطبيق:

نستعرض فيما يلي معادلات Ernest و Chestakov لحساب الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف في الترب ثنائية التطبيق.

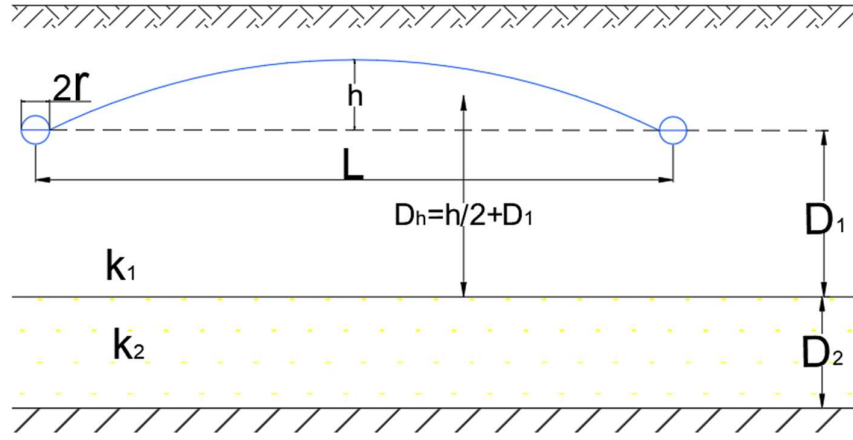
1-2-1- معادلة Ernest لحالة الصرف المغطى في الترب ثنائية التطبيق:

قدم Ernest معادلة رياضية لحساب الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف الأنبوبية في الترب ثنائية التطبيق في حالة توزيع المصارف بالطبقة العلوية كما في الشكل (1-6):

أعطى Ernst الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف في هذه الحالة بالمعادلة (1-1):

$$h = q \left(\frac{h}{k_1} + \frac{L^2}{8(k_1 D_h + k_2 D_2)} + \frac{L}{\pi k_1} \ln \frac{a D_1}{U} \right) \dots \dots \dots (1 - 1)$$

$$D_h = \frac{h}{2} + D_1 \dots \dots \dots (1 - 2)$$



الشكل (1-6): معادلة Ernst عندما تتوضع المصارف في الطبقة العلوية.

حيث:

- h : الضاغط المائي في منتصف المسافة بين المصارف (m).
- q : مقنن الصرف، وهو مساوٍ للتغذية السطحية في حالة الصرف المستقر (m/d).
- k_1 : معامل نفاذية الطبقة العلوية (m/d).
- k_2 : معامل نفاذية الطبقة السفلية (m/d).
- L : التباعد بين المصارف (m).

D_1 : سماكة الطبقة العلوية، وتمثل المسافة بين المصرف والحد الفاصل بين الطبقتين (m).

D_2 : سماكة الطبقة السفلية (m).

u : المحيط المبلول للمصرف، ويساوي نصف محيط المصرف الدائري (m).

D_h : سماكة المنطقة التي يحدث ضمنها الجريان الأفقي في الطبقة العلوية (m).

a: ثابت الشكل ويعطى من الجدول (1-1) تبعاً للنسبتين $\frac{D_2}{D_1}$ ، $\frac{k_2}{k_1}$.

الجدول (1-1): قيم ثابت الشكل (a)

$\frac{k_2}{k_1}$	$\frac{D_2}{D_1}$					
	1	2	4	8	16	32
1	2	3	5	9	15	30
2	2.4	3.2	4.6	6.2	8.0	10
3	2.6	3.3	4.5	5.5	6.8	8
5	2.8	3.5	4.4	4.8	5.6	6.2
10	3.2	3.6	4.2	4.5	4.8	5
20	3.6	3.7	4	4.2	4.4	4.6
50	3.8	4	4	4	4.2	4.6

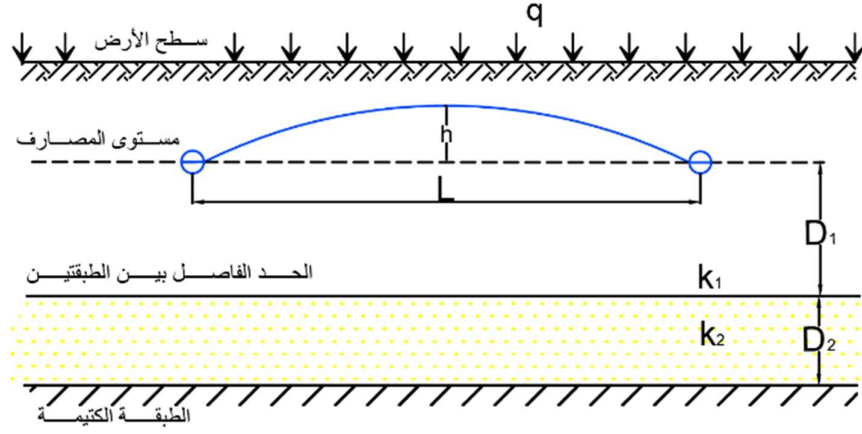
1-2-2- معادلة Chestakov لحالة الصرف المغطى في الترب ثنائية التطبيق:

قدم Chestakov معادلة رياضية لحساب الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف الأنبوبية في الترب ثنائية التطبيق في حالة توزيع المصارف في الطبقة العلوية كما في الشكل (1-7).

أعطى Chestakov التباعد بين المصارف في هذه الحالة بالمعادلة التالية:

$$L = 4 \left[\sqrt{L_{hd}^2 + \frac{T}{2q} H} - L_{hd} \right] \dots \dots \dots (1-3)$$

$$T = k_1 \cdot D_1 + k_2 \cdot D_2 \dots \dots \dots (1-4)$$



الشكل (7-1): معادلة Chestakov للتربة ثنائية التطبق

حيث:

L : التباعد بين المصارف.

T : مجموع الناقلية المائية لطبقات التربة (m^2/day).

k_1 : معامل نفاذية الطبقة العلوية (m/d).

k_2 : معامل نفاذية الطبقة السفلية (m/d).

D_1 : سماكة الطبقة العلوية، وتمثل المسافة الشاقولية بين المستوي المار بمحور المصارف المغطاة والحد الفاصل بين الطبقتين (m).

D_2 : سماكة الطبقة السفلية (m).

h : الضاغط المائي في منتصف المسافة بين المصارف (m).

q : مقنن الصرف كارتفاع طبقة مائية (m/day).

L_{hd} : طول التسرب المعادل لمنطقة التغير المفاجئ لتيار الجريان بالقرب من المصرف والناجم عن عدم توضع المصرف على سطح الطبقة الكتيمة (الصرف غير كامل) (m).

وتحسب L_{hd} كما يلي:

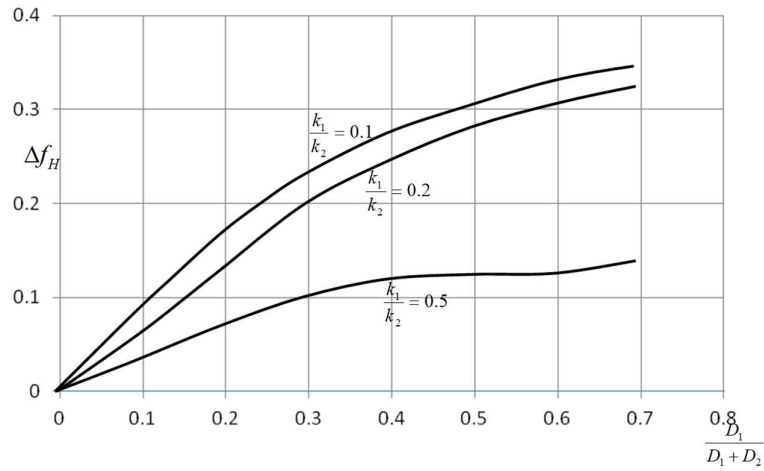
- من أجل $\frac{k_2}{k_1} > 10$ فإن قيمة L_{hd} تعطى بالمعادلة التالية:

$$L_{hd} = 0.73 \frac{k_2}{k_1} D_2 \log \frac{2D_1}{\pi d} \dots \dots \dots (1-5)$$

- من أجل $1 < \frac{k_2}{k_1} < 10$ فإن قيمة L_{hd} تعطى بالمعادلة التالية:

$$L_{hd} = \left(D_1 + \frac{k_2}{k_1} D_2 \right) \left[0.73 \log \frac{2(D_1 + D_2)}{\pi d} + \Delta f_H \right] \dots \dots \dots (1-6)$$

Δf_H : المقاومة التي تأخذ بعين الاعتبار عدم تجانس الطبقة النفوذة وتحدد من الشكل (8-1).



الشكل (8-1): مخطط تحديد قيمة Δf_H

الفصل الثاني

لمحة عن برنامج MODFLOW

2-1-1 مقدمة:

يعمل برنامج MODFLOW ضمن بيئة GMS (Groundwater Modelling System) عن طريق تشكيل شبكة ثلاثية الأبعاد وحل المعادلة التفاضلية الجزئية لحركة المياه الجوفية بطريقة الفروقات المنتهية في حالة تربة مشبعة، ويستطيع البرنامج التعامل مع حالي الجريان المستقر وغير المستقر، ويؤمن إمكانية إدخال العديد من الشروط الحدية.

2-2-2 بناء نموذج MODFLOW:

يمكن تلخيص الخطوات الأساسية للقيام بمحاكاة MODFLOW بما يلي:

2-2-2-1 تشكيل الشبكة ثلاثية الأبعاد:

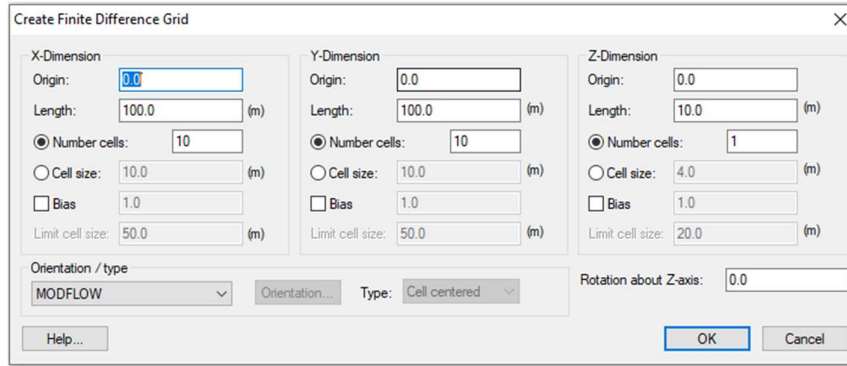
وهناك طريقتان للقيام بذلك، إما باستخدام تقريب الشبكة (Grid Approach) أو تقريب النموذج الافتراضي (Conceptual Model Approach)، وقمنا في هذه الدراسة باستخدام تقريب الشبكة (Grid Approach) نظراً لسهولة إمكانية تغيير خصائص كل خلية على حدا.

عند فتح نافذة تشكيل الشبكة (Create Finite Difference Grid Dialog) المبينة في الشكل (2-1) يتم تحديد أبعاد الشبكة في الاتجاهات الثلاثة (X,Y,Z) كما نقوم بتحديد أبعاد الخلية في كل اتجاه أو بتحديد أبعاد الخلية بشكل مباشر.

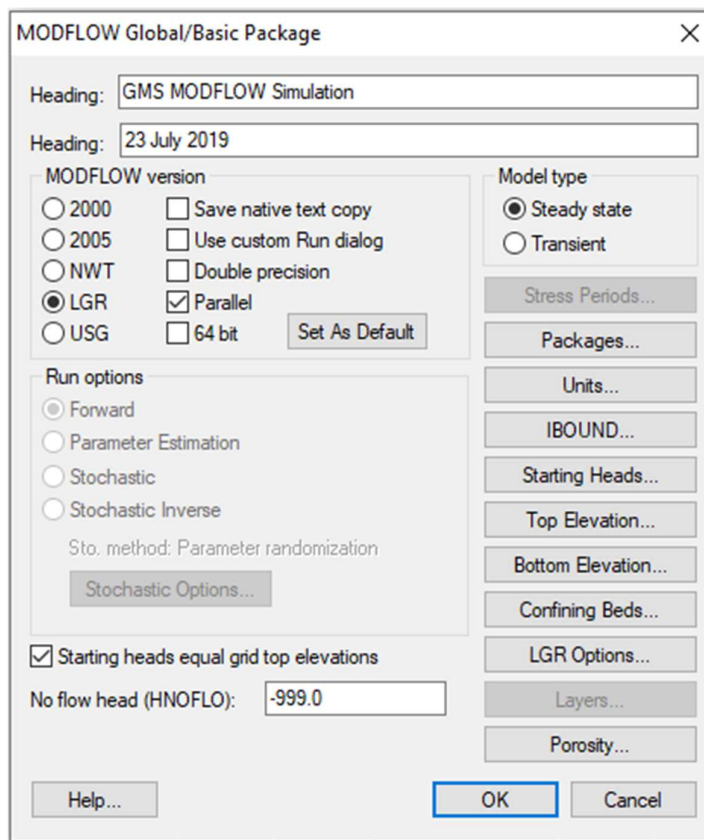
2-2-2-2 تهيئة MODFLOW:

في النافذة (MODFLOW Global/Basic Package) المخصصة لإنشاء محاكاة MODFLOW والمبينة في الشكل (2-2) يتم تحديد مايلي:

- اسم المحاكاة وتاريخها.
- نسخة MODFLOW المستخدمة: وفي هذا البحث تم استخدام نسخة LGR.
- نوع الجريان: مستقر (Steady state) أو غير مستقر (transient).



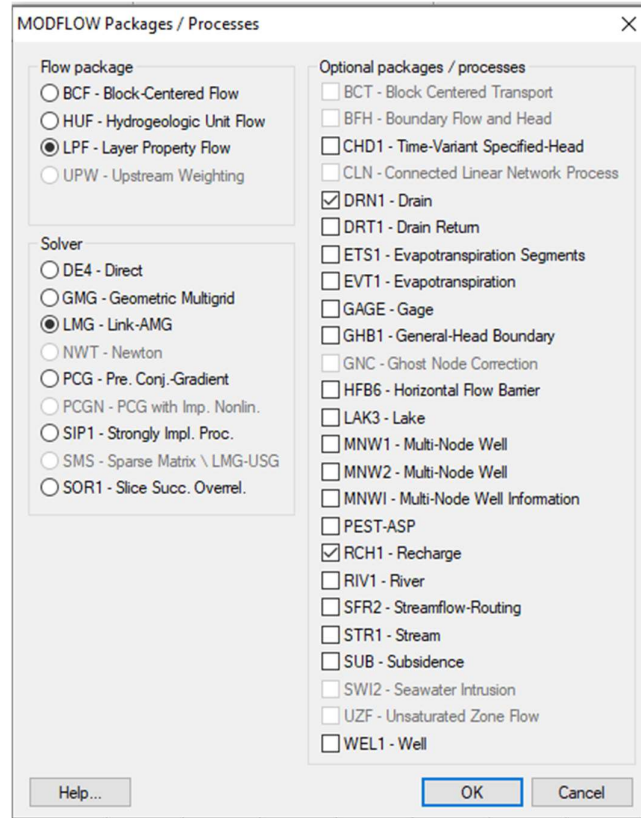
الشكل (2-1): إنشاء شبكة ثلاثية الأبعاد.



الشكل (2-2): إنشاء محاكاة MODFLOW جديدة.

- الحزم المستخدمة (Packages): وعند فتح نافذة الحزم (MODFLOW Packages/Processes) المبينة في الشكل (2-3) يتم اختيار حزمة الجريان (Flow Package) وطريقة الحل (Solver) حيث تم اختيار طريقة LMG – Link-AMG في هذا البحث، كما يتم اختيار الحزم المطلوبة لتشكيل الشروط الحدية، من مصارف أو أنهار

أو بحيرات أو آبار إلخ...، وفي هذا البحث تم تحديد حزمة المصارف DRN1-Drain وحزمة التغذية RCH1-Recharge.



الشكل (2-3): اختيار الحزم المطلوبة.

- الوحدات المستخدمة (Units): وقد تم اعتماد النظام المتري في هذا البحث.
- الحدود (IBOUND): حيث يتم تحديد الخلايا الفعالة (active) بإعطائها قيمة (1)، وغير الفعالة (inactive) بإعطائها قيمة (0) أو ذات الضاغط الثابت (Constant Head) بإعطائها قيمة سالبة.
- الضواغط البدائية (Starting Heads): حيث يتم تحديد الضاغط الأولي في كل خلية ويستخدم في حالة الجريان غير المستقر.
- منسوب القمة (Top Elevation): لتحديد منسوب أعلى كل طبقة.
- منسوب القاعدة (Bottom Elevation): لتحديد منسوب أسفل كل طبقة.
- الطبقة الكتيمة (Confining Bed): لتحديد الطبقة التي تحدها من الأسفل طبقة كتيمة.

• المسامية (Porosity).

2-2-3- تحديد الشروط الحدية:

من قائمة MODFLOW وفي الحزم الاختيارية (Optional Packages) يتم فتح نافذة التغذية (MODFLOW Recharge Package-Parent) المبينة بالشكل (2-4)، حيث يتم تحديد قيمة التغذية في المنطقة المدروسة.

MODFLOW Recharge Package - Parent

Recharge option (NRCHOP): (3) Recharge at highest active cell

Multiplier: 1.0

Stress period: 1

Start Time: 0.0

End Time: 1.0

View/Edit: RECH. Flux

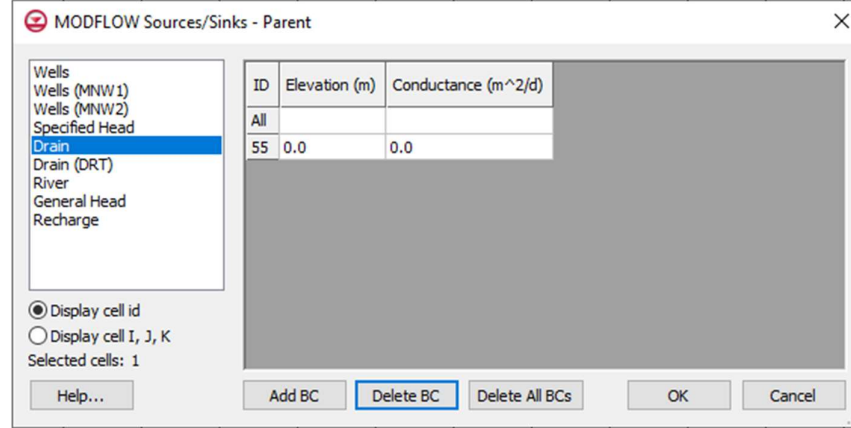
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
2	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
3	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
4	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
5	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
6	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
7	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
8	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
9	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
10	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015

Units: (m/d)

الشكل (2-4): تحديد قيمة التغذية.

أما المصارف فيتم وضعها في الخلايا مباشرة بتحديد هذه الخلايا وفتح نافذة MODFLOW Sources/Sinks-Parent المبينة بالشكل (2-5)، حيث يمكن إضافة بئر صرف أو بئر حقن أو ضاغط ثابت أو مصرف أو مصرف راجع أو نهر إلخ...، وعند اختيار مصرف (Drain) يجب إدخال منسوب قاعدة المصرف، والناقلية حول المصرف (c)، ونظراً لعدم دراسة تأثير الفلتر

حول المصرف في هذا البحث فقد تم اعتماد قيمة كبيرة للنفاذية للتمكن من إهمال ضياعات الضاغط حول المصرف، وتم اعتماد القيمة $c=100 \text{ m}^2/\text{d}$.



الشكل (2-5): إضافة المصارف.

2-2-4- تحديد خصائص طبقات التربة:

في قائمة MODFLOW وعند فتح نافذة (LPF-Layer Property Flow) المبينة في الشكل (2-6)، حيث يتم تحديد ارتفاع كل طبقة من طبقات الشبكة وتحديد نفاذية كل منها بطريقتين:

- استخدام مصفوفة البيانات Use Data Array: حيث يعتبر البرنامج أن كل صف أفقي من الخلايا طبقة مستقلة يمكن تحديد ارتفاع أعلى وأسفل كل طبقة ونفاذيتها الأفقية والشاقولية بشكل يدوي.
- استخدام معرفات المواد Use Material Ids: وقد تم اختيار هذه الطريقة في هذا البحث نظراً لسهولة استخدامها.

2-2-5- تحديد خصائص المواد Materials:

من نافذة المواد (Materials) المبينة في الشكل (2-7) حيث يتم إضافة العدد المطلوب من المواد وتسميتها وتغيير لونها وشفافيتها وخصائص هذه المواد من نفاذية أفقية (Horizontal K) ونفاذية شاقولية (Vertical K) ومعامل عدم الانتظام الأفقي (Horiz.anisotropy Kv/Kh) والشاقولي (Vert.anisotropy Kh/Kv) والمسامية وغيرها.

LPF Package - Parent

Layer property entry method

☐ Use data arrays ☒ Use material IDs More LPF Options...

Layer data

Layer: 1 Material IDs...

Layer type:

☐ Confined Material Properties...

☒ Convertible

☐ Convertible Negative

☐ Convertible Upstream

Vertical hydraulic conductivity:

☐ Specify Kv Wet/Dry Flag...

☒ Specify anisotropy factors Vertical Conductivity of Confining Beds...

Interblock transmissivity:

Harmonic Mean

Cell wetting parameters

☐ Allow wetting of cells

Wetting factor: 1.0 Wetting iter. interval: 1

Wetting equation: $h = BOT + WETFCT (H_n - BOT)$

Help... OK Cancel

الشكل (6-2): تحديد خصائص الطبقات.

Materials

MODFLOW

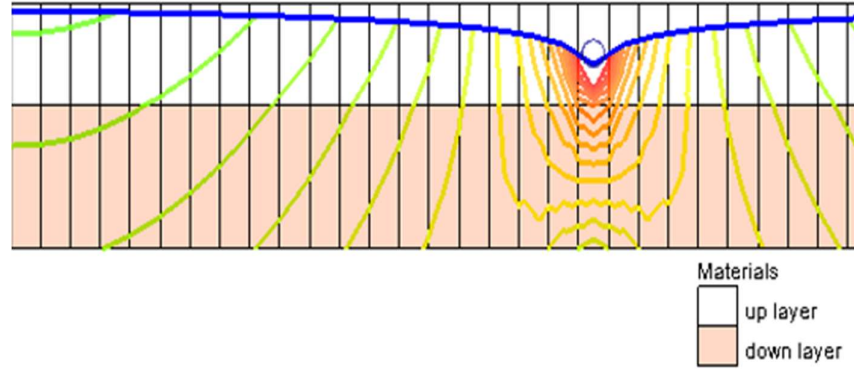
	ID	Name	Color/Pattern	Transparency (%)	Horizontal k (m/d)	Vertical k (m/d)	Horiz. anisotropy	Vert. anisotr (Kh/Kv)
All				70.0				1.0
1	1	material_1		70.0	0.5	0.5	1.0	1.0
2	2	2		70.0	2.0	2.0	1.0	1.0
*								

Help... Export... OK Cancel

الشكل (7-2): تحديد خصائص المواد.

2-2-6- بدء المحاكاة Run MODFLOW:

حيث يقوم البرنامج بحساب قيمة الضاغط في كل خلية من خلايا الشبكة وذلك بتطبيق نظرية الفروقات المنتهية لحل المعادلة التفاضلية الجزئية لحركة المياه الجوفية، ورسم السطح الحر للماء وخطوط تساوي الضاغط كما في الشكل (2-8).



الشكل (2-8): رسم السطح الحر للماء وخطوط تساوي الضغط.

الفصل الثالث

تحليل النتائج

3-1- مقدمة:

في هذا البحث تمت دراسة حركة المياه الجوفية باتجاه المصارف المغطاة وذلك من أجل حالتين، الحالة الأولى وجود طبقتين من التربة والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية، أما الحالة الثانية من أجل وجود ثلاث طبقات من التربة والمصارف في الطبقة العلوية.

وقد تمت دراسة تأثير خواص كل طبقة من حيث السماكة ومعامل النفاذية على الضاغط المائي في منتصف المسافة بين المصارف. كما تمت دراسة تأثير التغذية المائية (مقنن الصرف) على قيمة الضاغط بين المصارف.

وبين الشكل (a-1-3) المقطع البيدولوجي للمنطقة المدروسة وذلك من أجل حالة طبقتين من التربة، كما بين الشكل (b-1-3) المقطع البيدولوجي للمنطقة المدروسة وذلك من أجل حالة ثلاث طبقات من التربة،

حيث أن:

D_3, D_2, D_1 : سماكة الطبقة العلوية والوسطى والسفلية على التوالي.

K_3, K_2, K_1 : معامل نفاذية الطبقة العلوية والوسطى والسفلية على التوالي.

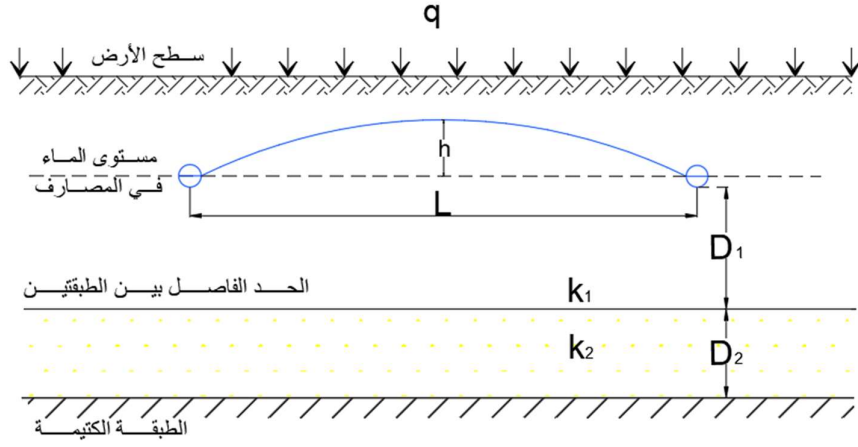
h : الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف.

L : التباعد بين المصارف.

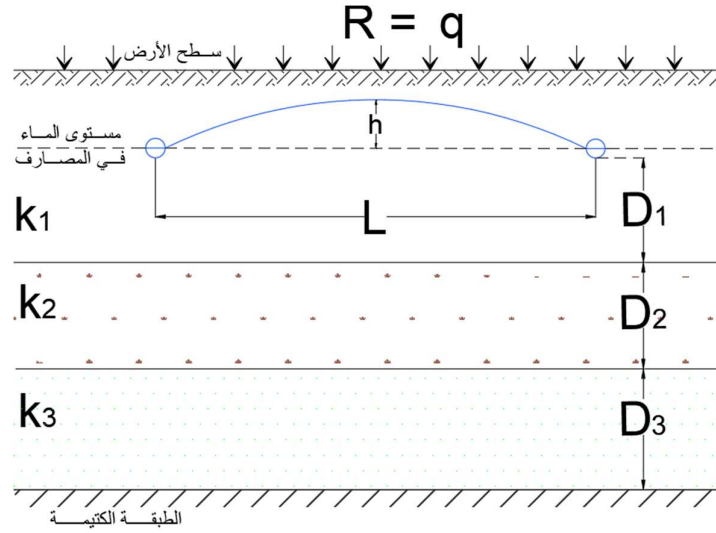
q : التغذية المائية (مقنن الصرف).

ولدراسة تأثير خصائص كل طبقة على الضاغط المائي في منتصف المسافة بين المصارف تم

استخدام برنامج (MODFLOW) ضمن بيئة برنامج GMS (Groundwater Modeling System)، وتم وضع النتائج على شكل منحنيات لا بعدية.



الشكل (a-1-3): مقطع بيولوجي في تربة ثنائية التطبق.

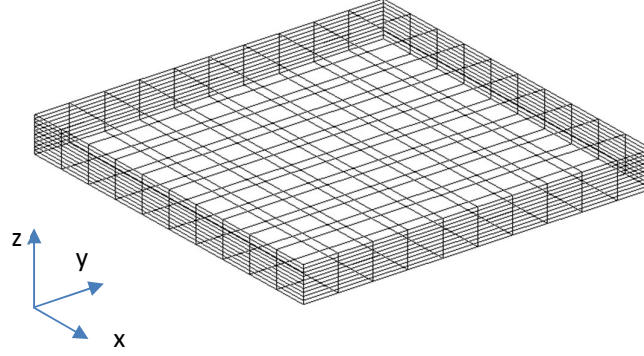


الشكل (b-1-3): مقطع بيولوجي في تربة ثلاثية التطبق.

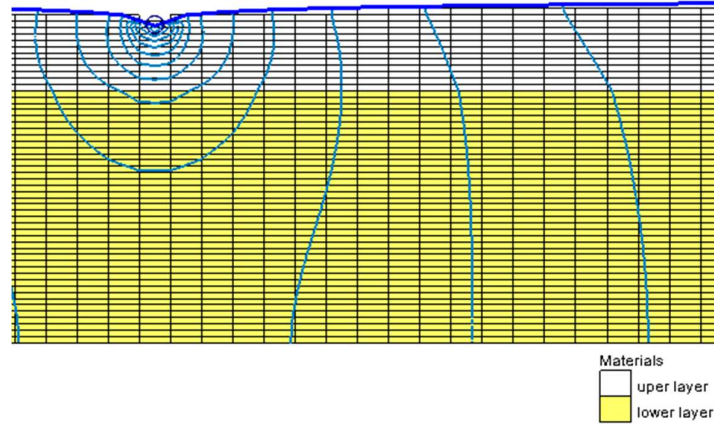
3-2- التحقق من برنامج الحاسب الآلي (MODFLOW):

يعتبر برنامج (MODFLOW) المستخدم في الدراسة من البرامج الهندسية التي تدرس حركة المياه الجوفية في الاتجاهات الثلاث، حيث يعتمد برنامج (MODFLOW) على نظرية الفروقات

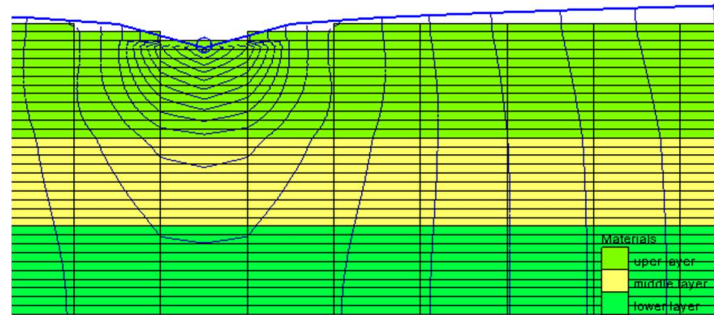
المنتوية لحل المعادلة التفاضلية الجزئية لحركة المياه الجوفية من خلال تشكيل شبكة متوازي مستطيلات، كما في الشكل (2-3) والشكلين (a-3-3) و (b-3-3)، وتحديد الشروط الحدية المناسبة للحالة المدروسة.



الشكل (2-3): شبكة متوازي المستطيلات في برنامج MODFLOW.

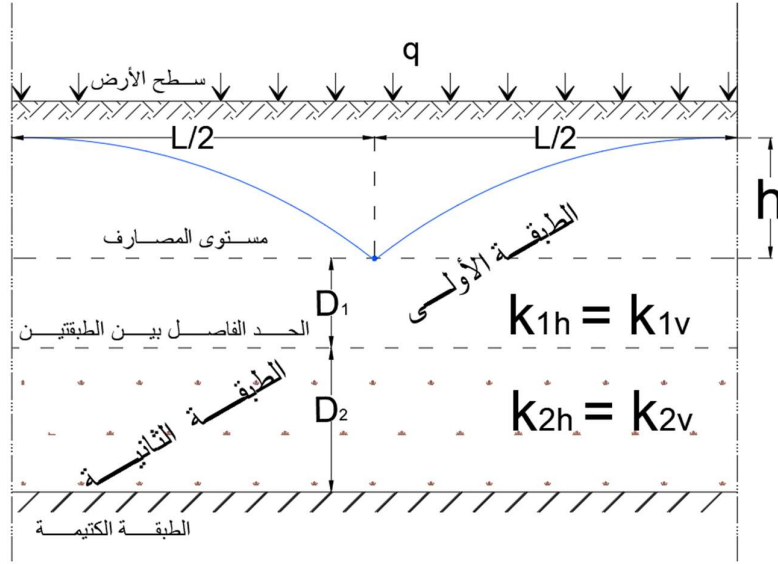


الشكل (a-3-3): مقطع عرضي في تربة ثنائية التطبيق



الشكل (b-3-3): مقطع عرضي في تربة ثلاثية التطبيق

يبين الشكل (4-3): الشروط الحدية للحالة المدروسة حيث تم تمثيل المصرف المغطى بنقطة، وتم اعتماد الحد الأيمن والأيسر لمنطقة الدراسة عند منتصف المسافة بين المصرفين المتجاورين.



الشكل (4-3): الشروط الحدية للحالة المدروسة في برنامج MODFLOW.

تم إيجاد الضاغط المائي في منتصف المسافة بين المصارف وذلك بالاعتماد على طريقة (Ernest) وطريقة (Chestakov) وطريقة الفروقات المنتهية باستخدام برنامج MODFLOW، وتمت مقارنة النتائج المستنتجة من البرنامج مع النتائج المحسوبة من معادلات Ernest و Chestakov.

يبين الجدول (1-3) والشكل (5-3) مقارنة قيم الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف الناتجة من البرنامج مع قيم الضاغط الناتجة من معادلة (Ernest) والقيم الناتجة من معادلة (Chestakov) من أجل الحالة التالية [1]:

- التباعد بين المصارف $L = 40 \text{ m}$.
- سماكة الطبقة العلوية $D_1 = 1 \text{ m}$.
- سماكة الطبقة السفلية $D_2 = 4 \text{ m}$.
- التغذية المائية $q = 0.007 \text{ m/d}$.
- نفاذية الطبقة السفلية $K_2 = 2 \text{ m/d}$.
- نفاذية الطبقة العلوية متغيرة $K_1 = 0.5, 1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2 \text{ m/d}$.

لغرض المقارنة تم تشكيل الشبكة في برنامج MODFLOW على النحو التالي:

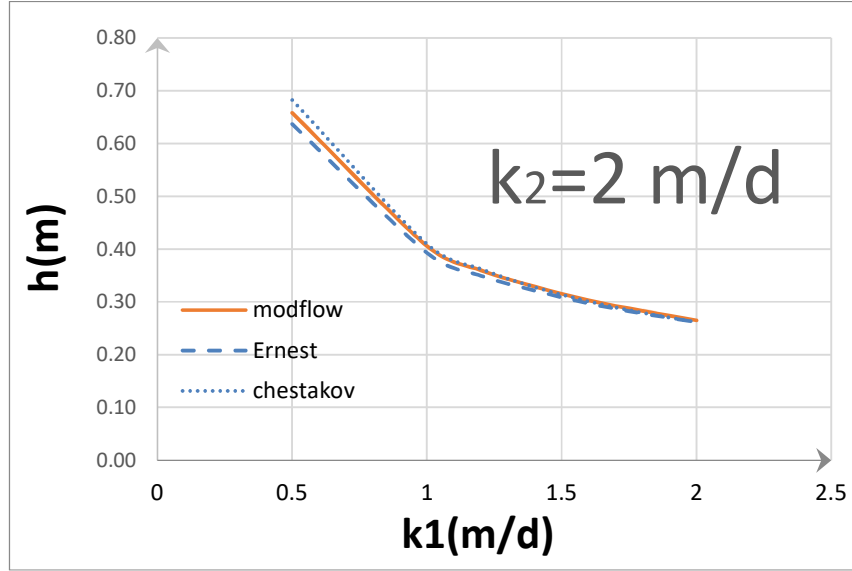
- أبعاد الشبكة: $X=40m, Y=1m, Z=6.8m$.
- أبعاد الخلايا: $x=0.5m, y=0.1m, z=0.1m$.
- نسخة MODFLOW المستخدمة (MODFLOW Version) هي LGR.
- تم اختيار (Solver) للعمل هو: LMG - Link-AMG نظراً لسرعته.
- تم إضافة حزمة مصارف DRN1 - Drain.
- تم إضافة حزمة تغذية RCH1 - Recharge.
- الجريان في الحالة المستقرة والتغذية: $Recharge=0.007m/d$.
- تم تقسيم مقطع التربة إلى طبقتين باستخدام واجهة المواد (Materials) حيث كانت الطبقة العلوية تشمل جميع الخلايا التي تقع على الارتفاع: $Z=4-6.8m$ ، والطبقة الثانية تشمل الخلايا الواقعة على ارتفاع: $Z=0-4m$.
- كل طبقة من طبقتي التربة متجانسة ومتماثلة الخواص:
- $Horizontal K = Vertical K$ ، ومعامل التجانس: $K_h/K_v = 1$ لكل طبقة.
- المصرف يتوضع في الطبقة العلوية عند الارتفاع (منسوب قاعدة المصرف):
- $Z = D_2 + D_1 = 4 + 1 = 5m$
- الناقلية حول المصرف (conductance):

$$c = 100 m^2/d$$

الجدول (1-3): مقارنة بين قيم الضاغط الناتجة من البرنامج مع معادلتني Ernest و chestakov من أجل الحالة المحددة:

2	1.8	1.6	1.4	1.2	1	0.5	k1	
0.27	0.28	0.303	0.33	0.36	0.41	0.66	MODFLOW	h
0.26	0.28	0.297	0.32	0.35	0.39	0.64	Ernest	
1.33	1.77	2.001	2.38	2.99	3.31	3.34	الفرق النسبي	$\Delta h\%$
0.26	0.28	0.301	0.33	0.36	0.41	0.68	chestakov	h
1.19	1.33	0.669	0.33	0.68	0.89	3.59	الفرق النسبي	$\Delta h\%$

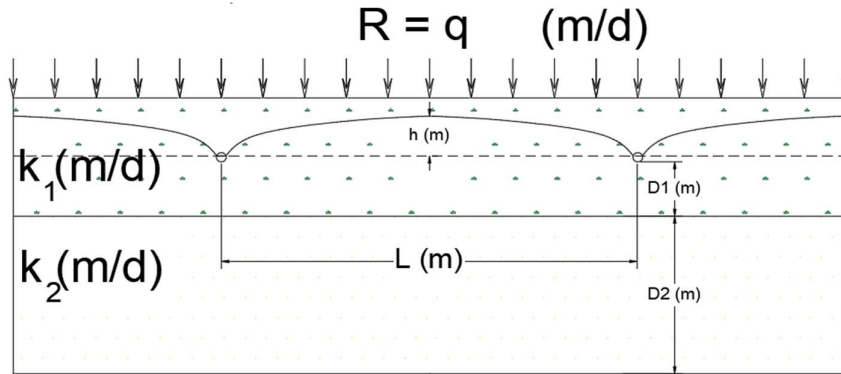
من الجدول (1-3) والشكل (3-5) يمكن ملاحظة أن قيم الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف الناتجة من البرنامج والقيم المحسوبة من المعادلات متقاربة، وأن الفرق النسبي في القيم أقل من 4%. وبالتالي يمكن دراسة تأثير المتغيرات على حركة المياه باتجاه المصارف الأنبوبية في الترب ثنائية التطبيق عند توضع المصارف في الطبقة العلوية باستخدام برنامج MODFLOW.



الشكل (3-5): مقارنة نتائج MODFLOW مع معادلي Ernest و chestakov.

3-3- دراسة تربة ثنائية التطبق والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية:

تم دراسة تأثير سماكة الطبقة العلوية (D_1) والتي تمثل المسافة الشاقولية بين منسوب أسفل المصرف المغطى والحد الفاصل بين الطبقتين، ومعامل نفاذيتها (K_1)، وسماكة الطبقة السفلية (D_2) ومعامل نفاذيتها (K_2)، على الضاغط المائي في منتصف المسافة بين المصارف المتوضعة في الطبقة العلوية (h)، كما هو مبين في الشكل (3-6)، وذلك من أجل حالتين، الحالة الأولى: عندما تكون نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية العلوية $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، والثانية: عندما تكون نفاذية السفلية أصغر من نفاذية العلوية $\frac{k_2}{k_1} < 1$ وتم وضع النتائج على شكل منحنيات لا بعدية.



الشكل (3-6): تربة ثنائية التطبق والمصارف في الطبقة العلوية.

وقد اعتمدت الدراسة على الفرضيات التالية:

- مقطع التربة مؤلف من طبقتين كل طبقة متجانسة وموحدة الخواص ($k_x = k_y$).
- حالة الجريان مستقر للمياه الجوفية باتجاه المصارف.
- التغذية السطحية متجانسة على كامل منطقة الدراسة.
- جميع الطبقات أفقية ولا يوجد أي عوائق في المنطقة المدروسة.

$$1-3-3- \text{ نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية } \frac{k_2}{k_1} > 1$$

$$1-1-3-3- \text{ تأثير سماكة الطبقة العلوية } (D_1/L) \text{ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف } \left(\frac{h}{L}\right):$$

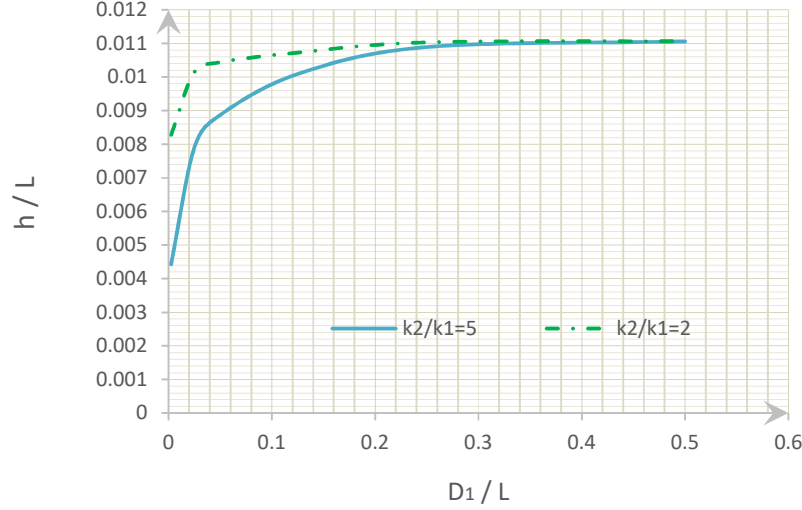
يبين الشكل (7-3) تأثير سماكة الطبقة العلوية $\left(\frac{D_1}{L}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل:

$$\frac{D_2}{L} = 0.1, \frac{q}{K_1} = 0.007.$$

وذلك من أجل قيم مختلفة لمعامل نفاذية الطبقة السفلية $2 - 5 \frac{K_2}{K_1}$.

نلاحظ من الشكل (7-3) أنه من أجل نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 > K_1$) فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ تزداد بازدياد سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) ، كما نلاحظ من الشكل (7-3) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ تتأثر بشكل واضح بتغير سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) عندما تكون $0.2 \leq (D_1/L)$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) من 0.0025 إلى 0.2 تؤدي لزيادة قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 168% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 5$ ، وبمقدار 38% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 2$ ، كما نلاحظ من الشكل (7-3) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ تتأثر بشكل ضعيف بتغير سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) عندما تكون $(D_1/L) \geq 0.2$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) من 0.2 إلى 0.5 تؤدي لزيادة قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 3% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 5$ ، ولا تسبب أية زيادة في الضاغط عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 2$ ، وبالتالي يمكن

استنتاج أن السماكة الفعالة للطبقة العلوية التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف (D_1) تساوي 20% من المسافة بين المصارف (L) أي أن $\frac{D_1}{L} = 0.2$ ، وذلك في حال كانت نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية العلوية $\frac{k_2}{k_1} > 1$.



الشكل (7-3): تأثير سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) على الضاغط في منتصف المسافة بين

$$\text{المصارف } \left(\frac{h}{L}\right) \text{ من أجل } \frac{D_2}{L} = 0.1, \frac{q}{k_1} = 0.007, \frac{K_2}{K_1} = 2 - 5$$

3-3-1-2 تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$:

يبين الشكل (8-3) تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل:

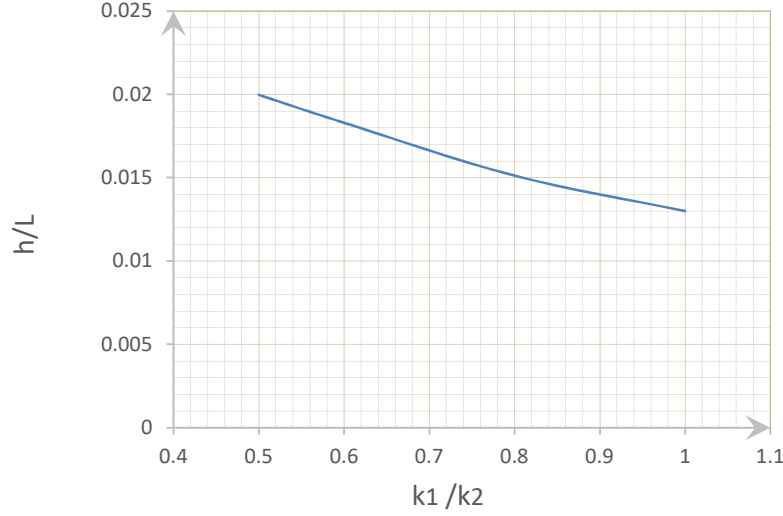
$$\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_2} = 0.007, \frac{D_2}{L} = 0.1.$$

نلاحظ من الشكل (8-3) أنه بازدياد نفاذية الطبقة العلوية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف

المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن ازدياد نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) من 0.5 إلى 1 أي

بمقدار الضعف، يؤدي إلى انخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$

بمقدار 35%.



الشكل (8-3): تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين

$$\text{المصارف } (\frac{h}{L}) \text{ من أجل } \frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_2} = 0.007, \frac{D_2}{L} = 0.1$$

3-1-3-3- تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين
المصارف ($\frac{h}{L}$):

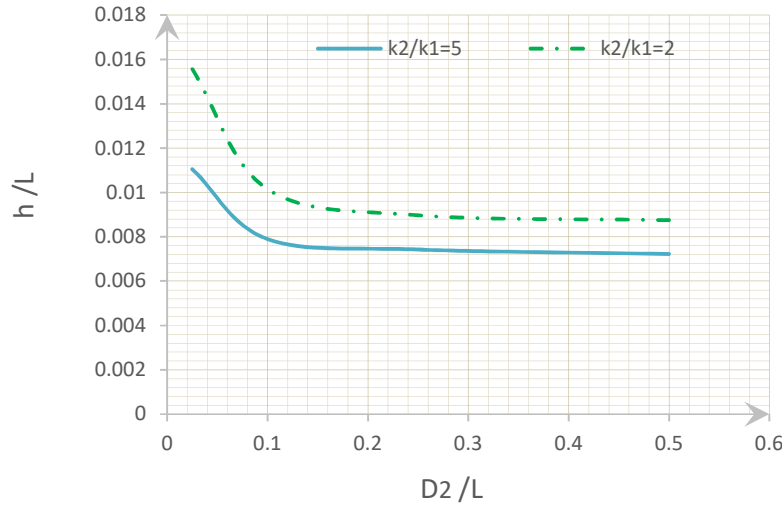
يبين الشكل (9-3) تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين
المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_1} = 0.007.$$

ومن أجل قيم مختلفة لنفاذية الطبقة السفلية $K_2/K_1 = 2 - 5$.

نلاحظ من الشكل (9-3) أنه من أجل نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 > K_1$) فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) تتناقص بازدياد سماكة الطبقة السفلية (D_2/L)، كما نلاحظ من الشكل (9-3) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) تتأثر بشكل واضح بتغير سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) عندما تكون $(D_2/L) \leq 0.1$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) من 0.025 إلى 0.1 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 37.5%، كما نلاحظ من

الشكل (9-3) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ تتأثر بشكل ضعيف بتغير سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) عندما تكون $(D_2/L) > 0.1$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) من 0.1 إلى 0.5 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 12%، وبالتالي يمكن استنتاج أن السماكة الفعالة للطبقة السفلية التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف D_2 تساوي 10% من المسافة بين المصارف L أي أن $\frac{D_2}{L} = 0.1$.



الشكل (9-3): تأثير سماكة الطبقة السفلية $(\frac{D_2}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

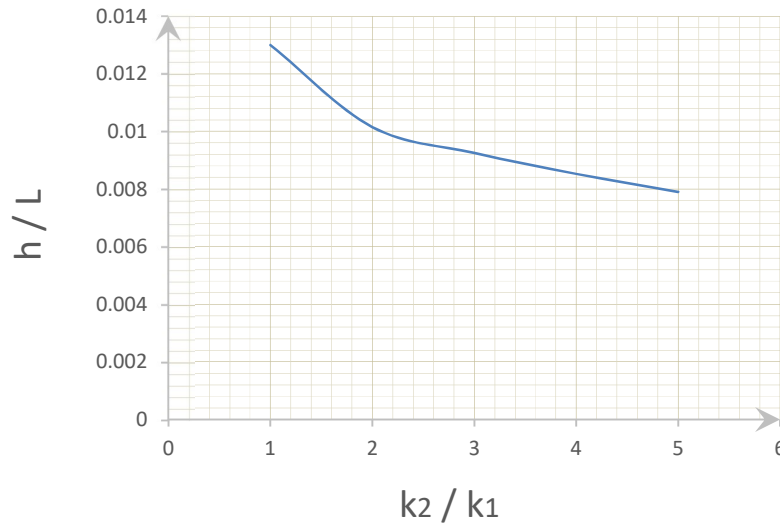
المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل 5 - 2 $\frac{K_2}{K_1}$, $\frac{q}{K_1} = 0.007$, $\frac{D_1}{L} = 0.025$.

3-3-1-4 - تأثير نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{K_2}{K_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (10-3) تأثير نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{K_2}{K_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_1} = 0.007, \frac{D_2}{L} = 0.1.$$

نلاحظ من الشكل (10-3) أنه بازدياد نفاذية الطبقة السفلية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن ازدياد معامل نفاذية الطبقة السفلية $\left(\frac{K_2}{K_1}\right)$ من 1 إلى 2 أي بمقدار الضعف يؤدي إلى انخفاض الضاغط $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 23%.

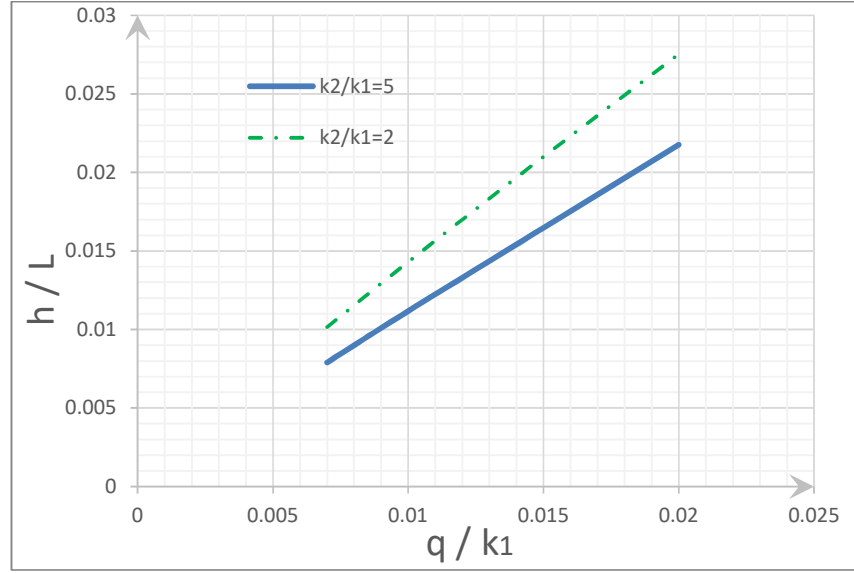


الشكل (10-3): تأثير نفاذية الطبقة السفلية $\left(\frac{K_2}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل $\frac{D_2}{L} = 0.1$, $\frac{q}{K_1} = 0.007$, $\frac{D_1}{L} = 0.025$

3-3-1-5- تأثير التغذية المائية $\left(\frac{q}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$:

يبين الشكل (11-3) تأثير التغذية المائية $\left(\frac{q}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل: $\frac{D_2}{L} = 0.1$, $\frac{K_2}{K_1} = 2 - 5$, $\frac{D_1}{L} = 0.025$.

نلاحظ من الشكل (11-3) أنه بازدياد قيمة التغذية المائية، تزداد قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بشكل خطي، كما نلاحظ أنه بتناقص نفاذية الطبقة السفلية يزداد ميل الخط المعبر عن هذه العلاقة.



الشكل (11-3): تأثير التغذية المائية ($\frac{q}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف

$$\left(\frac{h}{L}\right) \text{ من أجل: } \frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{D_2}{L} = 0.1, \frac{K_2}{K_1} = 2 - 5$$

3-3-2- نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية $\frac{k_2}{k_1} < 1$:

3-3-2-1- تأثير سماكة الطبقة العلوية ($\frac{D_1}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):

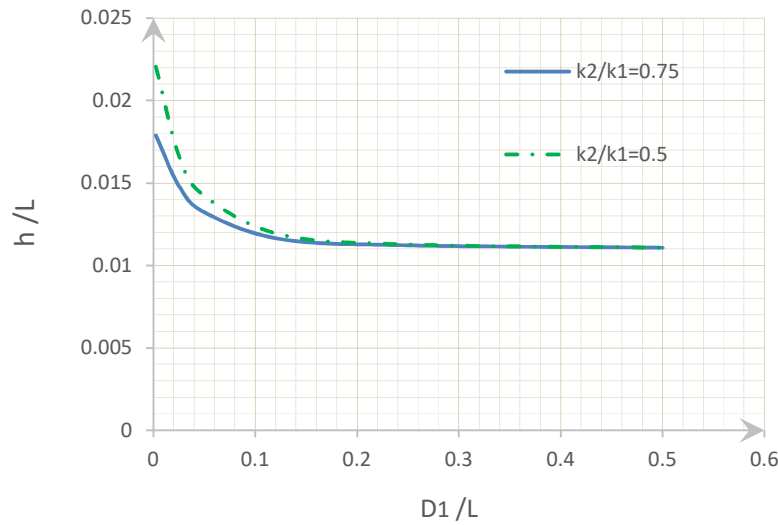
يبين الشكل (12-3) تأثير سماكة الطبقة العلوية ($\frac{D_1}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{h}{L}$ من أجل:

$$\frac{D_2}{L} = 0.1, \frac{q}{K_1} = 0.007.$$

وذلك من أجل قيم مختلفة لمعامل نفاذية الطبقة السفلية $\frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75$.

نلاحظ من الشكل (12-3) أنه من أجل نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 < K_1$) فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) تتناقص بازدياد سماكة الطبقة العلوية (D_1/L)، كما نلاحظ من الشكل (12-3) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) تتأثر بشكل واضح بتغير سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) عندما تكون $(D_1/L) \leq 0.1$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) من 0.0025 إلى 0.1 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 45% عندما تكون

$\frac{K_2}{K_1} = 0.5$ ، وبمقدار 33% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 0.75$ ، كما نلاحظ من الشكل (3-12) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ تتأثر بشكل ضعيف بتغير سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) عندما تكون $(D_1/L) > 0.1$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة العلوية من 0.1 إلى 0.5 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 10% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 0.5$ ، وبمقدار 9% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 0.75$ وبالتالي يمكن استنتاج أن السماكة الفعالة للطبقة العلوية التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف D_1 تساوي 10% من المسافة بين المصارف L أي $\frac{D_1}{L} = 0.1$ ، وذلك في حال كانت نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية العلوية $\frac{k_2}{k_1} < 1$.



الشكل (3-12): تأثير سماكة الطبقة العلوية $\left(\frac{D_1}{L}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

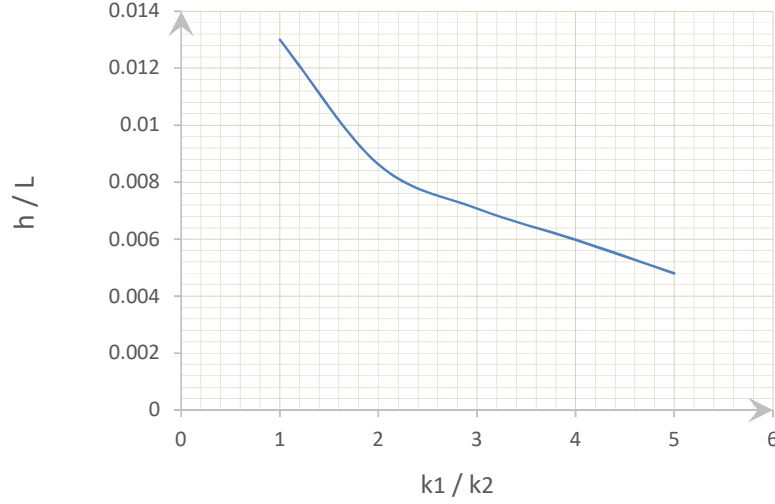
المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل: $\frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75$ ، $\frac{q}{K_1} = 0.007$ ، $\frac{D_2}{L} = 0.1$

3-2-2-2 تأثير نفاذية الطبقة العلوية $\left(\frac{K_1}{K_2}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$:

يبين الشكل (3-13) تأثير نفاذية الطبقة العلوية $\left(\frac{K_1}{K_2}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_2} = 0.007, \frac{D_2}{L} = 0.1.$$

نلاحظ من الشكل (2-13) أنه بازدياد نفاذية الطبقة العلوية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن ازدياد نفاذية الطبقة العلوية $\left(\frac{K_1}{K_2}\right)$ من 1 إلى 2 أي بمقدار الضعف، يؤدي إلى انخفاض قيمة الضاغط $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 31% تقريباً.



الشكل (3-13): تأثير نفاذية الطبقة العلوية $\left(\frac{K_1}{K_2}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل $\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_2} = 0.007, \frac{D_2}{L} = 0.1$

3-2-3-3- تأثير سماكة الطبقة السفلية $\left(\frac{D_2}{L}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$:

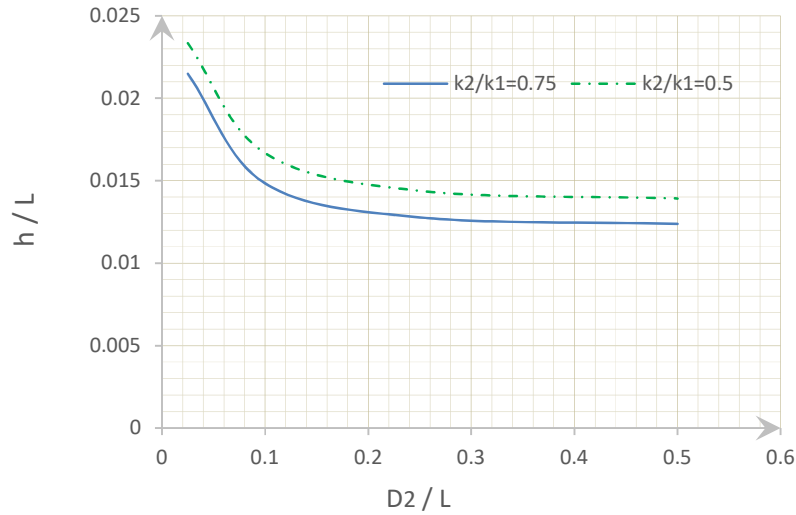
يبين الشكل (3-14) تأثير سماكة الطبقة السفلية $\left(\frac{D_2}{L}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_1} = 0.007.$$

ومن أجل قيم مختلفة لنفاذية الطبقة السفلية $\frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75$.

نلاحظ من الشكل (3-14) أنه من أجل نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية $(K_2 > K_1)$ فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ تتناقص بازدياد سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) ، كما نلاحظ من الشكل (3-14) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة

بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ تتأثر بشكل واضح بتغير سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) عندما تكون $(D_2/L) \leq 0.2$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) من 0.025 إلى 0.2 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 38%، كما نلاحظ من الشكل (3-14) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ تتأثر بشكل ضعيف بتغير سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) عندما تكون $(D_2/L) > 0.2$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة السفلية (D_2/L) من 0.2 إلى 0.5 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 7.7%، وبالتالي يمكن استنتاج أن السماكة الفعالة للطبقة السفلية التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف D_2 تساوي 20% من المسافة بين المصارف L أي $\frac{D_2}{L} = 0.2$.



الشكل (3-14): تأثير سماكة الطبقة السفلية $\left(\frac{D_2}{L}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل $\frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75$, $\frac{q}{K_1} = 0.007$, $\frac{D_1}{L} = 0.025$

3-3-4- تأثير نفاذية الطبقة السفلية $\left(\frac{K_2}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

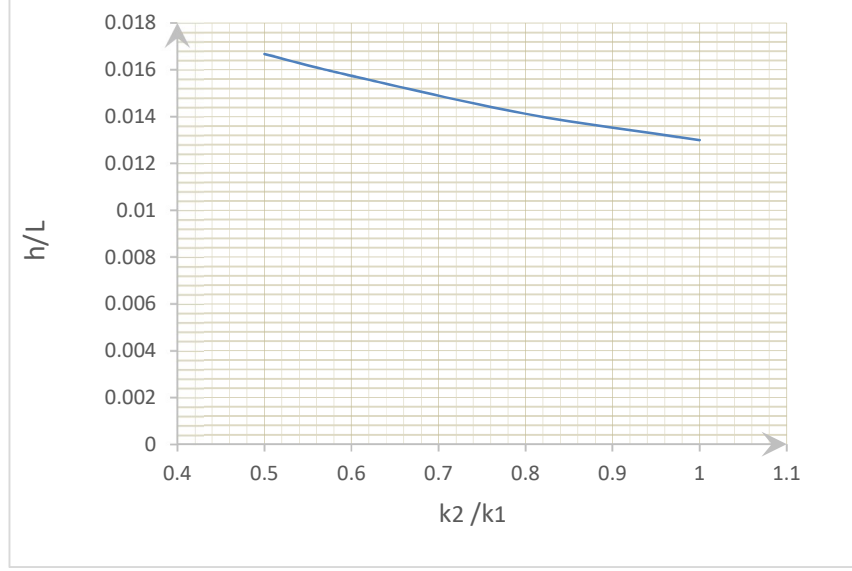
المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$:

يبين الشكل (3-15) تأثير نفاذية الطبقة السفلية $\left(\frac{K_2}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{q}{K_1} = 0.007, \frac{D_2}{L} = 0.1.$$

نلاحظ من الشكل (3-15) أنه بازدياد نفاذية الطبقة السفلية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن ازدياد معامل نفاذية الطبقة السفلية $\left(\frac{K_2}{K_1}\right)$ من 0.5 إلى 1 أي بمقدار الضعف يؤدي إلى انخفاض الضاغط $\left(\frac{h}{L}\right)$ بمقدار 22%.



الشكل (3-15): تأثير نفاذية الطبقة السفلية $\left(\frac{K_2}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

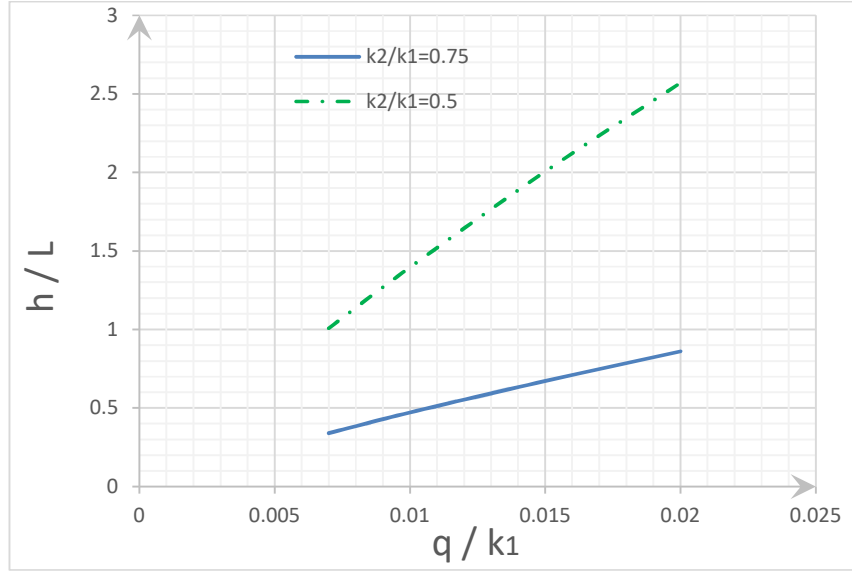
$$\text{المصارف } \left(\frac{h}{L}\right) \text{ من أجل } \frac{D_2}{L} = 0.1, \frac{q}{K_1} = 0.007, \frac{D_1}{L} = 0.025$$

3-3-2-5- تأثير التغذية المائية $\left(\frac{q}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$:

يبين الشكل (3-16) تأثير التغذية المائية $\left(\frac{q}{K_1}\right)$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\left(\frac{h}{L}\right)$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.025, \frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75, \frac{D_2}{L} = 0.1.$$

نلاحظ من الشكل (3-16) أنه بازدياد قيمة التغذية المائية، تزداد قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بشكل خطي، كما نلاحظ أنه بتناقص نفاذية الطبقة السفلية يزداد ميل الخط المعبر عن هذه العلاقة.



الشكل (3-16): تأثير التغذية المائية ($\frac{q}{K_1}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف

$$\left(\frac{h}{L}\right) \text{ من أجل: } \frac{K_2}{K_1} = 0.5 - 0.75, \frac{D_2}{L} = 0.1, \frac{D_1}{L} = 0.025$$

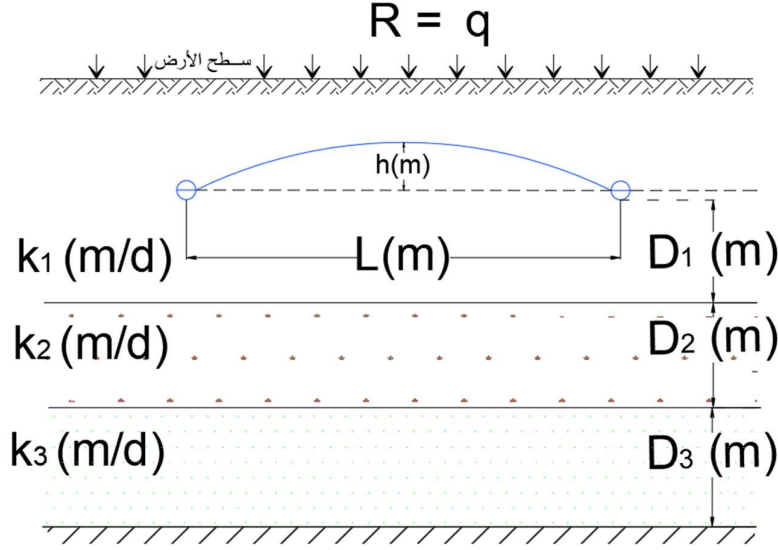
3-4- تربة ثلاثية التطبيق والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية:

تم دراسة تأثير سماكة الطبقة العلوية (D_1) والتي تمثل المسافة الشاقولية بين المستوي المار بمحور المصارف المغطاة والحد الفاصل بين الطبقتين، ومعامل نفاذيتها (K_1) وسماكة الطبقة الوسطى (D_2) ومعامل نفاذيتها (K_2) وسماكة الطبقة السفلية (D_3) ومعامل نفاذيتها (K_3) على الضاغط المائي في منتصف المسافة بين المصارف المتوضعة في الطبقة العلوية (h)، كما هو مبين في الشكل (3-17)، وذلك من أجل حالتين، الحالة الأولى: عندما تكون نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، والثانية: عندما تكون نفاذية الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} < 1$ ، وتم وضع النتائج على شكل منحنيات لا بعدية.

وقد تمت الدراسة ضمن الفرضيات التالية:

- كل طبقة متجانسة ومتماثلة الخواص ($k_x = k_y$).
- حالة الجريان المستقر للمياه الجوفية باتجاه المصارف المغطاة.
- التغذية السطحية متجانسة على كامل منطقة الدراسة.

- جميع الطبقات أفقية ولا يوجد أي عوائق في المنطقة المدروسة.



الشكل (17-3): تربة ثلاثية التطبيق والمصارف في الطبقة العلوية.

3-4-1- نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$, $\frac{k_2}{k_3} > 1$

3-4-1-1- تأثير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

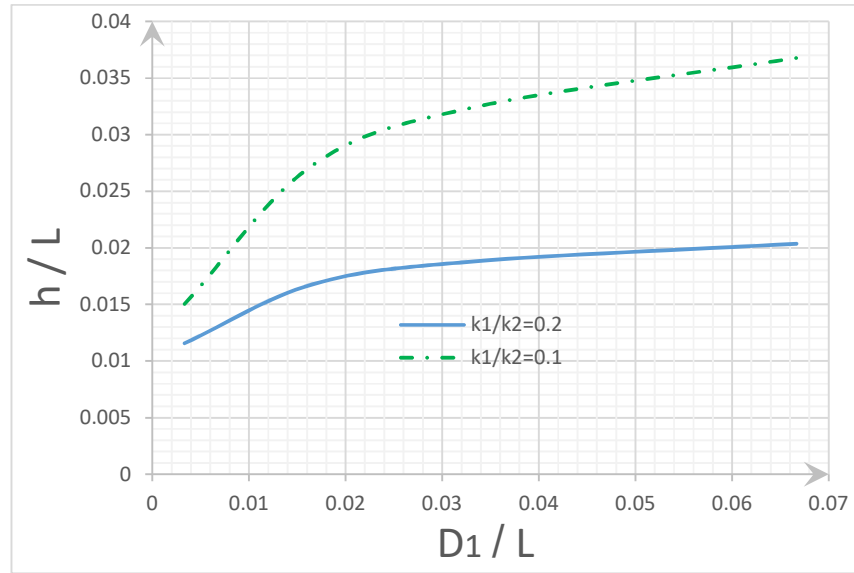
يبين الشكل (18-3) تأثير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_3}{K_2} = 0.2.$$

وذلك من أجل قيم مختلفة لمعامل نفاذية الطبقة العلوية $K_1/K_2 = 0.1 - 0.2$.

نلاحظ من الشكل (18-3) أنه من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$, $\frac{k_2}{k_3} > 1$ فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ تزداد بازدياد سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ ، كما نلاحظ من الشكل (18-3) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ تتأثر بشكل واضح بتغير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ عندما تكون $(\frac{D_1}{L}) \leq 0.033$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) من 0.003 إلى 0.03 تؤدي

لزيادة قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 112% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 0.1$ ، وبمقدار 60% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 0.2$ كما نلاحظ من الشكل (3-18) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ تتأثر بشكل ضعيف بتغير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ عندما تكون $(\frac{D_1}{L}) \geq 0.03$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ من 0.03 إلى 0.06 تؤدي لزيادة قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 10% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 0.1$ ، وبمقدار 8% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 0.2$



الشكل (3-18): تأثير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل $\frac{K_2}{K_3} = 5$, $\frac{q}{K_3} = 0.015$, $\frac{D_3}{L} = 0.133$, $\frac{D_2}{L} = 0.033$

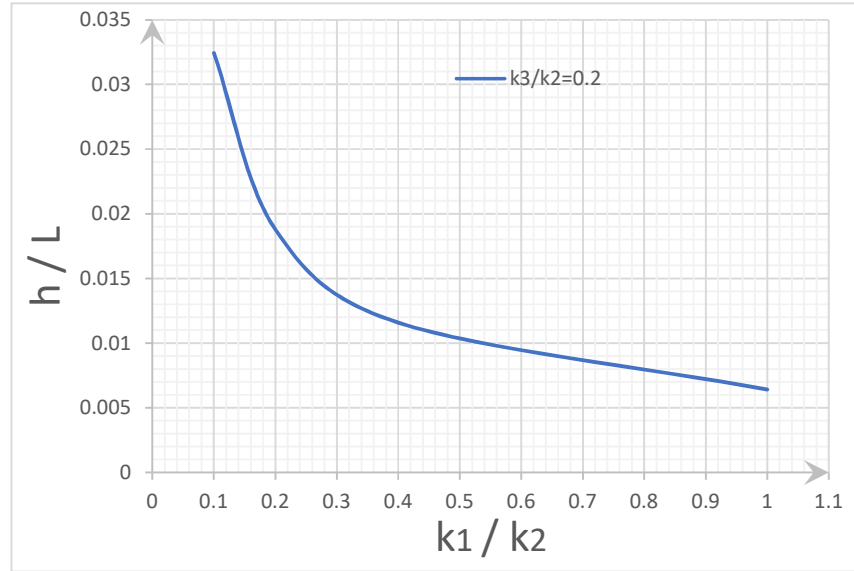
3-4-1-2- تأثير نفاذية الطبقة العلوية $(\frac{K_1}{K_2})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (3-19) تأثير نفاذية الطبقة العلوية $(\frac{K_1}{K_2})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_3}{K_2} = 0.2.$$

نلاحظ من الشكل (3-19) أنه بازدياد نفاذية الطبقة العلوية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن زيادة نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) من 0.1 إلى 0.5 تؤدي لزيادة قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 67%، وزيادة نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) من 0.5 إلى 1 تؤدي لزيادة قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 37%.



الشكل (3-19): تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف

$$\left(\frac{h}{L}\right) \text{ من أجل: } \frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_3}{K_2} = 0.2$$

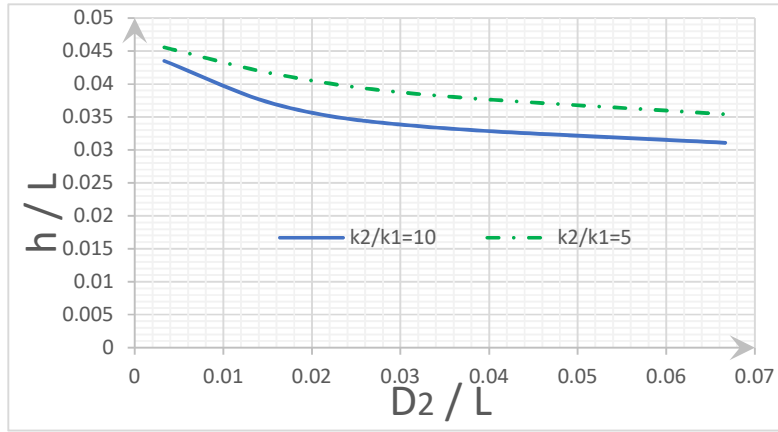
3-4-1-3 تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):

يبين الشكل (3-20) تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1.$$

ومن أجل قيم مختلفة لمعامل نفاذية الطبقة الوسطى $\frac{K_2}{K_1} = 5 - 10$.

نلاحظ من الشكل (20-2) أنه من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} > 1$ فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف تتناقص بازدياد سماكة الطبقة الوسطى $\frac{D_2}{L}$ ، كما نلاحظ من الشكل (20-3) أن ازدياد سماكة الطبقة الوسطى $\frac{D_2}{L}$ من 0.02 إلى 0.03 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 15% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 10$ ، وبمقدار 10% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 5$ ، وازدياد سماكة الطبقة الوسطى $\frac{D_2}{L}$ من 0.03 إلى 0.06 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 6% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 10$ ، وبمقدار 7% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 5$.



الشكل (20-3): تأثير سماكة الطبقة الوسطى $(\frac{D_2}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

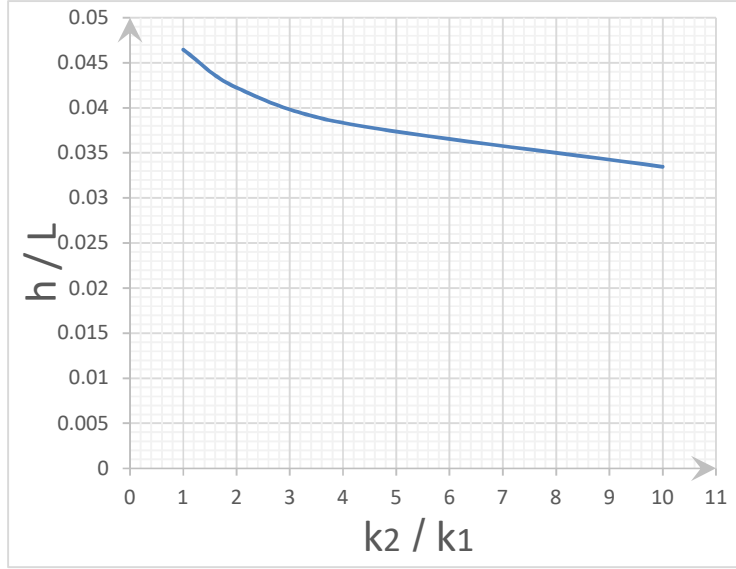
المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل $\frac{K_3}{K_1} = 1$ ، $\frac{q}{K_1} = 0.03$ ، $\frac{D_3}{L} = 0.133$ ، $\frac{D_1}{L} = 0.033$

3-4-1-4- تأثير نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (21-3) تأثير نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1.$$

نلاحظ من الشكل (21-3) أنه بازدياد نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ ، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $\frac{h}{L}$ ، كما نلاحظ أن ازدياد نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ من 1 إلى 5 يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 19%، وازدياد نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ من 5 إلى 10 يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 11%.



الشكل (21-3): تأثير نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1$

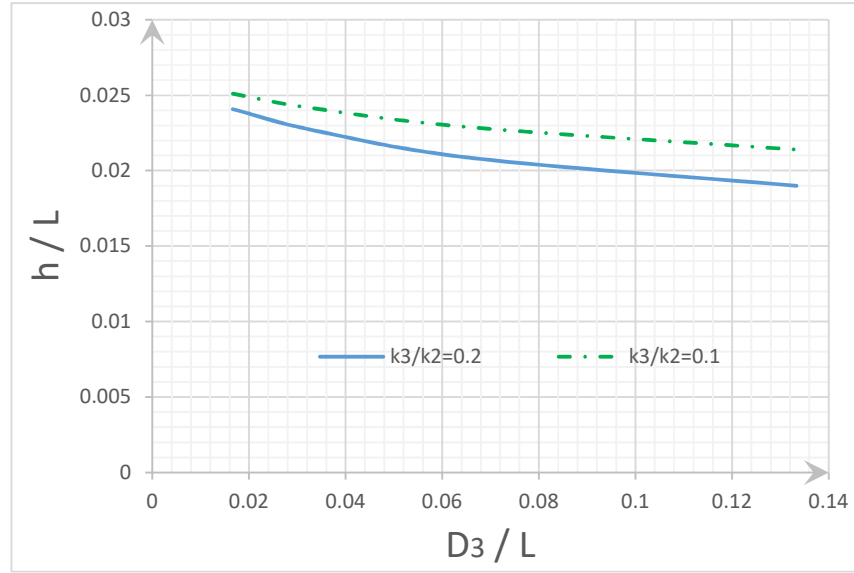
3-4-1-5- تأثير سماكة الطبقة السفلية $(\frac{D_3}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (22-3) تأثير سماكة الطبقة السفلية $(\frac{D_3}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.017, \frac{D_2}{L} = 0.017, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_1}{K_2} = 0.2.$$

ومن أجل قيم مختلفة لنفاذية الطبقة السفلية $\frac{K_3}{K_2} = 0.1 - 0.2$.

نلاحظ من الشكل (22-3) أنه بازدياد سماكة الطبقة السفلية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ من الشكل (22-3) ازدياد سماكة الطبقة السفلية $\frac{D_3}{L}$ من 0.02 إلى 0.06 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 12% عندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 0.2$ ، وبمقدار 8% عندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 0.1$. وازدياد سماكة الطبقة السفلية $\frac{D_3}{L}$ من 0.06 إلى 0.12 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 8% عندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 0.2$ ، وبمقدار 5% عندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 0.1$.



الشكل (22-3): تأثير سماكة الطبقة السفلية $(\frac{D_3}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

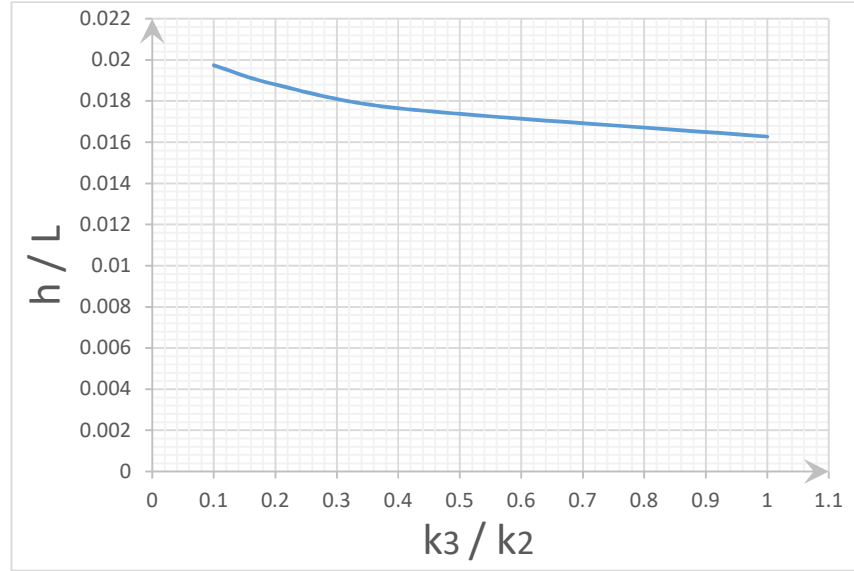
المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.017, \frac{D_2}{L} = 0.017, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_1}{K_2} = 0.2$

3-4-1-6- تأثير نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_3}{k_2})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (23-3) تأثير نفاذية الطبقة السفلية $\frac{k_3}{k_2}$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_1}{K_2} = 0.2.$$

نلاحظ من الشكل (3-23) أنه بازياد نفاذية الطبقة السفلية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن ازدياد نفاذية الطبقة السفلية $\frac{k_3}{k_2}$ من 0.1 إلى 0.5 يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 13%، وازدياد نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_2}{k_1})$ من 0.5 إلى 1 أي بمقدار الضعف يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 6%.



الشكل (3-23): تأثير نفاذية الطبقة السفلية $\frac{k_3}{k_2}$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.003, \frac{K_1}{K_2} = 0.2$

3-4-2- نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} < 1, \frac{k_2}{k_3} < 1$

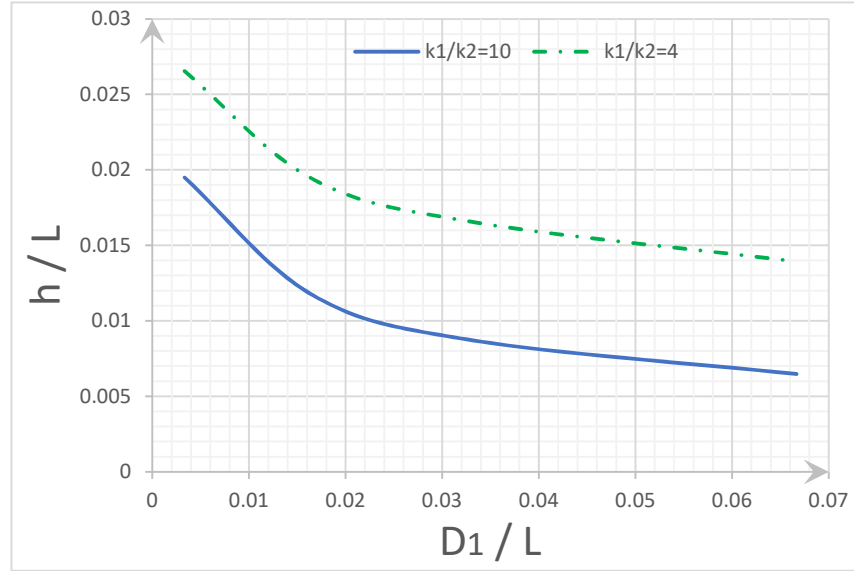
3-4-2-1- تأثير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (3-24) تأثير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_3}{K_2} = 2.$$

وذلك من أجل قيم مختلفة لمعامل نفاذية الطبقة العلوية $K_1/K_2 = 4 - 10$.

نلاحظ من الشكل (24-3) أنه من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $1 < \frac{k_2}{k_1}$ ، فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ تتناقص بازدياد سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ ، كما نلاحظ من الشكل (24-3) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ تتأثر بشكل واضح بتغير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ عندما تكون $(\frac{D_1}{L}) \leq 0.03$ ، حيث أن زيادة سماكة الطبقة العلوية (D_1/L) من 0.003 إلى 0.03 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 54% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 10$ ، وبمقدار 36% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 4$ ، كما نلاحظ من الشكل (24-2) أن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ تتأثر بشكل أقل بتغير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ عندما تكون $(\frac{D_1}{L}) \geq 0.03$ ، حيث أن ازدياد سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ من 0.03 إلى 0.06 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ بمقدار 22% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 10$ ، وبمقدار 14% عندما تكون $\frac{k_1}{k_2} = 4$.



الشكل (24-3): تأثير سماكة الطبقة العلوية $(\frac{D_1}{L})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف

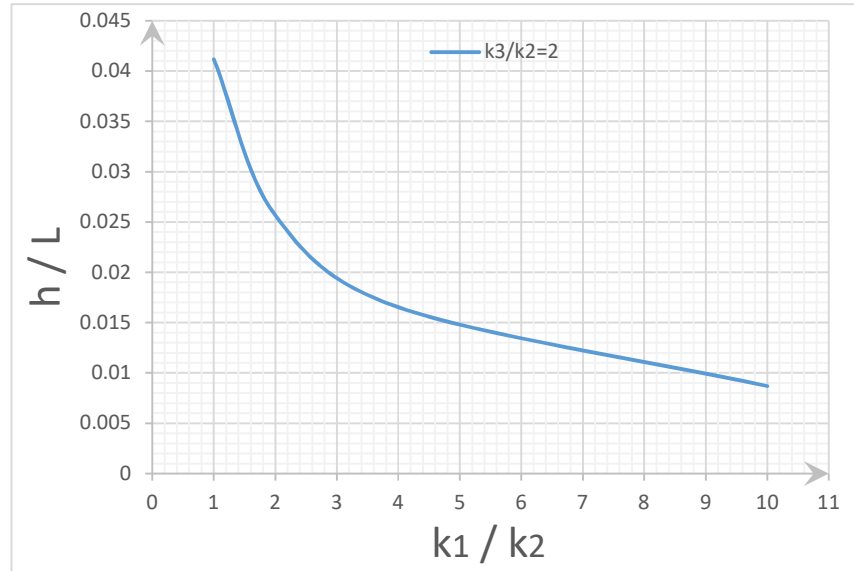
$$\frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_3}{K_2} = 2 \text{ من أجل } (\frac{h}{L})$$

3-4-2-2- تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):

يبين الشكل (3-25) تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_3}{K_2} = 2$$

نلاحظ من الشكل (3-25) أنه بازياد نفاذية الطبقة العلوية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن ازدياد نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) من 1 إلى 5 يؤدي إلى انخفاض الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 64%، وازدياد نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) من 5 إلى 10 يؤدي إلى انخفاض الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 40%.



الشكل (3-25): تأثير نفاذية الطبقة العلوية ($\frac{K_1}{K_2}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_3}{K_2} = 2$

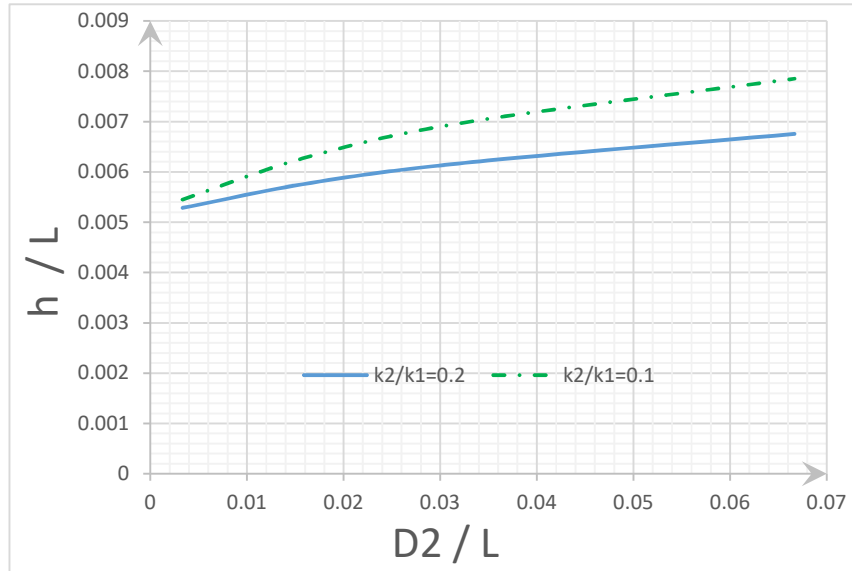
3-4-2-3- تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):

يبين الشكل (26-3) تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.003, \frac{K_3}{K_1} = 1.$$

وذلك من أجل قيم مختلفة لمعامل نفاذية الطبقة الوسطى $\frac{K_2}{K_1} = 0.1 - 0.2$.

نلاحظ من الشكل (26-3) أنه من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، فإن قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف تتردد بازدياد سماكة الطبقة الوسطى $\frac{D_2}{L}$ ، كما نلاحظ من الشكل (26-3) أن ازدياد سماكة الطبقة الوسطى $\frac{D_2}{L}$ من 0.003 إلى 0.03 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 16% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 0.2$ ، وبمقدار 27% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 0.1$ ، وازدياد سماكة الطبقة الوسطى $\frac{D_2}{L}$ من 0.03 إلى 0.06 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 8% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 0.2$ ، وبمقدار 12% عندما تكون $\frac{K_2}{K_1} = 0.1$.



الشكل (26-3): تأثير سماكة الطبقة الوسطى ($\frac{D_2}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين

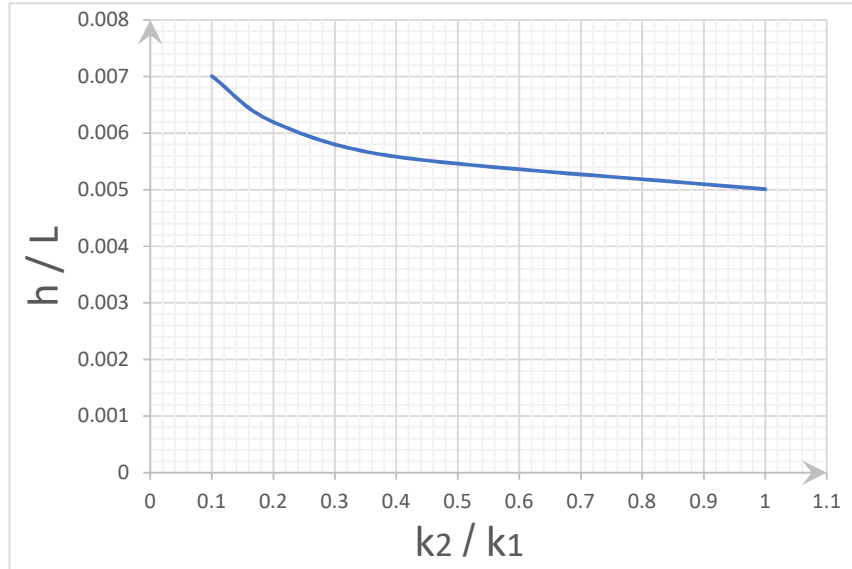
المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.003, \frac{K_3}{K_1} = 1$

3-4-2-4- تأثير نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (27-3) تأثير نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1.$$

نلاحظ من الشكل (27-3) أنه بازدياد نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ ، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ ، كما نلاحظ من الشكل (27-3) أن ازدياد نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ من 0.1 إلى 0.5 يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 22%، وازدياد نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_2}{k_1})$ من 0.5 إلى 1 يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 8%.



الشكل (27-3): تأثير نفاذية الطبقة الوسطى $(\frac{k_2}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_1} = 0.03, \frac{K_3}{K_1} = 1$

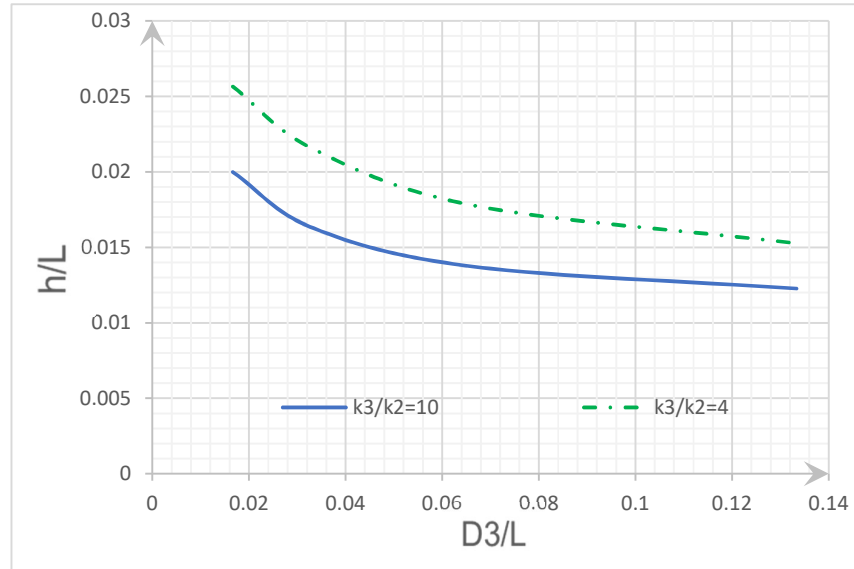
3-4-2-5- تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_3}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$):

يبين الشكل (28-3) تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_3}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.017, \frac{D_2}{L} = 0.017, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_1}{K_2} = 4.$$

ومن أجل قيم مختلفة لنفاذية الطبقة السفلية $\frac{K_3}{K_2} = 4 - 10$.

نلاحظ من الشكل (28-3) أنه بازياد سماكة الطبقة السفلية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ من الشكل (28-3) ازياد سماكة الطبقة السفلية $\frac{D_3}{L}$ من 0.02 إلى 0.06 تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 26% عندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 4$ وعندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 10$. وازدياد سماكة الطبقة السفلية $\frac{D_3}{L}$ من 0.06 إلى 0.12 أي بمقدار الضعف تؤدي لتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف ($\frac{h}{L}$) بمقدار 13% عندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 4$ ، وبمقدار 10% عندما تكون $\frac{K_3}{K_2} = 10$.



الشكل (28-3): تأثير سماكة الطبقة السفلية ($\frac{D_3}{L}$) على الضاغط في منتصف المسافة بين

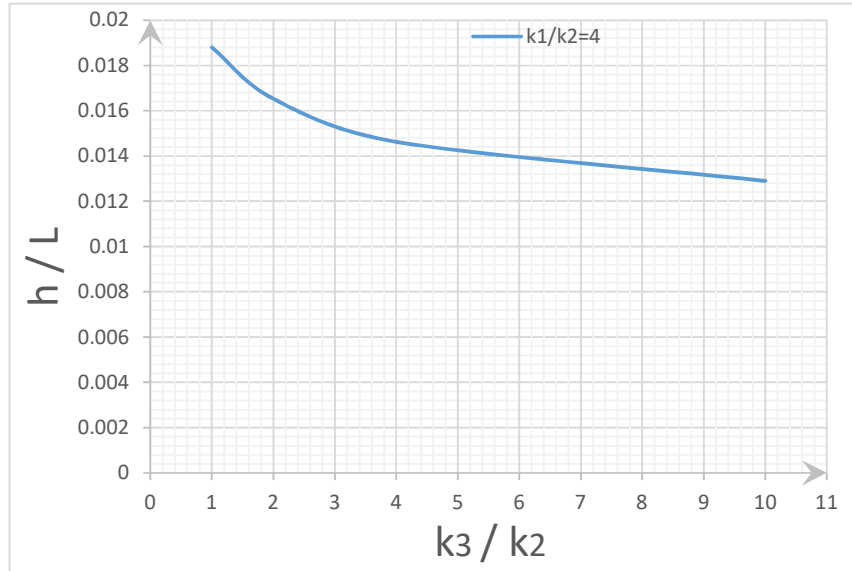
المصارف ($\frac{h}{L}$) من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.017, \frac{D_2}{L} = 0.017, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_1}{K_2} = 4$

3-4-2-6- تأثير نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_3}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$:

يبين الشكل (3-29) تأثير نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_3}{k_1})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل:

$$\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_1}{K_2} = 4.$$

نلاحظ من الشكل (3-29) أنه بازياد نفاذية الطبقة السفلية، تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، كما نلاحظ أن ازدياد نفاذية الطبقة السفلية $\frac{k_3}{k_2}$ من 1 إلى 5 يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 24%، وازدياد نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_2}{k_1})$ من 5 إلى 10 يؤدي لانخفاض قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بمقدار 9%.



الشكل (3-29): تأثير نفاذية الطبقة السفلية $(\frac{k_3}{k_2})$ على الضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف $(\frac{h}{L})$ من أجل: $\frac{D_1}{L} = 0.033, \frac{D_2}{L} = 0.033, \frac{D_3}{L} = 0.133, \frac{q}{K_2} = 0.03, \frac{K_1}{K_2} = 4$

الفصل الرابع

المخططات التصميمية

1-4 - مقدمة:

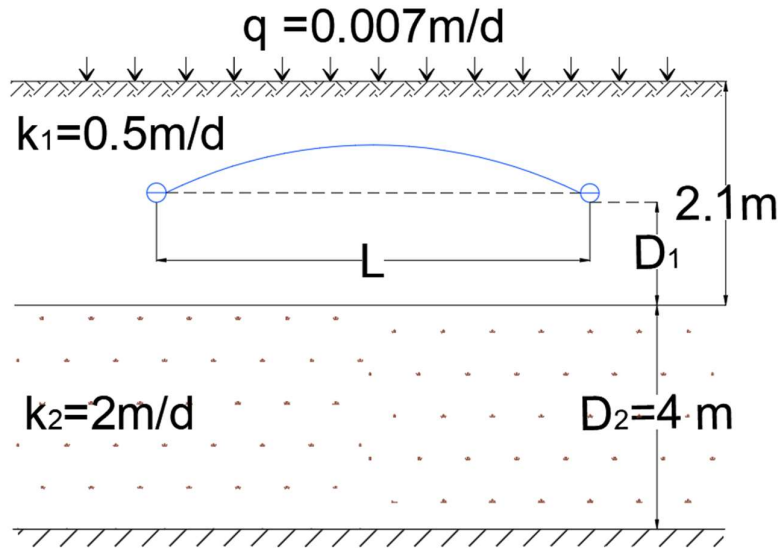
في هذا البحث تم دراسة الصرف المغطى من أجل ترب ثنائية وثلاثية التطبيق وذلك باستخدام برنامج MODFLOW. حيث تم إعداد (192) مخططاً تصميمياً لحالة الترب ثنائية التطبيق والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية، وذلك من أجل مجال واسع للمتغيرات حيث شملت هذه المخططات الترب التي يتراوح معامل نفاذيتها بين (0.5-2 m/d) للطبقة الأولى والطبقة الثانية كالترب اللومية السطحية وبعض أنواع الترب الرملية سيئة التدرج والتي تنتشر في مناطق البادية ومناطق تشكل السبخات وغيرها، أما سماكة الطبقة الأولى فتتراوح بين (0.1-5 m)، وتتراوح سماكة الطبقة الثانية بين (1-20 m)، كما تتراوح قيمة التغذية السطحية بين (0.007-0.02 m/d).

وفيما يلي بعض الأمثلة التوضيحية على استخدام المخططات التصميمية.

2-4 - أمثلة توضيحية لاستخدام المخططات التصميمية:

1-2-4 - مثال 1:

لدينا أرض زراعية يتألف مقطع التربة فيها من طبقتين كما في الشكل (1-4)، مزروعة بمحصول عمق جذوره 0.6 m، أوجد التباعد بين المصارف.



الشكل (1-4): مثال 1 على استخدام المخططات التصميمية.

السيناريو الأول: في حال كان عمق توضع المصارف عن سطح الأرض (2 m).

الحل:

1- سماكة الطبقة الأولى:

$$D_1 = 2.1 - 2 = 0.1m.$$

2- الضاغط المسموح في منتصف المسافة بين المصارف = عمق المصارف - عمق الجذور

$$h = 2 - 0.6 = 1.4m.$$

3- من الملحق A نختار المخطط (A-6-1) المبين في الشكل (2-4) والذي يحقق:

$$q = 0.007 m/d, D_2 = 4m, D_1 = 0.1m, K_2 = 2 m/d$$

4- نختار الخط البياني $K_1 = 0.5$.

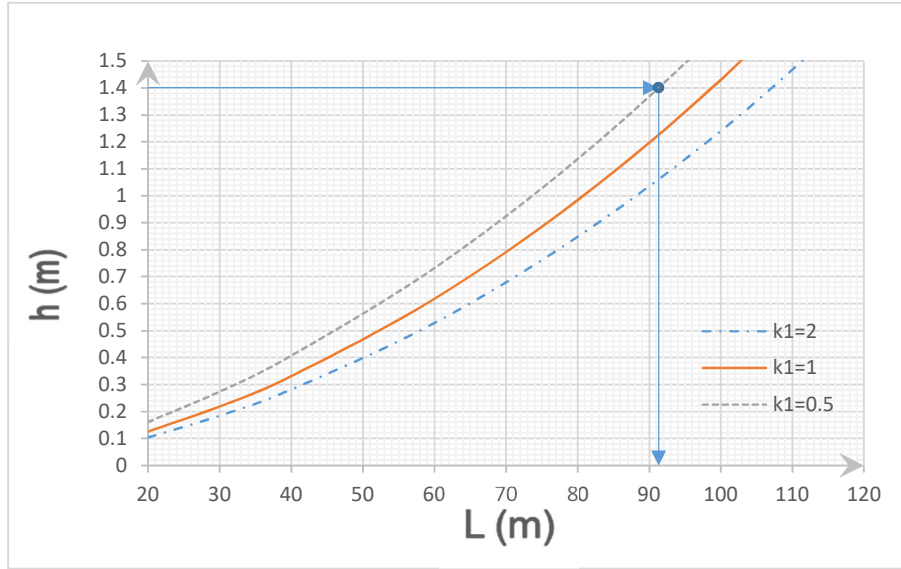
5- نحدد قيمة $h=1.4 m$ على المحور الشاقولي ونرسم منها خطاً أفقياً يتقاطع مع الخط

البياني المختار في نقطة.

6- نرسم خطاً شاقولياً من النقطة يتقاطع مع المحور الأفقي في نقطة $L = 91.5 m$.

أي أنه للحصول على ضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $h = 1.4 m$ يتم تصميم شبكة

الصرف بحيث يكون التباعد بين المصارف $L = 91.5 m$.



الشكل (2-4): العلاقة بين التباعد بين المصارف والضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف من أجل: $q = 0.007 m/d, D_2 = 4m, D_1 = 1m, K_2 = 2 m/d$

السيناريو الثاني: في حال كان عمق توضع المصارف عن سطح الأرض 1.1 m.

الحل:

1- سماكة الطبقة الأولى:

$$D_1 = 2.1 - 1.1 = 1m.$$

2- الضاغط المسموح في منتصف المسافة بين المصارف = عمق المصارف - عمق الجذور

$$h = 1.1 - 0.6 = 0.5m.$$

3- من الملحق A نختار المخطط (A-6-2) المبين في الشكل (3-4) والذي يحقق:

$$q = 0.007 m/d, D_2 = 4m, D_1 = 1m, K_2 = 2 m/d$$

4- نختار الخط البياني $K_1 = 0.5$

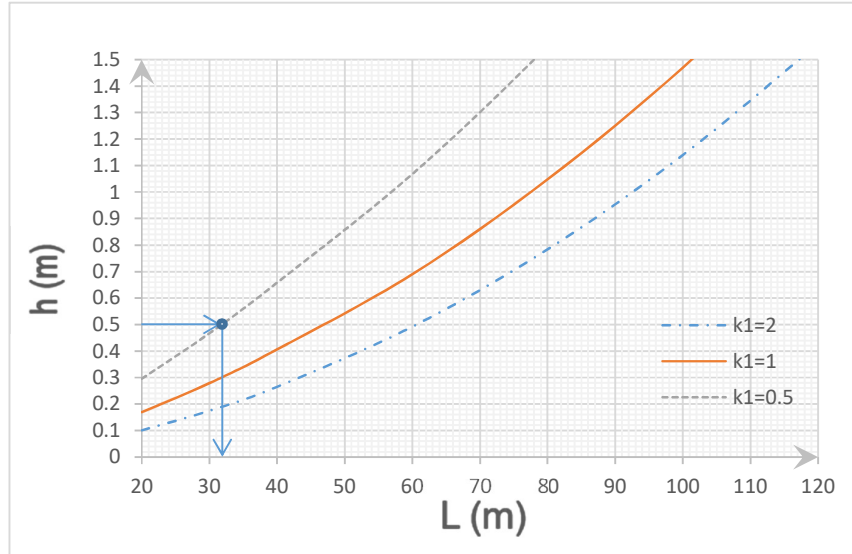
5- نحدد قيمة $h=0.5 m$ على المحور الشاقولي ونرسم منها خطاً أفقياً يتقاطع مع الخط

البياني المختار في نقطة.

6- نرسم خطاً شاقولياً من النقطة يتقاطع مع المحور الأفقي في نقطة $L = 32 m$.

أي أنه للحصول على ضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $h = 0.5 m$ يتم تصميم شبكة

الصرف بحيث يكون التباعد بين المصارف $L = 32 m$.



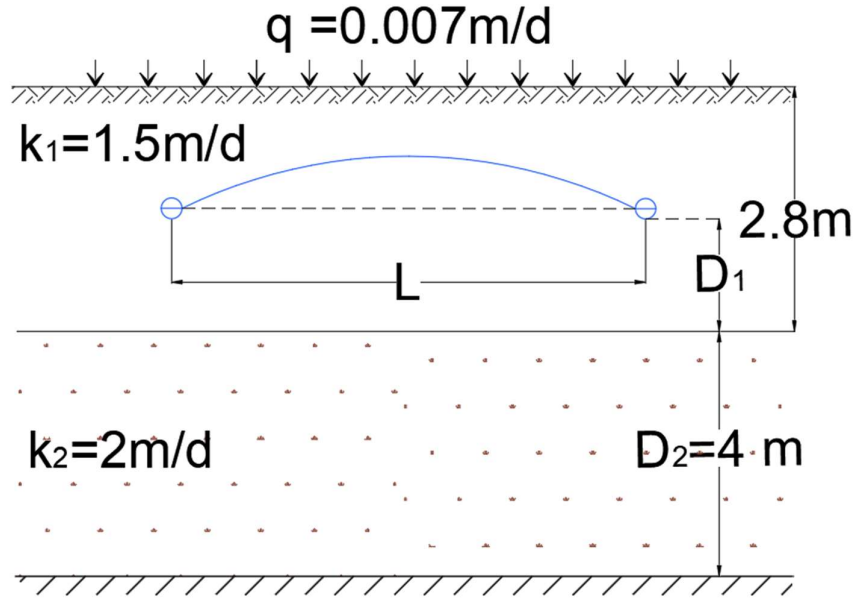
الشكل (3-4): العلاقة بين التباعد بين المصارف والضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف من أجل: $q = 0.007 m/d, D_2 = 4m, D_1 = 1m, K_2 = 2 m/d$

نلاحظ من المقارنة بين السيناريو الأول والثاني أن تخفيض عمق توضع المصارف من 2m إلى 1.1m (بهدف تخفيض كميات الحفر)، يؤدي إلى انخفاض التباعد بين المصارف من 91.5m إلى 32m وبالتالي زيادة عدد المصارف، وهكذا يتم اللجوء إلى المقارنة الاقتصادية بين الحالات المختلفة واختيار السيناريو الأنسب اقتصادياً.

4-2-2- مثال 2:

لدينا أرض زراعية يتألف مقطع التربة فيها من طبقتين كما في الشكل (4-4)، مزرعة بمحصول عمق جذوره 0.9 m، أوجد التباعد بين المصارف إذا كان عمق توضع المصارف عن سطح الأرض 1.8m.



الشكل (4-4): مثال 2 على استخدام المخططات التصميمية.

الحل:

1- سماكة الطبقة الأولى:

$$D_1 = 2.8 - 1.8 = 1m.$$

2- الضاغط المسموح في منتصف المسافة بين المصارف = عمق المصارف - عمق الجذور

$$h = 1.8 - 0.9 = 0.9m.$$

3- من الملحق A نختار المخطط (A-6-2) المبين في الشكل (5-4) والذي يحقق:

$$q = 0.007 m/d, D_2 = 4m, D_1 = 1m, K_2 = 2 m/d$$

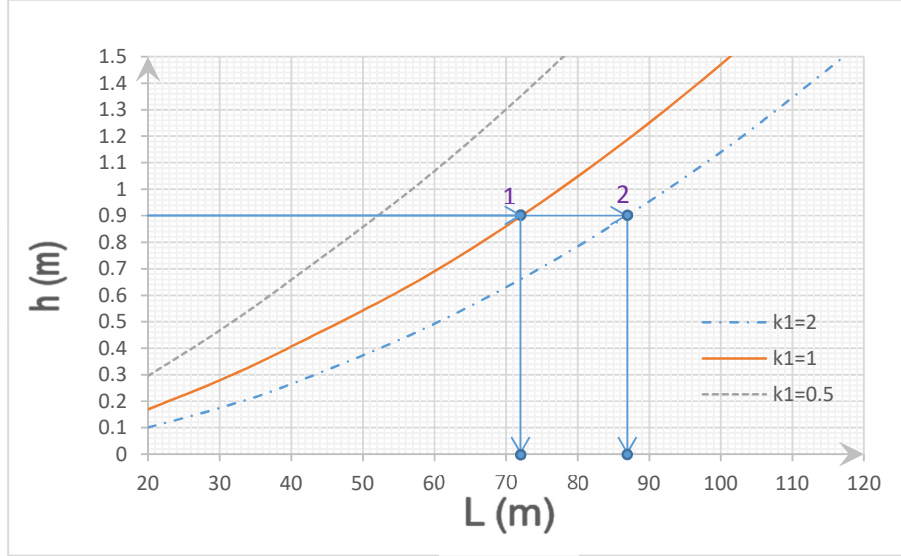
4- بما أن الخط البياني $K_1 = 1.5$ غير موجود في المخطط، نلجأ إلى عملية التوسط الداخلي.

5- نحدد قيمة $h=0.9$ m على المحور الشاقولي ونرسم منها خطاً أفقياً يتقاطع مع الخط البياني ($K_1 = 1$) والخط البياني ($K_1 = 2$) في النقطتين 1 و 2 على التوالي.

6- نرسم خطين شاقوليين من النقطتين 1 و 2 على التوالي يتقاطعان مع المحور الأفقي في النقطتين $L = 72$ m و $L = 87$ m على التوالي.

7- بالقيام بعملية التوسط الداخلي ينتج أن التباعد بين المصارف $L = 79.5$ m

أي أنه للحصول على ضاغط في منتصف المسافة بين المصارف $h=0.9$ m يتم تصميم شبكة الصرف بحيث يكون التباعد بين المصارف $L = 79.5$ m.



الشكل (4-5): العلاقة بين التباعد بين المصارف والضاغط في منتصف المسافة بين

المصارف من أجل: $q = 0.007 \text{ m/d}$, $D_2 = 4 \text{ m}$, $D_1 = 1 \text{ m}$, $K_2 = 2 \text{ m/d}$

النتائج:

في هذا البحث تم دراسة حركة المياه باتجاه المصارف الأنبوبية في تربة ثنائية التطبيق وتربة ثلاثية التطبيق، وتأثير خصائص كل طبقة وذلك عند توضع المصارف في الطبقة العلوية، ومنه تم التوصل إلى النتائج الآتية:

في التربة ثنائية التطبيق:

1- قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف (h) تزداد بازدياد سماكة الطبقة العلوية (D_1) من أجل نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 > K_1$) بينما تتناقص قيمة الضاغظ (h) بازدياد سماكة الطبقة العلوية (D_1) من أجل نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 < K_1$).

2- سماكة الطبقة العلوية الفعالة التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف (D_1) تساوي 20% من التباعد بين المصارف L ، أي $\frac{D_1}{L} = 0.2$ وذلك من أجل نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 > K_1$).

3- من أجل نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 < K_1$) فإن سماكة الطبقة العلوية الفعالة التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف (D_1) تساوي 10% من المسافة بين المصارف L ، أي $\frac{D_1}{L} = 0.1$.

4- تتناقص قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف، بازدياد معامل نفاذية الطبقة العلوية (K_1)، حيث أن ازدياد نفاذية الطبقة العلوية بمقدار الضعف يؤدي إلى انخفاض قيمة الضاغظ (h) بمقدار 35% وذلك من أجل نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 > K_1$)، وبمقدار 31% من أجل نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 < K_1$).

5- تتناقص قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف بازدياد سماكة الطبقة السفلية (D_2)، وذلك في الحالتين: نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 > K_1$)، ونفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 < K_1$).

6- سماكة الطبقة السفلية الفعالة التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف (D_2) تساوي 10% من المسافة بين المصارف L أي $\frac{D_2}{L} = 0.1$ وذلك من أجل نفاذية الطبقة السفلية أكبر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 > K_1$).

7- من أجل نفاذية الطبقة السفلية أصغر من نفاذية الطبقة العلوية ($K_2 < K_1$) فإن سماكة الطبقة السفلية الفعالة التي تساهم في حركة المياه باتجاه المصارف (D_2) تساوي 20% من المسافة بين المصارف L أي $\frac{D_2}{L} = 0.2$.

8- تتناقص قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف، بازدياد معامل نفاذية الطبقة السفلية (K_2)، حيث أن ازدياد نفاذية الطبقة السفلية بمقدار الضعف يؤدي إلى انخفاض قيمة الضاغظ (h) بمقدار 22% وذلك من أجل الحالتين ($K_2 > K_1$) و ($K_2 < K_1$).

9- تزداد قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف (h) بشكل خطي مع ازدياد قيمة التغذية المائية وذلك من أجل الحالتين ($K_2 > K_1$) و ($K_2 < K_1$).

في التربة ثلاثية التطبيق:

1- تزداد قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف (h) بازدياد سماكة الطبقة العلوية (D_1) من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_3} > 1$ ، $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، بينما تتناقص قيمة الضاغظ (h) بازدياد سماكة الطبقة العلوية (D_1) من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_3} < 1$ ، $\frac{k_2}{k_1} < 1$.

2- تتناقص قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف، بازدياد معامل نفاذية الطبقة العلوية، حيث أن ازدياد نفاذية الطبقة العلوية بمقدار الضعف يؤدي إلى انخفاض قيمة الضاغظ (h) بمقدار 37% وذلك من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_3} > 1$ ، $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، وبمقدار 41% من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_3} < 1$ ، $\frac{k_2}{k_1} < 1$.

3- تتناقص قيمة الضاغظ في منتصف المسافة بين المصارف (h) بازدياد سماكة الطبقة الوسطى (D_2) من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية

$\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} > 1$ ، بينما تزداد قيمة الضاغط (h) بازدياد سماكة الطبقة الوسطى (D_2) من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} < 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} < 1$.

4- تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، بازدياد معامل نفاذية الطبقة الوسطى (K_2)، حيث أن ازدياد نفاذية الطبقة الوسطى بمقدار الضعف يؤدي إلى انخفاض قيمة الضاغط (h) بمقدار 11% وذلك من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} > 1$ ، وبمقدار 8% من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} < 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} < 1$.

5- تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف بازدياد سماكة الطبقة السفلية (D_3)، حيث أنه من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} > 1$ فإن ازدياد سماكة الطبقة السفلية (D_3) بمقدار الضعف يؤدي لتناقص قيمة الضاغط بمقدار 8%، أما من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} < 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} < 1$ فإن ازدياد سماكة الطبقة السفلية (D_3) بمقدار الضعف يؤدي لتناقص قيمة الضاغط بمقدار 13%.

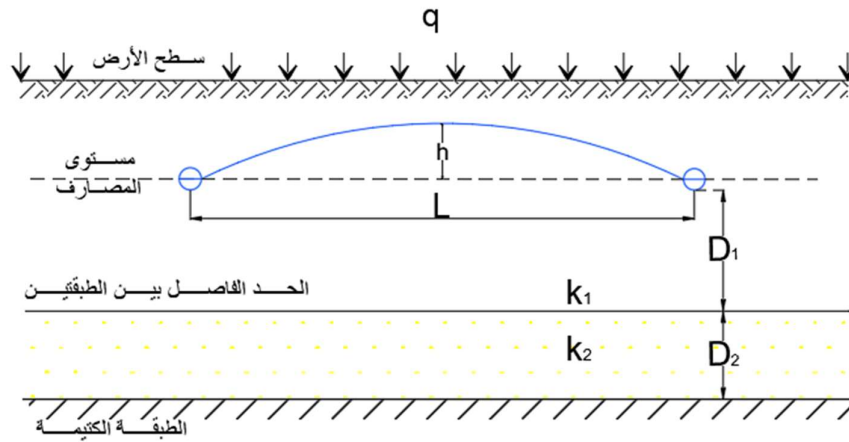
6- تتناقص قيمة الضاغط في منتصف المسافة بين المصارف، بازدياد معامل نفاذية الطبقة السفلية (K_3)، حيث أن ازدياد نفاذية الطبقة السفلية بمقدار الضعف يؤدي إلى انخفاض قيمة الضاغط (h) بمقدار 6% وذلك من أجل نفاذية الطبقة الوسطى أكبر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} > 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} > 1$ وبمقدار 9% نفاذية الطبقة الوسطى أصغر من نفاذية الطبقتين العلوية والسفلية $\frac{k_2}{k_1} < 1$ ، $\frac{k_2}{k_3} < 1$.

التوصيات:

- دراسة الصرف الأنبوبي في الترب ثنائية التطبيق عند توزيع المصارف في الطبقة السفلية، وإعداد مخططات تصميمية لهذه الحالة.
- دراسة الصرف الأنبوبي في الترب ثنائية وثلاثية التطبيق في الحالة غير المستقرة.
- استخدام المخططات التصميمية لدراسة الصرف الأنبوبي في الحالات التي تشملها هذه المخططات.

الملحق A

المخططات التصميمية لحالة تربة ثنائية التطبيق والمصارف تتوضع في الطبقة العلوية



$$D_1 = 0.1 - 5 \text{ m}$$

$$D_2 = 1 - 20 \text{ m}$$

$$q = 0.007 - 0.02 \text{ m/d}$$

$$K_1 = 0.5 - 2 \text{ m/d}$$

$$K_2 = 0.5 - 2 \text{ m/d}$$

المراجع العربية:

- (1) السباعي، محمود، سلوم، مازن، 2019 - الصرف 2، م مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، كلية الهندسة المدنية، طبعة.1. 249 ص.
- (2) الكنج، أسعد، 1981 - صرف الأراضي الزراعية، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، طبعة.1. 489 ص.
- (3) سليمان، أمين، شيخ السوق، غزوان، 2015 - الري والصرف، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، كلية الهندسة المدنية، طبعة.1. 459 ص.

References

- 4) ERNST, L.F 1956 Calculation of the steady flow of groundwater in vertical cross-sections Neth. J. Agr. Sci. Vol.4.126-131
- 5) HALBAC, COTOARA, ZAMFIR 2010. Calculation of distance between drains using Endrain program Research Journal of Agricultural Science, Vol.3.1- 42
- 6) HOOGHOUDT, S.B 1940 Algemeene beschouwing van het problem van de detail ontwatering en de infiltratie door middel van parallel loopende drains, greppels, slooten en kanalen Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den ground, Vol. 46.515-707.
- 7) OOSRERBAAN, R.J., J. BOONSTRA and K.V.G.K. RAO (1996). The energy balance of groundwater flow Kluwer Academic Publishers, Vol.1. 153-160.
- 8) SINGH P.K., O.P. SINGH, C.S. JAISWAL and H.S. CHAUHAN 1999 Subsurface drainage of a three-layered soil with slowly permeable top layer Agricultural Water Management, Vol.1.97-109.
- 9) TOKSOZ, S. and D. KIRKHAM. 1971a Steady drainage of layered soils I. Theory. J. Irrig. Drain. Div., Am. Soc. Civil Engrs.Vol.1.1-18.
- 10) TOKSOZ, S. and D. KIRKHAM 1971b Steady drainage of layered soils II. Nomographs. J. Irrig. Drain. Div., Am. Soc. Civil Engrs. Vol.1.19-37.

- 11) VAN BEERS, W.F.J 1976 Computing drain spacing ILRI Wageningen.
Vol.15.123–145.
- 12) VALIPOUR, M, 2012 – Effect of drainage parameters change on amount of
drain discharge in subsurface drainage systems IOSR Journal of Agriculture
and Veterinary Science, Vol.1.10–18.
- 13) WU, G. and CHIENG, S.T. 1991 A convenient drain spacing formula for
layered soils Can Agric Eng. Vol.33.239–243

Syrian Arab Republic
Al-Baath University
Civil Engineering Faculty
Department of Water Resources Management And Engineering



Effect of soil layering on water movement towered pipe drains

This work has been submitted for the master degree of Water Resources
Management And Engineering

Prepared by:

Eng. Hamed hammod

Directed by:

Dr. Mazen Saloom

Prop.Eng. Yasser Hamdan

Homs 2019-1441