تصميم شبكات المياه

اعداد

دكتور مهندس / أحمد رفعت

نوفمبر ٢٠١٤

المحتويات

الفصل الأول: البيانات الأساسية اللازمة لتصميم شبكات مياه الشرب

الفصل الثاني: تخطيط شبكات توزيع المياه

الفصل الثالث: منشئآت تخزين المياه

الفصل الرابع: محطات طلمبات الضغط العالي

الفصل الخامس: التصميم الهيدروليكي لشبكات توزيع مياه الشرب

الفصل السادس: التصميم الهيدروليكي باستخدام الحاسب الآلي

الفصل السابع: برنامج ال WATERCAD

١	الفصل الأول

البيانات الأساسية اللازمة لتصميم شبكات مياه الشرب

مقدمة

تعتبر البيانات الأساسية، والتى يتم الحصول عليها عن طريق الدراسات المبدئية، هى مدخلات لعملية تصميم ناجحة، تحقق الهدف المصممة من أجله الشبكة. ولما كانت شبكات توزيع المياه تنشأ لخدمة مجتمع فى فترة تصميمية لا تقل فى أغلب الأحيان عن عشرة إلى خمسة عشر عاماً، فإنه لا يكتفى بالحصول على البيانات الأساسية للوقت الحاضر فقط، ولكن يلزم التنبؤ بالبيانات المستقبلية وذلك بدراسة النمط السابق لنمو هذه البيانات.

وعلى هذا فإن البدء فى تصميم شبكة مياه لمدينة أو منطقة معينة يتطلب تقدير كمية المياه اللازمة حالياً، ومستقبلياً وهذا يستوجب القيام بالدراسات المبدئية الآتية:

- التنبؤ بعدد السكان.
- حساب معدلات الاستهلاك المختلفة.
- تقدير الزيادة فى معدلات الاستهلاك المستقبلية.
- حساب التصرفات التصميمية.
- عمل الدراسات الميدانية.

التنبؤ بعدد السكان

لما كان خط المواسير الذى يستخدم فى نقل المياه الحالية والمستقبلية ذا عمر افتراضى يتراوح بين ٣٠ و ٥٠ سنة فإنه يجب تقدير عدد السكان طوال المدة التى يخدم فيها الخط بدقة كافية، حتى لاتسبب زيادة التقدير حدوث زيادة فى أقطار المواسير، وبالتالى زيادة تكاليف الخط، وحتى لا يسبب نقص التقدير حدوث قصور فى خدمة الإمداد بالمياه اللازمة.

والطرق المستخدمة فى التنبؤ بعدد السكان هى:

١. الطريقة الحسابية (Arithmetic Increase).

٢. الطريقة الهندسية (Geometric Increase).

٣. طريقة الزيادة بالمعدل المتناقص (Decreasing Rate of Increase).

٤. طريقة افتراض الكثافات السكانية.

٥. الطريقة البيانية التقريبية.

٦. طريقة المقارنة البيانية.

وسوف يتم التركيز هنا على الطريقة الحسابية الهندسية وطريقة الكثافات حيث أنها أكثر الطرق استخداما وتناسبا مع منحنى النمو السكانى للمجتمعات المصرية.

الطريقة الحسابية

وتطبق فيها المعادلة الآتية:

$$Pn = Po + Ka\,(tn - t_l) \qquad (١-١)$$

الطريقة الهندسية

وتطبق فيها المعادلة الآتية:

$$\ln P_n = \ln P_o + Kg\,(t_n - t_l) \qquad (٢-١)$$

حيث أن:

P_n : التعداد الذى يخدمه المشروع فى سنة الهدف

P_o : أخر تعداد للمنطقة ويؤخذ حسب بيان التعبئة والأحصاء

K_a : معدل الزيادة السنوية للسكان (معدل ثابت)

K_g : معدل الزيادة السنوية للسكان فى الطريقة الهندسية (متزايد)

t_n-t_1 : الفترة الزمنية التى يخدم فيها المشروع

ln : اللوغاريتم الطبيعى للأساس ٢,٧

طريقة الكثافات السكانية

وتتوقف هذه الطريقة على تخطيط المدينة أو المنطقة والجدول (١-١) يعطى الكثافات التى حددها الكود المصرى لتصميم الشبكات.

جدول رقم (١-١) : الكثافات السكانية التى تستخدم عند حساب عدد السكان المتوقع فى تخطيط المدينة أو المنطقة

الكثافة السكانية (فرد/هكتار)	نوعية المسكن
١٠	فيلات درجة أولى
٦٠-٣٠	فيلات درجة ثانية
٢٥٠-١٠٠	عمارات سكنية صغيرة
٧٠٠-٢٤٠	عمارات سكنية متوسطة
١٢٠٠-٧٠٠	عمارات سكنية كبيرة
٧٥-٥٠	مناطق تجارية
٣٠-٢٠	مناطق صناعية

حساب معدلات الاستهلاك المختلفة

يمكن تقسيم أنواع الاستهلاكات إلى مايلى:

- استهلاك منزلى.
- استهلاك غير منزلى، ويشمل كل من الاستهلاك التجارى والصناعى والاستهلاك العام.

أ) الاستهلاك المنزلى

وهو يشمل كل ما يخص استهلاك المياه داخل المنزل من نظافة وشرب وإعداد طعام ..إلخ.

ب) الاستهلاك غير المنزلى

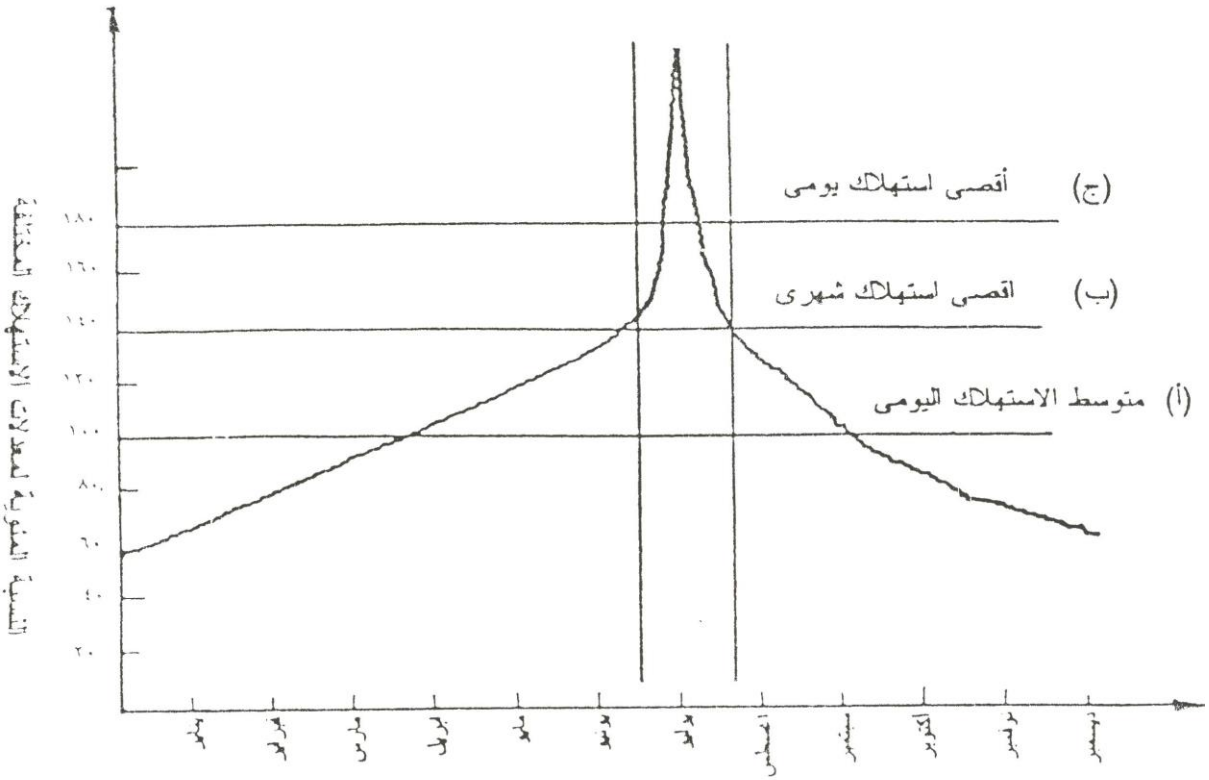
ويشمل جميع عناصر الاستهلاك غير المنزلى من مدارس، مستشفيات، فنادق، مساجد ومكاتب ..إلخ، والجدول رقم (١-٢) يوضح معدل الاستخدام النمطى غير المنزلى، ويعبر عن معدل الاستهلاك الكلى اليومى للمياه باللتر/فرد/يوم، ويختلف هذا المعدل باختلاف فصول السنة وكذلك أشهر السنة وأيضا فى خلال الساعة من اليوم، ولمواجهة هذه التغيرات فى معدلات الاستهلاك أمكن تعريف معدلات الاستهلاك المختلفة، واستنتاج متوسط الاستهلاك اليومى على مدار العام، كمقياس لبقية معدلات الاستهلاك، وفيمايلى تعريفات لمعدلات الاستهلاك المختلفة:

- متوسط الاستهلاك اليومى على مدار العام (Average Of Annual Daily Consumption)، ويحسب بقسمة جملة الاستهلاك للمياه خلال العام على عدد أيام السنة.
- أقصى استهلاك شهرى (Maximum Monthly Consumption)، يعين الشهر الذى يقع فيه مجموع أكبر استهلاك، ويؤخذ متوسط الاستهلاك اليومى خلال هذا الشهر، فيكون هو أقصى استهلاك شهرى، ويمكن تقديره بحوالى (١,٢٥ – ١,٥٠) من متوسط الاستهلاك اليومى على مدار العام ويؤخذ (١,٤٠).
- أقصى استهلاك يومى (Maximum Daily Consumption)، يعين الشهر الذى يحدث فيه أكبر استهلاك خلال السنة، ثم يعين اليوم الذى يحدث فيه أكبر استهلاك فيكون هذا الاستهلاك هو أقصى استهلاك يومى، ويمكن تقديره بحوالى (١,٦٠-١,٨٠) من متوسط الاستهلاك اليومى على مدار العام.
- أقصى استهلاك فى الساعة (Maximum Hourly consumption)، يعين اليوم الذى يحدث فيه أكبر استهلاك خلال السنة والذى يعطى أقصى استهلاك يومى، ثم يُرسم منحنى الاستهلاك خلال ساعات هذا اليوم ومنه يحدد أقصى استهلاك فى الساعة ويمكن تقديره بحوالى ٢,٥٠ من متوسط الاستهلاك اليومى على مدار العام.
- وترجع أهمية دراسة معدلات الاستهلاك فى تعيين التصرفات المختلفة للإمداد بالمياه، حيث يستخدم (أقصى استهلاك شهرى) فى تصميم أعمال التنقية، (وأقصى استهلاك يومى) فى تصميم الخطوط الرئيسية والخطوط الفرعية وأعمال التخزين للشبكة، ويستخدم (أقصى استهلاك ساعة) فى تصميم خطوط التوزيع فى الشبكة، وكذلك فى تصميم وصلات الخدمة فى البيوت.

والشكلان رقما (١-١)، (١-٢) يوضحان العلاقة بين معدلات الاستهلاك.

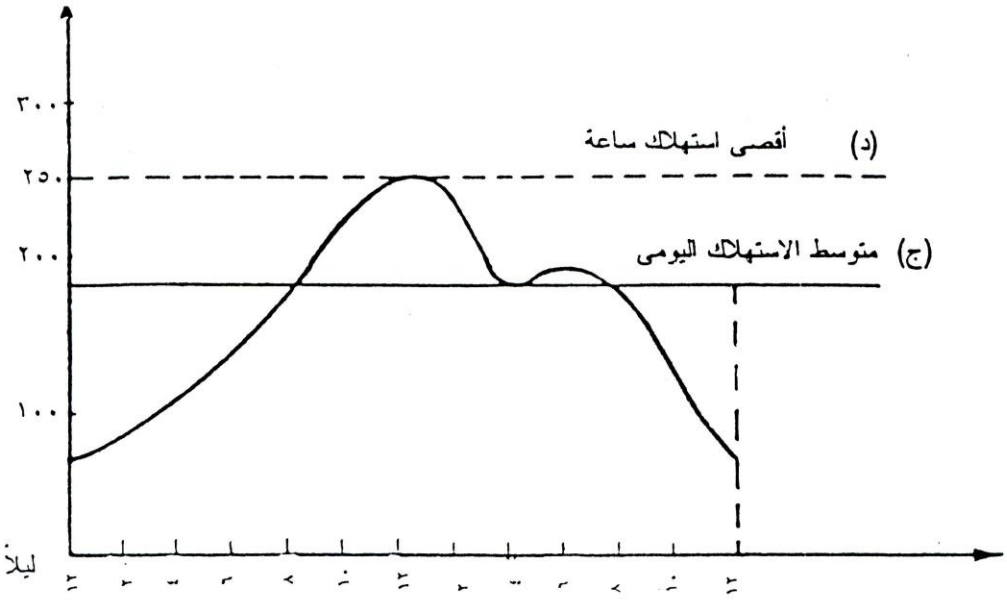
جدول رقم (١-٢): معدل الاستهلاك النمطى غير المنزلى فى القرى

الفئـة	الاستخدام النمطى (لتر/يوم)
المدارس	١٥-٣٠ لكل تلميذ
المستشفيات (بها مغاسل)	٢٢٠-٣٠٠ لكل سرير
الفنـادق	٨٠ ـ ١٢٠ للشخص
المقاهـى	٦٥ ـ ٩٠ للكرسى
المسـاجد	٢٥ ـ ٤٠ للزائر
السينما والمسرح	١٠ ـ ١٥ لكل كرسى
المكاتب	٢٥ ـ ٤٠ لكل شخص
محطات الأتوبيس والسكة الحديد	١٥ ـ ٢٠ لكل شخص
معامل منتجات الألبان	٢ ـ ٥ لكل لتر لبن
المجـازر	١٠ ـ ٥٠ لكل حيوان
الثروة الحيوانية:	
الماشـية	٢٥ ـ ٣٥ للرأس
الخيول والحمير	٢٠ ـ ٢٥ للرأس
الأغنـام	١٥ ـ ٢٥ للرأس
الدواجـن	١٥-٢٥ لكل ١٠٠ دجاجه



شكل رقم (١-١)

العلاقة بين معدلات الاستهلاك المختلفة



شكل رقم (١-٢)

الاستهلاك فى اليوم الذى يحدث فيه أكبر استهلاك

تقدير الزيادة فى معدلات الاستهلاك مستقبلاً

للحصول على معدلات الاستهلاك فى المستقبل تطبق المعادلات الآتية:

$$Percent\ \text{Increase} = \left[\left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{0.125} - 1\right] x 100$$

أو

$$Percent\ \text{Increase} = \left[\left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{0.11} - 1\right] x 100$$

وتطبق المعادلة الأولى فى حالة وجود عدادات قياس استهلاك المياه، وتطبق المعادل الثانية فى حالة عدم وجودها.

أما فى حالة معرفة النسبة المئوية لمعدل الزيادة السكانية فيمكن تطبيق المعادلة الآتية:

$$\text{Percent Increase} = \{(1+r)^n - 1 \times 100$$

حيث:

r : معدل الزيادة فى الاستهلاك سنويا وتؤخذ ١٠/١ من النسبة المئوية لمعدل الزيادة السنوية للسكان.

n : زمن المشروع (عدد السنين التى يخدم فيها المشروع).

وطبقا للدراسات التى تمت لمدن القاهرة، الإسكندرية، وبورسعيد وبعض محافظات الوجه القبلى والبحرى والمدن الجديدة (مثل العبور – ٦ أكتوبر) تم تحديد متوسط الاستهلاك اليومى لمختلف مناطق الجمهورية من حيث كونها مدن أو عواصم محافظات أو مراكز أو ريف، ومتوسط الاستهلاك اليومى يمثل الاستهلاك المنزلى بالإضافة إلى الاستهلاك للأغراض العامة والصناعات الصغيرة، أما بالنسبة

للفواقد فى الشبكات فهى تتراوح بين ٢٠-٤٠ لتر/فرد/يوم، وهذه الكمية داخلة ضمن متوسط الاستهلاك اليومى، ويراعى خصم كمية الفاقد عند حساب معدلات الاستهلاك الأخرى.

والجدول رقم (١-٣) يعطى متوسط الاستهلاك اليومى وكذلك كمية الفاقد خلال الشبكة.

جدول رقم (١-٣): متوسط الاستهلاك اليومى وكمية الفاقد خلال الشبكة

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك اليومى لتر/فرد/يوم	كمية الفاقد لتر/فرد/يوم	متوسط الاستهلاك الكلى لتر/فرد/يوم
عواصم المحافظات (المدن)	١٨٠	٢٠-٤٠	٢٠٠-٢٢٠
المراكز	١٥٠	١٥-٣٠	١٦٥-١٨٠
القرى حتى ٥٠٠٠٠ نسمة	١٢٥	١٠-٢٥	١٣٥-١٥٠
المدن الجديدة	٢٨٠	صفر- ٢٠	٢٨٠-٣٠٠

والمثال التالى يوضح كيفية حساب معدلات الاستهلاك لمدينة جديدة.

مثال

متوسط الاستهلاك اليومى للمدينة الجديدة (من جدول رقم ١-٣).

= ٢٨٠ – ٣٠٠لتر/فرد/يوم

= ٢٨٠ + (صفر-٢٠) لتر/فرد/يوم

كمية الفاقد خلال الشبكة = ٢٠ لتر/فرد/يوم.

أقصى استهلاك شهرى = ١,٤٠ × ٢٨٠ + ٢٠=٤١٢ لتر/فرد/يوم

أقصى استهلاك يومى = ١,٨٠ × ٢٨٠ + ٢٠ = ٥٢٤ لتر/فرد/يوم

أقصى استهلاك ساعة = ٢,٥ × ٢٨٠ + ٢٠ = ٧٢٠ لتر/فرد/يوم

أما بالنسبة للاستهلاك الصناعى، ومن واقع الدراسات التى تمت لمدن القاهرة، الإسكندرية، وبورسعيد وبعض المحافظات تم تحديد قيم الاستهلاك الصناعى كما هو موضح بالجدول رقم (١-٤).

جدول رقم (١-٤) : قيم الاستهلاك الصناعى (لتر/هكتار/ثانية)

حالة الاستخدام	الاستهلاك الصناعى (لتر/هكتار/ثانية)
عواصم المحافظات (المدن)	٢
المراكز	٢
القرى حتى ٥٠٠٠٠ نسمة	٢
المدن الجديدة	٣

والجدول رقم (١-٥) يوضح متوسط الاستهلاك اليومى فى حالة الفنادق – المبانى العامة – المبانى الحكومية – والمدارس والمستشفيات، أما بالنسبة لتصرفات الحريق فتؤخذ طبقا للجدول رقم (١-٦).

جدول رقم (١-٥) : متوسط الاستهلاك اليومى للمبانى العامة (المستشفيات – الفنادق – المدارس)

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك (لتر/فرد/يوم)
مبانى عامة – مكاتب – مدارس	٥٠ – ١٥٠
مستشفيات	٥٠٠ – ١٠٠٠ لتر/سرير/يوم
فنـــادق	١٨٠- ٥٠٠ لتر/سرير/يوم

جدول رقم (١-٦) : تصرفات الحريـق

عدد السكان (فرد)	تصرف الحريق (لتر/ث)
حتى ١٠,٠٠٠	٢٠
٢٥,٠٠٠	٢٥
٥٠,٠٠٠	٣٠
١٠٠,٠٠٠	٤٠
أكثر من ٢٠٠,٠٠٠	٥٠

حساب التصرفات التصميمية

تحسب التصرفات التصميمية (Q-design) للخطوط حسب نوع التخطيط المتبع فى الشبكة، من حيث كونه تخطيط شجرى أو دائرى أو شبكى، وسيتم مناقشة ذلك بالتفصيل فى الفصل الثانى.

عمل الدراسات الميدانيـة

تعتبر الدراسات الميدانية هى الأساس فى بدء عملية التصميم بالإضافة إلى البيانات التصميمية وتشمل الدراسات عمل الآتى:

- عمل خرائط تفصيلية موقع عليها جميع المنشآت والطرق.
- عمل خرائط كنتورية لتحديد المناطق المنخفضة والمرتفعة فى منطقة الدراسة.
- توقيع المصدر الرئيسى للشبكة وكذلك مواقع الخزانات.
- عمل جسات على المسار لتصميم الأساسات.
- تحديد أماكن العدايات سواء للسكة الحديد أو الطرق أو المجارى المائية وخلافه.

٢	الفصل الثانى

تخطيط شبكات توزيع مياه الشرب

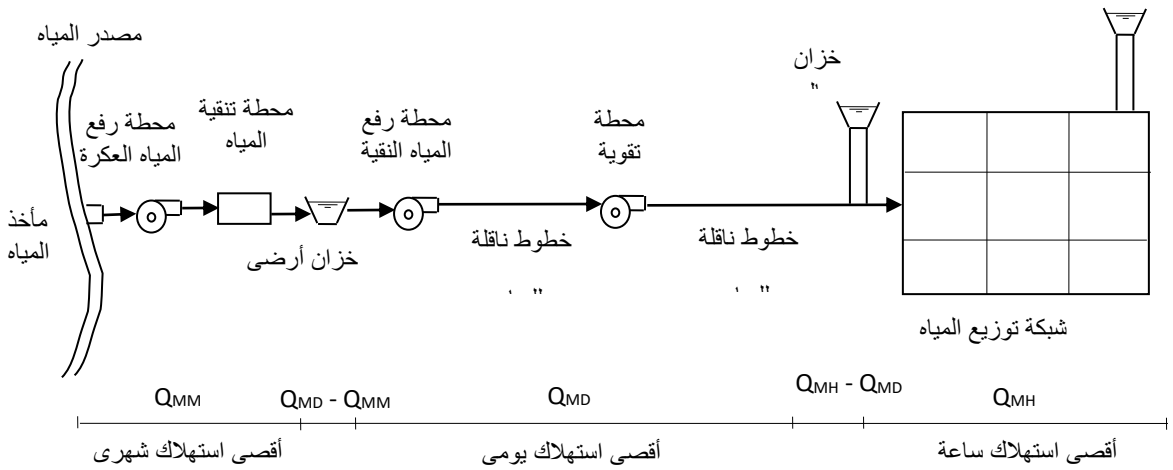
مقدمـة

تشمل أعمال توزيع مياه الشرب الوحدات الرئيسية التالية:

١. محطات طلمبات ضخ المياه النقية (الضغط العالى).

٢. شبكات توزيع مياه الشرب.

٣. منشآت التخزين الأرضية والعالية.



متطلبات الأمان فى توزيع أعمال توزيع المياه

يمكن تلخيص أهم متطلبات الأمان فى أعمال توزيع مياه الشرب فى النقاط التالية:

١. يجـب أن تفى كميات المياه التى تنقلها الشـبكة بكافة الاحتياجات المائية المطلوبة فى أى وقت.

٢. يجب أن يكون ضغط التشغيل بشبكة التوزيع كافياً لتوصيل المياه إلى أبعد وأعلى مكان بالمدينة أو التجمع السكنى.

٣. يمكن التحكم فى سريان المياه خلال شبكة التوزيع باستخدام محابس القفل.

٤. يجب أن تكون شبكة المواسير آمنة على نوعية المياه النقية وأن لا تتفاعل معها أو تسمح بتلوثها.

٥. ينبغى أن تكون مواد الصنع للمنشآت والشبكات والأجزاء الميكانيكية والكهربائية من مواد متينة تتحمل التشغيل المستمر وتقاوم التآكل من الداخل والخارج.

٦. من الضرورى أن تخلو شبكة التوزيع من النهايات الميتة.

٧. ينبغى ألا يتعارض أى جزء من أعمال التوزيع من الخدمات والمرافق الأخرى.

٨. يجب حماية جميع أعمال التوزيع من التلوث من الخارج أو الداخل.

النظم الهندسية للتغذية بمياه الشرب

يمكن تقسيم النظم الهندسية للتغذية بمياه الشرب :

١. التغذية بالجاذبيـة.

٢. التغذية بالضغط.

٣. التغذية المشتركة.

١- التغذية بالجاذبيـة

هى التغذية من أعلى وفيها تكون جميع أعمال إنتاج وتنقية وتخزين المياه (فى خزانات أرضية) فى مكان مرتفع عن منسوب المدينة أو التجمع السكنى. ويسمح هذا الوضع بتغذية المدينة بالضغط الكافى والناتج من الفارق الاستاتيكى، ويمتاز هذا النظام بعدم وجود محطات (ضغط)، أو منشآت تخزين عالية، أى أنه نظام اقتصادى مريح.

٢- التغذية بالضغط

هى التغذية من نفس المستوى أو أقل، بواسطة محطة ضخ تعمل طوال الوقت وفيها تكون جميع أعمال إنتاج وتنقية وتخزين المياه (فى خزانات أرضية) هى فى مكان ذى منسوب يعادل منسوب التجمع السكنى أو المدينة أو يقل عنه، كما تخلو شبكة التوزيع من منشآت التخزين العالية، ولذلك تستخدم محطة ضخ (طلمبات) توضع بجوار أعمال التنقية وتعمل طوال الوقت، وبتصرفات مختلفة، لتلبى كافة الاحتياجات المائية.

٣- التغذية المشتركة

هى التغذية من نفس المستوى أو أقل، بواسطة محطة ضخ ومنشآت تخزين عالية ونجد فى هذا النظام الثالث للتغذية بمياه الشرب أن جميع أعمال إنتاج المياه وتنقيتها وكذلك تخزينها فى خزانات أرضية هى فى مكان ذى منسوب يعادل منسوب المدينة أو يقل عنه، وتتواجد فى شبكة التوزيع منشآت تخزين عالية مما يتيح الفرصة لأن تعمل محطة طلمبات ضخ المياه النقية بعض الوقت، بتصرف ثابت، بينما تنتج منشآت التخزين العالى فرصة تعويض كميات المياه أثناء ساعات الذروة على أن يتم ملؤها أثناء ساعات الليل.

شبكة توزيع المياه

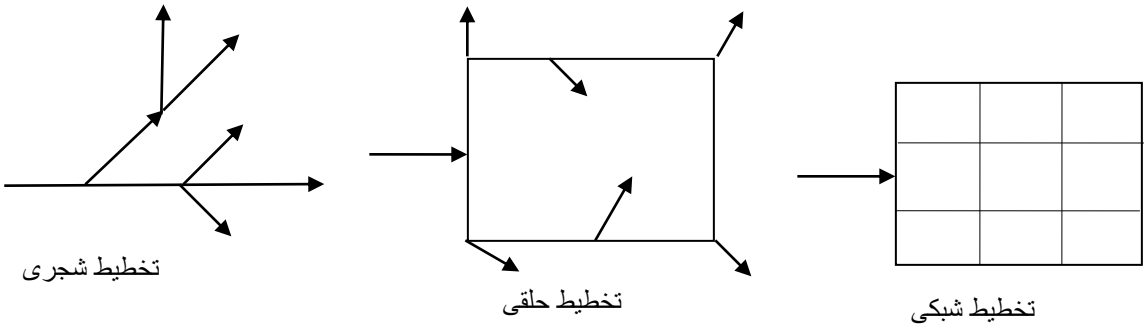
يقصد بشبكة التوزيع خطوط المواسير الرئيسية الممتدة من محطة تنقية المياه أو من محطة ضخ المياه إلى شبكة التوزيع الفرعية فى جميع مناطق التجمعات العمرانية المختلفة (مدن/قرى/عزب/نجوع)، وتستخدم شبكة توزيع المياه فى تغذية جميع أنحاء التجمعات السكنية بالمياه الصالحة للاستخدام المنزلية والصناعية ومقاومة الحرائق، وذلك وفقا للمعدلات المطلوبة وتحت الضغط المناسب، مع الأخذ فى الاعتبار الحماية الكافية للشبكة لضمان عدم تلوث المياه وضمان نظافة الشبكة.

وتشمل شبكة التغذية المواسير، وجميع مايلزمها من قطع خاصة، ومحابس مختلفة، وحنفيات حريق وري، بالإضافة إلى الأعمال الإنشائية والتكميلية اللازمة لحمايتها وضمان سهولة تشغيلها وصيانتها مثل غرف المحابس، والعدايات والدعامات الخرسانية للأكواع والمشتركات..إلخ، وفى الغالب، تتبع خطوط المواسير فى إنشائها شكل سطح الأرض.

وتعتبر أعمال توزيع المياه واحدة من أهم الأعمال الإنشائية الرئيسية وأكثرها تكلفة فى عملية الإمداد بالمياه، حيث تتعرض المواسير على اختلاف أنواعها إلى اجهادات وتأثيرات متنوعة، سواء من التربة المحيطة بها أو بسبب التغير فى درجات الحرارة، أو الصدمات التى تحدث أثناء النقل والتركيب.

تخطيط شبكة التوزيع

عند تخطيط شبكة التوزيع، تستخدم إحدى الطرق الأربعة الآتية، التخطيط الشجرى، أو الدائرى، أو الشبكى.



أ) التخطيط الشجرى

فى نظام التخطيط الشجرى (Tree System)، يمتد الخط الرئيسى من محطة الطلمبات إلى وسط القرية أو المدينة ويقل قطره كلما بعد عن المحطة، وتتفرع من هذا الخط أفرع أخرى إلى داخل الشوارع المتفرعة من الشارع الرئيسى، لتوزيع المياه، ومع أن هذا الأسلوب فى التخطيط يعتبر أرخص الطرق للتخطيط إلا أنه أقل استعمالا لوجود نهايات غير متصلة (ميتة Dead Ends) كثيرة، بالإضافة إلى تعرض مناطق كثيرة للحرمان من المياه فى حالة قفل خطوط المياه بسبب الإصلاح والصيانة، أو نتيجة حدوث كسر فى الخط الرئيسى، ويمكن استخدام هذا النظام فى القرى والتجمعات الصغيرة.

ب) التخطيط الدائـرى (الحلقى)

يعتبر التخطيط الدائرة (Circle System) تطويراً لنظام التخطيط الشجرى، مع توصيل نهايات الخطوط الرئيسية حول المدينة أو المنطقة حيث يمر الخط الرئيسى فى شارع يحيط بالمناطق القديمة، لتكوين دائرة

أو حزام مقفل تتفرع منه خطوط فرعية فى الشوارع الجانبية، وذلك حسب تخطيط مسارات خطوط التوزيع ويستعمل هذا النظام فى تغذية القرى والمناطق الريفية، ويمتاز هذا النظام عن النظام السابق بقلة النهايات غير المتصلة، بالإضافة إلى عدم حرمان أى منطقة من الماء بسبب أى كسر بعيداً عن المنطقة، نظراً للتغذية من أكثر من أتجاه.

ج) التخطيط الشبكى

يفضل استخدام التخطيط الشبكى (Gridiron System) فى المدن السكنية، ويتكون هذا النوع من الشبكات من خط دائرى رئيسى يحيط بالمدينة أو المنطقة على هيئة حزام، بالإضافة إلى خطوط شبه رئيسية أخرى (ثانوية) تخترق الشوارع الرئيسية على ألا تزيد المسافة بين أى ماسورتين رئيستين عن كيلومتر واحد على أن تمتد بينهما خطوط فرعية للتوزيع، ويضمن هذا النوع وصول المياه إلى أى منطقة من اتجاهين، كما يجعل المياه دائمة الحركة حيث تمر من جهة إلى أخرى ثم بالعكس طبقا للسحب والضغط فى جهتى الخط.
وهذه الطريقة، وإن كانت عالية التكاليف، إلا أنها تعتبر أفضل من الطرق السابقة نظراً لضمان الإمداد بالمياه دون توقف أو انقطاع، وضمان ملائمة توزيع الضغوط بالإضافة إلى مقاومة الحريق.
وعموما فإن نظام توزيع ونقل المياه لأى مدينة يمكن أن يجمع بين أكثر من نظام حسب تخطيط المدينة أو التجمع العمرانى. ويوضح الجدول التالى مقارنة بين الأنظمة المختلفة.

مقارنة بين أنظمة تخطيط شبكات المياه

عناصر المقارنة	الشجرى	الدائرى	الشبكى
التكلفة	قليلة	متوسطة	عالية
النهايات الميتة	كثيرة	متوسطة	لا توجد
نطاق تأثير كسر أحد المواسير	كبير	متوسط	محدود
جودة المياه	ضعيفة	متوسطة	عالية
ضغوط المياه	منخفضة	متوسطة	عالية

٣	الفصل الثالث

منشآت تخزين مياه الشرب

الغرض من منشآت تخزين مياه الشرب

يتم الاحتفاظ بطاقة تخزينية من مياه الشرب بعد تنقيتها فى محطة التنقية، وفى بعض الأماكن المتفرقة من التجمعات السكنية أو المدن (على الشبكة) وتكون معدة لتوزيع المياه، وذلك للأغراض الأساسية الآتية:

أ) موزانة التغير فى سحب المياه خلال ساعات اليوم الواحد.

ب) تشغيل محطات ضخ المياه بشكل اقتصادى ومنتظم، إما بمعدل ثابت أو متغير، لفترة أو فترتين على الأكثر خلال اليوم الواحد.

ج) توفير كمية احتياطية من الماء النقى (مياه الشرب) لمواجهة أى طارئ مثل:

- عدم استمرارية تشغيل محطة التنقية طوال الـ ٢٤ ساعة.
- عدم استمرارية تشغيل محطات الضخ لمدة ٢٤ ساعة حيث أنها تعمل غالبا فى القرى أو فى المدن الجديدة لمدة محدودة (١٢-١٦ ساعة فى اليوم، أى تتم التغذية بمياه الشرب على فترات متقطعة).
- حدوث كسر فى خط المياه الرئيسى الناقل للمياه.
- حدوث أى عطل فى وحدات محطة التنقية أو الضخ لفترة قصيرة.
- مواجهة حدوث حرائق بالتجمع السكنى.

د) تحقيق السيطرة وانتظام الضغوط فى الشبكة.

هـ) المساهمة فى خفض السعة الإنتاجية لمحطة التنقية، مما يساعد على الاقتصاد فى الاستثمارات وفى الطاقة الكهربائية.

و) إتاحة فرصة تفاعل مادة التعقيم (الكلور) لإزالة التلوث قبل ضخ المياه للاستهلاك (يتم ذلك فى الخزان الأرضى).

أنـوع الخزانات

تستخدم الخزانات الأرضية أو الخزانات العالية، وتكلفة إنشاء النوع الأول أقل من تكلفة إنشاء النوع الثانى فى حالة التساوى فى السعة، بالإضافة إلى أن طاقته التخزينية أكبر، إلا أن الخزانات العالية تعمل على تنظيم الضغوط فى شبكة التوزيع.

الخزان الأرضى

الغرض من الخزان الأرضى أو خزان المياه المرشحة هو استقبال المياه بعد خروجها من المرشحات، وتغذية محطات الضغط العالى التى تدفعها فى شبكات التوزيع، ويبنى هذا الخزان عادة تحت سطح الأرض بالقرب من مبنى المرشحات، على أن تكون سعته كافية لاستيعاب تصرف المدينة لمدة ٦-٨ ساعات، وفى هذه الحالة يعتبر الجزء المجاور لدخول المياه كخزان تلامس بين المادة المعقمة والمياه لإتمام عمليات التعقيم، وتتراوح هذه المدة بين ٢٠-٣٠ دقيقة، وقد تبنى خزانات المياه الأرضية تحت المرشحات مباشرة، إلا أنه لا يفضل ذلك نظراً للصعوبات الإنشائية التى تعترض التنفيذ ويكتفى بتخزين مياه غسيل المرشحات فقط، وقد تبنى الخزانات فوق سطح الأرض فى المناطق المرتفعة الموجودة بالتجمعات السكنية أو القريبة منها للاستفادة من فوق المنسوب الاستاتيكى.

ويبنى الخزان بحيث تتدفق المياه فيه بانتظام فى كامل قطاعه، وذلك ببناء حوائط حائلة توجه المياه من المدخل إلى المخرج وتحول دون وجود مناطق تركد فيها المياه، وتبنى الخزانات غالبا من الخرسانة المسلحة، وتستخدم الحوائط الحائلة كدعامات للسقف والأرضية، ويزود السقف بفتحات للتهوية تغطى بسلك ذو عيون دقيقة أو بغطاء من الألومنيوم له شكل معين، بحيث يسمح بمرور الهواء أثناء عمليات الملء والتفريغ ويمنع دخول الأتربة والحشرات، وتكسى الحوائط والأرضية بطبقة عازلة من مونة أسمنت المخلوطة بمادة تمنع نفاذ المياه أو بأى مادة عازلة أخرى، وينحدر القاع إلى مواسير الصرف لإمكان تنظيف الخزان على فترات زمنية لضمان سلامة المياه، كما يفضل أن تمر المياه عند دخولها إلى الخزان على هدار أو حائط حائل، وبذلك يمكن تفريغ الخزان إلى منسوب الهدار فقط، فى حالة إصلاح ماسورة أو

محبس المدخل، أما ماسورة المخرج فتوضع على ارتفاع ٢٥سم من القاع، كما هو مبين فى الشكل رقم (٣-١)، بينما توضع ماسورة الغسيل على القاع مباشرة، حتى يمكن تفريغ الخزان منها، أو تستخدم طلمبة غاطسة متحركة لتفريغ مياه الغسيل، وهى غير موضحة بالشكل.

الخزان العالـى

وهو من الوحدات الهامة فى أعمال توزيع المياه، ونادراً ما تخلوا أى مدينة من خزان عال أو أكثر، ويبنى من الخرسانة المسلحة ويستخدم أساسا فى حفظ ضغط كاف فى شبكة التوزيع، ولتخزين المياه فى حالة معدلات الاستهلاك المنخفضة من أجل استخدامها فى حالة معدلات الاستهلاك الكبيرة (للموازنة)، ولإطفاء الحرائق، ويتم تحديد سعة الخزان حسب الغرض من استخدامه (للموازنة أو للتخزين)، كما هو موضح بالشكل رقم (٣-٢).

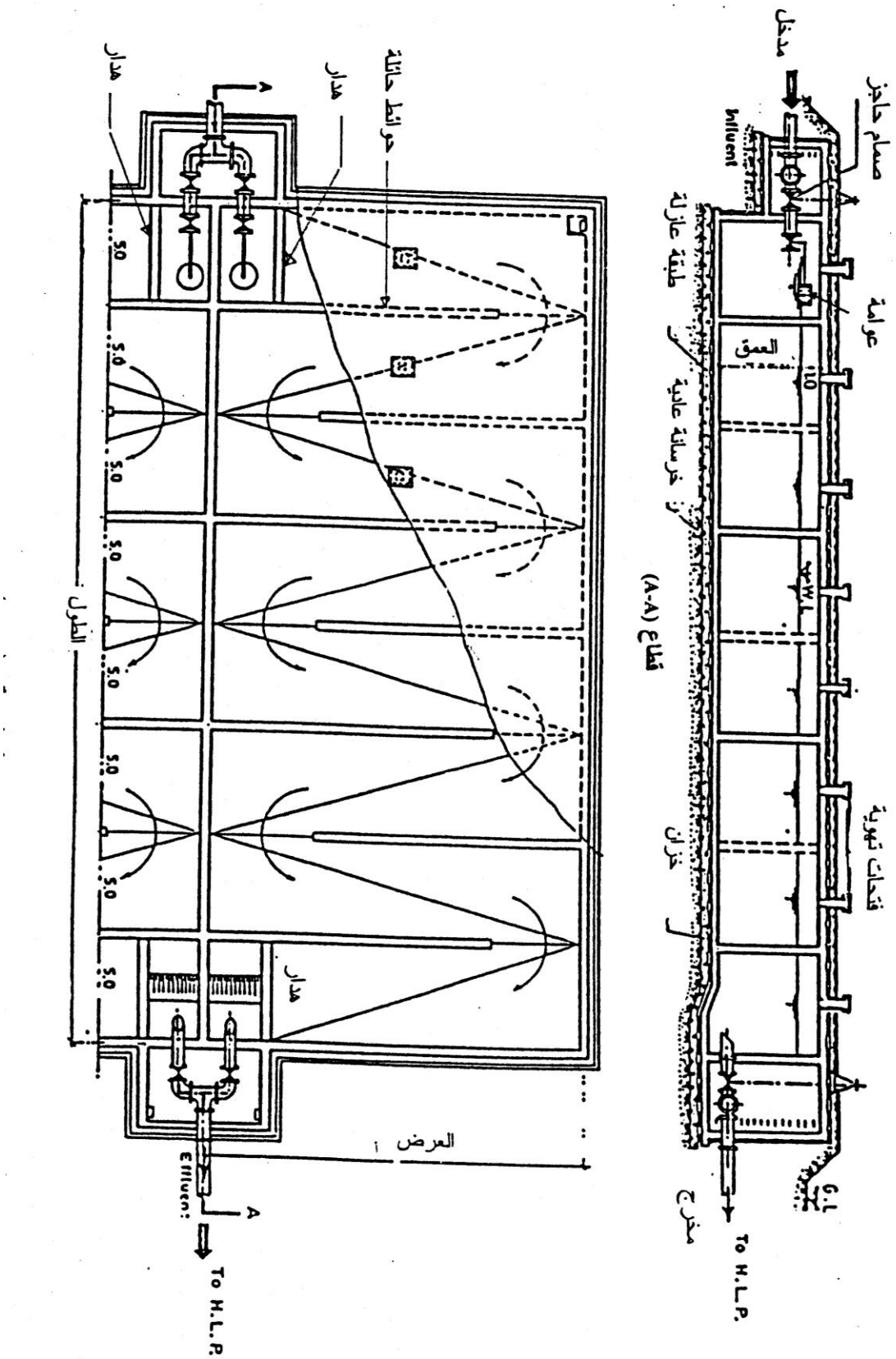
ويتصل الخزان العالى بشبكة التوزيع بواسطة ماسورة رأسية لتغذيته بالمياه وكذلك لتغذية شبكة التوزيع بالماء منه، وهناك نوعان من الخزانات العالية هما:

- الخزان الأنبوبى (Standpipe Tank).
- خزان الموازنة العالى (Elevated Tank).

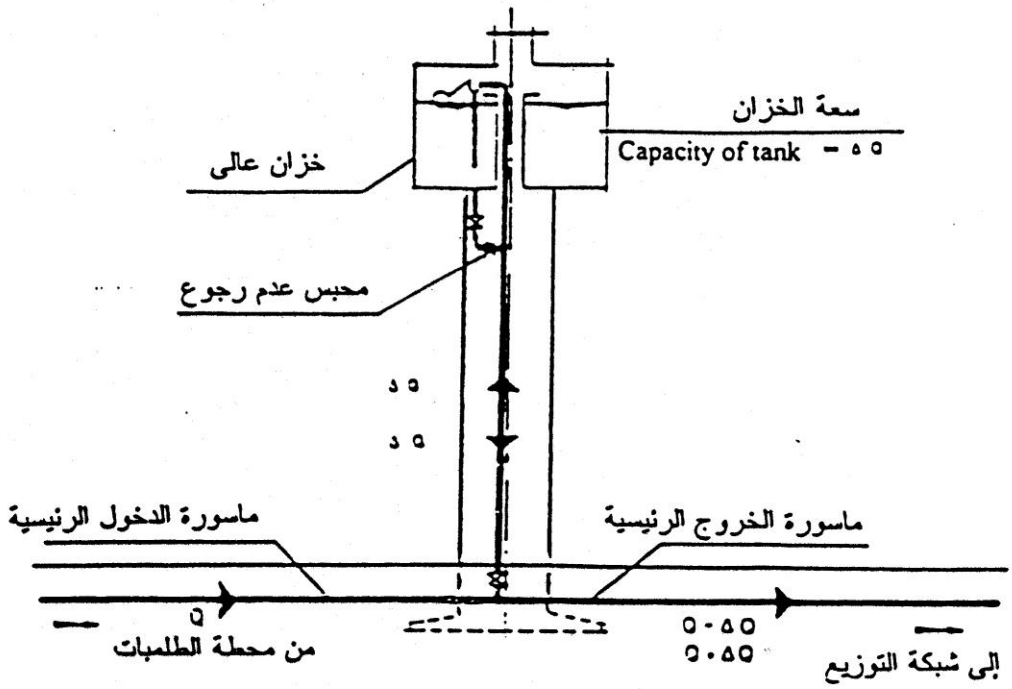
أ) الخزان الأنبوبى

هو عبارة عن وعاء اسطوانى من ألواح الصلب أو الخرسانة المسلحة، ذو قاع مستو ويستقر على أساس من الخرسانة المسلحة، ويستخدم الخزان فى الاحتفاظ بالمياه من منسوب سطح الأرض إلى أعلى الخزان، (أى أن جميع حجمه مملوء بالمياه).

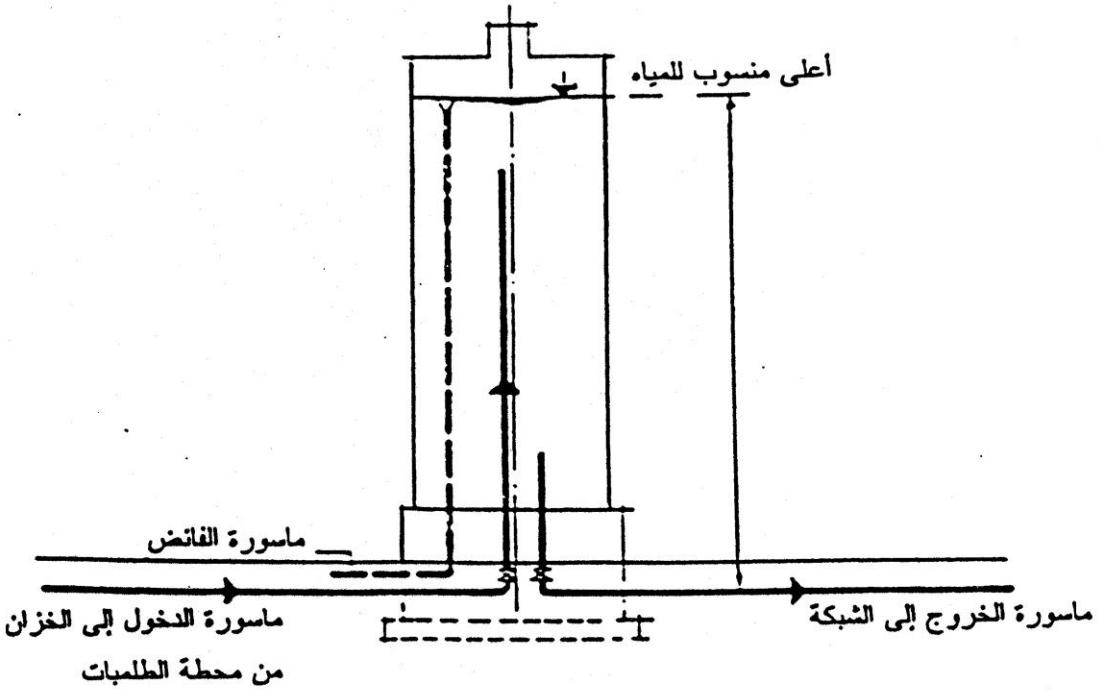
ويعمل هذا الخزان على زيادة الضغط فى الشبكة عن طريق توفير كمية تخزين إضافية فوق المنسوب المطلوب لتوفير الضغط المطلوب للشبكة أما المياه المتبقية أسفل هذا المنسوب، فتستخدم ككمية إضافية للتخزين يمكن استعمالها مع طلمبات رفع مساعدة فى مكافحة الحرائق، وذلك عند استخدام عربات الإطفاء.



شكل رقم (١-١): خلاصين خزان مياه أرضى



أ- تفاصيل خزان الموازنة



ب- تفاصيل الخزان الأنبوبى

شكل رقم (٣-٢): أنواع الخزانات العالية (أنبوبى – موازنة عالى)

ويزود الخزان بماسورة تغذية، وماسورة خروج لتغذية التجمع السكنى تكون على منسوب منخفض مناسب للاستفادة من كمية التخزين، هذا بالإضافة إلى ماسورة لتصفية وتنظيف الخزان، وماسورة للفائض، وتزود المواسير بالمحابس والقطع الخاصة اللازمة للتركيب والتشغيل الآمن.

ويتم إنشاء هذه الخزانات عادة من الصلب أو الخرسانة المسلحة، وتمتاز الخزانات المنشأة من الألواح الصلب بالآتى:

- سرعة الإنشاء والتركيب.
- إمكانية إنشائها بارتفاعات عالية.
- سهولة منع التسرب عند حدوثه.
- قلة تكاليف إنشائها الأولية نسبياً.
- قلة مساحة الأرض المطلوبة للإنشاء.

هذا، مع ملاحظة أن معدل زيادة تكاليف إنشاء هذا النوع من الخزانات يزداد كلما زاد ارتفاعها نظراً لضرورة تحقيق متانة الجدران، بحيث تكون بالسمك الكافى لحمايتها ضد الاجهادات الناتجة عن الرياح ووزن الماء والتى تتناسب مع قيمة مربع الارتفاع، ولذلك فهى تفضل فى حالات صغر كمية المياه المطلوب تخزينها.

أما مميزات وعيوب الخزانات المبنية بالخرسانة المسلحة، فيمكن تلخيصها فيمايلى:

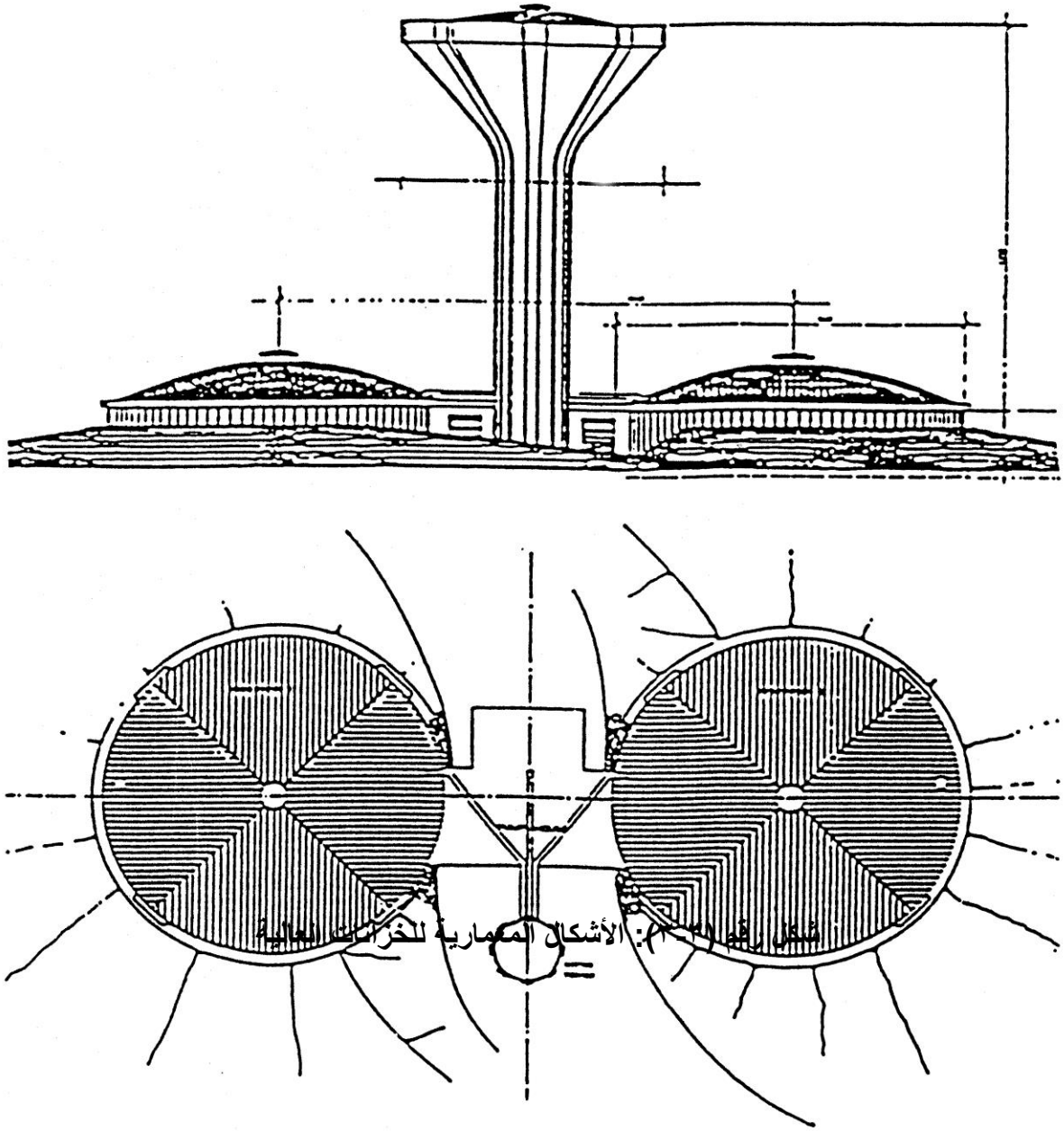
- قلة تكاليف الصيانة فى حالة إنشائها بعناية.
- طول مدة الإنشـاء.
- عدم ارتفاع تكاليف تحسين مظهرها بالأساليب المعمارية.
- كبر مساحة الأرض المطلوبة للإنشاء.

إلا أنه يجب مراعاة إنشاء هذه الخزانات من الخرسانة المسلحة غير المنفذة للمياه، وذلك للضغوط الأقل من ١٥ متراً، حيث أنه من الصعب تنفيذها لتحمل ضغط أكبر إلا بمواصفات وأساليب إنشاء مكلفة.

ب) خزان الموازنة العالى

وهو مرتفع عن سطح الأرض، وهو منشأ من الخرسانة المسلحة، على أعمدة أو محور اسطوانى لإضفاء جمال على المنظر المعمارى.

ويبين الشكل رقم (٣-٣) بعض الأشكال المعمارية المختلفة لتلك الخزانات التى تستخدم أساسا لتوفير ضغط مناسب فى شبكة التوزيع، يسمح بالإمدادات العمرانية الجديدة بالإضافة إلى توفير كمية من المياه المخزونة لموازنة معدلات الاستهلاك مع الإنتاج.



شكل رقم (٣-٣): الأشكال المعمارية للخزانات العالية

ويعتبر الخزان العالىأرخص من الخزان الأنبوبى لكل وحدة حجوم من السعة التخزينية، كما أنه يفى بمتطلبات الضغط التى تستلزم وجود ضغط مناسب خاصة فى حالة وجود مبان مرتفعة فى منطقة الخدمة.

وتكون ماسورة المياه المغذية للخزان العالى عادة هى نفسها الماسورة المغذية للشبكة من الخزان، أى أنها صاعدة وهابطة فى آن واحد، ويزود الخزان العالى بالصمامات (المحابس) والوصلات التالية:

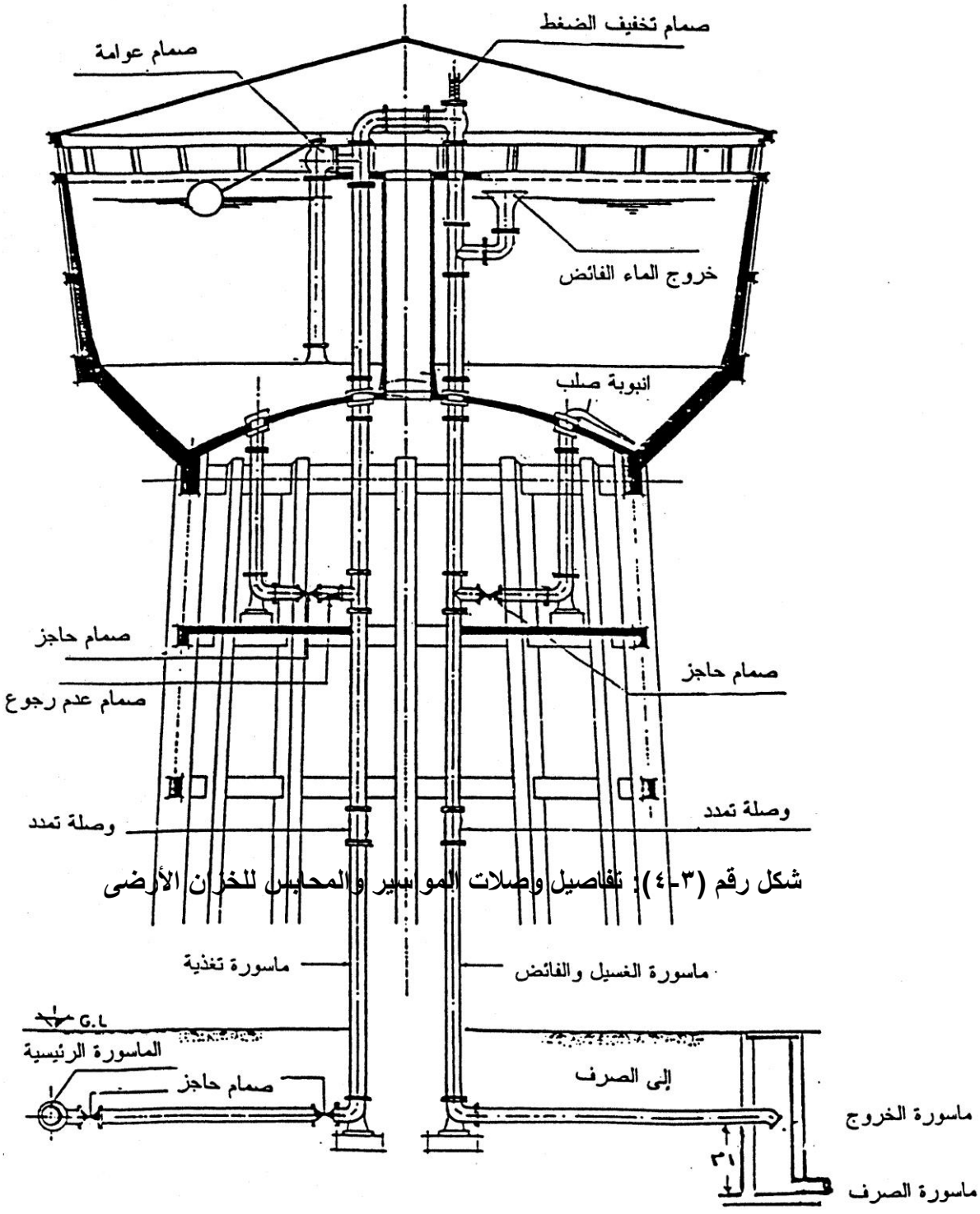
- صمام حجز (تحكم) Sluice Valve فى أسفل الماسورة، يقفل عندما يراد حجز الماء عن حلة التخزين للتنظيف أو الإصلاح.
- صمام عوامة (Float Vlave) أعلى الماسورة، حيث تدخل المياه إلى الحلة (حيز التخزين) عندما يزيد معدل ضخ الطلمبات عن معدل استهلاك الماء فى المدينة، والغرض من هذا الصمام هو تنظيم دخول الماء بحيث يقفل الصمام تماما إذا ما وصل الماء فى الحوض إلى منسوب معين، ويجب أن يكون صمام العوامة من النوع كبير الحجم والغير قابل للصدأ.
- صمام عدم رجوع (Non-Return Valve) مركب على فرع ما بين الماسورة الرأسية وقاع الخزان، ويسمح هذا الصمام بخروج الماء من الحوض إلى الماسورة الرأسية (وليس بالعكس) عندما يزيد معدل استهلاك الماء عن معدل ضخ الطلمبات.
- صمام حجز مركب على نفس الفرع ويقفل عندما يراد إيقاف صرف الماء من الحلة إلى شبكة التوزيع عن طريق الماسورة الراسية، كما هو الحال عند غسيل الحلة بعد إصلاحها.

كما يتصل الخزان، عن طريق ماسورة رأسية أخرى تسمى ماسورة الفائض والغسيل، بشبكة الصرف (Sewerage System) فى المدينة اتصالاً غير مباشر، ويجب أن تكون ماسورة الخروج أعلى من ماسورة الصرف بمقدار ١,٠ متر على الأقل، أى يكون تساقط المياه عند الخروج تساقط حر لإمكان صرف المياه من الحوض بعد غسيله، ويركب على هذه الماسورة مايلى:

- هدار خروج الماء الفائض، والغرض من خروج المياه الزائدة عن منسوب معين عند حدوث خلل فى صمام العوامة السابق ذكره وعدم حدوث فيضان للخزان، وهذا الهدار موجود فى أعلى الماسورة.

- صمام حجز مركب على فرع ما بين ماسورة الفائض والغسيل وقاع الخزان، وهذا الصمام يظل مغلقا ما دام الخزان العالى مستعملا، ويفتح فقط لصرف الماء من الحلة عند غسيلها.

- كما تتصل الماسورتان الرأسيتان: ماسورة التغذية وماسورة الفائض والغسيل بواسطة فرع أفقى مركب عليه صمام أمان يفتح آليا إذا زاد الضغط فى الماسورة الرأسية المغذية عن حد معلوم (حوالى ضغط عشرة أمتار زيادة عن منسوب الماء فى الخزان) نتيجة حدوث مطرقة مائية أو تشغيل الطلمبات فجأة، وكلتا الماسورتين الرأسيتين وفروعهما من الصلب، ووصلاتهما من نوع المواسير ذات الشفة المربوطة بمسامير، ولما كانت هاتان الماسورتان مكشوفتين ومعرضتين للتقلبات الجوية، فإنه يجب تركيب وصلة تمدد على كل منهما لمقاومة الاجهادات الناتجة عن اختلاف درجات الحرارة من وقت لآخر (شكل رقم ٣-٤).



شكل رقم (٣-٤): تفاصيل وصلات الموابير والمحابس للخزان الأرضى

سعة التخزين

يتم تحديد السعة التخزينية بغرض الموازنة خلال دورة الملء والتفريغ وذلك على أساس:

- الفرق بين أعلى وأقل احتياج (التغير فى الاستهلاك).
- التخزين الاحتياطى المطلوب لإطفاء الحرائق.
- سعة الضخ الاحتياطى.

ويتم التخزين عادة باستخدام الخزانات الأرضية والعلوية معا بحيث يغطى كل منهما جزءاً من التخزين الكلى المطلوب.

سعة التخزين الأرضى

يتم حساب حجم التخزين الأرضى بحيث يفى بالاحتياجات التالية:

- الفرق بين أقصى استهلاك يومى وأقصى استهلاك شهرى (التصرف التصميمى).
- حجم تخزين للطوارئ من أربع إلى عشر ساعات من الإنتاج اليومى.
- الزمن اللازم للتلامس بين الكلور والماء للتعقيم (٣٠ دقيقة).

وتضاف كمية التخزين لمياه مكافحة الحريق إلى أكبر كمية من الثلاث كميات الأخرى.

وطبقا للمواصفات المصرية، فإن كمية الحريق يمكن تقديرها على أساس احتياج ٦٠ متر مكعب/ساعة للحريق الواحد وزمن الحريق لمدة ساعتين، وذلك لكل ١٠٠٠٠نسمة.

إذن كمية المياه المطلوبة للحريق =

$$\frac{\text{٦٠ م}^3\text{/ساعة} \times \text{٢ ساعة} \times \text{عدد السكان (نسمة)}}{١٠٠٠٠} \quad \text{متر}^3$$

سعة التخزين العلوى

فى المناطق الصغيرة التى لا

يتجاوز تعدادها مائة ألف شخص، يبنى الخزان العلوى بحيث تكون سعته تساوى احتياجات المدينة لمدية

تتراوح بين ٨-١٠ ساعات، وهو الوقت الذى قد تتوقف فيه محطة الطلمبات عن الضخ يوميا عند تشغيلها فترة النهار فقط وإيقافها فى المساء.

أما فى المناطق الكبيرة، التى يتراوح تعدادها ما بين مائة ألف شخص ونصف مليون شخص، فيكتفى بأن تكون سعة الخزان مساوية لاحتياجات المدينة مدة تتراوح بين ساعتين وأربع ساعات، وذلك نظراً لتشغيل محطة الطلمبات ومحطة التنقية ٢٤ ساعة يوميا فى مثل هذه المناطق.

أما فى المناطق الأكبر من ذلك، والتى يتعدى تعدادها مليون شخص، فقد يستغنى كلية عن الخزان العلوى إذا توافرت قوة احتياطية من الطلمبات فى محطة الضغط العالى يمكنها أن تفى باحتياجات المدينة القصوى فى أى وقت، أى أن الطلمبات لن يتم تشغيلها بأقصى طاقتها إلا فى فترات قليلة طوال العام، ولذلك فإن مثل هذا النظام يعتبر أكثر تكلفة من المشروعات التى تشمل إنشاء خزانات المياه العالية، مما يجعله غير متبع فى كثير من الأحوال، وإن كان يفضل إنشاء خزان عالى أو أكثر ليفى باحتياجات المياه اللازمة لمكافحة الحريق وللطوارئ.

ولحساب سعة الخزان بدقة، لابد من دراسة معدل استهلاك المدينة للمياه والتغييرات التى تحدث فيه من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم، ورسم منحنى تجميعى (Mass Curve) لهذا المعدل، كما يرسم على نفس الشكل المنحنى التجميعى لضخ الطلمبات، فإذا كان معدل الضخ منتظما، كان المنحنى التجميعى للضخ عبارة عن خط مستقيم (شكل رقم ٣-٥)، أما إذا كانت الطلمبات تعمل لساعات محدودة كل يوم، يكون المنحنى التجميعى للضخ عبارة عن خط مستقيم أيضا ويجب ملاحظة أن مجموع الاستهلاك الكلى للمياه لابد أن يكون مساويا للضخ الكلى للطلمبات سواء كان الضخ منتظما أو غير منتظم.

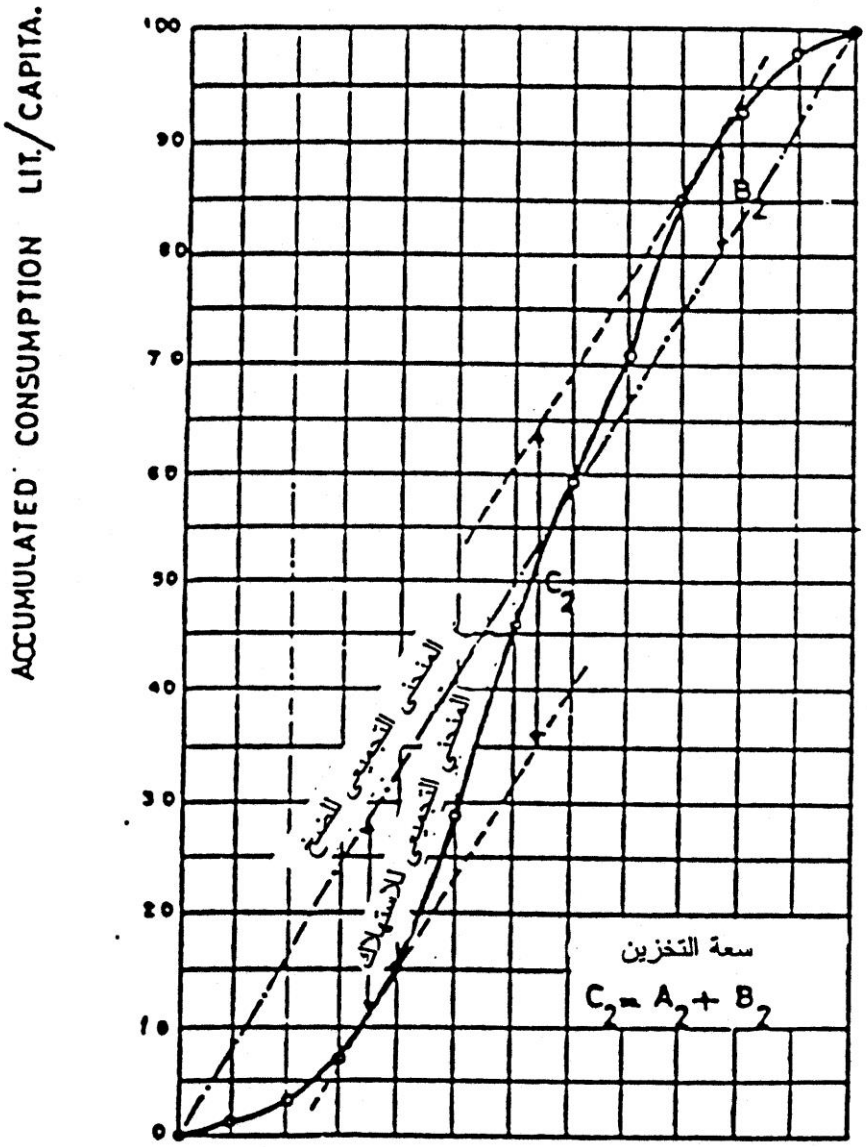
وفى حالة انتظام معدل الضخ يرسم خطان مماسان للمنحنى التجميعى للاستهلاك موازيين للخط التجميعى للضخ، وبذلك تكون المسافة الرأسية بين المماسين مساوية للسعة اللازمة للخزان العلوى كما هو موضح بالشكلين السابقين.

أما فى حالة عدم انتظام معدل الضخ فى اليوم، فإن مجموع أكبر بعدين رأسيين بين المنحنى التجميعى للضخ والاستهلاك (أحدهما واقع فوق منحنى الاستهلاك والآخر تحته يكون مساويا لسعة الخزان) (شكل

رقم ٣-٦) وفى حالة الاستغناء عن التخزين العالى يلزم تشغيل الطلمبات طوال الوقت وبمعدلات متغيرة طبقا للاحتياج الفعلى، ولا يفضل اتباع هذه الطريقة لصعوبة التطبيق.

ويضاف إلى كمية التخزين السابق حسابها كمية لا تقل عن ٢٠٪ من كمية المياه المطلوبة، وذلك لإطفاء الحرائق بحيث تكون متاحة للاستعمال الفورى عند الحاجة إليها.

شكل رقم (٣-٥): تحديد سعة التخزين فى حالة تشغيل الطلمبات بمعدل ثابت طوال اليوم



إختيار موقع الخزان العالى

عند تحديد موقع بناء الخزان العالى توجد عدة اختيارات لكل منها مميزاته وعيوبه، كما يوجد خيار بناء عدة خزانات للمدينة الواحدة وذلك على النحو التالى:

- أن يكون الموقع بالقرب من محطة الطلمبات، إلا أن عيب هذا الاختيار يمتثل فى ارتفاع الضغط فى شبكة المواسير باستمرار بالقرب من الخزان، وانخفاض الضغط باستمرار فى الجانب الآخر من المدينة، الآمر الذى قد يستدعى إنشاء محطة ضغط مساعدة (Booster).
- أن يكون الموقع فى الجانب الآخر للمدينة بالنسبة لمحطة الطلمبات، ويمتاز بإمكانية إمداد المدينة بالمياه من جانبيها عند زيادة الاستهلاك، إلا أن الضغط فى المواسير بالقرب من محطة الطلمبات

يكون متغيرا تغيرا كبيراً، فيكون أقصاه عند عمل الطلمبات ويكون أدناه عند توقف الطلمبات وإمداد المدينة بأكملها من الخزان العلوى.

- أن يكون فى موقع متوسط بالنسبة للمدينة، ويمتاز هذا الاختيار بحفظ ضغط يكاد يكون ثابتا فى مواسير المدينة إلى فى الجزء الواقع ما بين محطة الطلمبات والخزان العلوى.
- بناء أكثر من خزان علوى فى المدينة، وهذا يستدعى دراسة أعمق لتوزيع استهلاك المياه فى المناطق المختلفة للمدينة، ودراسة ارتفاع هذه الخزانات وطريق توصيلها مع بعضها وطريقة رفع المياه إلى كل منها، ونتيجة لهذه الدراسات تتبع إحدى الطريقتين الآتيتين:

أ - إنشاء خزان علوى رئيسى بالقرب من محطة الطلمبات، على أن تقسم المدينة إلى مناطق لكل منها خزان علوى فرعى يستمد مياه من ماسورة رئيسية من الخزان العلوى الرئيسى مباشرة أو من خزان علوى فرعى مجاور، ويعب هذه الطريقة تعرض الأجزاء الأولى لشبكة التوزيع القريبة من الخزان العلوى الرئيسى لضغوط عالية، مما يستدعى استخدام مواسير مرتفعة الثمن تتحمل هذه الضغوط.

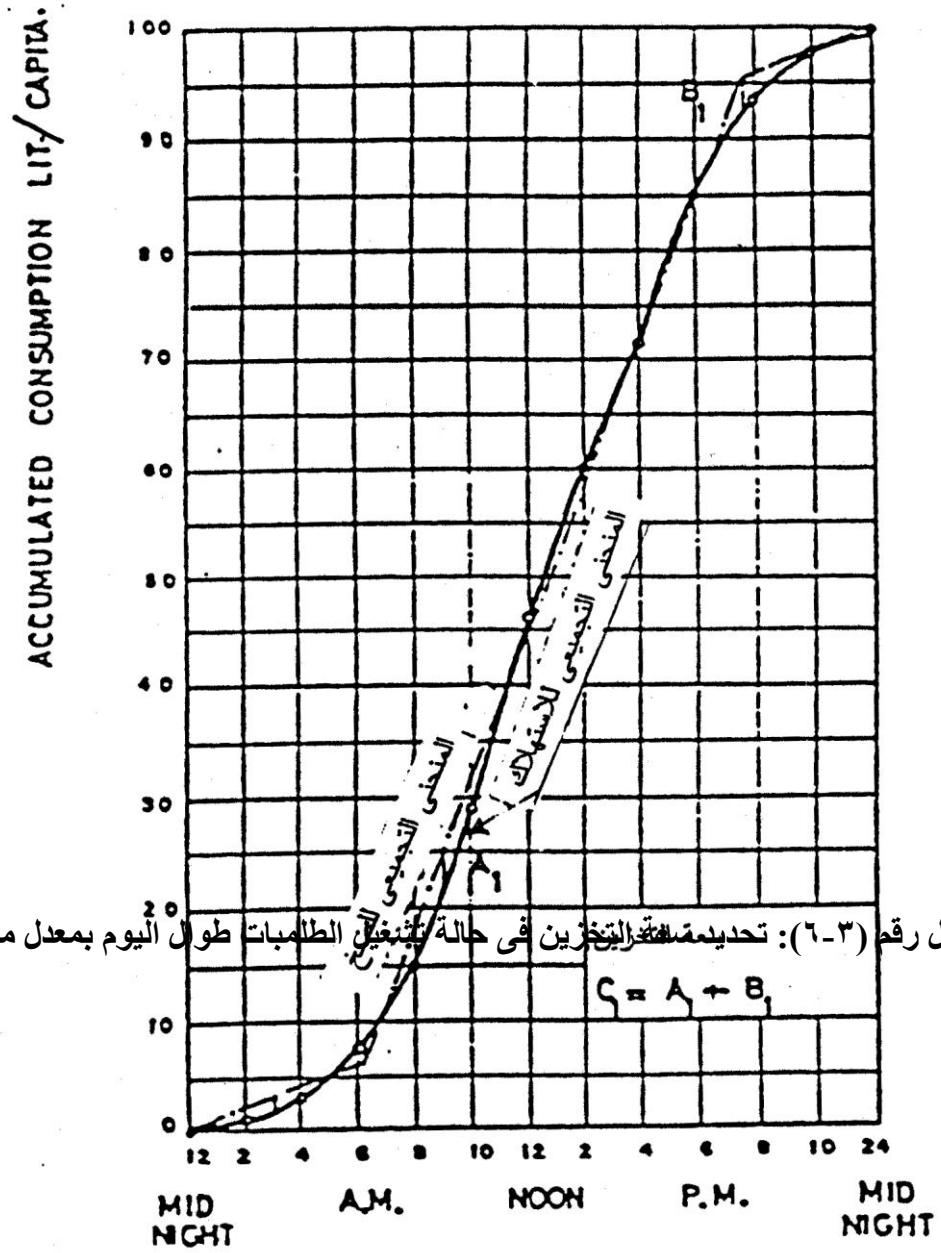
ب- إنشاء مجموعة من الخزانات العلوية المستقلة عن بعضها، على أن تنشأ بجوار كل خزان محطة طلمبات تسحب المياه من ماسورة المياه الرئيسية وترفعها إلى الخزان العالى المجاور لها، ومن ثم تخرج المياه من الخزان لتغذية شبكة التوزيع بالمنطقة المحيطة به، ويعيب هذه الطريقة مايلى:

- لا تستخدم الماسورة الرئيسية لتوزيع المياه فى المناطق مباشرة، بل تستخدم فقط لتغذية الخزانات.
- كثرة محطات طلمبات الرفع المساعدة التى يصل مجموع قوتها إلى مايزيد عن قوة المحطة الرئيسية للرفع.
- ضرورة تواجد طاقة محركة لمحطة طلمبات الضخ فى موقع الخزانات.
-

إلا أنها تتميز بالمزايا الآتية:

- تساوى ارتفاع الخزانات.
- الضغط فى جميع أنحاء الشبكة.

- استعمال مواسير تتحمل ضغوطاً خفيفة نتيجة لعدم تعرض شبكة التوزيع لضغط عال.



شكل رقم (٣-٦): تحديد سعة التخزين فى حالة تشغيل الطلمبات طول اليوم بمعدل متغير

٤	الفصل الرابع

محطات طلمبات الضغط العالى

التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات

تقوم طلمبات محطة الضغط العالى برفع المياه من بيارة المياه بمحطة التنقية وضغطها فى المواسير الموزعة فى المدينة على ألا يقل الضغط فى أى نقطة فى شبكة المواسير عن ٢٥ متراً وخاصة فى أطراف المدينة.

ويتوقف التصرف الذى تصمم عليه محطة طلمبات الضغط العالى على العوامل الآتية:

- عدد السكان الذين يخدمهم المشروع.
- متوسط الاستهلاك السنوى (لتر/شخص/يوم).
- التغيرات الموسمية التى تحدث فى هذا المتوسط صيفاً وشتاءاً.
- التغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم للاستهلاك فى المدينة.
- سعة خزانات المياه العالية.
- ساعات تشغيل محطة الطلمبات نظراً لأن هناك بعض الأحوال التى يفضل فيها تشغيل المحطة ساعات معدودة من اليوم بدلاً من تشغيلها ٢٤ ساعة يومياً.

ومن الناحية النظرية يمكن الاستغناء كلية عن الخزانات العالية، إذا أمكن زيادة أو نقص التصرف الخارج من المحطة كلما تغير معدل استهلاك المياه فى المدينة، وفى هذه الحالة يجب أن يكون التصرف التصميمى للمحطة يساوى أقصى تصرف للمدينة (Peak Demand Load) مما يجعل عدداً كبيراً من وحدات المحطة عاطلا معظم أيام العام، وهذا لا يتفق مع الجانب الاقتصادى للمشروع.

ويفضل غالباً أن يكون التصرف التصميمى لمحطة الطلمبات هذه مساوياً للتصرف اليومى أثناء فترة الصيف، على أن يؤخذ فى الاعتبار إضافة وحدات رفع احتياطية (Stand by Units) للعمل وقت تعطل بعض الوحدات، على أن يتراوح تصرف هذه الوحدات الاحتياطية ما بين ثلث ونصف تصرف الوحدات الأساسية، ضماناً لاستمرار تشغيل المحطة – على أن تعمل جميع الوحدات طوال العام بالتناوب، وفى هذه الحالة تصمم الخزانات العالية لتقابل التغيرات من ساعة إلى ساعة فى نفس اليوم – فعندما يكون استهلاك المدينة أقل من تصرف محطة الطلمبات، يرتفع جزء من الماء فى الخزانات العالية، حتى إذا ما كان استهلاك المدينة أكبر من تصرف محطة الطلمبات وجدنا رصيداً من المياه فى الخزانات العالية، يخرج منها بالانحدار الطبيعى إلى شبكة التوزيع، ليعوض النقص فى تصرف محطة الطلمبات.

أنواع الطلمبات المستعملة

تستعمل فى محطة الضغط العالى أما طلمبات ماصة كابسة (Displacement Pumps) أو طلمبات طاردة مركزية (Centrifugal Pumps) .

الضغط الذى تعمل ضده الطلمبات:

هذا الضغط يساوى الفرق بين منسوب المياه فى بيارة المياه النقية ومنسوب الطلمبة وهو ما يسمى (Suction Head) مضافاً إليه الضغط الواجب تواجده فى شبكة المياه (hd) وهو ما اتفق على أن يكون كافياً لتوصيل المياه إلى الطابق الرافع فى المنازل (ولا يقل عن ٢٥ متراً) هذا الضغط عبارة عن:

- ١٤ متر ارتفاع منزل ذو أربعة طوابق.
- ٥ متر الفاقد فى عامود الضغط داخل المواسير المنزلية.
- ٦ متر عامود الضغط اللازم على الصنابير فى المنزل.
- ٢٥ متر المجموع (ويفضل أن لايقل عن ثلاثين متراً).

يضاف إلى ذلك أيضا الفاقد فى الاحتكاك (hf) فى شبكة التوزيع نتيجة سير المياه من محطة الطلمبات إلى أقصى مكان فى المدينة بالإضافة إلى الفواقد الثانوية فى شبكة التوزيع (hm) أى أن:

$$H = Hs + hd + hm + hr \qquad (١-٤)$$

حيث:

H : الضغط الكلى الذى تعمل به محطة الطلمبات (متر).

hs : الفرق بين منسوب المياه فى البيارة ومنسوب الطلمبات (متر).

Hd : عامود الضغط اللازم فى شبكة المواسير فى أبعد موقع فى المدينة ويساوى كما ذكر أعلاه ٢٥ متراً.

Hr : الفاقد فى الاحتكاك فى شبكة التوزيع (متر).

Hm : الفواقد الثانوية فى شبكة التوزيع (متر).

وبذلك تكون قوة الطلمبات مقدرة بالحصان الميكانيكى.

$$P = \frac{WH}{75} \qquad (٢-٤)$$

حيث:

P : قوة الطلمبات بالحصان الميكانيكيى.

W : كتلة الماء المرفوع فى الثانية بالكيلوجرام.

H : الضغط الكلى بالمتر.

موقع الطلمبات بالنسبة لمنسوب المياه فى البيارة

من المستحسن دائما أن تكون الطلمبات فى منسوب أقل من منسوب المياه فى البيارة، لتفادى حدوث ضغط أقل من الضغط الجوى فى ماسورة السحب، إذ أن هذا الضغط الأقل قد يسبب تسرب الهواء داخل الماسورة أو تصاعد الغازات الذائبة فى المياه منها، مما يؤدى إلى تواجد فقاقيع من الهواء قد تتجمع فى الماسورة مسببة اضطراباً فى عنبر الطلمبات ونقصا فى تصرفاتها، على أن تزود كل طلمبة بالصمامات وأجهزة القياس للتصرف والضغط.

ألا أن هناك بعض الأحوال التى يتعذر فيها وضع الطلمبات فى منسوب أقل من منسوب المياه فى البيارة وفى هذه الحالة يجب مراعاة الآتى:

- ماسورة السحب يجب أن تكون مستقيمة ما أمكن.

- ماسورة السحب يجب ألا تحتوى على منحنيات رأسية لاحتمال تجمع الغازات المتسربة إلى الماسورة فى هذه المنحنيات.
- ألا يزيد ارتفاع منسوب الطلمبة عن منسوب المياه فى البيارة عن قيمة Hs كما هى فى المعادلة الآتية:

$$Hs = Ha - (Hv + Vh + Hf + Hm) \qquad (٣-٤)$$

حيث:

Hs : الفرق بين منسوب الطلمبة ومنسوب البيارة.

Ha : عامود الضغط الجوى بالمتر (١٠,٣٣ متر).

Hv : عامود ضغط بخار الماء بالمتر.

Vh : طاقة سرعة المياه (Velocity Head) فى ماسورة السحب مقدرة بالمتر.

Hf : الفاقد فى الاحتكام بالمتر (Friction Head).

Hm : الفواقد الثانوية بالمتر (Secondary Losses).

ولهذا فإنه من الواجب ألا يزيد عامود الرفع (Hs) عن ثمانية أمتار بل يفضل ألا يزيد عن ستة أمتار.

القوى المحركة للطلمبات

هناك أكثر من قوة يمكن استخدامها لتحريك الطلمبات:

- ماكينات الديزل.
- المحركات الكهربائية.

وأكثر هذه القوى استعمالا فى الوقت الحاضر هو المحركات الكهربائية، إلا أنه يفضل دائماً أن يكون هناك أكثر من مصدر كهربائى لإدارة هذه المحركات، حتى إذا ما أنقطع التيار الكهربائى من مصدر أمكن الاعتماد على المصدر الثانى لإدارة المحركات.

بل أنه زيادة فى الاحتياط فى بعض عمليات المياه الكبرى – تنشأ وحدة إدارة بالديزل كوحدة محركة احتياطية تعمل عند انقطاع التيار – كل هذا حتى نتأكد من عدم توقف تشغيل محطة تنقية المياه مهما حدث من أعطال.

على أنه يمكن حساب قوى المحرك بالحصان الميكانيكى (M.H.P.) بالمعادلة الآتية:

$$M.H.P. = \frac{Q + H}{75 \times E_1 \times E_2} \qquad (٤-٤)$$

حيث:

Q : التصرف باللتر فى الثانية.

H : عامود الرفع الكلى (احتكاك + رفع).

E1 : كفاءة جودة الطلمبة = ٦٠٪ - ٧٠٪.

E2 : كفاءة جودة المحرك = ٨٠٪ - ٩٠٪

المحابس على مداخل ومخارج الطلمبات

للتحكم فى تشغيل الطلمبات يجب أن تزود كل طلمبة بالمحابس الآتية:

- صمام (Foot Valve) ويوضع فى مدخل ماسورة السحب أو الطلمبة عند توقف الطلمبة عن العمل وبذلك لا يحتاج إلى تحضير عند بدء تشغيلها مرة ثانية.
- صمام حجز (Sluic Valve) ويوضع عند مدخل الطلمبة والغرض منه التحكم فى سير المياه، وغلق الماء عن الطلمبة عند إصلاحها.
- صمام عدم رجوع (Non-return Valve) ويوضع على مخرج الطلمبة مباشرة والغرض منه منع سير المياه فى اتجاه عكسى عند توقف الطلمبة عن العمل فجأة نتيجة توقف التيار الكهربائى مثلاً أو خلل فى المحرك.

صمام حجز ويوضع بعد الصمام المرتد والغرض منه التحكم فى سير المياه وغلق الماء عن الطلمبة عند إصلاحها أو إصلاح صمام عدم الرجوع ومن ذلك يتضح أنه يجب غلق محبسى الحجز إذا أريد إصلاح أى من الطلمبة أو صمام عدم الرجوع – وبذلك لا تصل المياه إلى الطلمبة عن أى طريق.

أجهزة القياس فى محطة الطلمبات

يجب أن يركب على كل طلمبة الأجهزة الآتية لقراءة الضغط والتصرف المار فى كل طلمبة.

- جهاز قياس التصرف Flow Meter.
- جهاز قياس ضغط السحب Suction head gauge.
- جهاز قياس ضغط الطرد Delivery Head gauge.

كما يجب أن يوجد بالإضافة إلى ذلك جهاز لتسجيل ضغط الطرد والتصرف الكلى لمحطة الطلمبات، وهذا الجهاز يُسجل على ورق بيانى (يتبدل يومياً) جميع هذه البيانات للرجوع إليها عند الرغبة فى ذلك.

٥	الفصل الخامس

التصميم الهيدروليكى لشبكات توزيع مياه الشرب

مقدمة

يتناول هذا الفصل التصميم الهيدروليكى لشبكات التوزيع. ويشمل ما يلى:

١. اعتبارات التصميم الهيدروليكى
٢. المعادلات الهيدروليكية التى تربط بين المتغيرات الرئيسية
٣. خطوات التصميم الهيدروليكى
٤. حساب الضغوط فى أجزاء الشبكة
٥. التصميم باستخدام الحاسب الآلى
٦. القطر الاقتصادى للمواسير

اعتبارات التصميم الهيدروليكى

نستعرض فيما يلى اعتبارات التصميم الهيدروليكى الأساسية، وتشمل:

١. التصرف التصميمى
٢. الضغوط التصميمية
٣. السرعات التصميمية

التصرف التصميمى

من البديهى نتيجة لاختلاف معدل استهلاك المياه فى أى تجمع سكنى، من شهر لآخر، ومن يوم لآخر، بل وخلال ساعات اليوم الواحد؛ أن يتم تصميم مشروعات المياه بحيث يمكن لمرفق المياه مواجهة الاحتياجات المائية المختلفة للسكان. ولكل نوع من أنواع تخطيط شبكات توزيع المياه النقية. ونتناول فيما يلى التصرف التصميمى لكل من حالة التخطيط الشبكى وحالة التخطيط الشجرى والدائرى لشبكة التوزيع.

أولا: التصرف التصميمى فى حالة التخطيط الشبكى

- تصمم خطوط المواسير الرئيسية (الناقلة للمياه من محطة الضخ – أو التنقية – حتى بداية الشبكة داخل المدينة أو القرية) على أساس أقصى تصرف يومى مضافا إليه تصرف الحريق. وذلك على أساس أن معدل الضخ ثابت على مدار اليوم. أما إذا كان الضخ لفترة محدودة (١٦ ساعة مثلا)، فيتم تعديل التصرف التصميمى وفقا لظروف التشغيل، وذلك باستخدام الخزانات العالية لتلبية التغير فى احتياجات المياه خلال ساعات اليوم، وخلال ساعات التوقف عن الضخ (غالبا ساعات الليل).
- تصمم خطوط المواسير الثانوية (الموجودة داخل التجمع السكنى) على أساس أقصى استهلاك فى الساعة، أو معدل الاستهلاك اليومى مضافا اليه تصرف الحريق، أيهما أكبر.
- تصمم خطوط التوزيع الفرعية على اساس التصرف المطلوب لإطفاء الحرائق، وهو تصرف يختلف بإختلاف عدد السكان. ويوضح الجدول رقم (٥-١) احتياجات الحريق فى مصر بالنسبة لعدد السكان.

جدول رقم (٥-١) : معدلات التصرف المطلوبة لإطفاء الحرائق

م	عدد السكان (نسمة)	التصرف المطلوب لإطفاء الحريق (لتر/ث)
١	حتى ٥٠٠٠	٢٠-٣٠
٢	٥٠٠٠-١٠٠٠٠	٢٥-٣٥
٣	١٠٠٠٠-٢٠٠٠٠	٣٠-٤٠
٤	٢٠٠٠٠-٣٠٠٠٠	٣٥-٤٥
٥	٣٠٠٠٠-٥٠٠٠٠	٤٠-٥٠
٦	٥٠٠٠٠-١٠٠٠٠٠	٤٥-٧٥
٧	أكثر من ٢٠٠٠٠٠	٥٠-١٠٠

ثانيا: التصرف التصميمى فى حالة التخطيط الشجرى والدائرى

يتم تصميم الشبكات على أساس متوسط الاستهلاك اليومى مضروبا فى معامل الذروة. ويتوقف هذا المعامل على عدد السكان وصفات المنطقة المراد تغذيتها سواء كانت حضرية (مدنا) أو ريفية، كما هو مبين فى الجدول رقم (٥-٢).

جدول رقم (٥-٢) : قيم معامل الذروة المستخدم فى حساب التصرف التصميمى فى حالة التخطيط الشجرى والدائرى

م	عدد السكان (نسمة)	حضر	ريف (قرية واحدة أو مجموعة قرى)
١	حتى ٥٠٠٠٠	٢,٢٥	٢,٠
٢	١٠٠٠٠-٥٠٠٠٠	٢	١,٨٠
٣	٥٠٠٠٠٠-١٠٠٠٠٠	١,٨٠	١,٦٠
٤	١٠٠٠٠٠٠-٥٠٠٠٠٠	١,٤٠-١,٦٠	-
٥	١٠٠٠٠٠٠ فأكثر	١,٢٠-١,٤٠	-

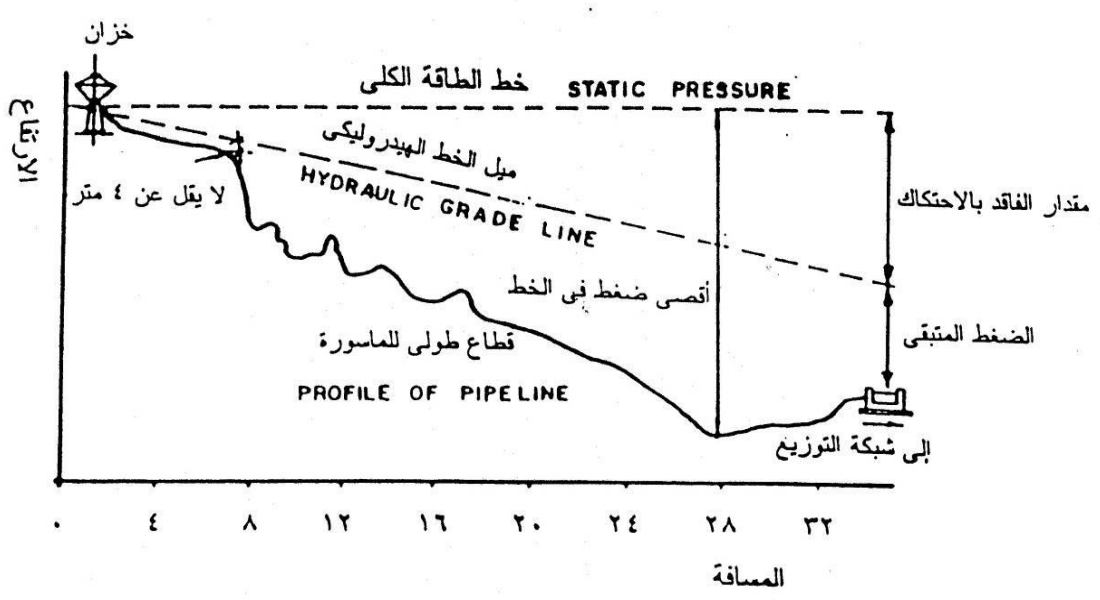
الضغوط التصميمية

تتبع خطوط مواسير المياه عند إنشائها عادة طبيعة سطح الأرض، حيث يتم إنشاؤها قريبة منه، وعلى عمق يتراوح بين ١,٠ و ٣,٠ متر طبقا لقطر الماسورة. ومع استمرار خط المواسير فى السير بعيدا عن محطة طلمبات الضغط العالى أو محطة التنقية أو الخزان العالى، يقل الضغط فى الخط. لذا يجب توقيع (رسم) خط الميل الهيدروليكى، والذى يبين ضغط المياه فى خط المواسير تحت ظروف التشغيل المختلفة، فوق القطاع الطولى لخط المواسير وعلى مدى طوله، للتمكن من معرفة الضغوط عند النقط المختلفة فى الشبكة.

ونتناول فيما يلى الضغوط التصميمية لكل من الخطوط الناقلة (الحاملة للمياه)، وشبكات التوزيع.

أ – الضغوط التصميمية للخطوط الناقلة

فى بعض الحالات التى تكون فيها محطة التنقية أو الخزان على منسوب عال بالنسبة للمدينة، بحيث يسير الماء فى الماسورة الرئيسية دون حاجة إلى محطة ضخ كما فى الشكل رقم (٥-١)، يجب ألا يقل ضغط التشغيل (أو الضغط المتبقى) فى اى نقطة على الخط عن أربعة أمتار.



شكل رقم (٥-١) :الضغط التصميمى لخط المواسير

ب – الضغوط التصميمية لشبكات التوزيع

نتيجة للاعتبارات الاقتصادية لأطوال شبكات الإمداد بالمياه يتم اختيار الضغوط التصميمية لشيكات التوزيع على النحو التالى:

- فى المدن والتجمعات السكنية التى يتراوح متوسط ارتفاع مبانيها بين ثلاثة وأربعة أدوار (حوالى ١٥ مترا)، لا يقل الضغط المتبقى فى الشبكة عادة عن ٢٥ مترا فوق أعلى وأبعد منسوب للأرض فى ساعات الاستهلاك الأقصى، على أن يصل الماء إلى الأدوار العلوية تحت ضغط قدره خمسة أمتار.

- فى التجمعات السكنية التى تتكون معظم مبانيها من دور واحد أو دورين، عادة لا يقل الضغط المتبقى فى الشبكات عند أقصى معدلات استهلاك فوق أعلى منسوب لسطح الأرض عن ١٥ مترا، أو ما يحقق، على الأقل، الضغط المناسب لتشغيل حنفيات الحريق.
- فى المناطق التجارية والصناعية، يفضل ألا يقل الضغط عن ٣٠-٤٠ مترا.
-

وعموما لا يفضل استخدام ضغوط مرتفعة تزيد عن الحاجة الضرورية للشبكة، حيث أن ذلك قد يؤدى غلى المزيد من التسرب فى الشبكة، وإلى استخدام مواسير غالية الثمن لتتحمل هذا الضغط. لذلك يجب مراعاة أن تفى الضغوط بالمطلوب فقط.

السرعات التصميمية

يتم اختيار سرعات سريان الماء فى المواسير تبعا لظروف التصميم. وتتراوح قيمة السرعات عند التصرفات التصميمية من ٠,٨ م/ث إلى ١,٥ م/ث. وتؤخذ فى المتوسط فى حدود ١,٠٠ م/ث.

المعادلات الهيدروليكية التى تربط بين المتغيرات الرئيسية

يلزم لاستكمال أعمال التصميم الهيدروليكى لشبكات توزيع مياه الشرب، دراسة العلاقات التى تربط بين التصرف، والسرعة، وقطر الماسورة (أو مساحة القطاع الحامل للمياه)، ومعدل الفاقد فى الضغط نتيجة سريان الماء. وتوجد عدة معادلات هيدروليكية تربط بين تلك المتغيرات المختلفة، من أهمها ما يلى:

١- معادلة التصرف

٢- معادلات حساب الفواقد الرئيسية

معادلة التصرف

تحدد معادلة التصرف التالية العلاقة بين كل من سرعة سريان المياه ومساحة مقطع الماسورة، وبين التصرف المطلوب نقله:

$$Q = A \times V \qquad (١-٥)$$

حيث:

Q: التصرف التصميمى المطلوب نقله (م٣/ث)

V: سرعة سريان المياه التصميمية (م/ث)

A: المساحة المائية لمقطع الماسورة = $\frac{\pi D^2}{4}$ (م٢) عندما تكون الماسورة مملوءة بالمياه

D: القطر الداخلى للماسورة (م)

وبتحديد التصرف التصميمى والسرعة التصميمية من الاعتبارات السابق ذكرها يمكن باستخدام هذه المعادلة حساب مساحة مقطع الماسورة واستنتاج قطرها. وبالرجوع إلى بيانات الشركات المنتجة للمواسير، يتم اختيار أقرب أكبر قطر ليكون هو القطر المبدئى للماسورة.

معادلات حساب الفواقد الرئيسية

وكذلك معادلة Hazen - Williams من أكثر هذه المعادلات الهيدروليكية شيوعا فى تصميم مواسير المياه معادلة هازن – وليامز (كولبروك ووايت Colbrook&White:). وتنص معادلة هازن-وليامز على الآتى

$$V = 0.849\ C\ R^{0.63}\ S^{0.54}$$

And

$$Q = AV = 0.849\ C\ A\ R^{0.63}\ S^{0.54} \qquad (٢-٥)$$

حيث:

V : السرعة (م/ث)

Q : التصرف (م٣/ث)

C: معامل الاحتكاك (لهازن – وليامز)) ويعتمد على نوع المواسير والمواد المبطنة لها، كما هو موضح بالجدول رقم (٣-٥)

R : المعامل الهيدروليكى = $\frac{D}{4}$

A : المساحة (م٢) = $\frac{\sum D^2}{4}$

D : قطر الماسورة (م)

S : معدل الفاقد ويعبر عن ميل الخط الهيدروليكى = $\frac{hr}{L}$

hr : الفاقد الرئيسى فى الضغط (م)

L : طول الماسورة (م)

هذا وقد قام (هازن – وليامز) بترجمة هذه المعادلة إلى منحنيات يسهل استعمالها (مبينة بالملحق). وبمعلومية نوع المواسير، وطولها، وتصرف الماء بها، يمكن بواسطة المنحنيات تعيين القطر، والسرعة، وفاقد الضغط بين طرفى الماسورة.

جدول رقم (٥-٣) : قيم معامل الاحتكاك فى معادلة هازن-وليامز

م	نوع الماسورة	معامل الاحتكاك (C)
١	اسبستوس أسمنتى	١٤٠
٢	نحاس أصفر أو أحمر*	١٤٠-١٣٠
٣	(ماسورة من الطوب)*	١٠٠
٤	<u>حديد زهر:</u>	
	أ – جديد وغير مبطن	١٣٠
	ب - قديم وغير مبطن	١٢٠-٤٠
	جـ- مبطن بالأسمنت	١٥٠-١٣٠
	د – مبطن بالبيتومين	١٥٠-١٤٠
	هـ- مطلى بالقار	١٣٥-١١٥
٥	<u>خرسانة أو مبطنة بالخرسانة:</u>	
	أ – شدات معدنية	١٤٠
	ب - شدات خشبية	١٢٠
	جـ- مصنوعة بطريقة الطرد المركزى	١٣٥

٦	خرطوم حريق (مبطن بالمطاط)*	١٣٥
٧	حديد مجلفن	١٢٠
٨	ألياف زجاجية مقواة بالبلاستيك	١٤٠
٩	رصاص (استخدم هذا النوع فى الماضى للوصلات المنزلية)	١٤٠-١٣٠
١٠	بلاستيك	١٥٠-١٤٠
١١	صـــلب: أ – جديد وغير مبطن ب – مبرشم	 ١٥٠-١٤٠ ١١٠
١٢	قصدير *	١٣٠
١٣	فخار مزجج *	١٤٠-١٠٠

المصدر: Practical Hydraulics, by Andrew L. Simon, 1976

* لا تستخدم هذه المواسير فى شبكات توزيع مياه الشرب.

أما معادلة كولبروك ووايت فهى موضحة بملحق هذا الكتيب. ونظرا لصعوبة حلها حسابيا تتم الاستعانة بجداول التصميم الهيدروليكى (المعروضة أيضا فى نفس الملحق) لمعرفة قيم المتغيرات المطلوبة.

كذلك يمكن استنتاج معادلة الفاقد الرئيسى فى الضغط (hf من معادلة هازن – وليامز كالآتى (وذلك بالتعويض عن قيمة كل من S, R, A):

$$hr = \frac{10.7L}{C^{1.852}D^{4.87}}Q^{1.852}$$

ويمكن تبسيط هذه المعادلة إلى:

$$hr = K\ Q^n \qquad (٣-١٢)$$

حيث:

$$k = \frac{10.7L}{C^{1.852}D^{4.87}}$$

n = 1.852

خطوات التصميم الهيدروليكى

يتم تصميم شبكة التوزيع على اعتبار أنها ستخدم لفترة زمنية تتراوح بين ٤٠ و ٥٠ سنة، وهى تقارب العمر الافتراضى للمواسير. ويمكن اتباع الخطوات التالية عند إعداد التصميم الهيدروليكى لشبكات التوزيع:

١. تحديد التصرف التصميمى للماسورة، والسرعة التصميمية للمياه المارة فيها، والضغط التصميمى طبقا لاعتبارات التصميم المذكورة فى بداية هذا الفصل.
٢. حساب القطر المبدئى للماسورة باستخدام معادلة التصرف، وبمعلومية كل من التصرف التصميمى والسرعة التصميمية.
٣. إعداد خريطة للمنطقة، موقعا عليها أطوال وأقطار المواسير الحالية والأقطار المبدئية للمواسير المستقبلية. وتوقع على الخريطة أيضا أماكن جميع المحابس وحنفيات الحريق وباقى ملحقات الشبكة.
٤. حساب الاحتياجات المختلفة المطلوبة، شاملة احتياجات مكافحة الحرائق عند النقط المهمة فى شبكة التوزيع.
٥. حساب الفاقد الرئيسى فى الضغط فى الخطوط، بالاستعانة بمعادلات ومنحنيات حساب الفواقد الرئيسية (هازن-وليامز).
٦. حساب الضغوط فى الأجزاء المختلفة للشبكة، وذلك بمعلومية الفاقد الرئيسى فى الضغط فى كل خط.
وهناك عدة طرق لحساب الضغوط فى مختلف مناطق الشبكة، منها طريقة المواسير المكافئة، وطريقة القطاعات، وطريقة هاردى كروس، وطريقة الدائرة. وسنتناول بالشرح فى الجزء التالى هذه الطرق الأربعة الرئيسية لحساب الضغوط.

٧. تعديل الأقطار المبدئية للمواسير للوصول إلى الضغوط التصميمية المطلوبة لها.
٨. حساب الفواقد الثانوية فى القطع الخاصة والوصلات والمحابس ومختلف أجزاء الشبكة من المعادلة الآتية فى صورتها العامة:

$$h = K_L \, V^2 / 2g \qquad (٤-٥)$$

حيث:

h : مقدار الفاقد الثانوى فى الضغط (م)

V : سرعة السريان (م/ث)

g : عجلة الجاذبية الأرضية (٩,٨١ م/ث^2)

K_L : معامل يتوقف على نوع الوصلة أو القطعة (أنظر الملحق الأول)

الشروط الفنية لشبكات التوزيع

يجب أن تتوافق نتائج التصميم الهيدروليكى مع الشروط الفنية الآتية:

١. أقل قطر يمكن استخدامه فى شبكات التوزيع هو ١٠٠ مم ويفضل ١٥٠ مم حتى يحقق أقل متطلبات لتركيب حنفيات مكافحة الحريق.
٢. لا يسمح بتوصيل الوصلات المنزلية مباشرة على الخطوط ذات الأقطار الأكبر من ٣٠٠ مم.
٣. المسافة بين الخطوط الرئيسية تكون فى حدود ١٠٠٠ متر.
٤. المسافة بين الخطوط الشبه رئيسية (الثانوية) تكون فى حدود ٥٠٠ متر.
٥. الخطوط الفرعية لا يزيد طولها عن ٣٠٠-٤٠٠ متر.

حساب الضغوط فى أجزاء الشبكة

نتناول فيما يلى الطرق الأربعة المشار إليها لحساب الضغوط فى أجزاء الشبكة المختلفة، وهى:

١. طريقة المواسير المكافئة
٢. طريقة القطاعات
٣. طريقة هاردى كروس
٤. طريقة الدائرة

طريقة المواسير المكافئة

يقال أن الماسورتين متكافئتان إذا كان يمر فى كل منهما نفس التصرف بنفس الفاقد فى عمود الضغط. ويقال أن الماسورة متكافئة مع مجموعة من المواسير، إذا كانت الماسورة تحمل تصرفا مساويا لتصرف المجموعة بنفس الفاقد فى عمود الضغط.

وتستعمل هذه الطريقة فى حالة تحويل الشبكات الرئيسية إلى شبكات بسيطة يمكن حلها بسهولة، أو فى حالة طلب مد خطوط رئيسية لمناطق جديدة، أو زيادة الاستهلاك وإضافة خطوط جديدة، وذلك باستبدال ماسورة أو مجموعة من المواسير المتصلة على التوازى أو التوالى بماسورة واحدة. علما بأن هذه الماسورة المكافئة تخيلية، بمعنى أن طولها أو قطرها غير واقعى. ونعرض فيما يلى أسس حساب قطر وطول الماسورة المكافئة فى كل من حالتى المواسير المتصلة على التوالى والمواسير المتصلة على التوازى.

أولا: المواسير المتصلة على التوالى

يكون التصرف المفترض، المار بمجموعة المواسير المتصلة على التوالى، مساويا للتصرف المار فى كل منها، مع الأخذ فى الاعتبار أن الفواقد فى الضغوط تجمع مع بعضها لتساوى الفاقد الكلى فيها، والذى بمعلوميته ومعلومية التصرف المار يمكن فرض القطر المكافئ. ومن المنحنيات يمكن إيجاد السرعة ومعدل الفقد، وبالتالى إيجاد طول الماسورة المكافئة كما هو مبين بالشكل (١٢-٢-أ)، وذلك على أساس أن:

$$Q = Q1 = Q2 = Q3 = ...$$ (٥-٥)

$$H = H1 + H2 + H3 + ...$$ (٥-٦)

حيث:

Q : معدل التصرف (م^3/ث)

H : مقدار الفقد فى الضغط (م)

ثانيا: المواسير المتصلة على التوازى

فى هذه الحالة، يكون الفاقد فى الضغط متساويا بينما التصرف الكلى يساوى مجموع التصرفات المارة فى كل خط على حدة، كما هو مبين بالشكل (٥-٢-ب). ويتم الحساب على أساس المعادلات الآتية:

$$Q = Q1 + Q2 + Q3 + ...$$ (٥-٧)

$$H = H1 = H2 = H3 = ...$$ (٥-٨)

٢ـ طريقة القطاعات

تستخدم طريقة القطاعات (Method of Sections) للتصميم المبدئى لشبكة مياه مدينة، فى الأحوال التالية:

١- المدينة موجودة وحدث تغير فى عدد السكان، ويراد معرفة كفاءة الشبكة لتغذية عدد السكان المطلوب خدمتهم بمياه الشرب.

٢- المدينة موجودة وحدث توسع (امتداد) عمرانى خارج المدينة، وامتدت الشبكة لهذا الجزء من التوسع.

٣- المدينة لم تنشأ بعد، ويراد تصميم شبكتها.

وقد اخترع هذه الطريقة العالم هازن ووضع شروطا لتطبيقها وهى " أن معدل الفاقد فى الضغط يتراوح من ١-٣٪، وهو ما يوازى سرعة من ٦٠-١٥٠ سم/ثانية، وأن يكون القطاع عموديا على اتجاه سريان المياه للخطوط الناقلة للمياه من محطة الضخ إلى شبكة التوزيع ". ونعرض فيما يلى خطوات هذه الطريقة لكل من الحالتين الأولى والثانية المشار اليهما أعلاه

أولا: فى حالة حدوث تغير فى عدد السكان

فى هذه الحالة، تكون الشبكة قائمة وأقطارها معروفة فتتبع خطوات التصميم الهيدروليكى الخمس الأولى، ثم يكون الحساب كالتالى:

١- الماسورة معروف قطرها ويفترض لها الميل الأقصى (٠,٣ %) ومن المنحنى يمكن معرفة التصرف المار بها.

٢- تجمع التصرفات التى تحملها المواسير المقطوعة، ثم تقارن مع التصرفات المطلوبة، فإذا تساوت كانت الشبكة الموجودة كافية. أما إذا كانت التصرفات المطلوبة أكبر فلابد من تعويض النقص، وذلك إما بوضع ماسورة أخرى جديدة تحمل التصرف المكمل (توضع فى أحد الشوارع التى يظن أنها فى حاجة إلى المياه)، أو باستبدال ماسورة قديمة باخرى جديدة أكبر منها لتعويض النقص فى التصرفات.

ثانيا: فى حالة امتداد العمران خارج المدينة

تتبع نفس الخطوات بالإضافة إلى أخذ قطاع إضافى على مناطق التوسع لتحديد أقطارها، مع الأخذ فى الاعتبار أن أصغر قطر يلتف حول أى توسع جديد لا يقل عن ٢٠٠مم، حتى لو كان التصرف اللازم لهذا التوسع يحتاج إلى ماسورة أقل من ذلك.

المعادلات التى تحكم التصرفات داخل الشبكة

١- مجموع التصرفات الداخلة إلى نقطة الاتصال تساوى مجموع التصرفات الخارجة من نقطة الاتصال.

$$\sum Q_{in} - \sum Q_{out} = Zero$$

$$Q2 + Q1 + Q5 - (Q6 + D) = 0 \qquad (٩-٥)$$

$$Q1 + Q2 + Q5 - Q6 = D \qquad (١٠-٥)$$

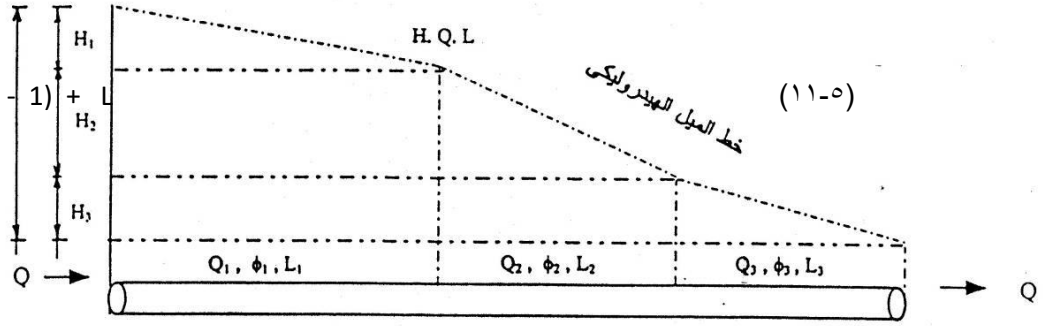
٢- لكل دائرة مجموع فواقد الضغط فى اتجاه معين يساوى صفر.

$$\sum h_f = \sum K Q^n = Zero$$

شكل رقم (٥-٢): طريقة المواسير المكافئة

من المواسير، تربطهم المعادلة التالية: N من الدوائر غير المتداخلة و L من الوصلات و Jتتكون شبكة المواسير من عدد

$$N = (J - 1) + L \qquad (٥-١١)$$

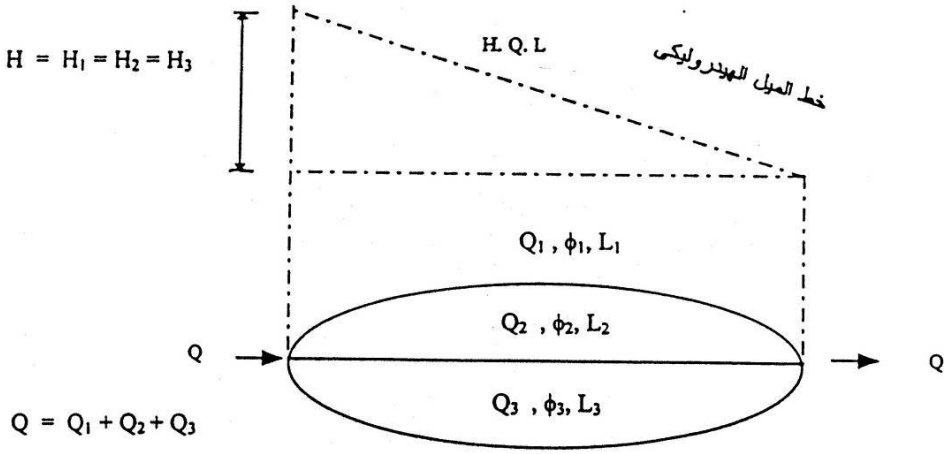


$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

ولأن كمية التصرف لكل ماسورة غير معلومة فيكون عدد المجاهيل مساويا لعدد المواسير. ولحل هذه الشبكة نحتاج إلى عدد

(أ) حالة المواسير المتصلة على التوالى



$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$H = H_1 = H_2 = H_3$$

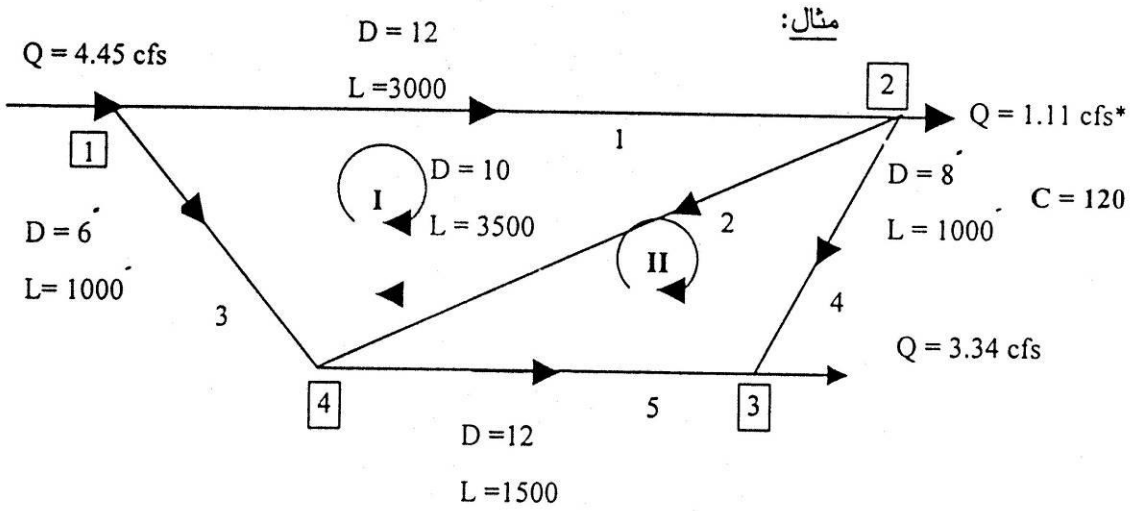
(ب) حالة المواسير المتصلة على التوازى

N

من المعادلات.)J-1+L من المعادلات أو (

) فتعتبر غير خطية.L) تعتبر معادلات خطية، أما المعادلات (J-1المعادلات (

ولأن أى شبكة تحتوى على مئات من المواسير لذلك يلزم استخدام الكمبيوتر فى حل هذه الشبكات بطرق سهلة. ويعرض الشكل رقم (٥-٣) مثالا مبسطا لذلك.



شكل رقم (٥-٣): مثال لشبكة مواسير تحتوى على أكثر من دائرة مقفلة

حيث:

من معادلة (٣-١٢)K

P	=	Pipe	K_1	=	2.018
D	=	Diameter	K_2	=	5.722
l	=	Length	K_3	=	19.674
☐	=	Node No*	K_4	=	4.847

◯ = Pipe No K_5 = 1.009

فى هذا المثال

J = 4 عدد الوصلات

L = 2 عدد الدوائر

∴ عدد المعادلات المطلوبة 5 = L + 1 -J

معادلات التصرفات فى نقاط التلاقى J:

$Q_1 + Q_3 = 4.45$ (1)

$- Q_1 + Q_2 + Q_4 = -1.11$ (2)

$- Q_4 + Q_5 = -3.34$ (3)

معادلات الفواقد فى الدوائر L:

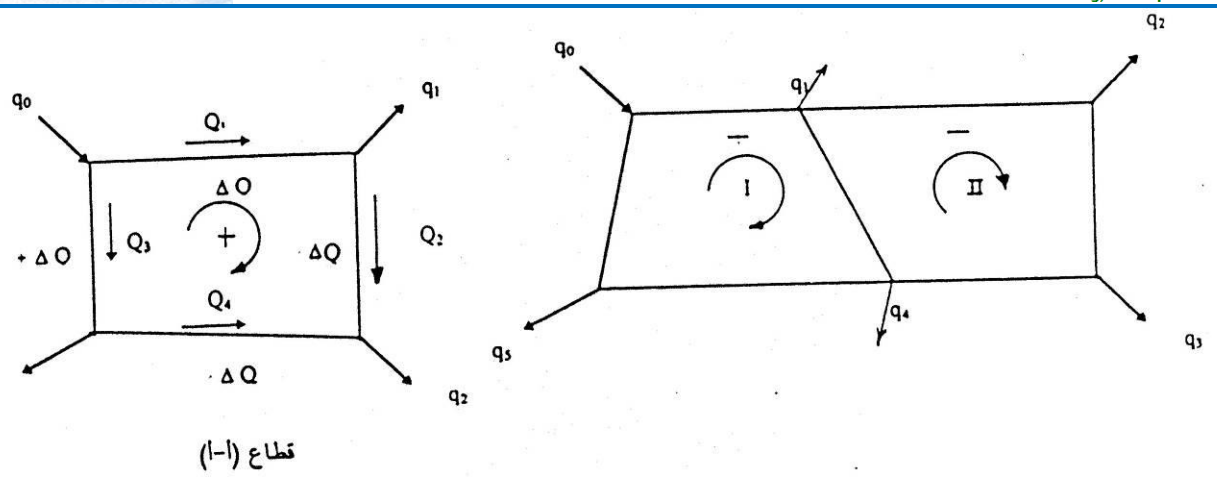
ومن معادلة (٣-٥) وفى اتجاه عقارب الساعة

$2.018\ Q_1^{1.85} + 5.722\ Q_2^{1.85} - 19.764\ Q_3^{1.85} = 0$ (4)

$4.847\ Q_4^{1.85} - 1.009\ Q_5^{1.85} - 5.722\ Q_2^{1.85} = 0$ (5)

٣- طريقة هاردى كروس

اخترع هذه الطريقة العالم هاردى كروس (Hardy Cross) عام ١٩٣٦، وهى تعتمد على المحاولة والخطأ، وتستعمل فى تحديد التصرفات المارة بالمواسير وتعيين الضغوط فى الشبكة عند أى نقطة فيها. (شكل رقم ١٢-٤).



٤-): طريقة هاردى كروس5شكل رقم (

وفي هذه الطريقة، تتبع الخطوات التالية:

١- تقسم الشبكة الرئيسية فقط إلى مجموعات على هيئة دوائر مقفلة.

٢- تدرس كل دائرة على حدة، مع الأخذ فى الاعتبار وجود مواسير مشتركة فى الدوائر الأخرى.

٣- يفترض التصرف المار فى المواسير فى الدائرة الواحدة واتجاهه، بحيث تساوى كمية المياه الداخلة كمية المياه الخارجة عند كل نقطة اتصال.

٤- يحسب الفاقد فى الضغط فى كل خط نتيجة مرور التصرف المفروض.

٥- يحسب مجموع الفواقد كلها ($\sum hr$) فى الدائرة الواحدة مع اخذ الاتجاهات فى الاعتبار.

٦- تحسب القيمة $n\sum(hr/Q) = nKQ^n/Q$

٧- يحسب التصحيح المطلوب للتصرف المفرض Δq ، باستخدام القوانين الرياضية. وبعد حل جميع الدوائر تؤخذ التصحيحات كلها من جميع الدوائر.

$$\Delta q = \frac{-\Sigma hr}{n\Sigma(hr/Q)} = \frac{\Sigma KQ^n}{nKQ^n/Q} \qquad (١٢-5)$$

وهو خارج قسمة الناتج من الخطوة الخامسة على الناتج من الخطوة السادسة.

٨- يعاد الحساب بعد هذا التصحيح عدة مرات، حتى يصبح الفرق ضئيلا يمكن التغاضى عنه.

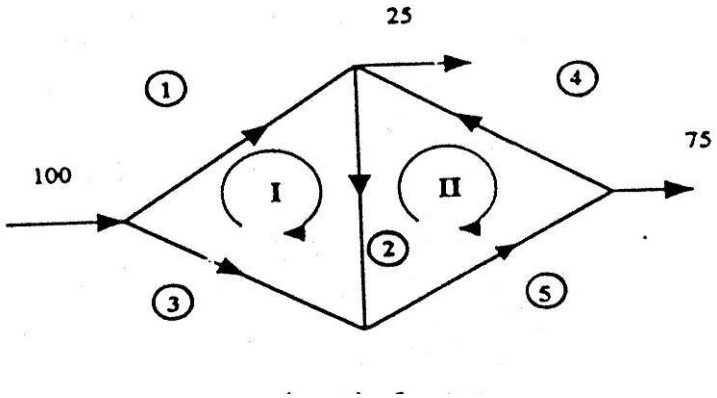
ولإتزان مجموعة من خطوط المياه المقفلة فى شبكة توزيع المياه، يمكن تحديد التصرف الفعلى فيها بإضافة قيمة تصحيحية Δq إلى التصرف الافتراضىQ.

$$Qn = Q + \Delta q \qquad (١٣-5)$$

ويعرض الشكل رقم (١٢-٥) مثالا على استخدام طريقة هاردى كروس لحساب الضغوط.

مثال على طريقة هاردى كروس:

Pipe(الماسورة)	K	Q	n
1	1	50	2
2	3	40	2
3	2	50	2
4	2	15	2
5	1	90	2



شكل رقم (٥-5): مثال على إستخدام طريقة هاردى كروس لحساب الضغوط

٤ـ طريقة الدائرة

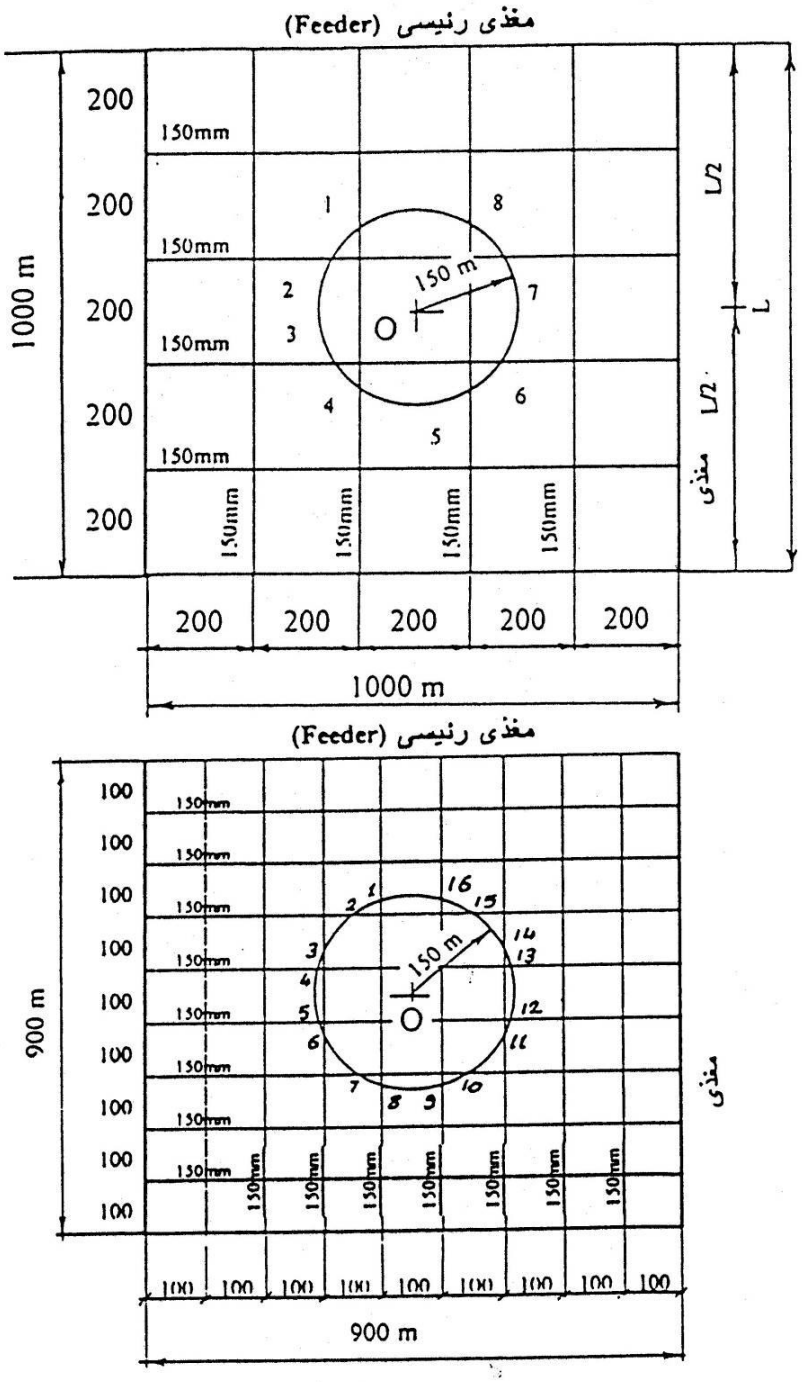
) فى تصميم او الكشف عن أى نقص فى الضغط فى شبكات المواسير Circle Methodتستخدم طريقة الدائرة (
الفرعية (قطر ١٠٠,١٥٠ مم), وذلك باستخدام التصرف اللازم للحريق. وتتخلص هذه الطريقة فيما يلى:

- رسم الشبكات الفرعية على ورق مربعات او بمقياس رسم مناسب.
- رسم دائرة قطرها ٣٠٠ متر تقطع الخطوط الفرعية فى عدة نقاط.
- افترض أن المواسير المقطوعة تعطى تصرفا يكفى احتياجات الحريق، ومنه يحسب نصيب كل ماسورة من هذا التصرف. مع الأخذ فى الاعتبار انه اذا كانت أقطار المواسير متساوية، يتساوى نصيب كل منها من التصرف، أما اذا كانت المواسير غير متساوية القطر، فيستعمل الجدول رقم (٥-٤) التالى لتحويل هذه المواسير ذات قطر واحد.

جدول رقم (٥-٤): تحويل المواسيرإلى مواسير مكافئة

قطر الماسورة المقطوعة والمطلوب تحديد المكافئ لها	١٠٠مم	١٥٠ مم	٢٠٠ مم	٢٥٠ مم	٣٠٠ مم
عدد المواسير قطر ١٠٠ مم المكافئة للماسورة المقطوعة	١	٣	٦,٦	١٢	٢٠

- يتم حساب الفاقد فى الضغط فى الماسورة من معادلة (٥-٣) على أساس قطرها والتصرف الخارج منها وبعدها عن الماسورة الرئيسية المغذية لها.
- يجب أن يكون الضغط فى كل ماسورة عند نقاط التقاطع أكبر من أو يساوى ١٥ مترا او الضغط الخاص بالحريق.
- فى حالة اكتشاف نقص فى الضغط عن هذا المقدار، فى إحدى المواسير الفرعية فى الشبكة تستبدل بماسورة ذات قطر اكبر ويعاد الحساب من جديد
- إذا مست الدائرة احد الخطوط اعتبرت نقطة التماس كما لو كانت ماسورتين. ويوضح الشكل رقم (٥-٦) مثالا لطريقة الدائرة وكيفية تطبيقها.



شكل رقم (٥-٦): مثال لطريقة الدائرة لحساب الضغوط

٦	الفصل السادس

التصميم الهيدروليكى باستخدام الحاسب الالى

يمكن استخدام الحاسب الالى فى تصميم شبكة توزيع مياه الشرب وذلك بواسطة استخدام أحد برامج الحاسب الآلى المتخصصةفى هذا المجال ومنها برنامج الـ"CYBERNET:". وفى هذه الحالة تتنع الخطوات التالية

(أ) إدخال البيانات الأساسية للحاسب الآلى

(ب) استقراء النتائج الخارجة من الحاسب الآلى

(ت) تحليل النتائج

أ - إدخال البيانات الأساسية الى الحاسب الآلى

هناك سبع مجموعات من البيانات التى يتم إدخالها الى الحاسب الآلى لتصميم الشبكة. وهى تشمل:

١. نموذج الشبكة المقترحة
٢. بيانات المواسير
٣. بيانات نقاط الاتزان
٤. بيانات مصدر المياه
٥. مواقع محابس التحكم
٦. معدلات الذروة
٧. بيانات تصرفات الحريق

١ - نموذج الشبكة المقترحة (Computer model)

يتم عمل نموذج للشبكة المقترحة على الحاسب الآلى يعبر عن شبكة التغذية بمياه الشرب بما فيها من مواسير ونقاط اتزان (Nodes)، وما يتصل بها من أعمال محطات الضخ والخزانات والمحابس الرئسية وخلافه. ويعبر هذا النموذج عن النظام المقترح للتغذية بمياه الشرب.

٢ - بيانات المواسير (Pipe Data)

يتم إدخال بيانات المواسير بالشبكة مثل:

- الرقم المسلسل لكل ماسورة.
- أطوال المواسير بالمتر.
- أقطار المواسير (المبدئية) بالسنتيمتر.
- معامل الاحتكاك لقطاع الماسورة (يعتمد على نوع الماسورة وعمرها)

٣ - بيانات نقاط الاتزان (Node Data)

يتم إدخال بيانات نقاط الاتزان بالشبكة. ونقطة الاتزان هى نقطة التقاطع بين ماسورتين أو بداية أو نهاية ماسورة، والبيانات التى يتم إدخالها هى:

- الرقم المسلسل لكل نقطة اتزان.
- منسوب الأرض عند كل نقطة اتزان.
- التصرف بكل نقطة اتزان، وهو يساوى:

المساحة المخدومة بكل نقطة × الكثافة السكانية × متوسط استهلاك مياه الشرب للفرد

٤ - بيانات مصدر المياه (Water Source Data)

يتم إدخال بيانات مصدر المياه مثل محطات الضخ والخزانات كالتالى:

- بيانات الخزانات العالية (مثل الارتفاع والقطر).
- بيانات منحنيات الطلمبات وعدد الطلمبات المستخدمة.

٥ - مواقع محابس التحكم (Control Valves Locations)

يتم إدخال مواقع محابس التحكم مثل محابس تخفيض الضغط أو محابس تثبيت الضغط أو محابس التحكم فى التصرف .... إلخ.

٦(Peak Factors) - معدلات الذروة

يتم إدخال بيانات التصرفات المتوسطة عند كل نقطة اتزان، على أن يتم إدخال منحنى التصرف اليومى للفرد بما فيه من معاملات ذروة قصوى ودنيا وذلك لكى يناسب التحليل الهيدروليكى (ظروف التشغيل على مدار اليوم).

٧(Fire Flows) - بيانات تصرفات الحريق

يتم إدخال بيانات تصرفات الحريق عند بعض النقاط المختارة بحيث تعبر عن احتمالية حدوث حالات حريق فى أماكن متفرقة وذلك لدراسة شكل واتزان الشبكة فى تلك الحالات.

ب - استقراء النتائج الخارجة من الحاسب الآلى

يقوم الحاسب الآلى بعمل التحليل الهيدروليكى للبيانات المختلفة التى يتم ادخالها ثم يعطى نتائج تتمثل فيما يلى:

- السرعات فى المواسير.
- اتجاه السريان فى كل ماسورة.
- الفواقد فى الاحتكاك فى المواسير.
- ضغط المياه عند كل نقطة اتزان.
- التصرف الكلى والضغط المطلوب عند الطلمبات.

جـ - تحليل النتائج

بعد استقراء النتائج بواسطة المهندس الهيدروليكى، الذى يقوم بتعديل أقطار المواسير وبيانات الطلمبات للوصول الى انسب الحلول لحدوث اتزان للتصرفات والضغوط بالشبكة.

ويقوم المهندس الهيدروليكى بتحليل النتائج الخارجة من الحاسب الالى لكل حالة من حالات التشغيل المختلفة وتعديل التصميم تبعا لذلك.

وتشمل حالات التشغيل المختلفة حالتين هما:

١. حالة التصرف الأقصى (Peak Demand).
٢. حالة التصرف الأقصى + تصرف الحريق (Peak demand + Fire demand)

١- التشغيل فى حالة التصرف الأقصى (Peak demand)

وتشمل النتائج الخارجة من الحاسب الآلى البيانات الآتية: وفى هذه الحالة يتم إمداد الحاسب الألى بالبيانات فى حالة أقصى تصرف.

- التصرف الآقصى.
- أقصى ضغط للماء عند نقاط الاتزان.
- أقل ضغط للماء عند نقاط الاتزان.
- أقطار مواسير التغذية بالمياه.
- يحدد الحاسب الآلى ما إذا كان سيتم استخدام طلمبة واحدة أو مجموعة طلمبات فى حالة أقصى تصرف.

٢- التشغيل فى حالة التصرف الاقصى + تصرف الحريق (Peak demand + Fire demand)

فى هذه الحالة يتم إمتداد الحاسب الآلى بالبيانات فى حالة أقصى تصرف + تصرف الحريق. وتشمل النتائج الخارجة من الحاسب الآلى البيانات الآتية:

- التصرف الاقصى + تصرف الحريق.
- أقصى ضغط للماء عند نقاط الإتزان.
- أقطار مواسير التغذية بالمياه وهى نفس أقطار المواسير المستخدمة فى حالة أقصى تصرف.
- يحدد الحاسب الآلى ما إذا كان سيتم استخدام طلمبة واحدة أو أكثر على التوازن فى هذه حالة.

ويوضح الشكل رقم (٥-٧) خطوط مواسير شبكات توزيع مياه الشرب.

القطر الإقتصادى للمواسير

عند اختيار أقطار المواسير التى تضغط فيها المياه لمسافات بين محطة طلمبات الضغط العالى والمدينة (شكل١٢-٨) فإنه يجب مراعاة اختيار أقطار هذه المواسير بحيث تكون التكلفة اقل ما يمكن – ويمكن تقسيم تكاليف مثل هذه المواسير إلى:

١. الثمن الأساسى للمواسير بما فيه تكاليف الإنشاء- وهذا الثمن يتزايد مع كبر قطر الماسورة، نظراً لزيادة كمية الحديد المستعمل فى الماسورة وكذلك لزيادة التكاليف الإنشائية مع كبر القطر. وهذا الثمن الأساسى يفترض استهلاكه فى المدة التى فيها الماسورة (عمر الماسورة وهذا يسامى عادة حوالى خمسين عاما).

٢. الفائدة السنوية لرأس المال الذى استغل فى الثمن الأساسى وهذه الفائدة تتزايد مع كبر رأس المال.

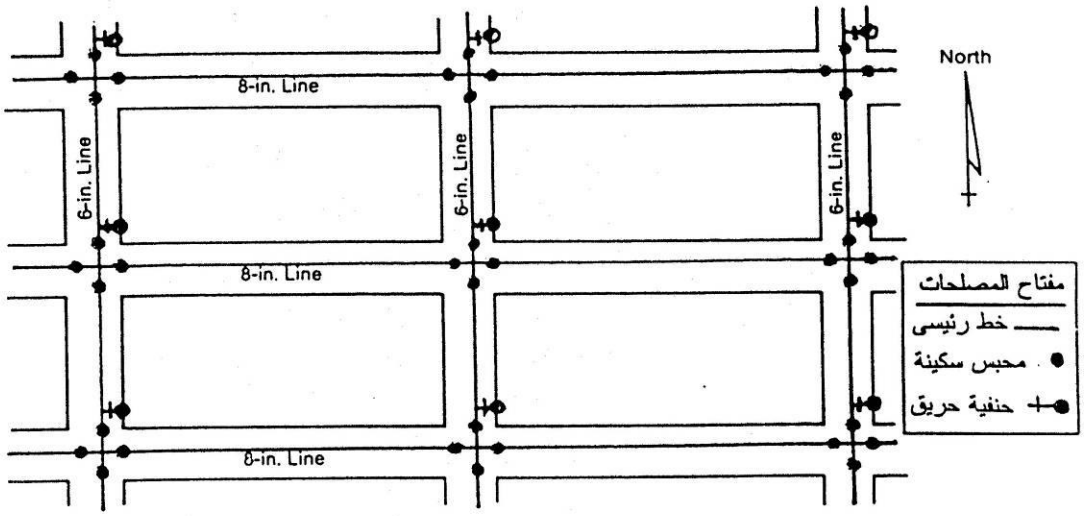
٣. تكاليف ضغط الماء فى الماسورة وهذه تقل مع كبر قطر الماسورة إذ أن الفاقد فى الاحتكاك فى الماسورة يقل مع كبر قطر الماسورة – ومن ثم فإن قوة الطلمبات اللازمة لضغط المياه تقل وبالتبعية تقل القوة الكهربية المستعملة.

وبذلك تكون التكاليف السنوية للماسورة.

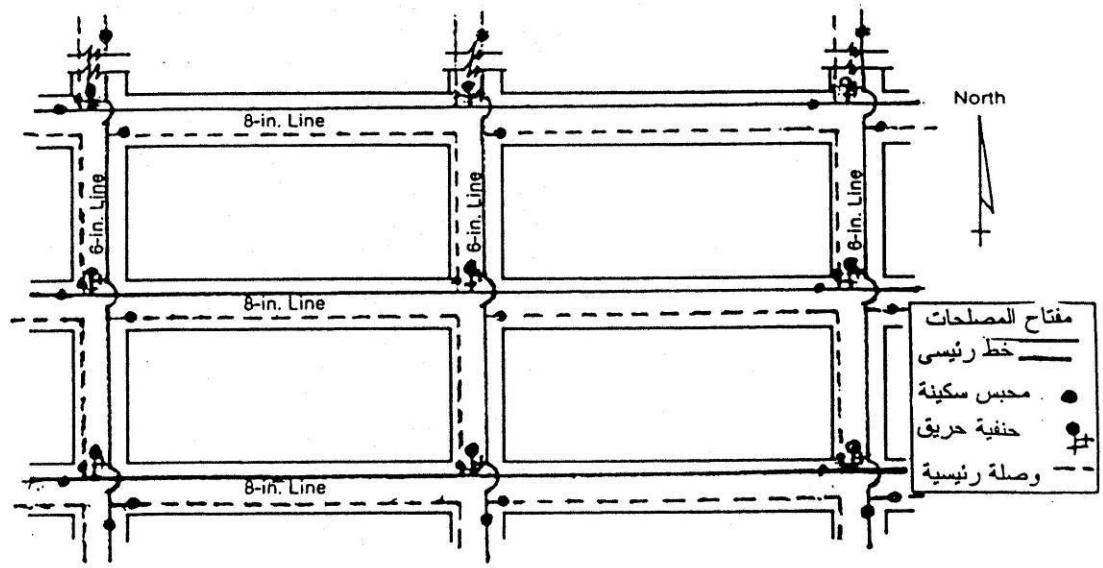
١. رأس المال مقسوما على عدد سنين خدمة الماسورة.

٢. الفائدة السنوية لرأس المال.

٣. تكاليف القوة المحركة لطلمبات الضغط.



مخطط نظام تغذية رئيسى مفـرد



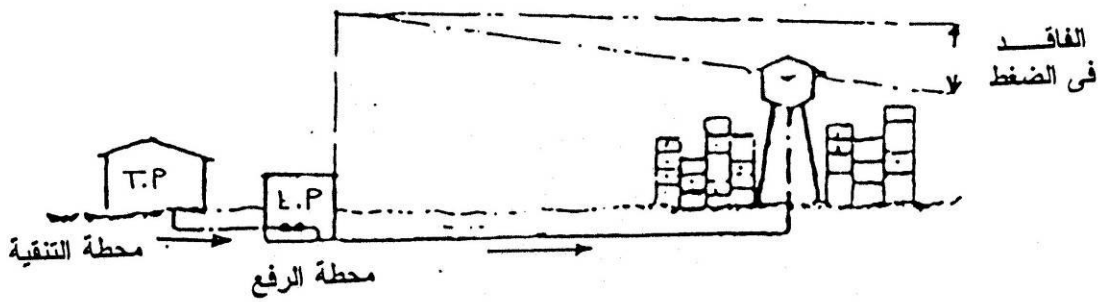
مخطط نظام تغذية رئيسى مزدوج

شكل رقم (٥-٧): خطوط مواسير شبكات توزيع مياه الشرب

ونلاحظ أن البند ١- ٢ يأخذان فى الازدياد إذ أخذ البند الثالث فى النقصان.

ويمكن الحصول على أقل مجموع للثلاثة بنود بتطبيق قاعدة كلفن التى تنص على:

" إذا تساوت التكاليف الآخذة فى الإزدياد مع التكاليف الآخذة فى النقصان فإن جملة التكاليف تكون اقل ما يمكن ".

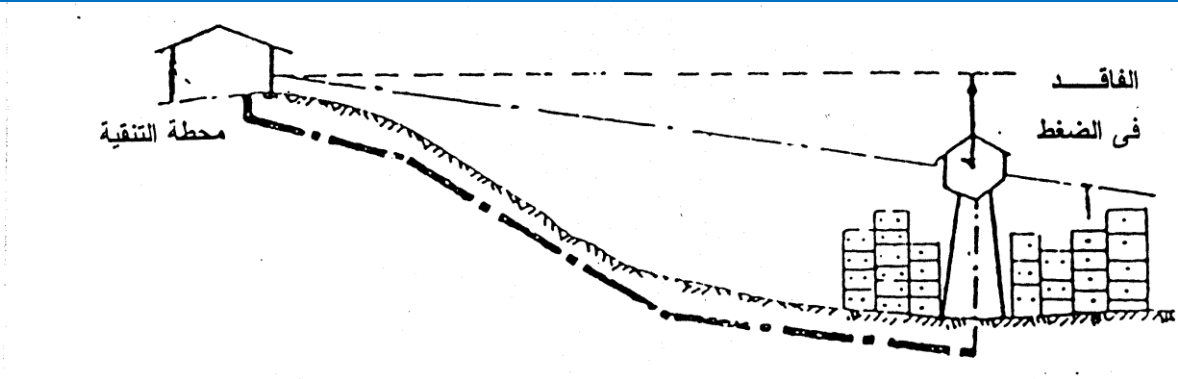


شكل رقم (٥-٨): اختيار قطر المواسير المناسب لبعد المسافة بين

محطة الضغط والمدينة

القطر الاقتصادى لمواسير تسير بالانحدار الطبيعى

هناك بعض الحالات التى تكون فيها محطة التنقية على منسوب عال بالنسبة للمدينة بحيث يسير الماء فى الماسورة الرئيسية بالانحدار لبطبيعى دون الحاجة الى محطة طلمبات (شكل رقم ٥-٩). وفى هذه الحالة يحسن اختيار قطر الماسورة هذه بحيث يكون الفاقد فى الاحتكاك مساويا للفرق بين منسوب المياه فى محطة التنقية، ومنسوب المياه فى محطة التنقية، ومنسوب المياه فى خزان المياه العلوى فى أقصى المدينة والذى يكون ارتفاعه كافيا لحفظ المياه على منسوب كاف لرفع المياه الى الدور الرابع فى أى منزل فى المدنية.



شكل رقم (٥-٩): فاقد الإحتكاك فى المواسير يساوى الفاقد

بين المنسوبين (محطة التنقية والخزان)

الضغط فى شبكات التوزيع

تنص بعض المواصفات على أنه يجب حفظ الضغط فى شبكات التوزيع بحيث يكون كافيا لرفع المياه الى الدور الرابع فى المساكن فى أى مكان فى المدينة. على أن يكون عند وصوله الى هذه الأدوار تحت ضغط قدره ستة أمتار غلى الأقل وبذلك بحيث ألايقل عامود الضغط فى المواسير من وعشرين مترآ موزعة كالاتى:

١٤ مترا ارتفاع أربعة أدوار

٥ متر فاقد فى مواسير التوزيع داخل المنزل

٦ متر عامود على الصنابير داخل المنزل

٢٥ مترا للمجموع

وتنص بعض الموصفات الأخرى غلى ألايقل الضغط فى المواسير الرئسية فى المدينة عن ٤٠ رطل على البوصة المربعة أى ثلاثة كيلوجرام على السنتيميتر المربع – اما الضغط فى المواسير الفرعية فيجب ألاتقل ٢٠ رطل / على البوصة المربعة أى ١,٥ كيلوجرام على السنتيميتر المربع.

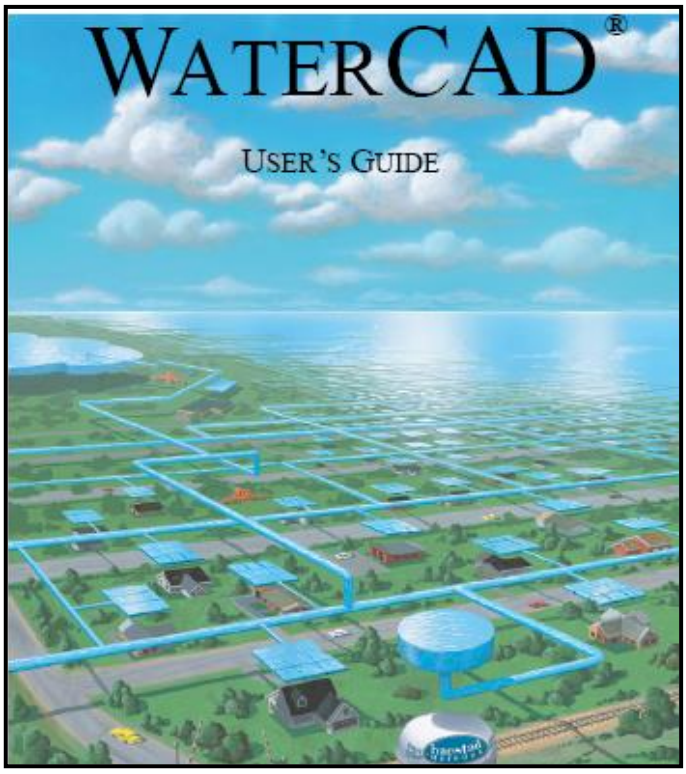
أى أن عامود ضغط الماء يجب ألا يقل عن ثلاثين مترآ فى المواسير الرئيسية ولايقل عن خمسة عشر مترا فى المواسير الفرعية.

كما ينص فى بعض الأحوال على ألا يقل الضغط فى المواسير من ٦٠ او ٧٥ رطل على البوصة المربعة (٤-٥ كيلوجرام على السنتيميتر المربع) وذلك لضمان ضغطا كافيا لمقاومة الحرائق. ألا أن حفظ هذا الضغط العالى نسبيا – ولذلك يفضل ألا يتجاوز الضغط ٤٠ رطل بوصة مربعة أى ثلاثة كيلوجرام / السنتيميتر المربع – وفى هذه الحالة ينصح باستعمال طلمبات متنقلة لضخ الماء من مواسير التوزيع فى خراطيم مقاومة الحريق عند الحاجة لذلك.

كما أنه فى بعض المدن توجد شبكتان للتوزيع يحتفظ فى شبكة منها بضغط عادة ٢٠- ٤٠ رطل / البوصة المربعة أى ١,٥-٣ كيلوجرام / سنتيميتر المربع. ويحفظ فى الأخرى بضغط عالى من ٦٠-٨٠ رطل البوصة المربعة أى ٤-٦ كيلو جرام / سنتيمتر المربع – وتستعمل الشبكة الأولى فى الأغراض العادية. أما الشبكة الثانية فتستعمل فى أغراض مقاومة الحرائق أو الأغراض الصناعية الخاصة.

٧	الفصل السابع

إستخدام برنامج الـ WaterCad



يهدف هذا الفصل الي شرح تفصيلي لكيفية إستخدام برنامج الـ WaterCad لتحليل وتصميم شبكات التغذية بالمياة وتشمل إدخال بيانات شبكات التغذية بالمياه (Analysis Input data) مثل الأقطار والأطوال ومواد خطوط المواسير ثم استعراض نتائج المخرجات (Output data) ومقارنة قيم التصرفات والسرعات ومقدار الفواقد بكل ماسورة مع تحديد مناطق الاختناقات.

<u>ويتناول الشرح الموضوعات التالية:</u>

- كيفية تشغيل البرنامج ٠
- خطوات إدخال البيانات (Input data) ٠
- إجراء التحليل الهيدروليكي
- استعراض وتقييم النتائج الأولية (1st Output data) ٠
- خطوات تعديل البيانات وإعادة التحليل الهيدروليكي
- استعراض وتقييم النتائج النهائية (Final output data) ٠

مقدمة:

يعتبر البرنامج (*WaterCad*) هو أحد برامج تصميم شبكات التغذية بالمياه المتخصصة والمتميزة نظرا لتشغيل البرنامج باستخدام نظام (Windows) وهو قادر على اختصار الكثير من الوقت في عملية تدقيق عناصر الشبكة وإختبار التصميم كما أنه يعطينا تقارير هامة عن عناصر الشبكة وعملية التعديل على التصميم ومن الأمور التي يسهل التعامل معها بواسطة هذا البرنامج أنه يمكننا التعديل في عنصر ما ورؤية تأثيره على باقي العناصر بشكل بسيط وسريع.

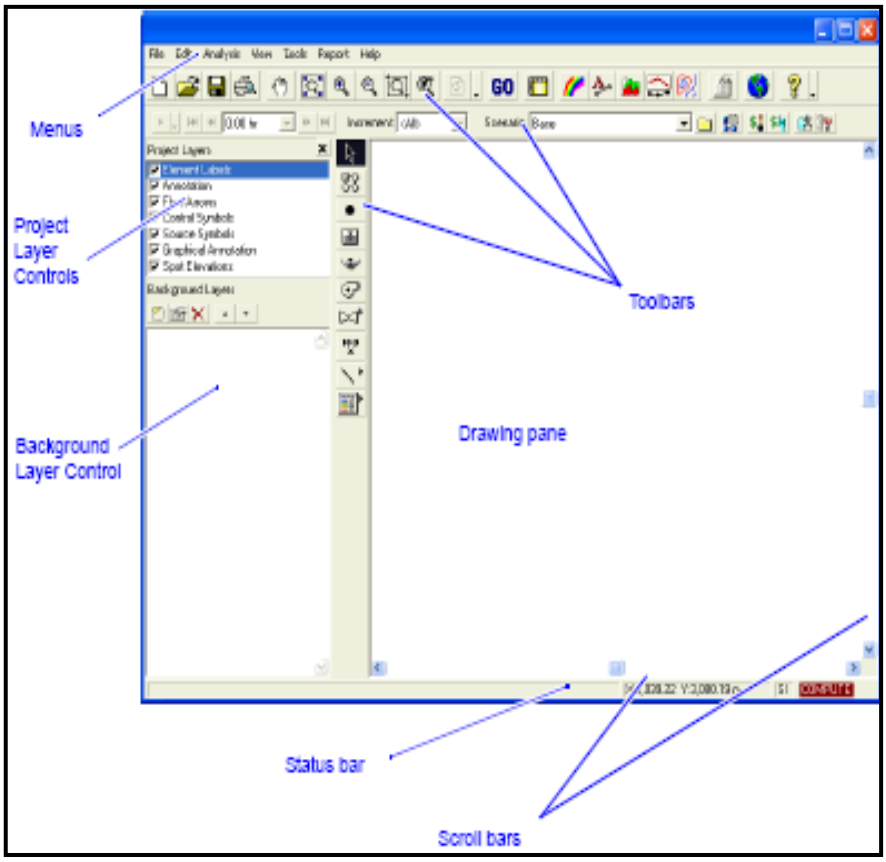
<u>ويتميز البرنامج بالتالي:</u>

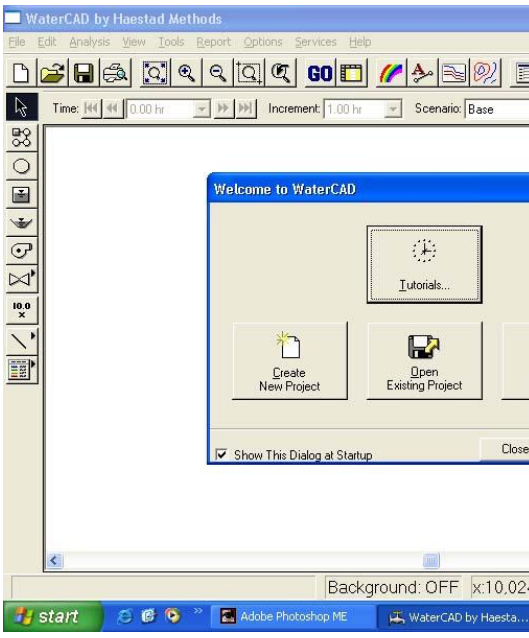
- **إمكانية الرسم والتصميم.**
- **إمكانية التعامل مع برامج الحاسب الالي الاخري وتبادل الرسومات والبيانات والنتائج بينها مثل برامج (AutoCad- GIS-EPAnet).**
- **سهولة التعامل مع برامج إدخال البيانات المتخصصة مثل برامج Excel – Access.**
- **المرونة وإمكانيات العالية والمتميزة وكذلك سهولة إدخال البيانات وإستعراض وتقييم النتائج.**
- **سهولة إجراء التعديلات للمدخلات وإعادة التحليل الهيدروليكي بشكل بسيط وسريع.**
- **اختصار الكثير من الوقت في عملية تدقيق عناصر الشبكة وإختبار التصميم.**
- **الأمكانية العالية في طرق إستعراض النتائج وإخراج التقارير لجميع عناصر الشبكة.**
- **إمكانية إختبار التصميم لحالات التصميم المختلفة ورؤية التأثيرات على عناصر الشبكة مثل التغيرات الحاصلة للسرعات والضغوط.**

١ – كيفية تشغيل البرنامج:

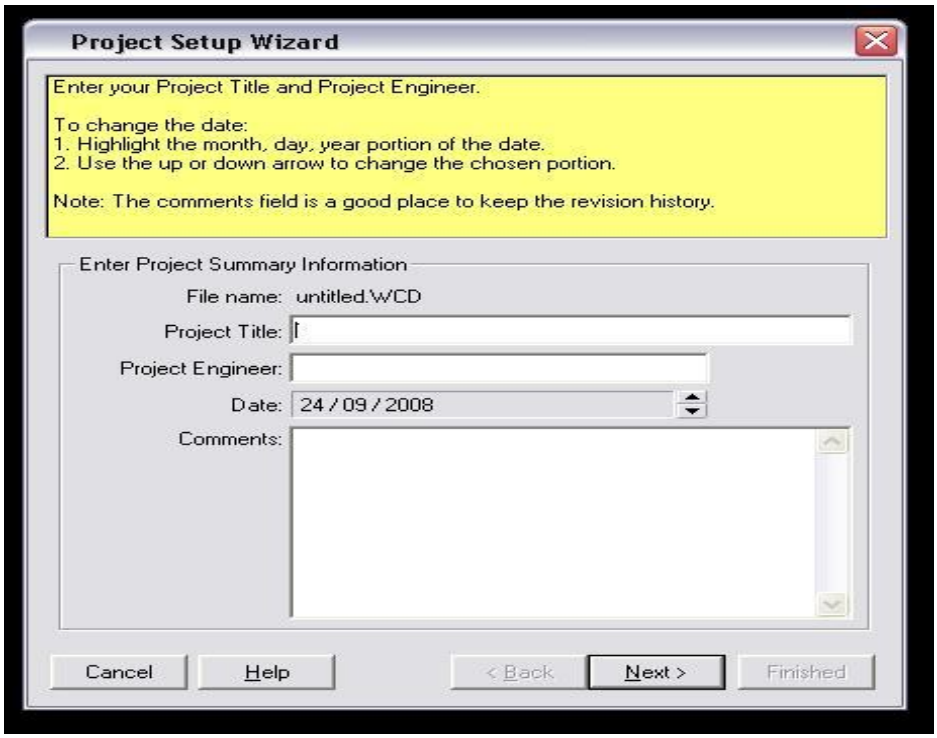
تتكون الشاشة الافتتاحية كما يلى :

- مجموعة الأوامر (Main Menu)
- شريط الأدوات (Toolbar)
- مجموعة النوافذ المساعدة (Secondary Menus)





٢- إنشاء مشروع جديد (Create new project):



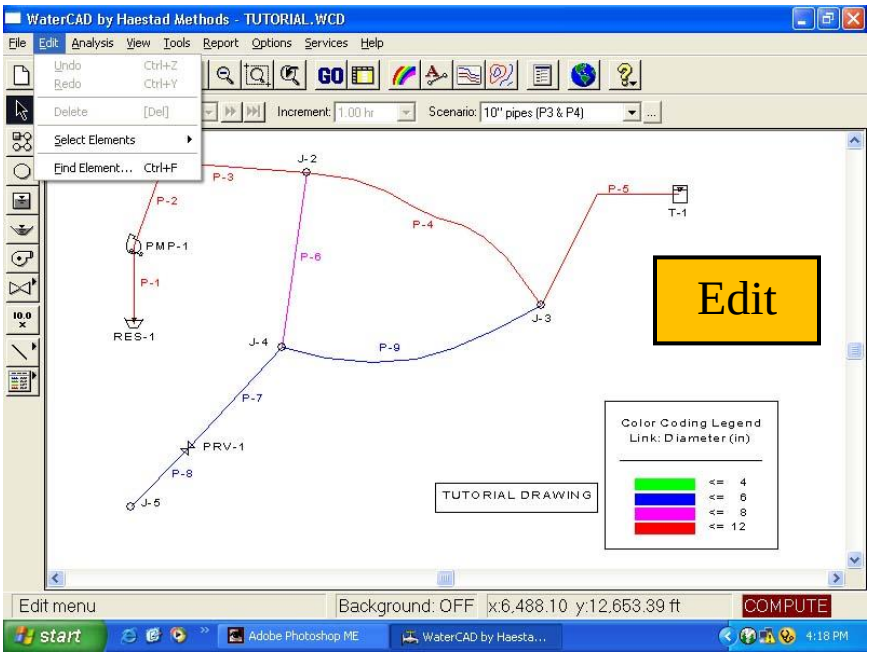
ويتم بعد ذلك إتباع الخطوات التالية:

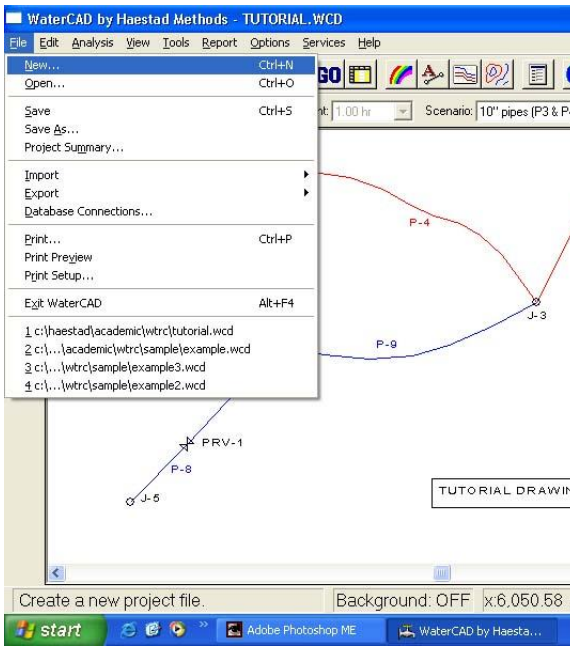
- **كتابة أسم المشروع والمهندس المصمم والتاريخ**
- **فى الصفحة التالية يسأل البرنامج عن أى تغير فى الثوابت المدخلة مثل(المعادلات المستخدمة فى الحساب – نوع السائل المستخدم – تقريب الأطوال للمواسير) والأفضل هو ترك الاعدادات التقليدية للبرنامج.**
- **فى الشاشة التالية يتم إدخال مقياس الرسم وارتفاع وحجم الخط المستخدم بالمشروع**

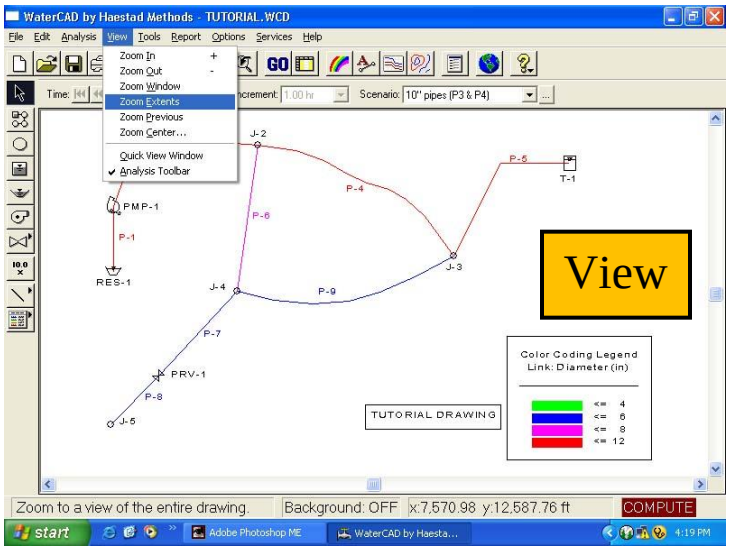
٣- الاوامر الرئيسية للبرنامج:

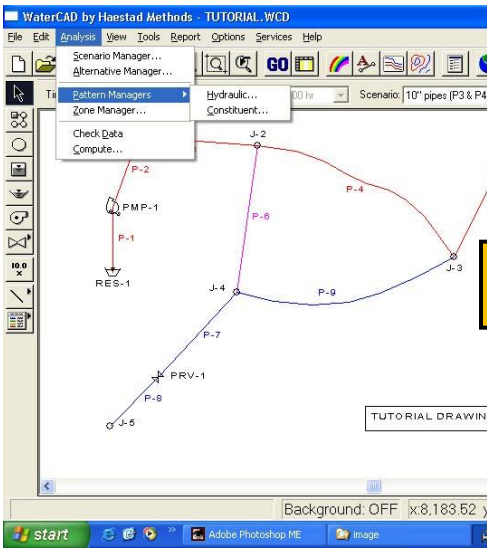
سيتم في هذل الجزء شرح كل بند بالتفصيل على حده وتتكون مجموعة الأوامر كما يلى:

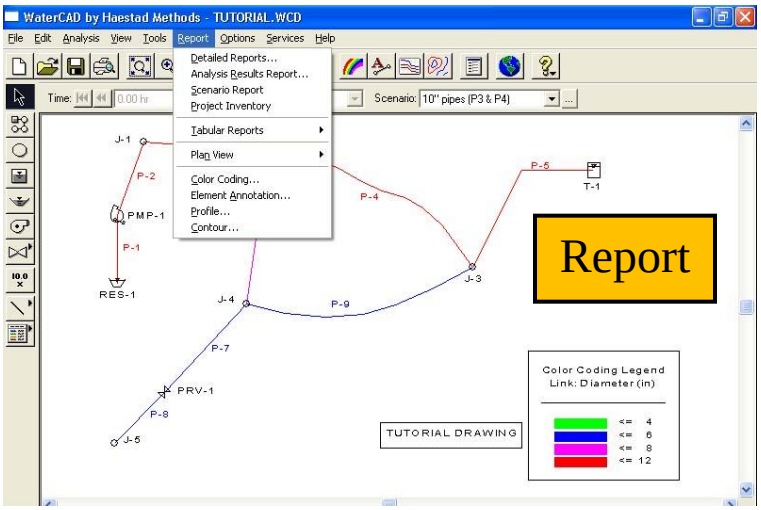
1- FILE 2- EDIT 3- ANALYSIS 4- VIEW 5- TOOLS 6- REPROT 7- OPTIONS 8- SERVICES 9- HELP

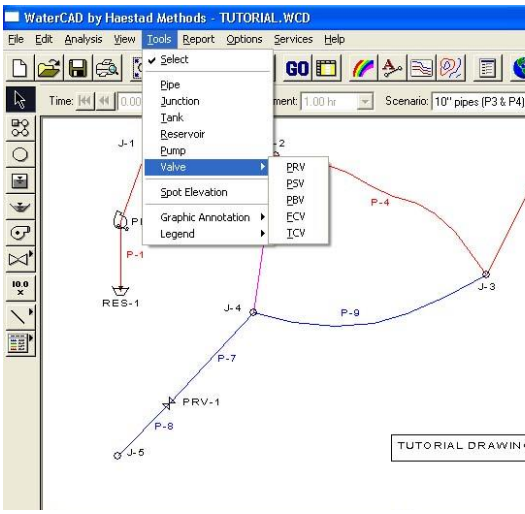


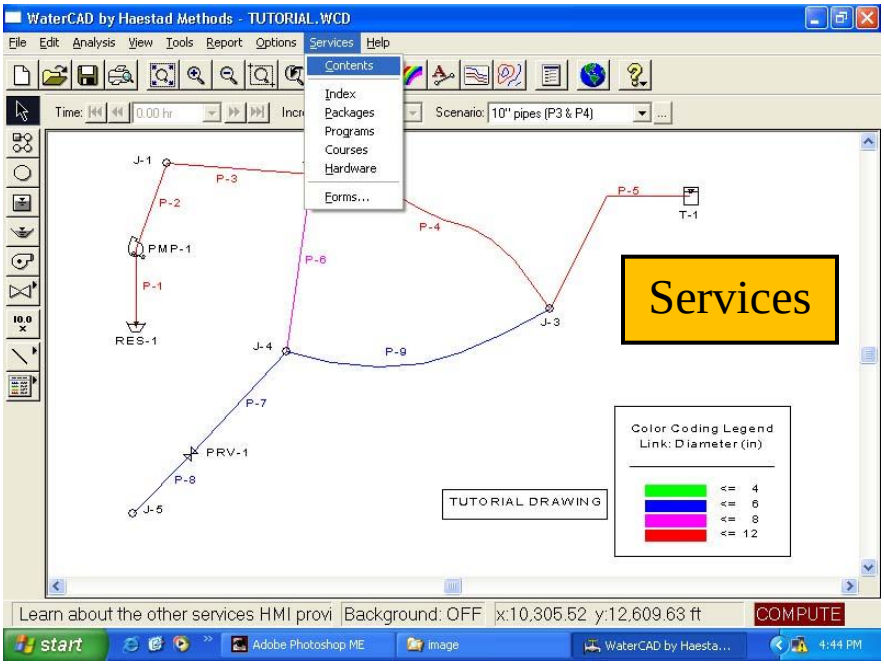


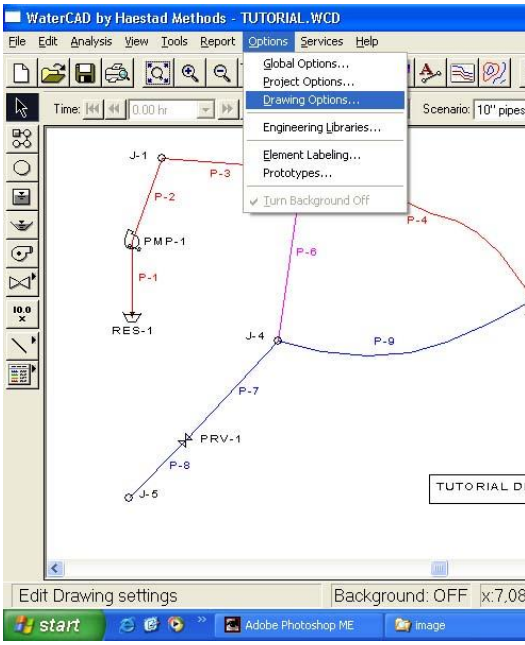

WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
View
Zoom In
Zoom Out
Zoom Window
Zoom Extents
Zoom Previous
Zoom Center...
Quick View Window
Analysis Toolbar
TUTORIAL DRAWING
Color Coding Legend
Link: Diameter (in)
Zoom to a view of the entire drawing.
Background: OFF
COMPUTE

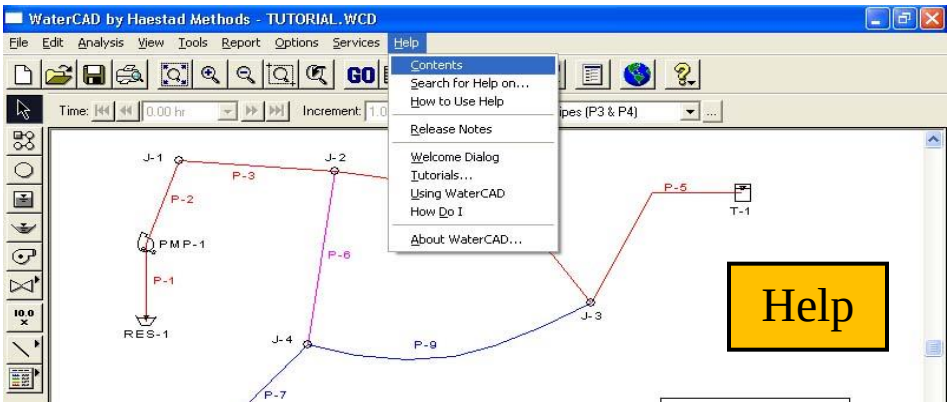

WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
Scenario Manager...
Alternative Manager...
Pattern Managers
Zone Manager...
Hydraulic...
Constituent...
Check Data
Compute...
Background: OFF


WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
Report
Detailed Reports...
Analysis Results Report...
Scenario Report
Project Inventory
Tabular Reports
Plan View
Color Coding...
Element Annotation...
Profile...
Contour...
TUTORIAL DRAWING
Color Coding Legend
Link: Diameter (in)


WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
Select
Pipe
Junction
Tank
Reservoir
Pump
Valve
Spot Elevation
Graphic Annotation
Legend
PRV
PSV
PBV
FCV
TCV


WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
File Edit Analysis View Tools Report Options Services Help
Contents
Index
Packages
Programs
Courses
Hardware
Forms...
Services
TUTORIAL DRAWING
Color Coding Legend
Link: Diameter (in)
<= 4
<= 6
<= 8
<= 12
Learn about the other services HMI provi
Background: OFF
x:10,305.52 y:12,609.63 ft
COMPUTE


WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
File Edit Analysis View Tools Report Options Services Help
Global Options...
Project Options...
Drawing Options...
Engineering Libraries...
Element Labeling...
Prototypes...
Turn Background Off
Edit Drawing settings
Background: OFF


WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
File Edit Analysis View Tools Report Options Services Help
Contents
Search for Help on...
How to Use Help
Release Notes
Welcome Dialog
Tutorials...
Using WaterCAD
How Do I
About WaterCAD...
Help

٤- خطـوات رسم الشبكة:

فى واجهة البرنامج التى تم شرحها من قبل سنقوم برسم الشبكة بالأدوات الموجوده فى شريط الأدوات كالتالي:

- سهم الاختيار والتحديد
- لرسم المواسير الموصلة بين مكونات الشبكة
- لعمل نقط المأخذ من الشبكة (Demand)
- لعمل خزان
- لعمل مأخذ مستمر (نهر – ترعة)
- الطلمبات
- المحابس
- نقط المناسيب
- لرسم الخطوط والكتابة
- لعمل مفتاح ملون للنموذج (LEGEND)

٥- خطـوات إدخـــال البيـانات:

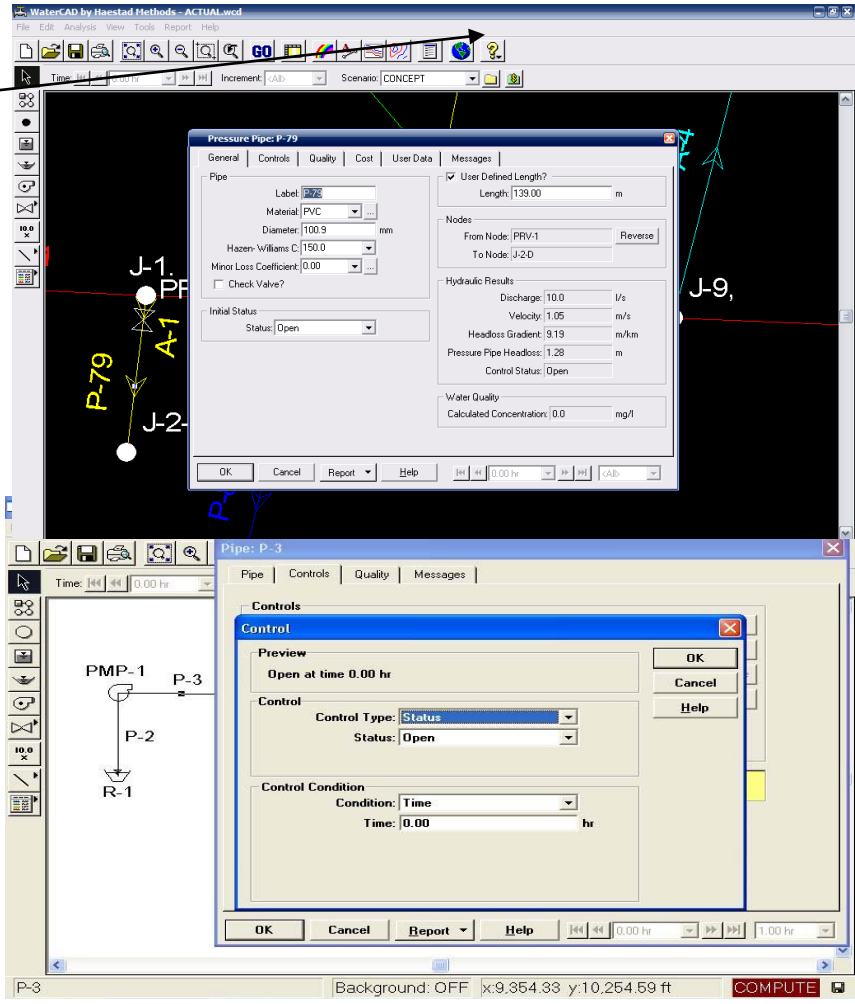
هناك عدة طرق لإدخال البيانات لأى من مكونات الشبكة ومن أهمها:

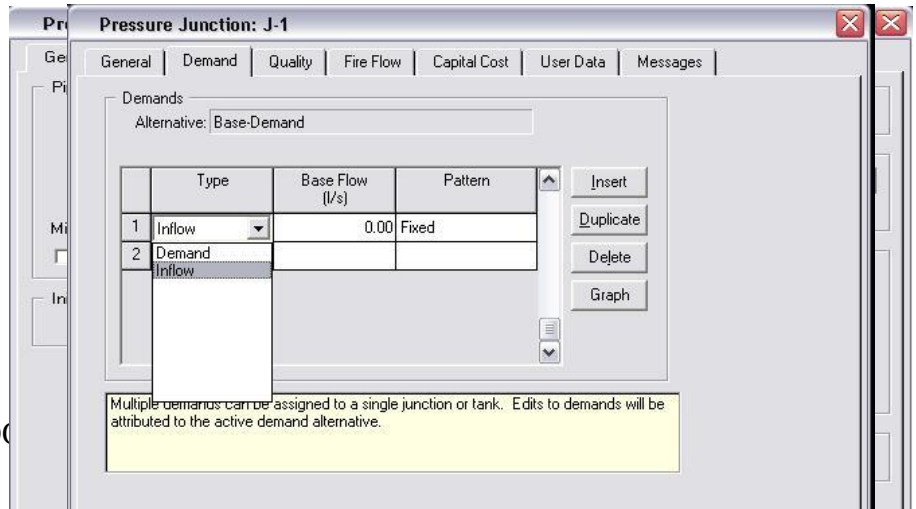
- طريقة النقربإستخدام الفأرة
- طريقة الجداول المرنة (Flexible Tables)

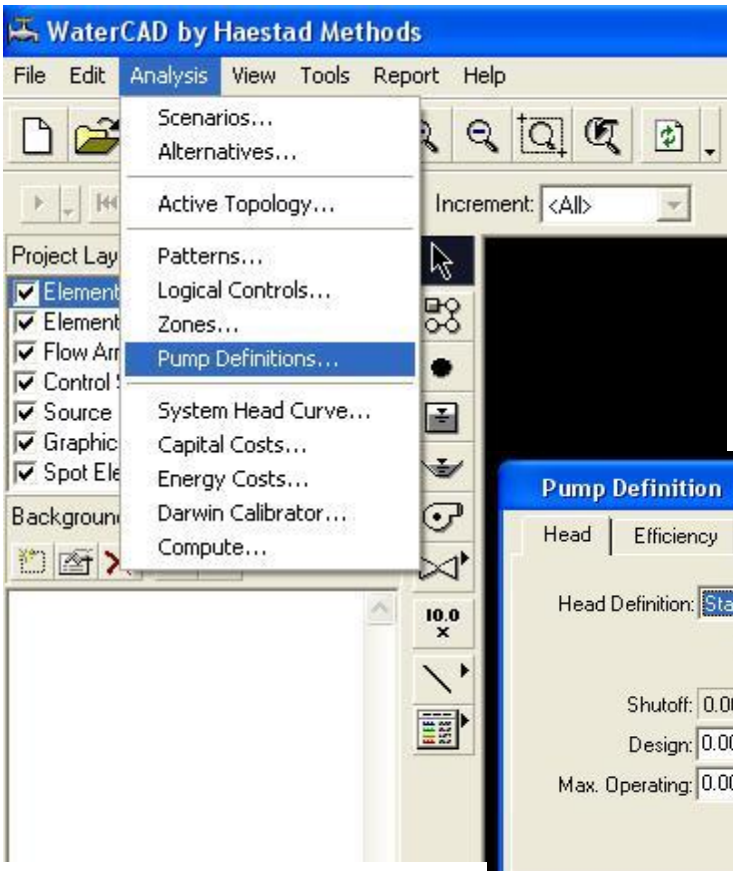
٥-١ طريقة النقربإستخدام الفأرة:

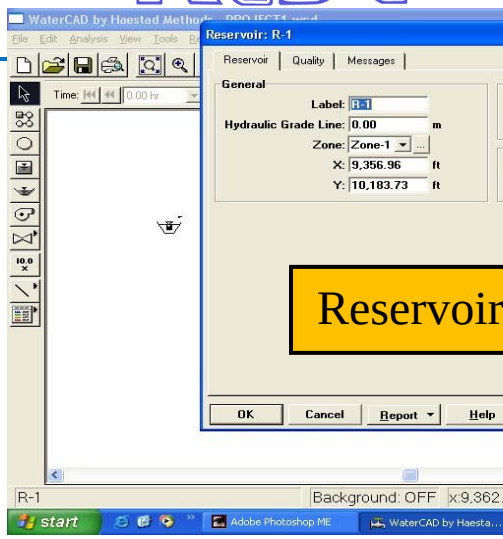
هذه الطريقة هي الأسهل حيث يمكننا النقر مرتين على العنصر المراد إدخال البيانات له للدخول إلى خصائصه والتعديل عليها ويعيب هذه الطريقة أنها بطيئة حيث نضطر للدخول على خصائص كل عنصر لكل مكون من مكونات الشبكة علي حده لإدخال بياناته.

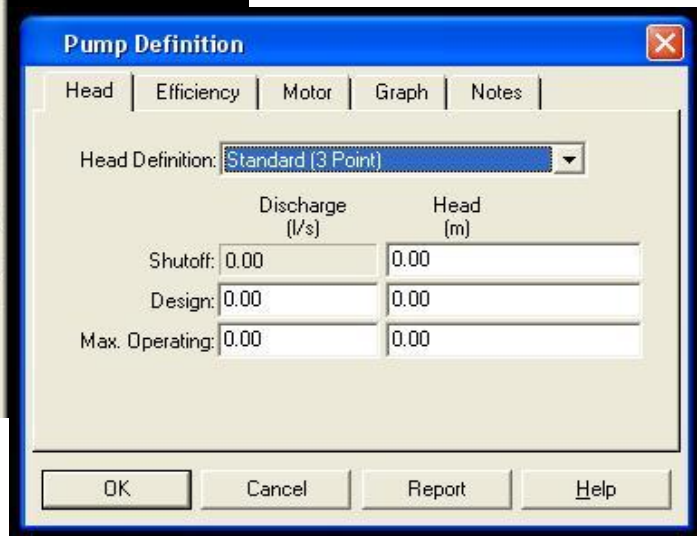
Pipes


WaterCAD by Haestad Methods - ACTUAL.wcd
Pressure Pipe: P-79
Pipe: P-3
Control
Control Type: Status
Status: Open
Control Condition
Condition: Time
Time: 0.00
PMP-1
P-3
P-2
R-1
J-1
J-9
P-79
A-1
Background: OFF
x:9,354.33 y:10,254.59 ft
COMPUTE


Pressure Junction: J-1
General
Demand
Quality
Fire Flow
Capital Cost
User Data
Messages
Demands
Alternative: Base-Demand
Type
Base Flow (l/s)
Pattern
1 Inflow 0.00 Fixed
2 Demand
Inflow
Insert
Duplicate
Delete
Graph
Multiple demands can be assigned to a single junction or tank. Edits to demands will be attributed to the active demand alternative.

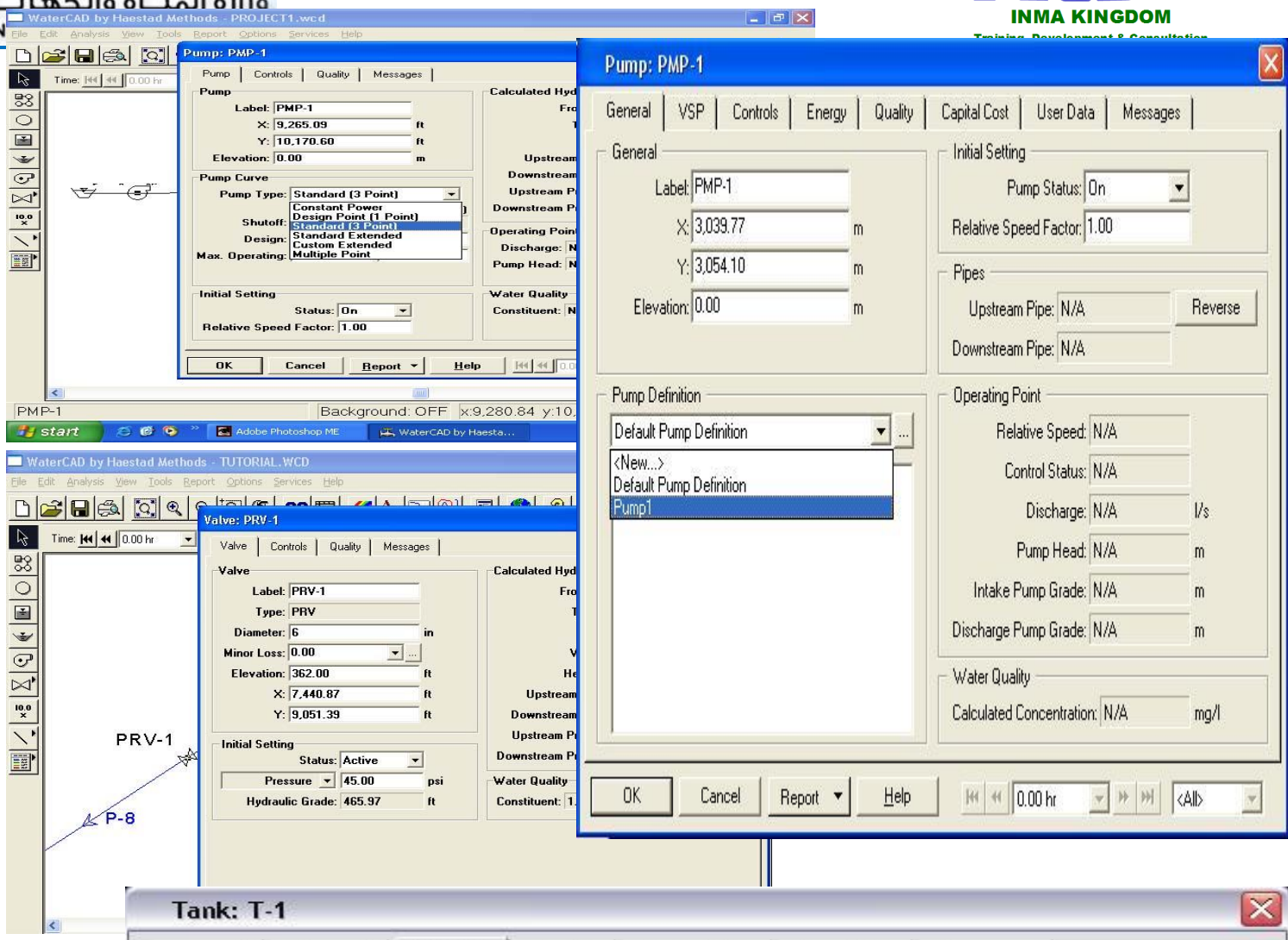


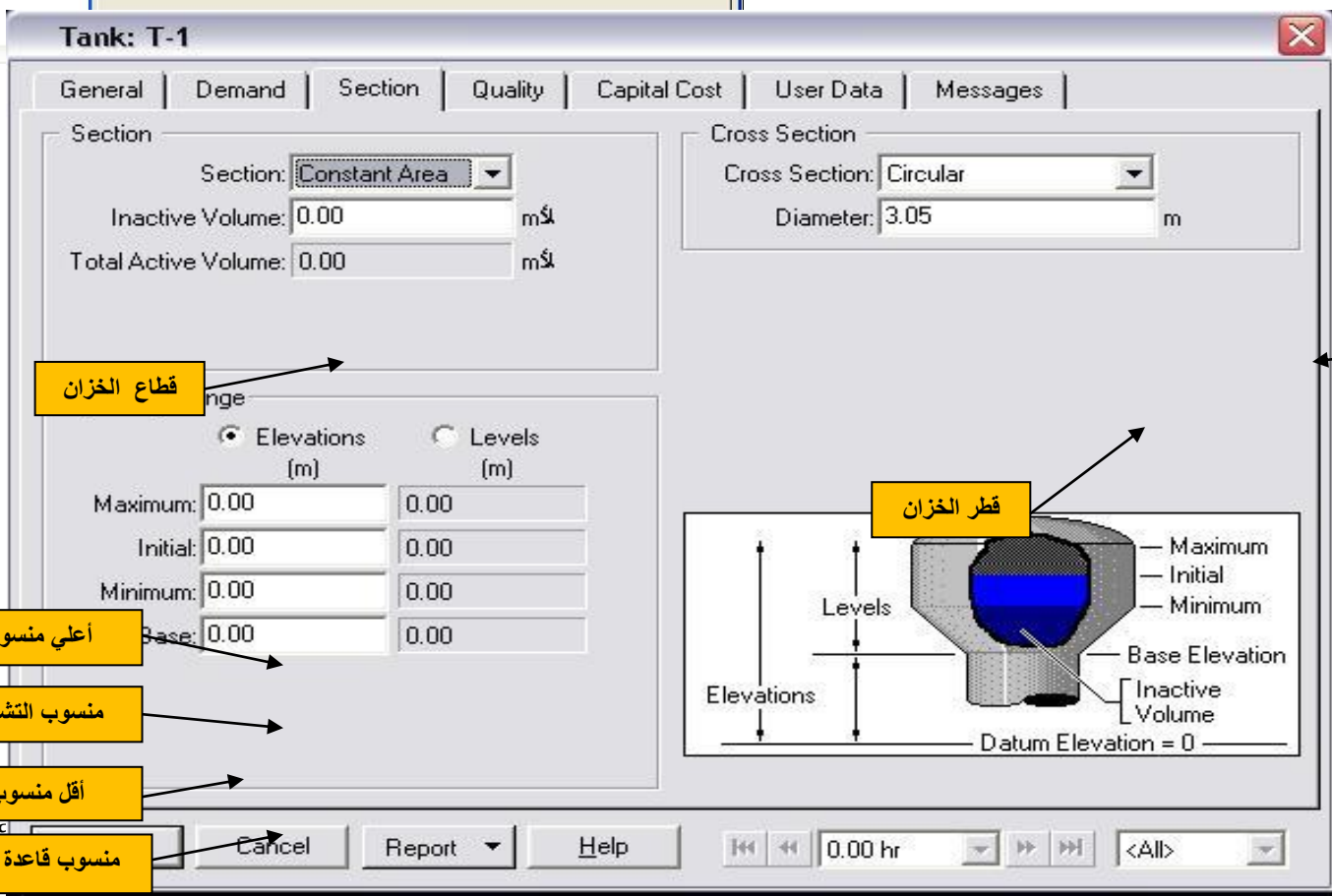




- يجب معرفة أن لكل طلمبة فى النموذج لابد لها من مصدر مائى (Reservoir)
- تعريف الطلمبة بعدة طرق أشهرها هو طريقة الثلاث نقاط لإدخال منحنى الطلمبة وهو بإدخال قيم التصرف والرافع المانومترى للطلمبة عند النقاط:

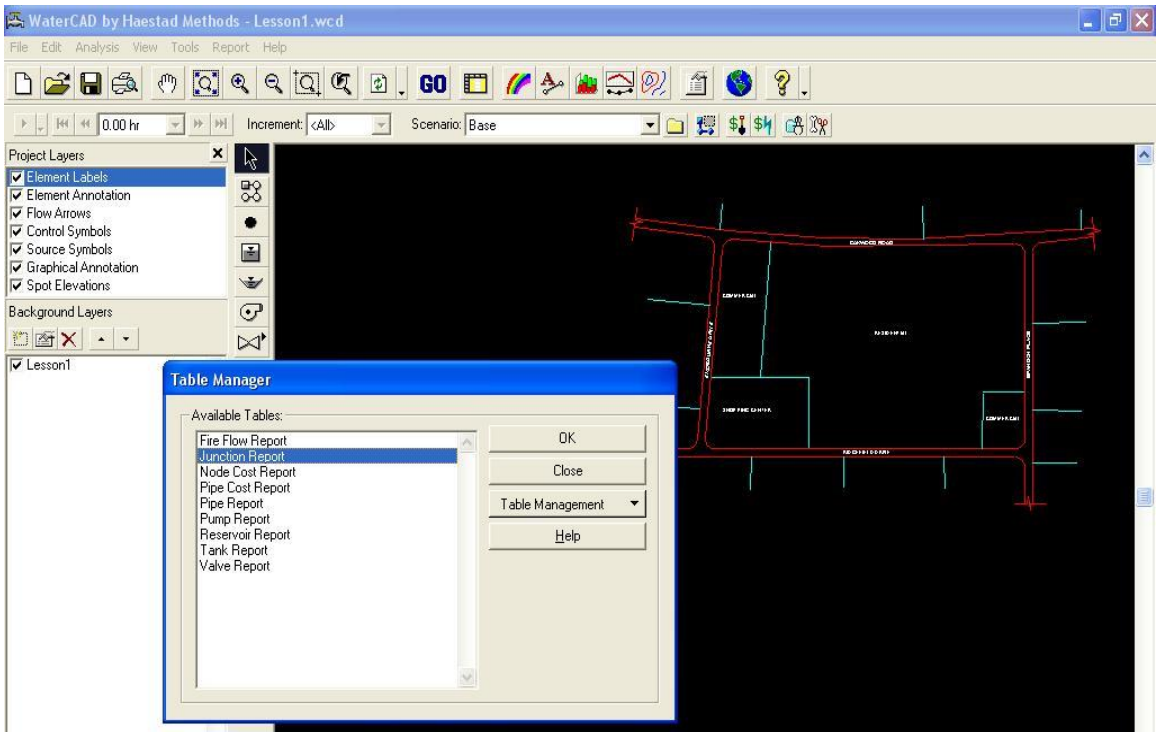
Q=0 - Q design - Q Maximum


Pump: PMP-1
General
VSP
Controls
Energy
Quality
Capital Cost
User Data
Messages
Label: PMP-1
X: 3,039.77 m
Y: 3,054.10 m
Elevation: 0.00 m
Initial Setting
Pump Status: On
Relative Speed Factor: 1.00
Pipes
Upstream Pipe: N/A
Reverse
Downstream Pipe: N/A
Pump Definition
Default Pump Definition
<New...>
Default Pump Definition
Pump1
Operating Point
Relative Speed: N/A
Control Status: N/A
Discharge: N/A l/s
Pump Head: N/A m
Intake Pump Grade: N/A m
Discharge Pump Grade: N/A m
Water Quality
Calculated Concentration: N/A mg/l
OK
Cancel
Report
Help
0.00 hr
<All>
Valve: PRV-1
Label: PRV-1
Type: PRV
Diameter: 6 in
Minor Loss: 0.00
Elevation: 362.00 ft
X: 7,440.87 ft
Y: 9,051.39 ft
Initial Setting
Status: Active
Pressure 45.00 psi
Hydraulic Grade: 465.97 ft
PRV-1
P-8


Tank: T-1
General
Demand
Section
Quality
Capital Cost
User Data
Messages
Section
Section: Constant Area
Inactive Volume: 0.00 m³
Total Active Volume: 0.00 m³
Cross Section
Cross Section: Circular
Diameter: 3.05 m
Elevations (m)
Levels (m)
Maximum: 0.00 0.00
Initial: 0.00 0.00
Minimum: 0.00 0.00
Base: 0.00 0.00
Maximum
Initial
Minimum
Levels
Base Elevation
Elevations
Inactive Volume
Datum Elevation = 0
Cancel
Report
Help
0.00 hr
<All>
قطاع الخزان
قطر الخزان
أعلي منسوب
منسوب التشغيل
أقل منسوب
منسوب قاعدة الخزان

٥-٢ طريقة الجداول المرنة (Flexible Tables):

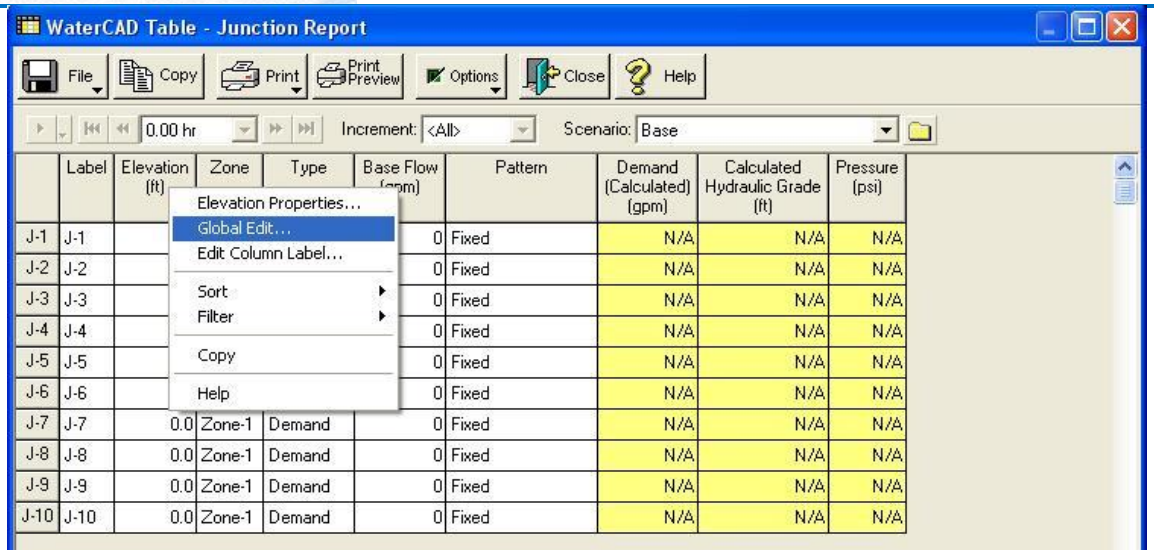
- هذه الطريقة هي الأفضل والاسرع لإدخال بيانات وخصائص مكونات الشبكة لكل عنصرعلي حده أو لمجموعة عناصر متماثلة في البيانات عن طريق ملأ جداول التقارير لكل عنصر من مكونات الشبكة



هذه الجدول (وهذا هو السر فى أسم الجدول المرنة حيث يمكنك تغير معظم الخصائص والأشكال والبيانات بسهولة ويسر.

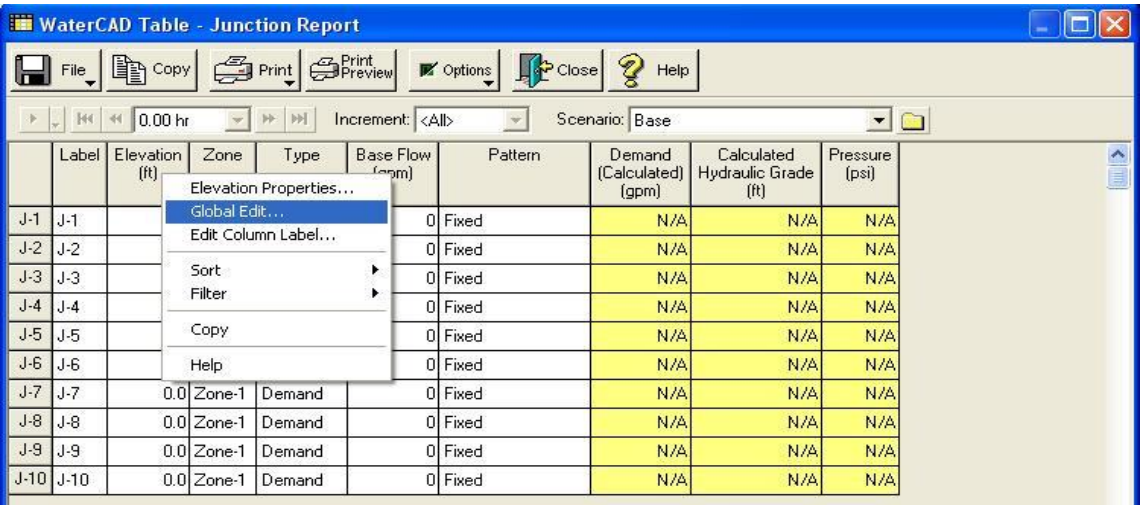
وهى طريقة أكثر مرونة حيث يمكن إدخال البيانات لأكثر من عنصر من مكونات الشبكة فى وقت واحد.

حيث يتم إختيار نوع العنصر الذى تريد إدخال البيانات له وسيقوم البرنامج بفتح جدول كبير يحتوى على هذا العنصر (Pipe-Junction-Pump-Tank)



فـــى قائمـــة الخيـــــارات (Options) يمكـن تنسـيق هـذا الجـدول كالتالي:

- (*Customize*) **تمكنك من اضافة او الغاء الاعمدة**
- (*Table manager*) **تمكنك من التنقل بين جداول العناصر المختلفة**
- (*Sort*) **تمكنك من ترتيب النتائج بالترتيب الذى تحب حسب العمود المطلوب**
- (*Filter*) **تمكنك من إدخال بيانات لمجموعة معينة من العناصر تربطهم علاقة واحدة** Condition



- **ثم من خلال الضغط بالزر الأيمن على الفأرة على رأس العمود يمكنك التعديل فى البيانات والترتيب وتعديل أسم العمود.**
- **يمكن أيضا إدخال البيانات لأكثر من عنصر من مكونات الشبكة فى وقت واحد عن طريق إختيار** Global Edit.

التحليل الهيدروليكي وإستعراض وتقييم البيانات

١ – بدأ عملية التحليل الهيدروليكي:

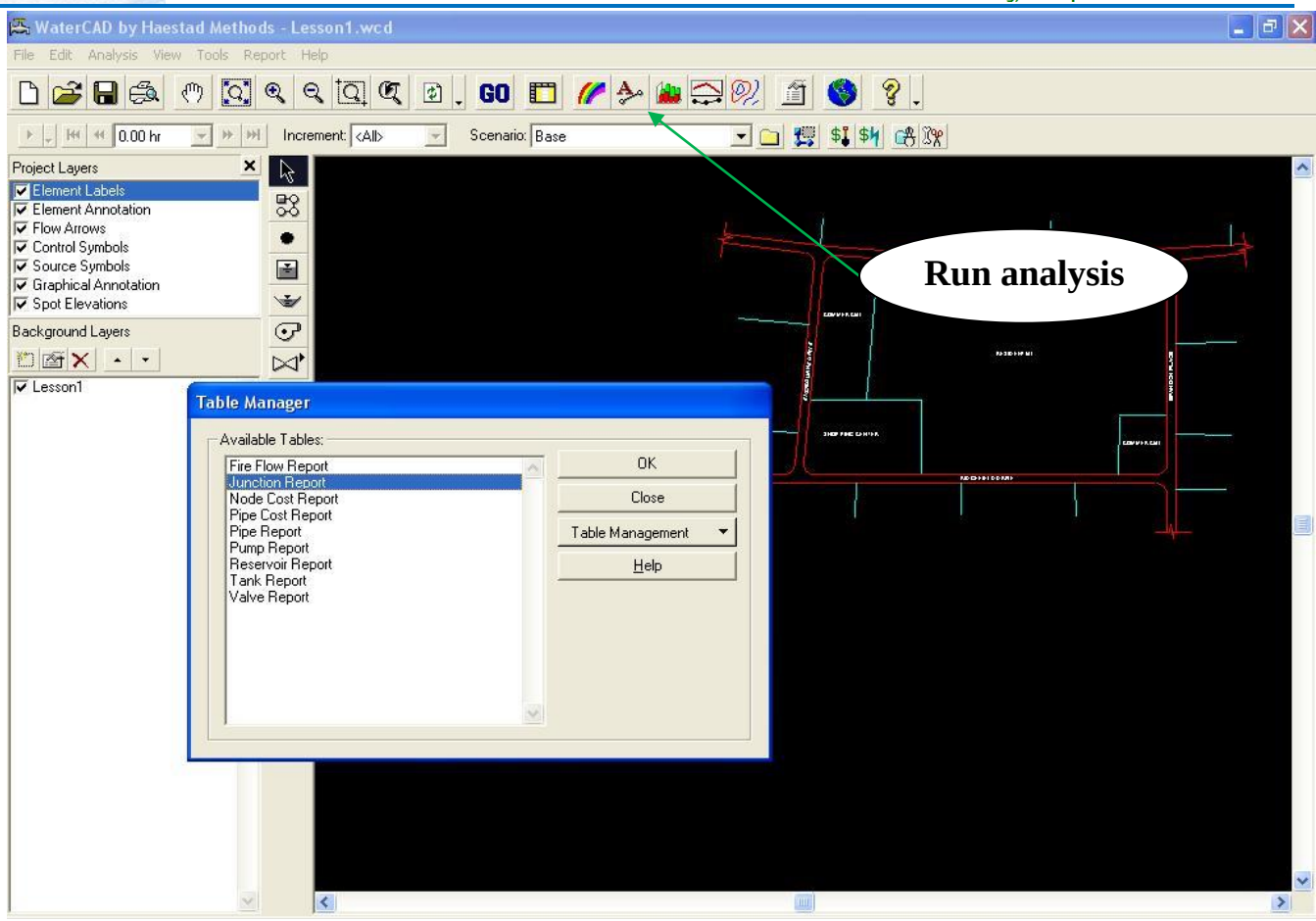
بعد الانتهاء من رسم النموذج و إدخال كل البيانات للشبكة نقوم الأن بتنفيذ التحليل الهيدروليكى كالتالي:

- **بعد إدخال جميع البيانات كما سبق ذكره يتم عمل (save file) حفظ للمشروع**

.

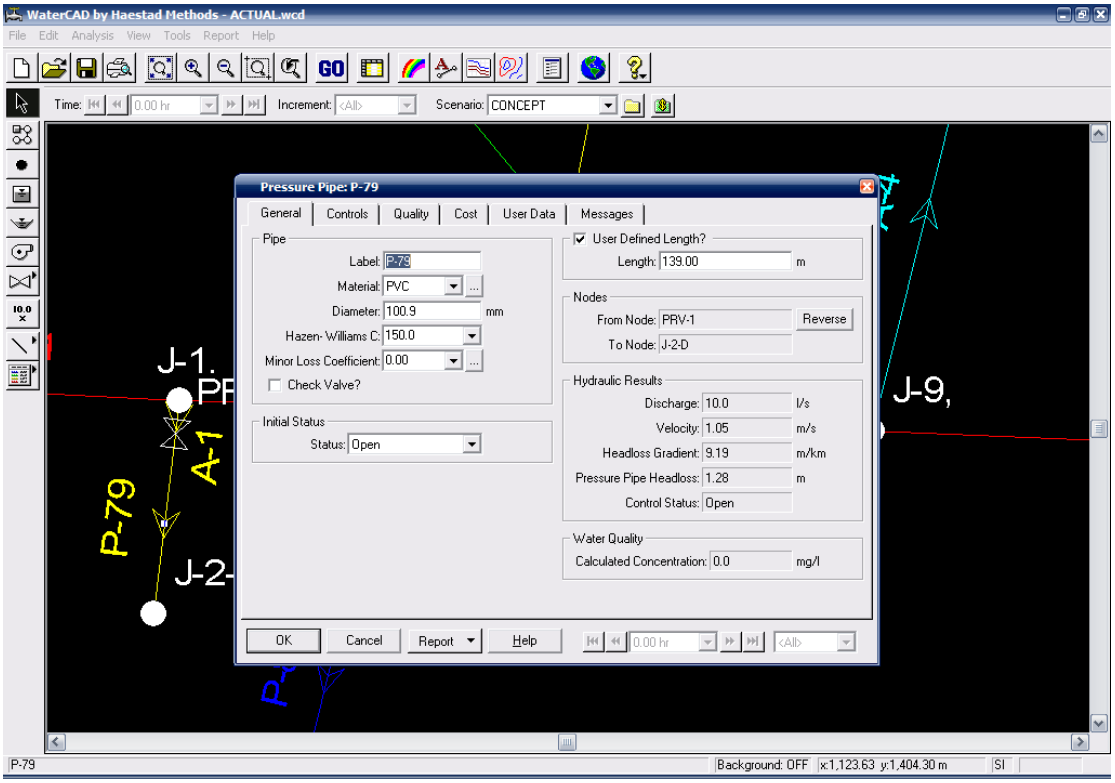
- **يتم تحديد إجراء عملية تحليل البيانات باستخدام شريط الأدوات (Run) أو من قائمة الأوامر (Analysis\compute).**
- **إذا لم تتم عملية التحليل تظهررسالة توضيحية لمراجعة البيانات مرة أخرى**
- **إذا تمت عملية التحليل بنجاح تظهررسالة توضيحية تؤكد ذلك.**

بعد هذه الخطوة تكون قد نفذت التحليل الهيدروليكى بنجاح وفيما يلي نوضح كيفية بدء تنفيذ عملية التحليل الهيدروليكي:


WaterCAD by Haestad Methods - Lesson1.wcd
File Edit Analysis View Tools Report Help
GO
0.00 hr
Increment: <All>
Scenario: Base
Project Layers
Element Labels
Element Annotation
Flow Arrows
Control Symbols
Source Symbols
Graphical Annotation
Spot Elevations
Background Layers
Lesson1
Run analysis
Table Manager
Available Tables:
Fire Flow Report
Junction Report
Node Cost Report
Pipe Cost Report
Pipe Report
Pump Report
Reservoir Report
Tank Report
Valve Report
OK
Close
Table Management
Help

٢- استعراض النتائج الأولية (1st Output data) ومراجعة التصميم:

بعد الانتهاء من تمام عملية التحليل بنجاح يتم فتح قائمة(Report) لمراجعة مخرجات البرنامج (output data) أو تحديد أى عنصر بالفارة ومراجعة بياناته خلال اليوم فى جداول توضيحية أو باستخدام المنحنيات وهناك عدة طرق لإستعراض النتائج



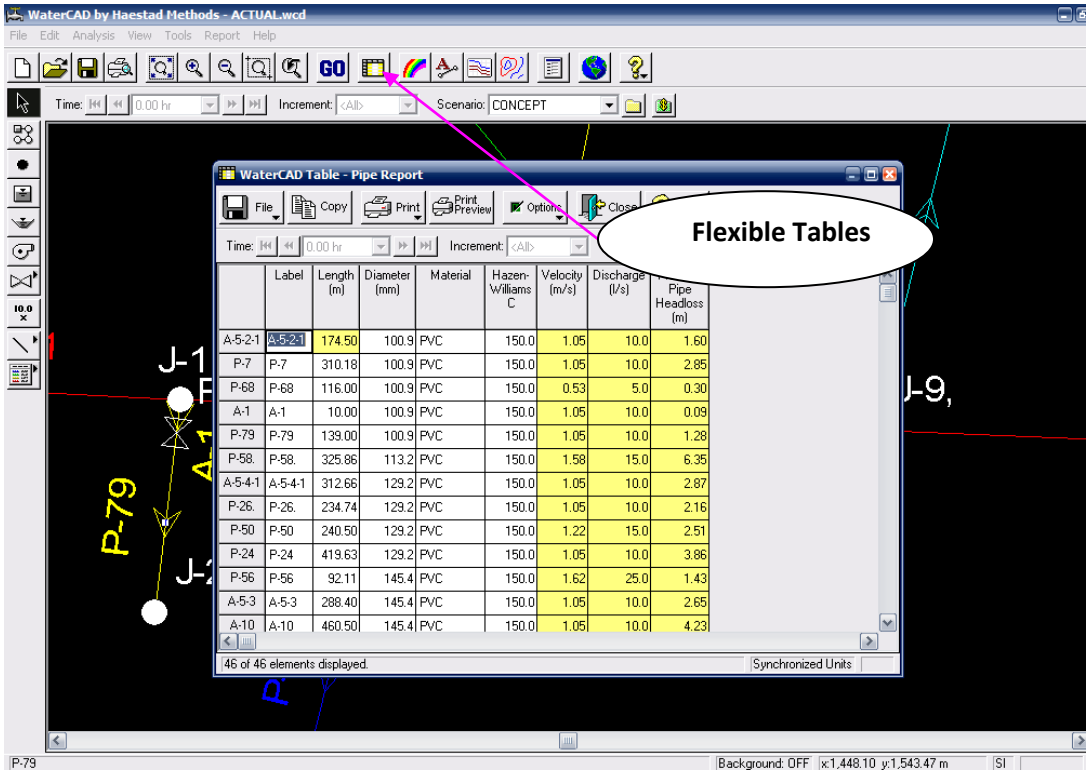
لأى من مكونات الشبكة ومن أهمها:

- طريقة النقربإستخدام الفأرة
- طريقة الجداول المرنة (Flexible Tables).

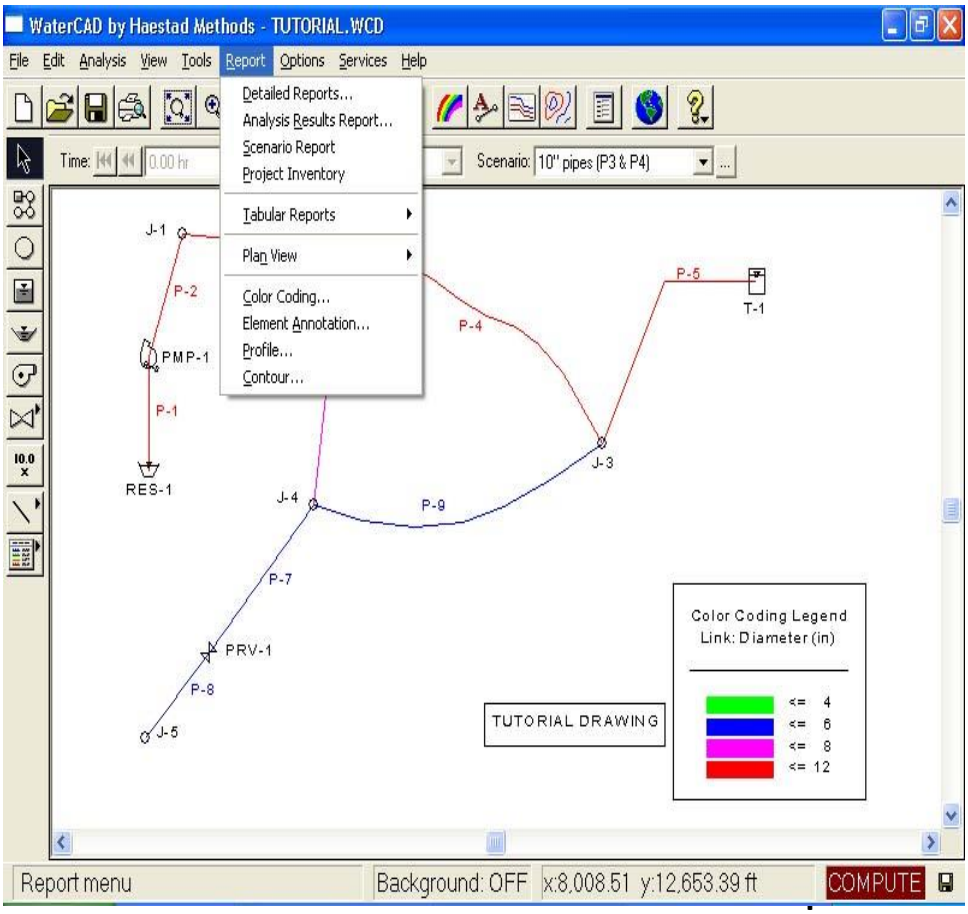
٢-١ طريقة النقربإستخدام الفأرة:

٢-٢ طريقة الجداول المرنة (Flexible Tables):

هذه الطريقة هي الأفضل والاسرع لإستعراض نتائج مكونات الشبكة و هذه الجداول هى طريقة أكثر مرونة لإستعراض نتائج الذي يظهر عند إختيار قائمة التقارير للدخول إلى تقرير كل عنصر من مكونات الشبكة وإستعراض نتائجه.



تتكون مجموعة أوامر القائمة (Report) كالتالي:



١- **Detailed Report**: تستخدم لبيان جدول أى عنصر.

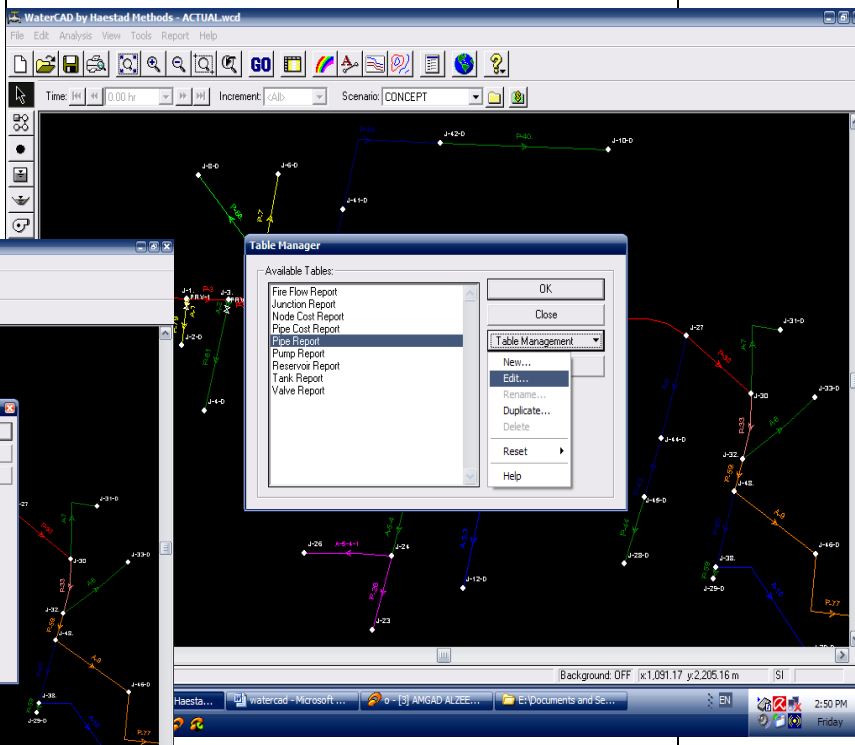
٢- **Analysis ort**: تستخدم لبيان جدول أى عنصر على مدار اليوم.

٣- **Scenario Report** : تستخدم لعرض مخطط تحليلات البرنامج .

٤- **Project Inventory**: تستخدم لحصر كل بيانات المشروع.

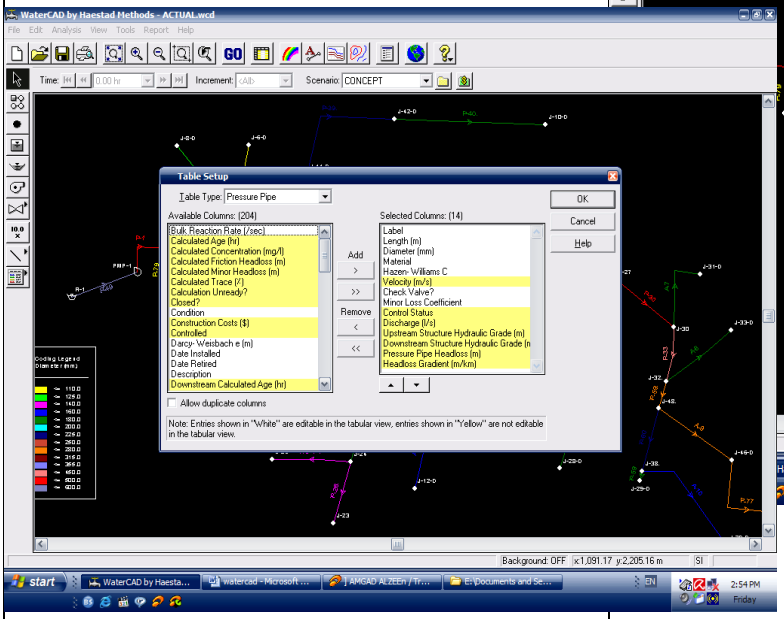
٥- **Tabular Reports**: تستخدم لعرض جدول بيانات كل عناصرالمشروع (pipes-Nodes000)

- ويظهر في الشكل التالي كيفية الدخول إلى table management للتعديل على أعمدة جدول التقرير وإضافة الخصائص إلى التقرير.



- ويمكن إضافة المعلومات التي نريدها أن تظهر في التقارير من خلال الـ table management، كإضافة السرعة المارة في الأنبوب إلى تقرير الأنابيب وهناك خصائص أخرى نقوم بإضافتها عند الحاجة لها.

وبذلك يُمكننا الحصول على التقارير التي تناسب عملنا وتبين لنا نتائج التصميم.



٣- أسس تقييم البيانات (1st Output data):

من خلال الجداول المرنة يمكن الحصول البيانات التالية:

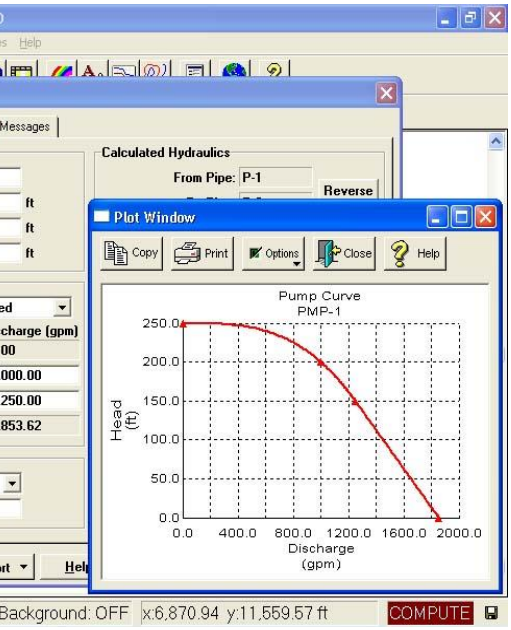
- من خلال جدول خصائص المواسير ستحصل على السرعة والفواقد داخل هذه الماسورة طبقا للحدود المسموحة فى هذة الخصائص ستقوم داخل الجدول بتعديل القطر الأفتراضى الى قطر جديد يناسب السرعة والتصرف الموجوده فى الماسورة وهذا العمل يحتاج منك حس هندسى

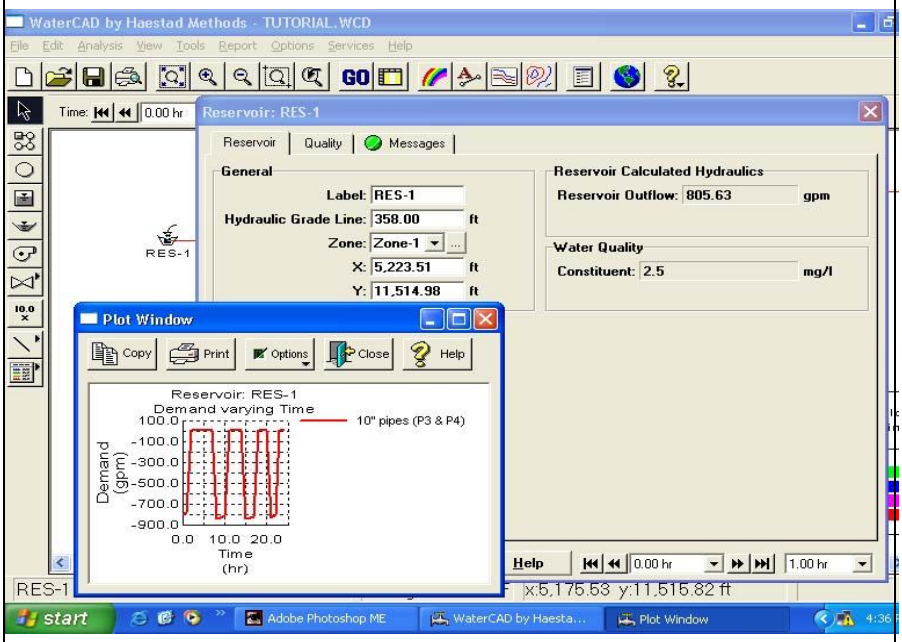
ويحتاج لصبر حيث ستقوم بإعادة التحليل بعد تغير القطر لعدد من المواسير لتعرف هل التغير أثر بالإيجاب أو يحتاج لتعديل.

- **من خلال جدول خصائص العقد ستحصل على الضغط الموجود عند كل عقدة ويجب ان كبير وأذا كنت متأكد من ملائمة الأقطار التى أدخلتها للتصرفات الموجوده فى المواسير فى هذه الحالة يمكنك إما زيادة المنسوب أو الرافع المانومترى للطلمبة.**

▪ **أولا : مصدر التغذية Reservoir:** - **مراجعة منسوب الأرض وإحداثيات الخزان .** - **مراجعة حجم التصرفات ومقدار الكلور (إذا تطلب ذلك) .**	▪ **ثانيا : الطلمبات Pumps** - **مراجعة منسوب الأرض واتجاه التصرفا** - **مراجعة مقدار الرافع الهيدروليكى (L**

- مراجعة مدى توافق منحنى التشغيل للط

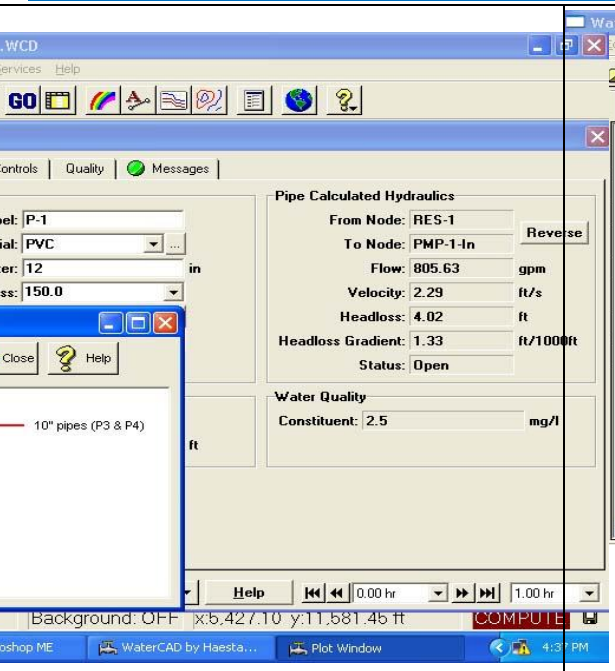


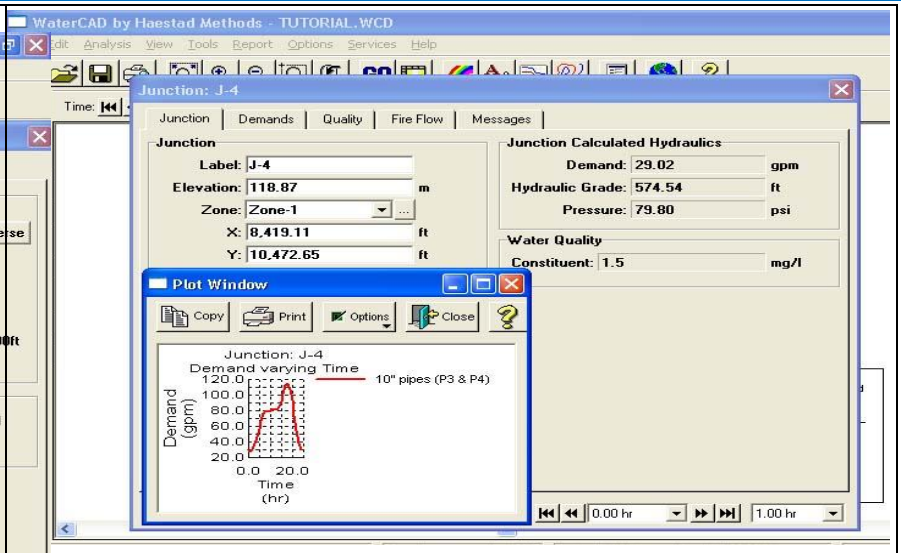


- **ثالثا : نقاط الأتزان Junctions**
  - مراجعة منسوب الأرض وإحداثيات كل نقطة أتزان ٠
  - مراجعة مقدار الإنحدار الهيدروليكى (H G L) عند كل نقطة على مدار اليوم ٠
  - مراجعة الضغط المتبقى عند النقطة : ويتم التحقق من أقل قيمة له تكون فى حدود ٢٥ متر على مدار اليوم .

مراجعة حجم الاستهلاكات على مدار اليوم لكل (Node) ٠

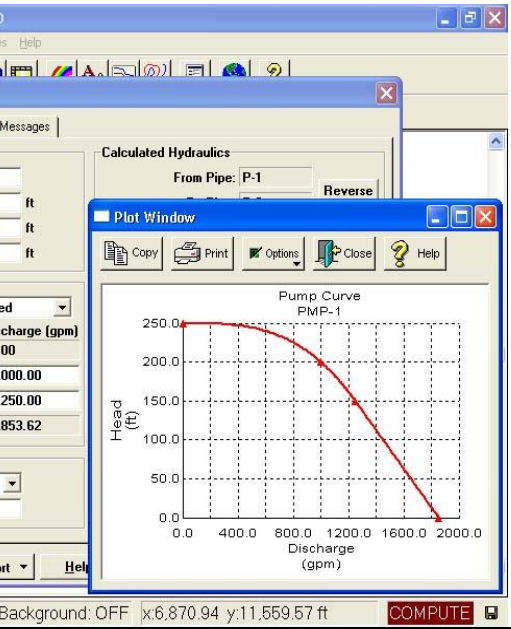
- **رابعا : المواسير Pipes**
  - مراجعة اتجاه سريان المياه .
  - مراجعة التصرف المار بالماسورة .
  - مراجعة السرعة داخل الماسورة .
  - مراجعة الفواقد فى الماسورة .

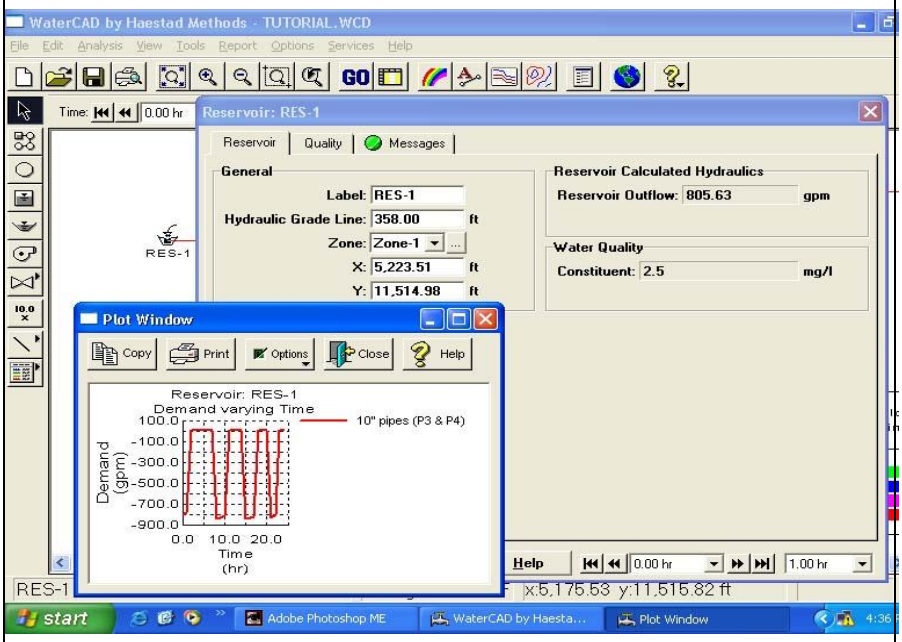




- **أولا : مصدر التغذية Reservoir:**
  - مراجعة منسوب الأرض وإحداثيات الخزان ٠
  - مراجعة حجم التصرفات ومقدار الكلور (إذا تطلب ذلك) ٠

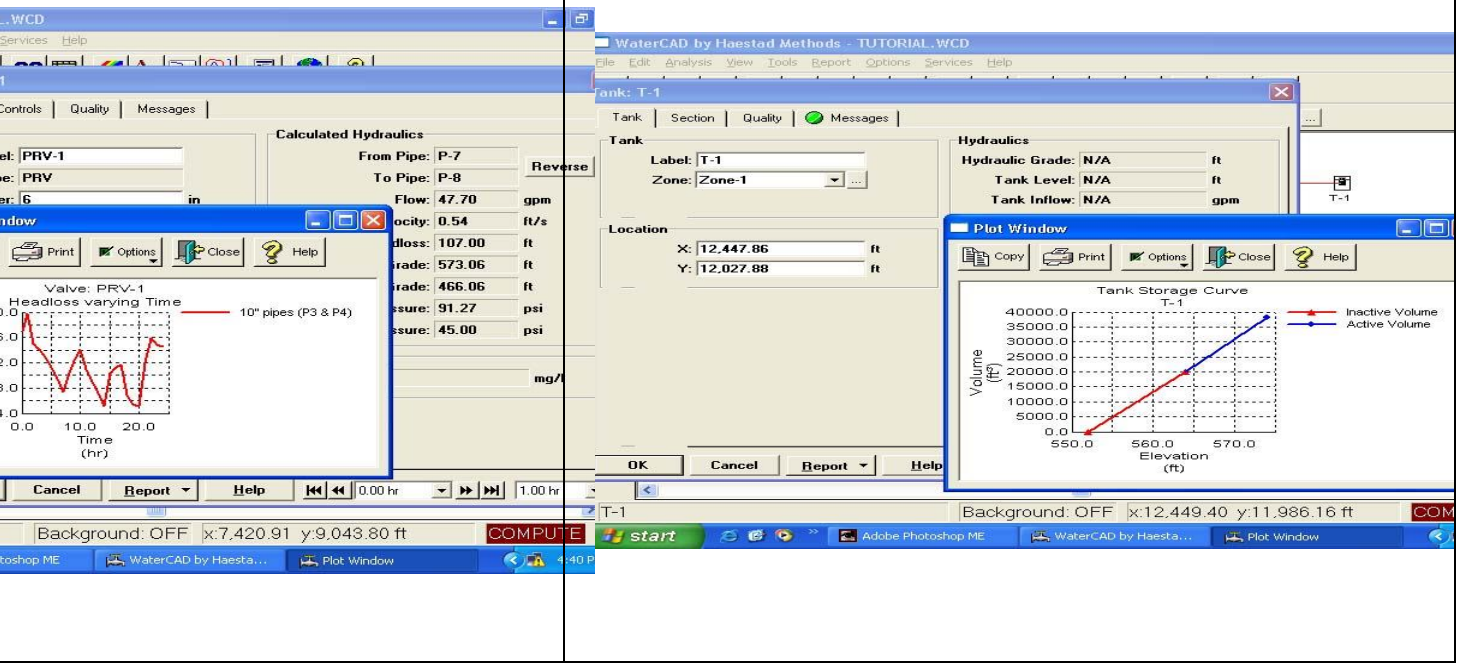
- **ثانيا : الطلمبات Pumps**
  - مراجعة منسوب الأرض واتجاه التصرفا
  - مراجعة مقدار الرافع الهيدروليكى (L
  - مراجعة مدى توافق منحنى التشغيل للط




WaterCAD by Haestad Methods - TUTORIAL.WCD
File Edit Analysis View Tools Report Options Services Help
GO
Time: 0.00 hr
Reservoir: RES-1
Reservoir Quality Messages
General
Label: RES-1
Hydraulic Grade Line: 358.00 ft
Zone: Zone-1
X: 5,223.51 ft
Y: 11,514.98 ft
Reservoir Calculated Hydraulics
Reservoir Outflow: 805.63 gpm
Water Quality
Constituent: 2.5 mg/l
RES-1
Plot Window
Copy Print Options Close Help
Reservoir: RES-1
Demand varying Time
10" pipes (P3 & P4)
Demand (gpm)
100.0
-100.0
-300.0
-500.0
-700.0
-900.0
0.0 10.0 20.0
Time (hr)
Help
0.00 hr
1.00 hr
x:5,175.53 y:11,515.82 ft
start
Adobe Photoshop ME
WaterCAD by Haesta...
Plot Window

- **خامسا : الخزانات العالية (Elevated Tank):**
  - مراجعة التصرف الداخل للخزان أو الخارج منه على مدار اليوم ٠
  - مراجعة نسبة أمتلاء الخزان على مدار اليوم ٠
  - مراجعة يتم التحقق من أن الخزان يقوم بالتفريغ أثناء ساعات الذروة والملئ فيما دون ذلك .
  - مراجعة حجم المياه الحالى داخل الخزان على مدار اليوم ٠
  - مراجعة الانحدار الهيدروليكى على مدار اليوم ٠

- **سادسا : المحـابس (Valves):**
  - مراجعة أتجاه سريان المياه فى الصمام ٠
  - مراجعة التصرف المار بالصمام على مدار اليو
  - مراجعة سرعة المياه ٠
  - مراجعة الفواقد داخل الصمام ٠
  - مراجعة الضغط قبل وبعد الصمام ٠



٤ – خطوات تعديل البيانات وعرض النتائج النهائية (Final output data):

التقييم وتحديد أوجه القصور نقوم بفتح نوافذ البيانات مرة أخرى وتعديل ما يلزم منها للحصول على النتائج كما ينبغى طبقا للكود المصرى لأعمال شبكات التغذية بالمياه والصرف الصحى.

- **بعد تعديل جميع البيانات اللازمة وعمل تجربة (run) للبرنامج ووجدت جميع النتائج موافقة لما جاء بالكود المصرى يمكن الأن العرض النهائى للنتائج والخروج من البرنامج ٠**
- **يلاحظ أنه فى حالة استخدام الحالة الثابتة steady state analysis ، تعطى هذه النتائج على أساس التصرف الذى تم إدخاله فى البداية .**

- وبما أنه قد تم استخدام الحالة المتغيرة Extended period analysis ، فإن هذه النتائج تعطى لكل عناصر الشبكة على مدار ٢٤ ساعة ، وذلك كل ساعة أو ساعتين أو أكثر طبقا لما يحدده المصمم ، وفى هذه الحالة يمكن قراءة النتائج فى شكل تقرير أو فى شكل رسم بيانى ، على أعتبار أن أدنى تصرف يحدث حوالى الساعة ١٢.٠٠ ليلا وأقصى تصرف يومى يحدث حوالى الساعة ٨.٠٠ صباحا و ٤.٠٠ عصرا وأقصى تصرف ساعة يحدث حوالى الساعة ١٢.٠٠ ظهرا .
- مع العلم بأنه فى أثناء التحليل الهيدروليكى للشبكة قد روعى الضغط المتبقى عند نقاط الأتزان فى المقام الأول ثم السرعات فى المواسير بعد ذلك ، مما يفسر استخدام أقطار أكبر فى بعض المواسير ، وذلك للحفاظ على الضغط عند بعض النقاط .

٥- أنظمة التحليل الهيدروليكي:

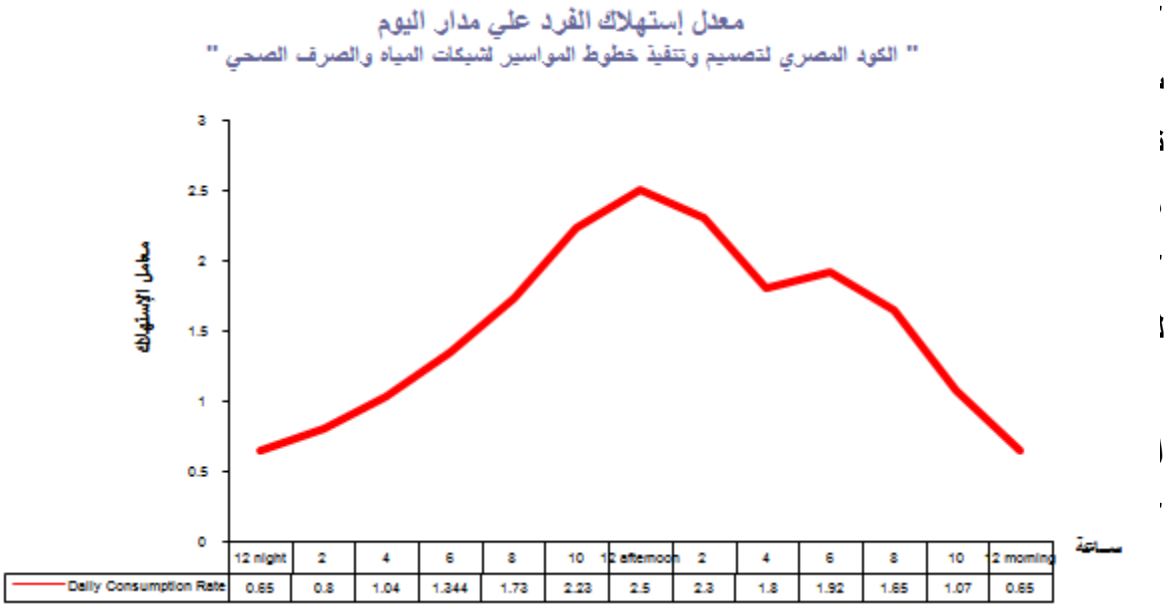
برنامج Water CADيقوم بتحليل البيانات الهيدروليكية بطريقتين كالتالي:

- التحليل اللحظى (Steady State)

وهذه الطريقة ينطبق عليها كل الشرح الذى تم فى السابق وهى قائمة على التحليل اللحظى للشبكة فى ظروف معينة ووقت معين

- تحليل فترة زمنية (Extended period)

وهذه الطريقة تختلف عن الطريقة الأولى حيث يتم إدخال إستهلاكات متغيرة علي مدار اليوم طبقا



فراد خلال كل ساعة كما هو موضح بالشكل التالي:

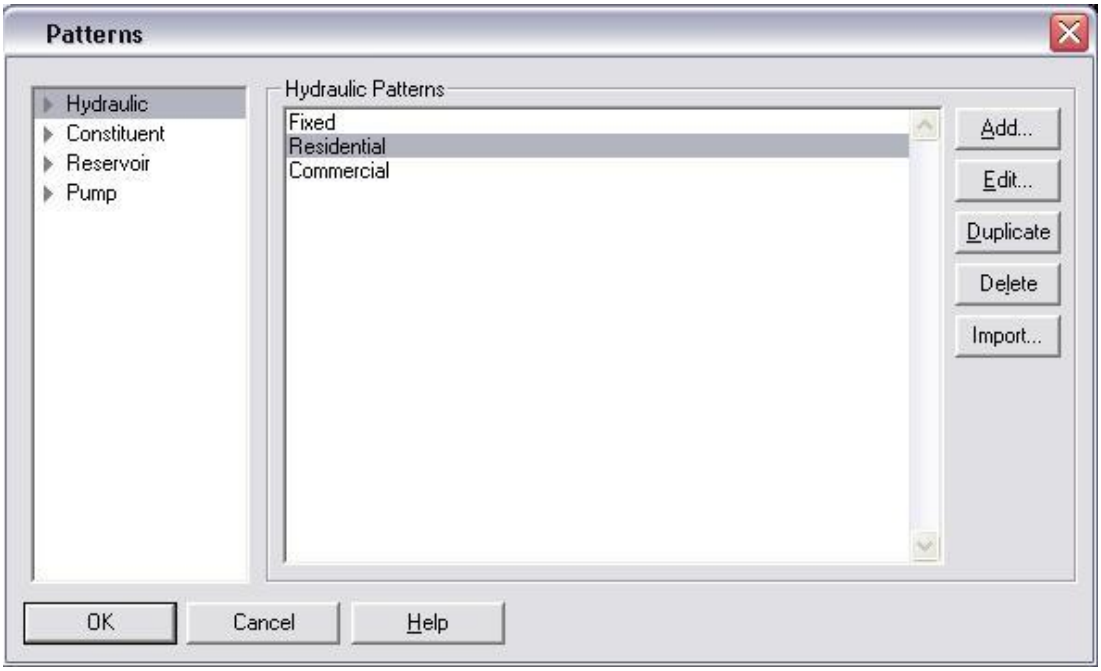
وهذه الطريقة تختلف عن الطريقة الأولى فى عدة أشياء

<u>فى إدخال البيانات:</u>

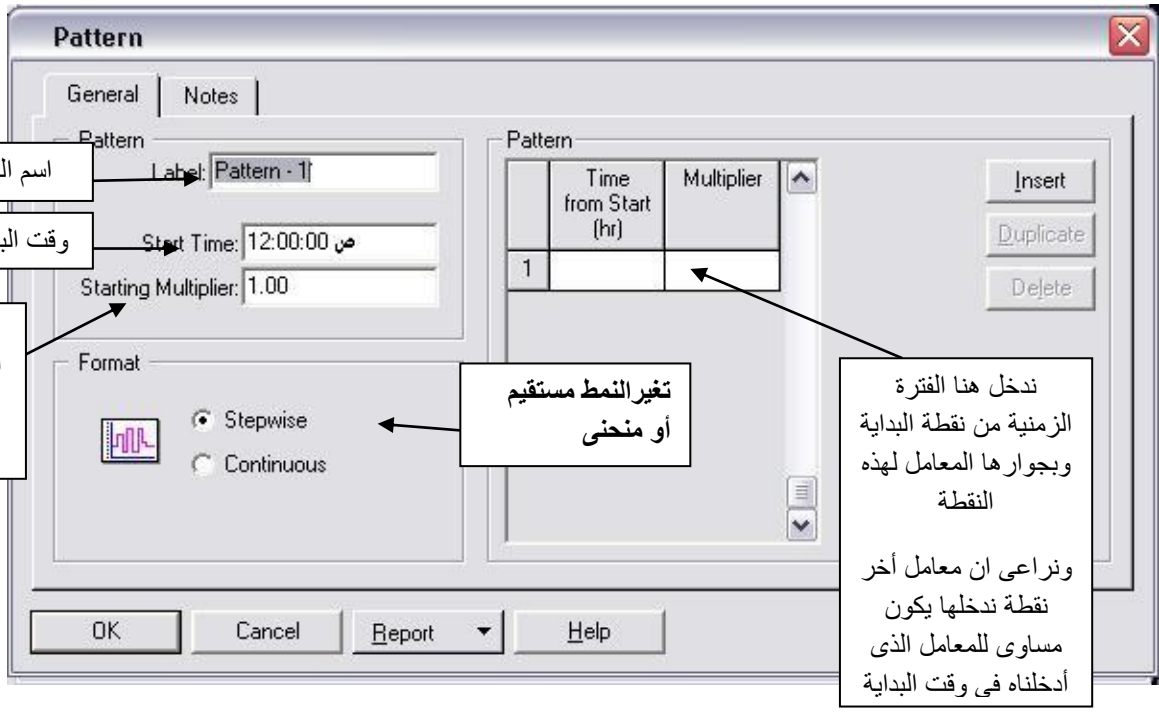
نقوم بإدخال التغيرات التى تحدث للشبكة خلال هذه الفترة الزمنية لكل العناصر المكونة للشبكة (Junction-Pipe-Tank-Pump) كل هذه التغيرات ندخلها باسم النمط (Pattern).

وكمثال: تغير الإستهلاكات عند العقد على مدار اليوم كالتالي:

- **من قائمة التحليل (Analysis) نختار Patterns**

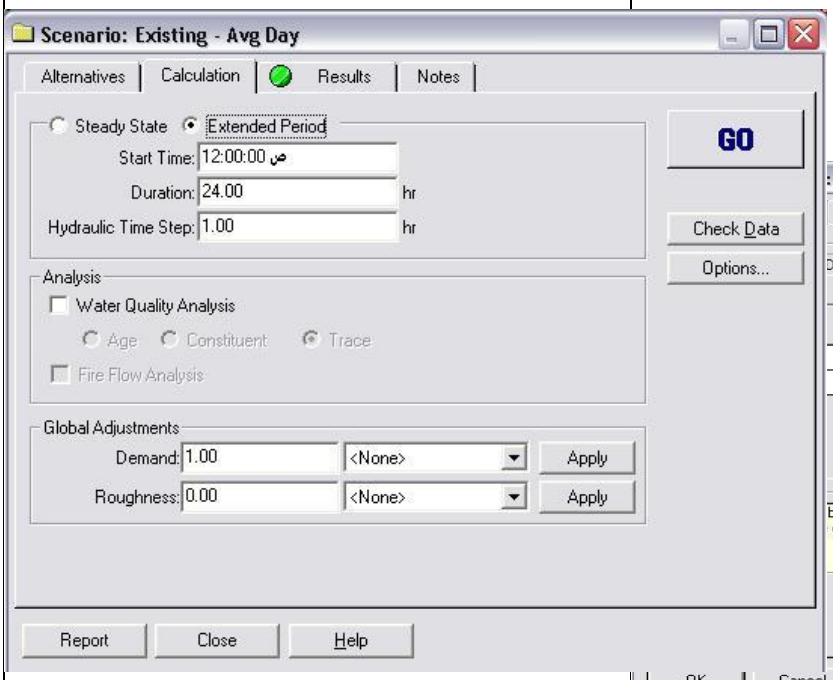


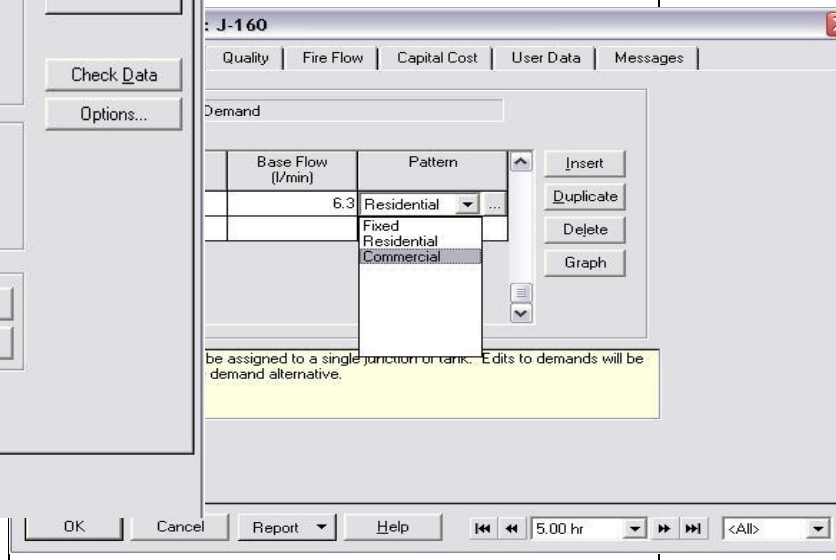
- **يتم اختيار العنصر الذى نريد ادخال نمط التغير فيه ثم نضغط Add.**

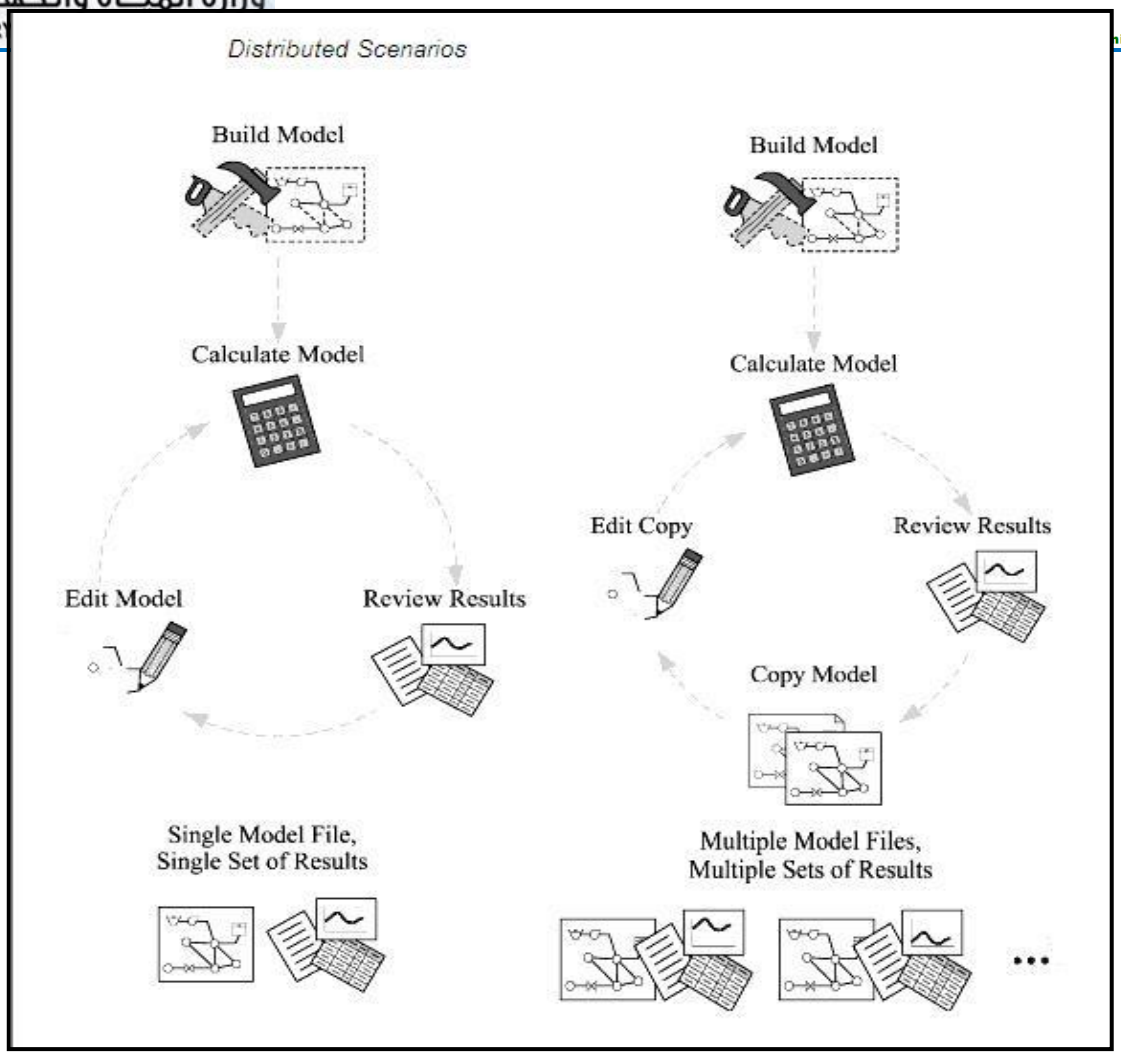

Pattern
General
Notes
Pattern
Label: Pattern - 1
Start Time: 12:00:00 ص
Starting Multiplier: 1.00
Format
Stepwise
Continuous
Pattern
Time from Start (hr)
Multiplier
1
Insert
Duplicate
Delete
OK
Cancel
Report
Help
اسم النمط
وقت البداية
فى هذا الجزء ندخل التغير كمعامل يضرب فى القيمة الأصلية عند نفس الوقت
تغيرالنمط مستقيم أو منحنى
ندخل هنا الفترة الزمنية من نقطة البداية وبجوارها المعامل لهذه النقطة
ونراعى ان معامل أخر نقطة ندخلها يكون مساوى للمعامل الذى أدخلناه فى وقت البداية

- بعد الانتهاء من تعريف النمط نقوم بإدخال هذا النمط للعنصر أو العناصر المطلوبة بنفس طرق الإدخال التى سبق زكرها وفى جزء النمط (Pattern) نختار النمط الذى نريده لهذا العنصر.

- بعد ذلك يأتى الاختلاف بين طريقة التحليل اللحظى والفترة الزمنية فى اسلوب تنفيذ التحليل والمراجعة على التصميم فى إجراء التحليل عند الضغط على GO







٦- إنشاء السيناريوهات (Scenarios):

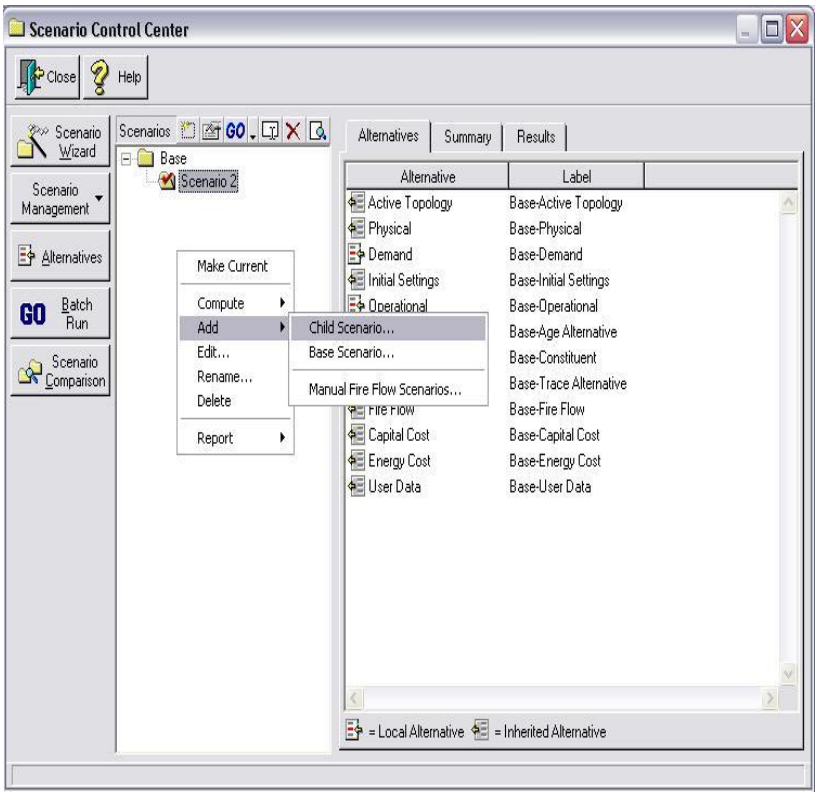
إستخدام خاصية السيناريوهات فى برنامج Water CAD يوفر الكثير من الوقت والجهد و يقلل من عدد الملفات

السيناريوهات والبدائل تَسْمحانِ بخَلْق،وتحليل عددَ غير محدودَ مِنْ البدائل فى النموذجِ وهذا يعطي سيطرةِ دقيقةِ على التغييراتِ فى النموذجِ.

السيناريو هو بديل يعطي الحرية فى تحليل الكثير من التغييرات والبدائل دون التأثير على النموذج الأصلى.

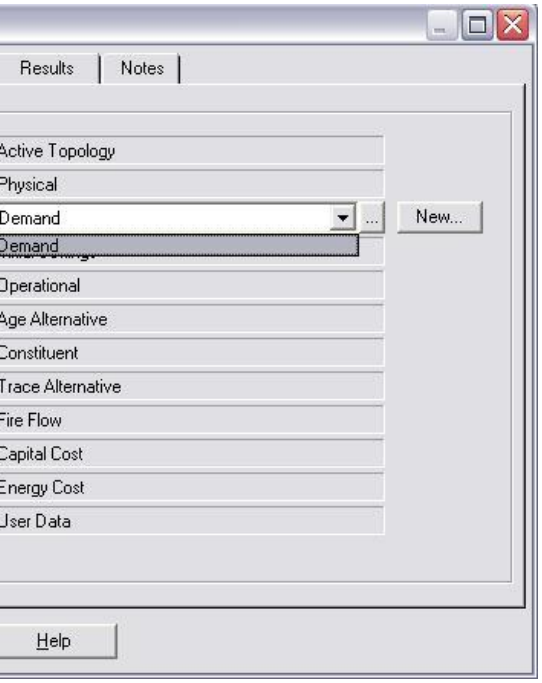
وهذا يقلل من عدد الملفات والنتائج التى ستحصل عليها حيث أن كل البدائل والنتائج المختلفة موجودة فى نفس الملف ويعطيك أيضا ميزة أن كل البيانات المدخلة موجوده دون الحاجة لنسخ الملف أو إعادة ادخال بيانات جديدة .

٦-١ إنشاء السيناريوهات:



من قائمة Analysis →Scenarios

بعد انشاء السيناريو الجديد ستظهر النافذة التا



٧- أخراج اللوحات:

Plan view : تستخدم لفتح منظر عام للشبكة .

Color Coding : تستخدم لعمل بيان رموز الشبكة .(Node-Link)

Element Annotation :تستخدم لتوضيح بيانات عناصر البرنامج.

Contour : تستخدم لعمل لوحة كونتورية للمشروع باستخدام البرنامج .

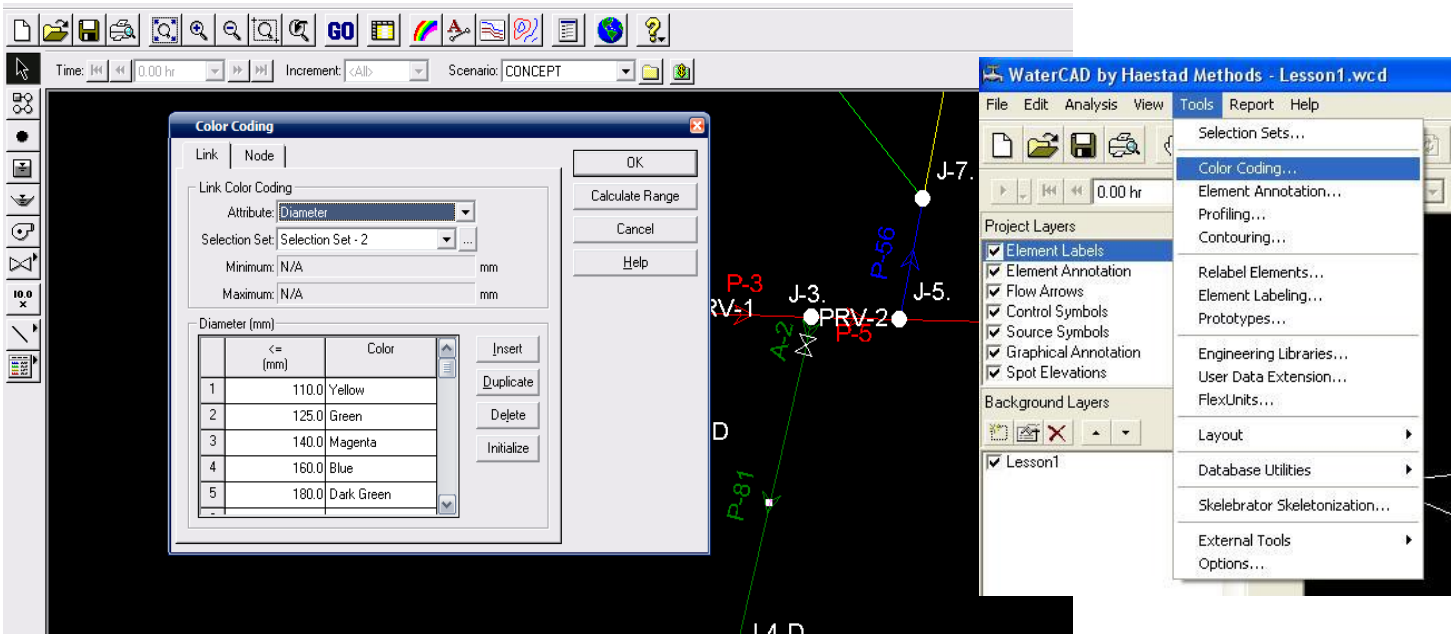
٧-١ تغيير رموز العناصر:

يستخدم أمر Element Annotation فى تغير شكل الرمز لأى عنصر بالشبكة من تكبير وتصغير لكى يناسب مقياس الرسم للوحة وأيضا يمكنك منه تغير حجم الخط ووضعه وشكله فى اللوحة مثل (أسم نقاط الإتزان أو المواسير ومفتاح اللوحة).

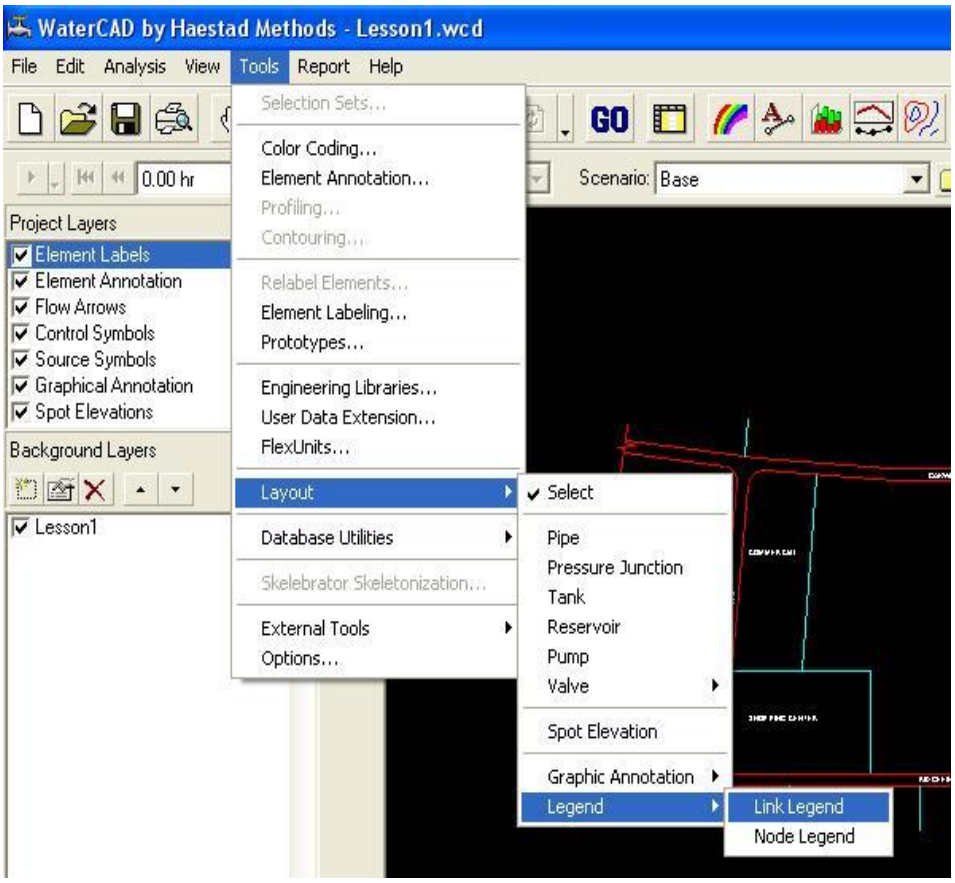
٧-٢ إنشاء التحليل والرمز اللوني:

يُمكننا تمييز الأقطار والضغوط والسرع و... الخ بإستخدام الألوان وبذلكَ يُمكننا التمييز بين العناصر بشكل واضح ومُلاحظة أي خطأ في الشبكة من خلال إعطاء لون مميز يُعبر عن تجاوز القيم المسموح بها.

هذه الخاصية من أهم الخواص فى البرنامج حيث يمكنك عمل تحليل لونى للشبكة باستخدام الخاصية التى تريد مراجعتها مثل (الأقطار والسرعات والفواقد والضغوط. ويتم ذلك من قائمة TOOLS أختيار أمر COLOR CODING كالتالي:



٣-٧ إنشاء مفتاح ملون للشبكة:



إختيار الخاصية (Attribute) ثم تحدد الألوان لكل قيمة ثم تضغط OK ستظهر لك الشبكة بالألوان الجديدة المدخلة ولكن بدون وجود (LEGEND) ثم يتم بعد ذلك رسم مستطيل بجانب الشبكة ليظهر مفتاح الألوان بداخله.

منهجية التحليل الهيدروليكي

في إطار إعداد المخططات العامة لمشروعات مياة الشرب

١ – مقدمة:

يهدف هذه الجزء الى وضع الإستراتيجيه والأهداف التي سوف يتم على أساسها الإستفادة من نائج التحليل الهيدروليكي لدراسة الوضع الراهن وإقتراح مشروعات محدده يمكن بها تحقيق تلك الاهداف في ضوء المعطيات الحاليه وما يتم تنفيذه من مشروعات حالياً بمعرفة الجهات المعنيه والمتوقع دخولها الخدمه في المستقبل القريب ، كما يستعرض الاسس التي يتم بمقتضاها تحديد الاولويات للمشروعات.

٢ – الأهداف:

- **توفير مياه الشرب للمناطق المحرومه و التى يمكن إدراجها ضمن مجموعة المشروعات العاجلة ذات الأولوية القصوى .**
- **إلغاء نظام المناوبات تدريجياً بحيث تصبح المياه متوفره على مدار السنه.**
- **التغلب على مشاكل نقص الضغوط فى المناطق الطرفية و المناطق التى تعانى من نقص ضغط المياه.**
- **المحافظة على مستوى الخدمه لإمداد مياه الشرب في جميع المناطق الريفيه والحضريه طبقآ لما نص عليه الكود المصرى حتى سنة الهدف من خلال مشروعات يتم إقتراحها عند إعداد المخطط العام .**

٣– مراحل تقييم المشروعات ووضع الأولويات:

يهدف هذا الجزء إلى عرض منهجية و أسس بناء النموذج في ضوء دراسة المخططات العامة لمياه الشرب و مناقشة نتائج التحليل الهيدروليكى و إستنباط مقترحات التطوير و المشروعات المطلوب تنفيذها سواء المشروعات العاجلة أو المشروعات المطلوبة حتى سنة الهدف.

٣-١ تقييم الوضع الراهن:

يتم بناء النموذ ج الهيدروليكى للوضع الراهن طبقآ لشبكات المدن و المراكز القائمة ويتم تقييم الفواقد و اماكن نقص كميات المياه و أماكن زيادة السرعات و قلة الاقطار و ذلك باستخدام تصرفات المياه طبقا لعدد السكان الحاليين بالمدن و المراكز وباستخدام استهلاك الفرد المنصوص عليه بالكود المصرى لشبكات المياه و الصرف الصحى و المطلوب توفيره للمواطن لضمان مستوى الخدمة للامداد بمياه الشرب بغض النظر عن ما يتم الامداد به حاليا و الذى يقل عن نصيب الفرد اللازم توفيره فى كثير من المناطق.

٣-٢ تقييم الشبكات حتي سنة الهدف (٢٠٣٧):

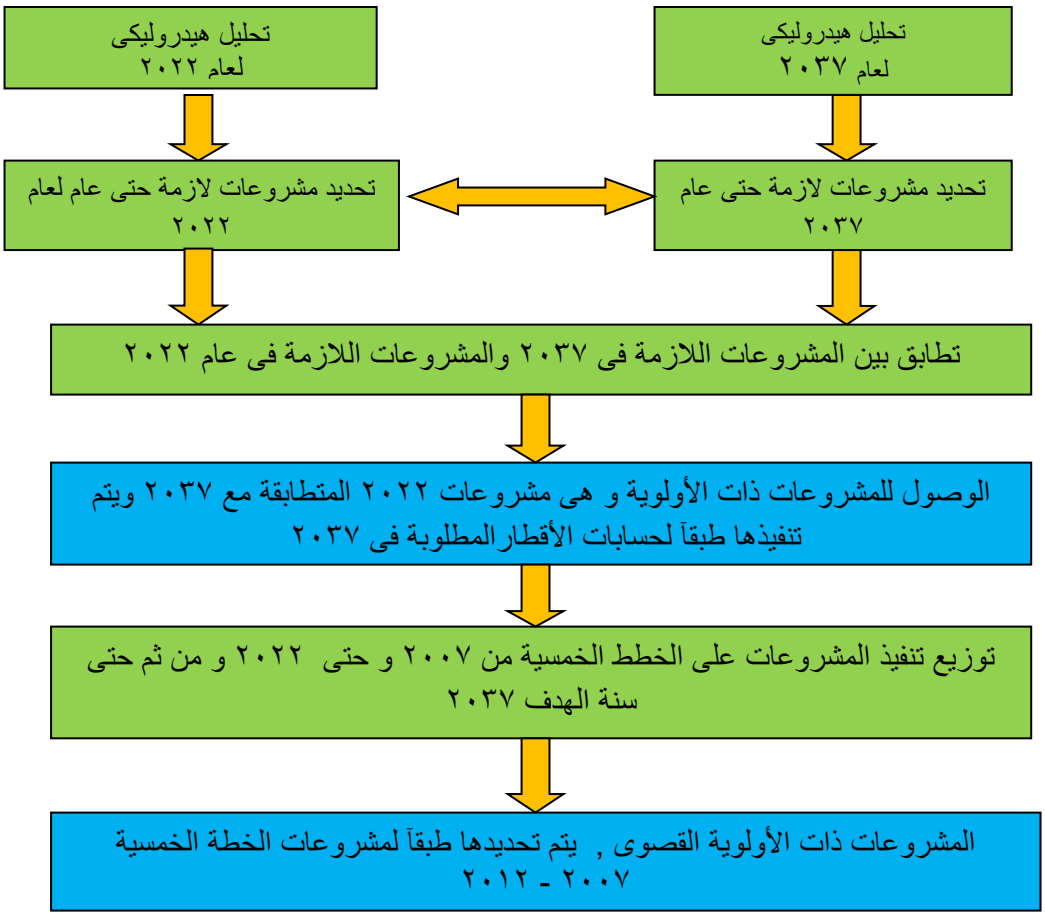
ذلك بإستخدام تصرفات المياه طبقا لعدد السكان و استهلاك الفرد فى سنة الهدف تبعا لما تم حسابة بمعدلات الزيادة فى السكان و الاستهلاك والتى ينص عليها الكود المصرى وبناء على ما يتم الوصول اليه من نتائج لهذا التقييم يتم تحديد المواسير وأقطارها المطلوب تغييرها فى سنة عن طريق حدود الفواقد المنصوص عليها و يخلص هذا التقييم الى تحديد مشروعات إحلال تجديد للشبكات حتى سنة الهدف.

٣-٣ تقييم الشبكات فى سنة ٢٠٢٢:

يتم ذلك باستخدام تصرفات المياه طبقا لعدد السكان و إستهلاك الفرد فى سنة ٢٠٢٢ ومن نتائج هذا التقييم يتم الوصول الى مجموعة مشروعات لاحلال و تجديد للشبكات حتى سنة ٢٠٢٢و يتم عمل تطابق بين مشروعات الاحلال و التجديد المطلوبة فى عامى ٢٠٢٢ و ٢٠٣٧.

على ان يتم ادراج و تضمين المشروعات المتطابقة بين عامى ٢٠٢٢و ٢٠٣٧ ضمن المشروعات ذات الاولوية على ان يتم التنفيذ طبقا للأقطار التى تم حسابها فى ٢٠٣٧.

و يمكن تلخيص المنهجية لتحديد المشروعات ذات الاولوية كما يلى :

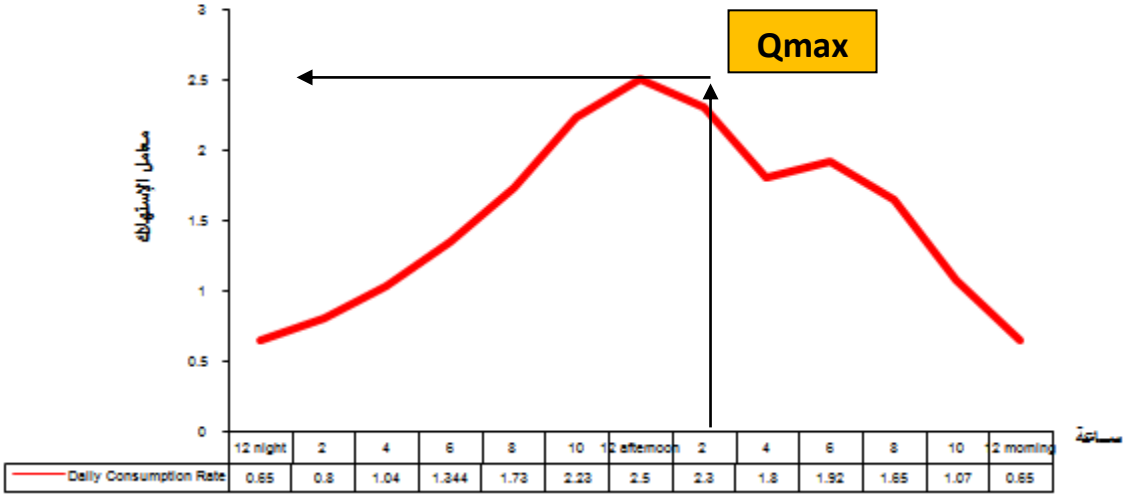


٤ – الأسس التي يتم إتباعها في نموذج التحليل الهيدروليكي:

يتم بناء نموذج التحليل الهيدروليكى تبعا للخطوات التالية:

- **دراسة مصادر التغذية بالمياه التى تعتمد عليه منطقة الخدمة (المركز/ المدينة) سواء محطات التنقية أو محطات مدمجة**
- **دراسة الروافع والخزانات التى تعمل على خطوط الشبكة الرئيسية و التى فى الخدمة فعلا (غير معطل)**
- **يتم إدراج الدراسات السكانية سواء الحضر أو الريف ثم يتم حساب الإستهلاكات المائية المتوسطة طبقا لمعدلات الكود المصرى.**
- **يتم حساب الإحتياجات المائية المتوسطة الحالية و المستقبلية طبقا لمعدلات الإستهلاك المنصوص عليها للكود المصرى .**
- **يتم الحصول على المناسيب و الإرتفاعات الطبوغرافية للأرض من الخرائط المساحية للهيئة العامة للمساحة المصرية**
- **يتم رفع و توقيع مسارات الخطوط الناقلة وشبكات المواسير الرئيسية و الفرعية الخاصة بالمركز بكافة بياناتها الفنية.**
- **يتم توزيع الإحتاجات المائية المتوسطة للسنوات المختلفة للوضع الراهن وحتي سنة الهدف لجميع نقاط الإتزان بالشبكة بطريقة الـ area method طبقا للكثافات السكنية مع الأخذ فى الأعتبار طبيعة النشاط السكانى و الإستهلاكى المختلط بالمركز.**
- **يتم إدخال كافة البيانات السابق ذكرها على برنامج التحليل الهيدروليكى لشبكات المياه (Water Cad) ويتم تغذية البرنامج أيضا بنمط الإستهلاك لجميع نقاط الإتزان طبقا لما ذكر بالكود المصرى من نسب و نمط الإستهلاك على مدار اليوم .**

معدل إستهلاك الفرد علي مدار اليوم
" الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات المياه والصرف الصحي "



ساعة	٢٤:٠٠	٢:٠٠	٤:٠٠	٦:٠٠	٨:٠٠	١٠:٠٠	١٢:٠٠
ل المتوسط	٠.٦٥	٠.٨	١.٠٤	١.٣٤	١.٧٣	٢.٢٣	٢.٥
ساعة	١٢:٠٠	١٤:٠٠	١٦:٠٠	١٨:٠٠	٢٠:٠٠	٢٢:٠٠	٢٤:٠٠
ل المتوسط	٢.٥	٢.٣	١.٨	١.٧٢	١.٦٥	١.٠٧	٠.٦٥

- يتم عمل Run للمشروع بالبيانات السابق إدخالها ثم يتم تشغيل البرنامج للتحليل الهيدروليكى للإستهلاكات خلال ساعات اليوم المختلفة لكل سنة من سنوات الدراسة المختلفة للوضع الراهن وحتي سنة الهدف م يتم تم إخراج النتائج فى صورة تقارير للمواسير موضح بها بيانات المواسير و كمية التدفق المر بها و كذلك سرعة السريان بها و الفاقد فى الضغط بها م /كم و يتم أيضا إخراج تقرير مشابه لنقاط الإتزان موضح به التصرفات و الضغط عن كل نقطة من البقاط المختلفة بالشبكة كما يتم إخراج شكل يوضح أسماء و رموز نقاط الإتزان و مصادر التغذية للشبكة (DXF-File).

٤-١ مدخلات النموذج الهيدروليكى:

عدد السكان – إستهلاك المياه للفرد – الإحتياجات المائية المتوسطة – مصادر التغذية – الروافع و الخزانات – خطوط المياه الرئيسية و الفرعية.

٤-٢ التعليق على نتائج التحليل الهيدروليكى و بيان متطلبات تطوير الشبكات:

نتائج المواسير: للوضع الراهن و المستقبلى

بدراسة نتائج التحليل الهيدروليكى للوضع الراهن و المستقبلى للوضع الراهن وحتي سنة الهدف يتم تحديد المواسير التي تعانى من إختناق و نقص بالقطر والتي لا تفى باستيعاب التصرفات المطلوب نقلها بالخط مما يؤدى إلى زيادة السرعة عن الحد المسموح به (الحد الأقصى ١,٥ م/ث) و تحديد نسبة هذه المواسير من إجمالى الشبكات للوضع الراهن و هى أطوال الشبكات التى تحتاج إلى تدعيم و إحلال بأقطار أكبر لتفى بتصرفات سنة الهدف.

نتائج نقاط الإتزان للوضع الراهن و المستقبلى:

نتائج التحليل الهيدروليكى للوضع الراهن و المستقبلى للوضع الراهن وحتي سنة الهدف م تحديد نقاط الإتزان التي تعانى من من نقص الضغوط الذى لا يفى بالمطلوب بالخط مما يؤدى إلى إلى عدم الوصول للضغط الواجب توافره بالشبكة (حد أدنى ٢,٥ بار) للوضع الراهن و هى أطوال الشبكات التى تحتاج إلى تدعيم و إحلال بأقطار أكبر.

و هذه النقاط مطلوب زيادة الضغط بها عن طريق تقليل الفواقد أو استخدام محطات دافعة إضافية أو زيادة قدرة الروافع القائمة حاليا لتفى بتصرفات سنة الهدف و من المتوقع تقليل الفواقد بنسبة كبيرة بعد عمل الإحلال و التطوير للشبكات بالقطر الذى يفى بتصرفات سنة الهدف.

نموذج نتائج التحليل الهيدوليكي لمواسير شبكة التغذية بالمياه بإستخدام برنامج الـ WaterCad:	نموذج نتائج التحليل الهيدوليكي لنقاط الإتزان برنامج الـ WaterCad:

Options | Close | Help

ent: <All> Scenario: Existing - Avg Day

Base Flow (l/min)	Pattern	Demand (Calculated) (l/min)	Calculated Hydraulic Grade (m)	Pressure (bars)
0.0	Commercial	0.0	148.96	0.0944
0.0	Commercial		197.49	4.8430
3.6	Residential		197.41	4.6400
23.4	Residential	11.7	197.39	4.9315
19.8	Residential	9.9	197.31	5.8042
11.7	Residential	5.8	197.29	5.9984
11.7	Residential	5.8	197.23	6.0901
1.8	Residential	0.9	197.20	6.1848
31.5	Residential	15.8	197.13	6.4720
0.0	Commercial	0.0	197.12	6.1770
0.0	Commercial	0.0	197.09	6.0770
22.5	Residential	11.2	197.07	6.0746

الضغوط

WaterCAD Table - Pipe Report

File | Copy | Print | Print Preview | Options | Close | Help

0.00 hr Increment: <All> Scenario: Existing - Avg Day

	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Pressure Pipe Headloss (m)	Discharge (l/min)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/km)
P-35	P-35	385.0	200.0	Ductile Iron	130.0	0.09	340.1	0.180	0
P-36	P-36	367.0			130.0	0.05	261.7	0.139	0
P-37	P-37	375.0			130.0	0.05	256.3	0.136	0
P-38	P-38	265.5	200.0	Ductile Iron	130.0	0.01	127.2		0
P-39	P-39	272.0	200.0	Ductile Iron	130.0	0.01	120.0	0.064	0
P-40	P-40	195.5	200.0	Ductile Iron	130.0	0.01	112.8	0.060	0
P-41	P-41	252.5	200.0	Ductile Iron	130.0	0.01	103.5	0.055	0
P-45	P-45	96.5	200.0	Ductile Iron	130.0	0.00	0.0	0.000	0
P-46	P-46	105.0	200.0	Ductile Iron	130.0	0.00	0.0	0.000	0
P-89	P-89	183.5	100.0	Ductile Iron	130.0	0.10	87.0	0.185	1
P-90	P-90	179.5	100.0	Ductile Iron	130.0	0.00	6.0	0.013	0
P-93	P-93	126.5	100.0	Ductile Iron	130.0	0.00	16.8	0.036	0

فواقد الضغوط

السرعة