مجلة جامعة بابل

طريقة مقترحة لتصميم شبكة ماء مدينة الرصافة (الجزء الاول من الشبكة) بأستخدام انابيب وملحقات ذات اقطار موحدة

نسرين جاسم حسين ليث شاكر عاشور

كلية الهندسة-جامعة القادسية

الخلاصة

ان تصميم شبكات نقل المياه للاغراض الخدمية والاروائية يعتبر جانبا هندسيا تطبيقيا مهما في مجال الهندسة المدنية وكنتيجة لذلك فقد انجزت بحوث ودراسات متعددة حول هذا الموضوع .

تناول البحث نوع من شبكات المياه وهي الشبكات الاعتيادية ذات الحلقات المغلقة وهي شبكة ماء مدينة الرصافة بجزئها الاول وتم التركيز على امكانية استخدام نوع واحد من الاقطار لكافة انابيب الشبكة في اماكن يحددها المهندس المشرف بحيث ان كمية المياه المجهزة للشبكة من الخزان او المضخات يمكن توزيعها ابتداءا بشكل متجانس.

ونظرا لان تحليل شبكات المياه يعتبر من المسائل الهندسية التي تتطلب حسابات كبيرة لذا اصبح لزاما تحليل الشبكات بواسطة الحاسبة الالكترونية وبأستخدام برنامج(pipe++) اصدار ٢٠٠٢ وبأستخدام اسلوب العقدة من طريقة هاردي-كروس.

وبالرغم من تحقيق الاهداف الهيدروليكية المذكورة وما رافقها من اهداف عملية وتطبيقية تتعلق بتسهيل عملية تنفيذ وصيانة وتشغيل الشبكة فأن كلفة تنفيذ الشبكة بالطريقة المقترحة اقل من كلفة تنفيذ نفس الشبكة بالطريقة الاعتيادية .

Abstract

Design of water distribution network for different purposes can be considered as engineering application aspect in civil engineering, as a result, many research have been done in scope.

In this research, this studied one of the water distribution networks, it is a closed pipe network (Rasafa WDS as a case study , by using same diameter for all pipes of network in some of zones that are to be determined by engineer ,so that water supply from pumps or reservoir can be distributed in homogeneous way.

Analysis of water distribution system is required a lot of calculations, so it is necessary to use computer program for analysis these networks by using (pipe++ programmer) version 2002, (nodal method –Hardy-Cross Method).

In addition to the aforementioned improvements of hydraulically and practical aims, the cost of the network (using the proposed method of design) will be less than the cost of the same network if a traditional method of design is to be applied.

المقدمة

من الامور التصميمية التي يواجهها مهندسوا شبكات المياه هي كيفية الحصول على تصميم يتحقق فيه الحد الادنى من الضغط المطلوب في نهاية الشبكة دون المبالغة في ارتفاع الخزان او قدرة المضخات في بدايتها. الا ان المصمم يجد نفسه امام بدائل وخيارات عديدة جدا و لا شك ان افضلها هو التصميم الامثل (Optimum Design) الذي يتحقق فيه كفاءة الشبكة من الناحيتين الهيدروليكية والاقتصادية الا ان تحقيق مثل هذا التصميم يتطلب استخدام طرائق معقدة يضطر المهندس فيها الى استخدام علاقات رياضية ونظرية قد تتعارض مع كثير من الحالات التطبيقية الفعلية الامر الذي قد يضطره مرة اخرى الى اللجوء الى التقريبات الفيزيائية مجاراة للمتطلبات الرياضية ليصبح عندها التصميم الامثل حالة نسبية غير مطلقة (Global Optimum)(Wood,1993).

وعليه ففي البحث الحالي ومن منطلق تبسيط الاجراءات التصميمية لشبكات المياه تم اقتراح اسلوب تصميمي امكن من خلاله تحسين توزيع الضغط والماء .

الدراسات السابقة

يمكن تصنيف البحوث والدراسات التي تتعلق في مجال شبكات المياه الى صنفين رئيسيين ، الاول يتناول تحليل هذه الشبكات والثاني يتعلق بطرق تصميمها. .

ففي مجال تحليل شبكات المياه ظهر عدد من الباحثين ببرمجة اساليب طريقة هاردي-كروس لبساطتها ببرامج كفؤة كان الهدف منها تهذيب واختصار البيانات التي يمكن ادخالها للحاسبة وتحسين سرعة الوصول الى الحل الصحيح وهذه البرامج اما ان تكون مكتوبة بلغة(basic , quick basic) او packageمثل (watercad) (pipe++) وهو ما قام به الباحثون (Jabbouri,1997, Eleiwi,2001) بأختلاف طرق التحليل والبرامج المستخدمة الا انها تؤدي نفس الغرض المطلوب استخدامه.

اما في مجال تصميم الشبكات فكان اقدم الطرق المستخدمة طريقة التجربة والخطأ والتي يواجه المصمم فيها عددا هائلا من البدائل تصبح معها الطريقة اسلوبا مملا، ثم توالت عدة طرق للتصميم مثل التصميم الامثل. (Featherstone, El-Jumaily, 1982) اذ طور الباحثان طريقة التصميم الامثل لشبكات المياه تضمنت دوال الكلف لاغلب المكونات الهيدروليكية ولم تشترط هذه الطريقة على المصمم فرض الضغط في العقد كما انها تسمح بأختيار اقطار متشابهه لجميع انابيب الشبكة في بداية التصميم.

وسائل وطرق تحليل وتصميم شبكات المياه:

قد يكون مفيدا اعطاء فكرة سريعة عن الوسائل التي استخدمت بمرور الزمن في تحليل وتصميم شبكات المياه حيث ان المقصود بالوسائل هنا ليس الطرائق الهيدروليكية للتحليل والتصميم وانما الامكانيات المتاحة لتسهيل العمليات الحسابية لطرق التحليل والتصميم.

ان اقدم الوسائل ربما كانت بأجراء العمليات الحسابية يدويا ثم جاء دور الحاسبات اليدوية وفكرة استخدام التشابه الكهربائي، الا ان القفزة النوعية الكبرى التي حصلت في هذا المجال جاءت مع انتشار الحاسبات الالكترونية الرقمية التي ساعدت على اقتراح طرائق جديدة لم يكن بالامكان التوصل اليها من قبل نظرا لما توفره هذه الحاسبات من جهد ووقت في اجراء اعقد العلاقات الهندسية (Garg,2000).

وفيما يتعلق بطرائق التحليل والتصميم الهيدروليكي لهذه الشبكات فلعل اقدمها واكثرها شيوعا طريقة هاردي – كردوس (Hardy-Cross Method) بنوعيها وهي طريقة الحلقة وطريقة العقدة. ثم ظهرت الطرائق المباشرة ومنها طريقة (Newton-Raphson) وكذلك طرائق المعادلات الخطية. (Espesito,1998)

في البحث الحالي تم استخدام طريقة العقدة من ضمن طرائق هاردي _كروس كوسيلة للطريقة التصميمية المقترحة ولابد هنا من اعطاء استعراض سريع لهذه الطريقة وطبيعة استعمالها علما ان هنالك طرق اخرى مثل:-

1. Relaxation method
2. Equivalent pipes method
3. Section method
4. Linear theory method
5. Newton -raphson method
6. Electrical Analogy method

تحليل شبكات المياه بطريقة العقدة Nodal Method

تسمى هذه الطريقة احيانا بطريقة موازنة الكميات (Quantity Balance Method) حيث يتم في هذه الطريقة تحقيق العلاقات الهيدروليكية الاساسية في عقد الشبكة على اساس ان قيم الضغط في هذه العقد مجاهيل يمكن عند ايجاد قيمها حساب التصاريف المارة في انابيب الشبكة. هذا وان العلاقات الاساسية التي تحكم جريان الماء في شبكات المياه هي كالاتي(Nielsen ,1989):-

- المجموع الجبري للتصاريف في كل عقدة يساوي صفر(قانون حفظ المادة).
- المجموع الجبري لضائعات الطاقة (الشحنة) في اي حلقة مغلقة او مفتوحة يساوي صفرا (قانون حفظ الطاقة).
- ان مقدار الخسارة في الطاقة في الانبوب يعتمد على مقدار التصريف المار به وتحكمه الصيغة الهيدروليكية التالية:

$$H_f \propto Q^n$$
$$H_f = K.Q^n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان :-

Hf = مقدار ضائعات الاحتكاك في الانبوب. (L)

Q = التصريف المار في الانبوب. (L^3/T)

K = ثابت يمثل تأثير عدة معلومات ثابتة للانبوب منها طول الانبوب وقطره ومعدل خشونة سطح جداره.

n = اس تتراوح قيمته بين (1-2) علما بأن قيمته هي نحو (1.75) في الانابيب الملساء عندما يكون الجريان طباقي لرقم رينولدز اقل من 2100 في حين تصبح قيمته (2) في الانابيب الخشنة ذات الجريان الاضطرابي لرقم رينولدز اكبر من 4000.

ومما يجدر ملاحظته ان الفقرتين (1و 2) اعلاه تنطبق فيزياويا مع قانوني كيرشوف الاول والثاني في الكهربائية على التوالي.الا ان طبيعة العلاقة في القوانين الكهربائية هي علاقة خطية بينما هي غير خطية في شبكات المياه هذا وقد تم اقتراح عدة معادلات من قبل عدد من الباحثين بهدف تحديد قيم كل من (n) و(K) ومن بين اكثر هذه المعادلات استعمالا:-

1. معادلة دارسي –وايزباخ Darcy-Weisbach's Equation

بموجب هذه المعادلة يمكن كتابة العلاقة الاساسية لضائع الطاقة نتيجة الاحتكاك(Hf) بالصيغة التالية:

$$H_f = [(8f L)/(\pi^2 g D^5)]*Q^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ويظهر في هذه المعادلة ان قيمة (n) في المعادلة(1) تساوي (2)وان (K)هي

$$K = [(8f L)/(\pi^2 g D^5)] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث ان :-

Q = التصريف المار في الانبوب. (L^3/T)

f = معامل دارسي للاحتكاك. (بدون وحدات)

L = طول الانبوب. (L)

D = قطر الانبوب. (D)

g = التعجيل الارضي. (L/T^2) حـ

وقد وجد ان قيمة (f) تعتمد على رقم رينولدز(Re) وعلى مقدار الخشونة النسبية للسطح (e/D) حيث ان (e) هي معدل ارتفاع النتوءات لسطح الانبوب . (Espesito,1998)

2. معادلة هيزن –وليم: Hazan- William 's Equation

يمكن كتابة هذه المعادلة لجريان الماء في الانابيب الدائرية بجريان اضطرابي:-

$$H_f = [(Ku.\ L)/ (C_{H.W}^{1.85}\ D^{4.865})]*Q^{1.852} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

حيث ان $C_{H.W}$ هو معامل خشونة السطح ويعتمد على نوع مادة الانبوب وعمره وتتراوح قيمته بين(100-150) وان (Ku)هو ثابت الوحدات يأخذ قيمة مقدارها (10.674) للوحدات العالمية (SI Units) ، ان سهولة تطبيق هذه المعادلة جعل استعمالها شائعا وخصوصا في تصميم شبكات المياه في المدن وشبكات الري بالرش والتنقيط نظرا لان قيمة معامل الخشونة ($C_{H.W}$) تبقى ثابتة لجميع قيم التصاريف في الانبوب الواحد على خلاف معامل الاحتكاك (f) في معادلة دارسي والذي يعتمد على نوعية الجريان (طباقي ،اضطرابي).

برنامج الحاسبة الالكترونية:

لقد تضمن برنامج الحاسبة المستخدم في هذا البحث طريقة تحليل شبكات المياه بأستخدام طريقة العقدة لهاردي – كروس ولغرض التأكد من صحة اجراءات العمليات للطريقة المذكورة تم تشغيل البرنامج لعدة شبكات سبق تحليلها بأستخدام برامج اخرى حيث تم الحصول على نفس النتائج. ومن الجدير بالذكر ان هذا البرنامج (pipe++) اصدار2002 اثبت كفاءة جيدة في تحليل الشبكات وهذا ما اكدته الدراسات السابقة لاكثر من شبكة علما ان هذا البرنامج يتضمن نفس المدخلات لبرامج البيسك ولكن بصيغة الوندوز اي بتقنية افضل.

الحالات المقترحة لتحسين توزيع الضغط في الشبكة:

في الشكل (1) تظهر شبكة ماء مدينة الرصافة بجزئها الاول وهي من نوع الشبكات ذات الحلقات المغلقة(الهيئة العامة للماء والمجاري ،2001) حيث ان التقليد الجاري في تصميم مثل هذه الشبكات فرض اقطار وملحقات تتدرج في الصغر نحو مؤخرة الشبكة ومن ثم تحلل الشبكة بأحدى الطرائق الشائعة التي سبق ذكرها ، وتحتاج عملية التصميم بهذا الاسلوب من المهندس ان يكون على خبرة عملية جيدة كما ان مكونات الشبكة كالانابيب والملحقات الاخرى ستكون بقياسات وحجوم مختلفة ومواد متنوعة تنعكس سلبا على طبيعة التصميم وتنفيذ وصيانة الشبكة (Deb,1973).

لذا سيتم اولا تحليل الشبكة الحالية لمعرفة الضغوط في عقد هذه الشبكة وبموجب الاجراءات المقترحة اصبح من الممكن استخدام انابيب ذات قطر واحد لجميع خطوط الشبكة مع ملحقات متشابهة ذات مواد موحدة ايضا ، ولا شك ان تحقيق هذا الجانب في شبكات المياه له اهمية كبيرة في مراحل التصميم والتنفيذ والصيانة الا انه ومن حسن النتائج ايضا وجد انه بالامكان تحسين توزيع الضغط على الشبكة لو ان قطوعات بسيطة اجريت في بعض خطوط الشبكة بحيث تأخذ جميع الانابيب اهمية متقاربة في نقل التصريف المطلوب من الشبكة وبهذا الاجراء امكن تلافي الاختناقات التي غالبا ما تحصل في التصميم التقليدي .

من النتائج الايجابية للاجراءات المقترحة في التصميم هو ان كلفة الشبكة الابتدائية والتشغيلية ستقل بشكل ملحوظ وان شبكة هذا النوع ستتطلب خبرة اقل في مرحلة التصميم وكذلك في الصيانة والتشغيل ، هذا

بالاضافة الى ان توزيع الضغط سيكون اكثر انتظاما وان معاناة المستفيدين في نهاية الشبكة والبعيدة عن موقع الخزان والمضخات ستكون اقل حدة.

مناقشة النتائج

لقد تم تحليل شبكة ماء مدينة الرصافة بجزئها الاول والموضحة في شكل رقم (1) بعد ادخال المعلومات المطلوبة في برنامج الحاسبة (pipe++) وبأستخدام طريقة العقدة لهاردي كروس تم تثبيت النتائج في الجدول رقم (1) .

وتطبيقا للطريقة المقترحة فقد تم اختيار قطر موحد هو (500) ملم لجميع انابيب الشبكة المذكورة مع اجراء بعض القطوعات لبعض خطوط الشبكة وكما موضحة في الشكل رقم(2) وتحليلها بنفس البرنامج وبنفس الطريقة كانت النتائج كما مثبتة في الجدول رقم (1) ايضا.

ومقارنة نتائج الطريقتين في الجدول رقم(1) لنفس الشبكة يتضح الاتي :-

- لقد تحسن توزيع الضغط على عقد الشبكة عند تطبيق الطريقة المقترحة ويشار الى هذا الغرض في الشكل رقم (3) وشكل رقم (4) حيث تم رسم منحنيات توزيع الضغط لكلتا النتيجتين للنقاط المتناظرة والواقعة على مسافة متساوية عن مصدر الماء سواء كان خزانا او مضخة .فالنقاط الواقعة على اطراف الشبكة تحقق ضغط عالي غير مرغوب في بداية الشبكة مع ضغط واطئ غير مرغوب ايضا في نهايات الشبكة قبل التصميم المقترح.في حين ان هذه تضاءلت بشكل ملحوظ في منحنيات الطريقة المقترحة (المنحنيات المتصلة)مما يؤكد ان توزيعا افضل للضغط قد تحقق في استخدام الطريقة المقترحة حيث تناقص الفرق في الضغط بين النقاط الواقعة في بداية الشبكة ونهايتها واصبح اكثر تجانسا وهي حالة يطمح اليها المصمم في جميع الاحوال .
- لكي تكون هذه النتائج الهيدروليكية الجيدة للطريقة المقترحة ةايجابية في جميع ابعادهايجب ان لا يكون ذلك على حساب الناحية الاقتصادية وكلفة الشبكة ، ففي الوقت الذي يمكن استنتاج جدوى التصميم المقترح في جانب مهم من كلفة الشبكة الا وهو كلفة التنفيذ والتشغيل والصيانة على مدى عمر الشبكة فقد تم تحليل ومقارنة الكلفة الابتدائية متمثلة في جانب ضيق يتعلق بكلفة الانابيب المستخدمة في كلا الحالتين قبل وبعد التصميم.ومع ذلك فقد تم تحليل الكلف وفق الاسعار السائدة وتبين ان كلفة تنفيذ الشبكة بالطريقة المقترحة والاقطار الموحدة كما في الشكل (2) ان لم تكن اقل كلفة فهي تساوي كلفة الشبكة في الشكل رقم(1)الا ان النواحي غير المنظورة من صالح الشبكة المقترحة في هذه المقارنة وهي ان الشركات المنفذة مستعدة لتخفيض اسعارها عندما تضمن انها ستنجز نوع واحد من الانابيب والملحقات لان ذلك سيقلل من كلفة عملية التجهيز وكمية الاحتياط وطريقة الحفريات والربط وخبرة التنفيذ والمعدات اللازمة لها.ومما يجدر ذكره ان الجهة المستفيدة ستكتفي بخزن نوع واحد من المواد الاحتياطية للشبكة وعليه فأن الكلفتين الابتدائية والتشغيلية هما حالة ايجابية واحدة في الشبكة المقترحة.ويبين الجدولان رقم(2) و(3) المقارنة المنظورة بين كلفة انابيب وملحقات الشبكة قبل وبعد التصميم.

الخلاصة والاستنتاج

في هذا البحث تركز الجهد على امكانية استخدام اقطار موحدة لجزء من الشبكات الكبيرة، وكما اثبتت حالة الدراسة في شبكة ماء مدينة الرصافة بجزئها الاول فقد تم تحقيق توزيع جيد للضغط في عقد الشبكة في حالة تطبيق الطريقة المقترحة بالمقارنة مع نفس الشبكة المصممة بالطريقة التقليدية وبالاضافة الى

تحسن الضغط وانتظام توزيعه فأن عملية استخدام اقطار موحدة للشبكة وان كان قد رافقها انخفاض في الكلفة الابتدائية بنسبة قليلة الا ان الكلفة التشغيلية وكلفة الصيانة وتصنيع الموادالاحتياطية وخزنهاقد تعطي مـردودا ماديا وفنيا جيدين.

كما ان طريقة تحليل وتصميم شبكات المياه ذات الاقطار الموحدة تتيح للمصمم اختيار البدائل المناسبة كما مر سابقا.

References

Deb, A.K., "Least Cost Design of Water Main System in Series Proc .ASCE .J. Environmental Engineering Div.Vol.99, No.EE3, June, 1973, pp.405-409.

Eleiwi, M.A "Water Distribution System Analysis for Steady and Transient Flow", Eng. College, Al-Mustansiriyah Univ., 2001.

El-Jumaily K. K.,"Design Water Networks by using Same Diameter of Pipes and Fittings" paper of Technology and Engineer, Vol. 12, No.3, 1982.

Espesito, A., "fluid Mechanics with applications".Prentice-Hall, Inc, London .1998

Featherstone, R.E., "Civil Engineering Hydrulics", Essential Theory with Worked Examples, William Collins Sons and Co.Ltd.,London,1982.

Garg,S.K.,"Hydrology and Water Resources Engineering", Khanna Publishers, NaiSarak ,Delhi,Junuary,2000.

Jabbouri, J.K.,"Design and Analysis of Water Distribution Networks by Using Computer", Thesis, Building and Construction Department –University of Technology, 1997.

Nielson, H.B. "Methods of Analyzing Pipe Networks",Journal of the Hydraulic Division,ASCE,Vol.115,No.2,February ,1989,p.139-157.

Wood, D.J., and Funk, J.E."Modeling Pipe Networks Dominated by Junction", Journal of the Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.119, N o.8, 1993, P.949-959.

- الهيئة العامة للماء والمجاري ،دائرة ماء الرصافة، قسم التخطيط والمتابعة،مخطط شبكة ماء الرصافة .

جدول رقم(1) نتائج تحليل الشبكة القديمة والشبكة المقترحة

Node No.	Pressure Head(m)	
	Old network	Proposed network
1	40.448	38.151
2	60.00	60.000
3	49.037	41.019
4	57.974	48.428
5	59.926	55.579
6	26.623	41.276
7	22.017	35.103
8	41.334	24.109
9	60.960	61.238
10	69.959	69.064
11	42.271	43.064
12	19.645	20.109
13	19.644	20.213
14	8.143	9.099
15	9.595	40.223
16	10.074	29.062
17	25.970	28.179
18	41.566	40.704
19	61.059	60.920
20	32.021	33.125
21	32.969	33.195
22	64.670	64.432
23	61.437	58.379
24	23.736	23.700
25	17.107	16.824
26	15.113	14.875
27	43.880	43.081
28	33.948	33.071
29	73.747	72.948
30	74.038	65.980
31	74.627	63.587
32	74.276	68.547

مجلة جامعة بابل

جدول رقم(2)(تحليل الاسعار المعتمدة لحساب كلفة الشبكة التقليدية)

1. الانابيب			
القطر(mm)	الطول(m)	السعر بالدولار / م. ط مواد وعمل	المبلغ الكلي بالدولار الامريكي
300	12814	$110	$1409540
500	3936	$155	$610080
600	8387	$180	$1509660
المجمـــــــوع	25137		$3529280

2. الاقفال *			
القطر(mm)	العدد(m)	السعر الدولار	المبلغ الكلي بالدولار الامريكي
300	29	$420	$12180
500	5	$850	$4250
600	14	$1300	$18200
المجمـــــــوع	48		$34630

* كلفة عمل الاقفال تدخل ضمن فقرة عمل الانابيب

كلفة الملحقات الاخرى (عكوس، تقاسيم ....وغيرها) تشكل حوالي 10% من كلفة الانابيب	$352928
الكلفة الكلية للشبكة الاعتيادية	=352928+34630+3529280 $3916838

جدول رقم(3)(تحليل الاسعار المعتمدة لحساب كلفة الشبكة المقترحة)

1. الانابيب			
القطر(mm)	الطول(m)	السعر بالدولار/ م. ط مواد وعمل	المبلغ الكلي بالدولار
500	25137	$155	$3896235

2. الاقفال *			
القطر(mm)	العدد(m)	السعر بالدولار	المبلغ الكلي بالدولار
500	48	$850	$40800

* كلفة عمل الاقفال تدخل ضمن فقرة عمل الانابيب

كلفة الملحقات الاخرى (عكوس، تقاسيم ....وغيرها) تشكل حوالي 10% من كلفة الانابيب	$389623.5
الكلفة الكلية للشبكة المقترحة يطرح 5% من الكلفة عن المزايا التنفيذيةللشبكة وانعكاسها على اسعار المناقصين	=389623.5+40800+3896235 $4326658.5 216333- $4110325.5=

Fig (1) Rasafa water network (before design)

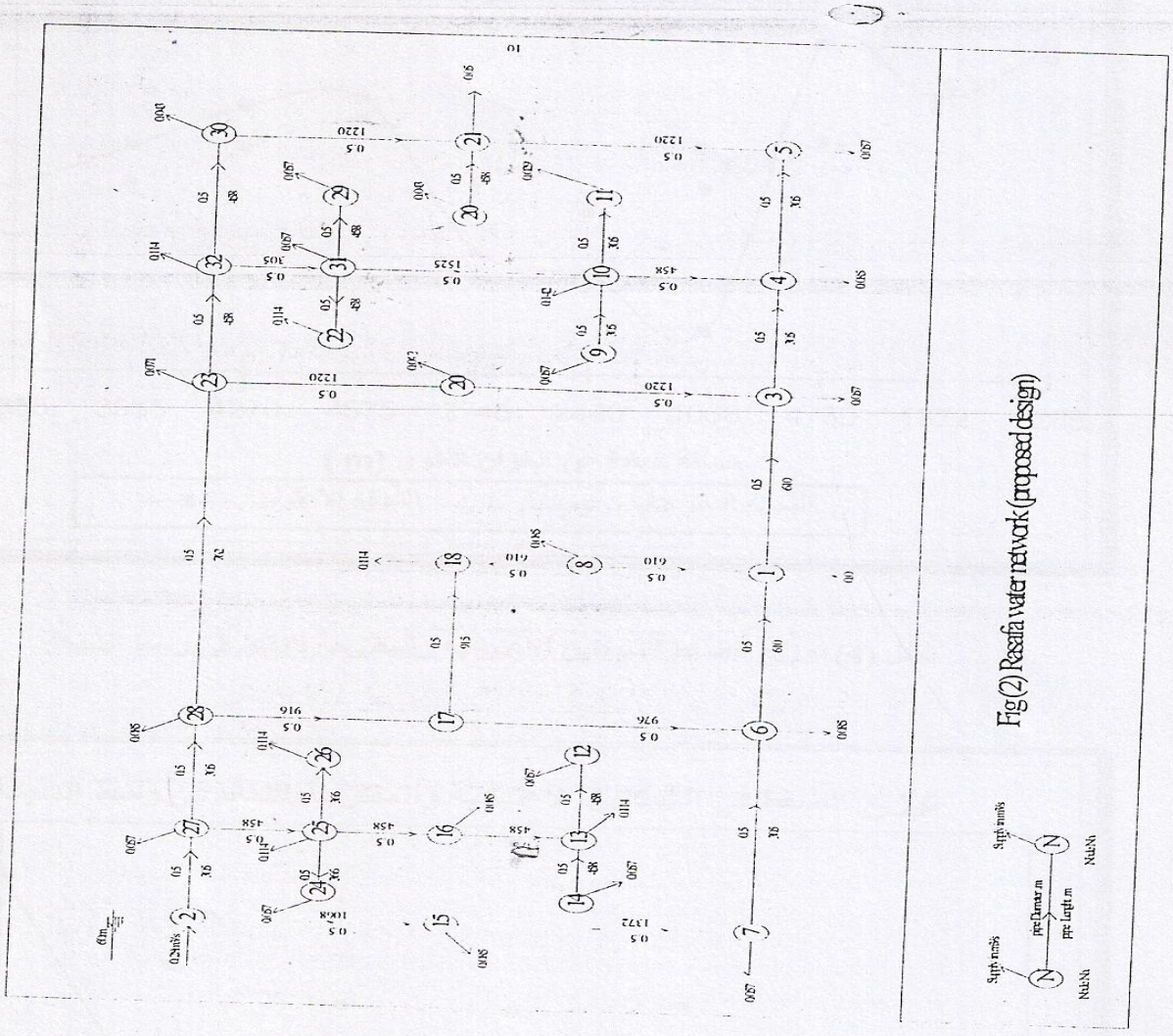
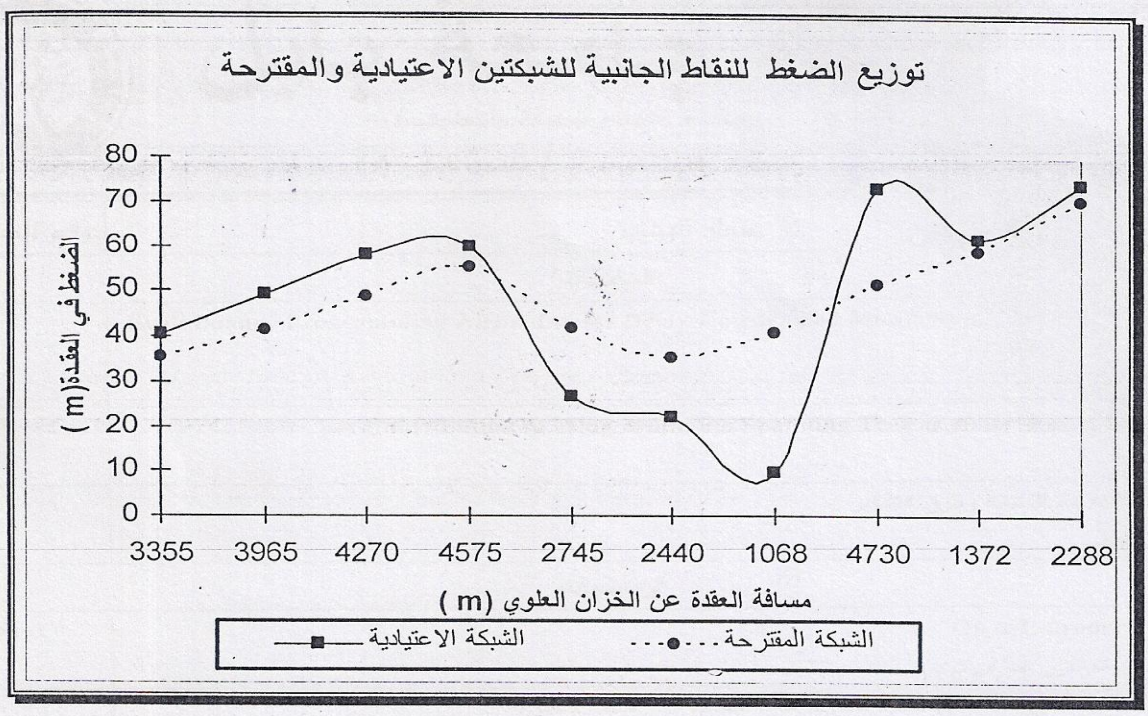
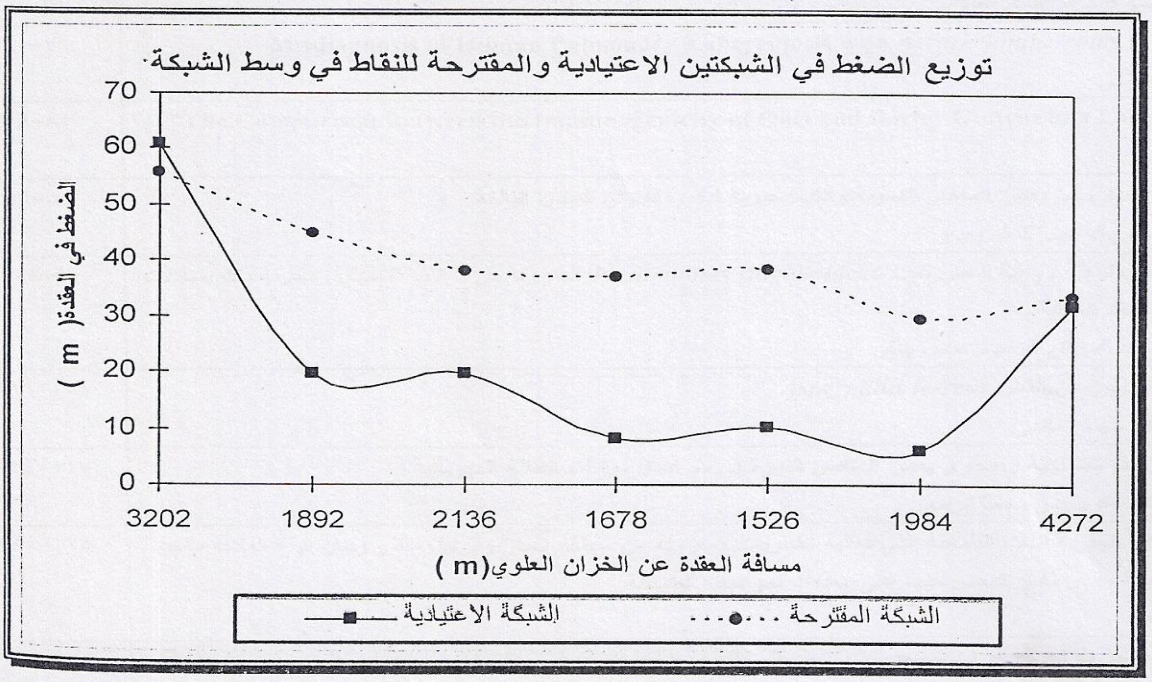


Fig (2) Rasafa water network (proposed design)

شكل (3) توزيع الضغط للنقاط الجانبية للشبكتين الاعتيادية والمقترحة



شكل (4) توزيع الضغط للشبكتين الاعتيادية والمقترحة للنقاط في وسط الشبكة



مجلة جامعة بابل