مجلة الهندسة والتنمية المجلد التاسع/العدد الأول - آذار ٢٠٠٥ ISSN 1813-7822

نمـــــوذج تصميمـــــي لتأســـيســـــات الميـــاه في الأبنيـــة

أ.م.د.كـــــريم خلـــف الجميلـــي
قسم هندســـة البنـــاء والأنشـــاءات
الجامعـــة التكنولوجيـــة، بغـداد،
العـراق

الخلاصـــــــة

تمثل منظومات المياه في الأبنية والدور السكنية جانباً مهماً يستحق الدراسة والتطوير لما في ذلك من علاقة مباشرة بالصحة العامة للسكان وحياتهم اليومية، ومع ذلك فقد بقيت أساليب تصميم وتنفيذ هذه المنظومات في الدور السكنية والأبنية غالباً ما تكون نمطية تقليدية.

في البحث الحالي تم تطوير مقترح لتحليل وتصميم منظومات المياه في الأبنية والدور السكنية يعتمد أساساً على فكرة تغذية الخزانات العلوية وتوزيع الماء البارد في البناية أو الدار السكني بأنبوب مشترك واحد بدلاً من استخدام أنبوبين أو ثلاثة أنابيب كما هو جارٍ في المنظومات التقليدية.

إن المنظومة المقترحة لن تحقق جانباً اقتصادياً فحسب وانما توفر جانباً صحياً إضافياً في نوعية مياه الشرب. تم تحليل المنظومة هيدروليكياً لحالتي الدور السكنية والأبنية ومن ثم تأسيس وتشغيل منظومة فعلية لدار سكني لطابق واحد تم التأكد من خلالها على طبيعة عمل المنظومة ميدانياً.

ABSTRACT

Water installations in buildings are of great importance in the essence of direct relationship between potable water and public health, as well as, with daily life activities of residents. Even though, design and execution of water installations in houses and multistory buildings remain systematic.

In this research, a new approach of analysis and design could be useful for water installation in buildings and residential houses have been developed. This approach is based on the idea of feeding the elevated tanks and all fixtures, inside the building, simultaneously by only one up-feed /down-feed pipe instead of two or three pipes which are ordinarily used .The proposed approach is not only economical but also enabling the consumers to be supplied with hygienically safe water.

Hydraulic analysis have been carried out for both, houses and buildings installations. To check the applicability of the system, a prototype has been installed,

operated and tested for a single floor house, through, which a good agreement has been shown between analytical and observed results.

١ . المقدمـــــــــة

إن المصدر الرئيسي للمياه في الأبنية هي شبكة الإسالة التي تعتبر افضل مصادر المياه لأغراض الاستهلاك المختلفة. ولضمان وصول المياه إلى البناية مباشرة من شبكة الإسالة لابد أن يكون الضغط كافياً للوصول إلى أعلى تركيبة صحية في البناية وهو ما يتحقق في الأبنية الواطئة أو متوسطة الارتفاع ومع ذلك فان ضغط الإسالة عادة ما يكون متغيراً خلال ساعات النهار وأيام الأسبوع وفصول السنة مما يتطلب حتى في هذا النوع من الأبنية استخدام الخزانات العلوية لتغطية متطلبات البناية من الماء خلال فترات الانقطاع المبرمجة أو الطارئة. أما في الأبنية العالية فبالإضافة إلى استخدام الخزانات العلوية أو خزانات الضغط الأرضية لابد من استخدام المضخات لرفع المياه للمستوى المطلوب وكيفما تكن طريقة تجهيز المياه للتراكيب الصحية في البناية ولغرض توفير المياه بالكمية والضغط اللازمين غالباً ما يتم تصميم المنظومة بمرحلتين الأولى تجهيز الماء من الإسالة إلى الخزانات (Brake Cistern) والثانية من الخزانات إلى طوابق البناية فالتراكيب الصحية الأمر الذي يتطلب استخدام أنبوبين رئيسيين لهذا الغرض. ومن الملاحظ في العراق أن التأسيسات المائية لأغلب الأبنية بما فيها الدور السكنية يتم تصميمها وفق هذا النظام بحيث اصبح تقليدا ثابتاً.

يهدف البحث الحالي إلى اقتراح فكرة تصميمية جديدة يمكن من خلالها الخروج عن التقليد الحالي في التصميم وتعتمد أساساً على استخدام أنبوب توزيع رئيسي واحد يخدم الخزان العلوي والتراكيب الصحية في وقت واحد. ولغرض التأكد من جدوى استخدام الفكرة المذكورة فقد تم إجراء تحليلاً هيدروليكياً للمنظومة المقترحة والتأكد من إمكانية تصميمها في الأبنية ذات الأغراض المختلفة والاستفادة من مزاياها التشغيلية تطبيقياً. ولغرض فحص طبيعة اشتغال المنظومة ميدانياً فقد تم تأسيس وتشغيل وفحص منظومة من هذا النوع لدار سكني بطابق واحد تم من خلالها التحقق من إمكانية تطبيق المنظومة المقترحة.

٢ . *المتطلبات الهيدروليكية ومنظومات المياه المستخدمة في الأبنية*

إن المتغيرات التي تدخل في تصميم منظومات المياه في الأبنية هي عادة نفس المتغيرات الهيدروليكية التي تحكم حالة الجريان في الأنابيب، ولعل أهم هذه المتغيرات هي التصريف وقطر الأنبوب وخشونته وطوله وطبيعة اللواحق المستخدمة معه وما يترتب على ذلك من ضائعات في طاقة الجريان. فالمتغيرات التي تتعلق بمواصفات مادة الأنبوب ومساره وطوله تعتبر ثابتة طالما يتم اختيارها من قبل المصمم وفق محددات قد تكون معمارية أو اقتصادية أو تقليدية أحياناً، أما أقطار الأنابيب فهي النتيجة الأخيرة في الحسابات التصميمية وبالتالي فهي متغير غير مستقل (Dependent Variable) يعتمد على ما قبله من خطوات. أما متغير التصريف وعلى الرغم من انه متغير هيدروليكياً (Independent Variable) إلا انه من الناحية التصميمية يخضع لاحتمالات يحددها المصمم بموجب خبرته أحياناً أو وفق محددات المواصفات العالمية.

وعن النظم المستخدمة في توزيع المياه في الأبنية فان اختيار النظام الملائم لأي بناية يعتمد على عوامل عديدة أهمها ارتفاع البناية والضغط المتاح في أنبوب الإسالة والخزين المائي المطلوب للاستهلاك. ومن النظم الرئيسية الشائعة هي [١]:

٢-١ التغذية المباشرة (Up Feed System)

يستخدم هذا النوع من المنظومات في الأبنية التي يتراوح ارتفاعها بين طابق واحد إلى ثلاثة طوابق كالدور السكنية والأبنية الصناعية والجملونية التي لا يتعدى ارتفاع التراكيب الصحية قيها عن صافي الضغط المتاح في أنبوب الإسالة اللازم لتشغيل هذه التراكيب . وفي هذه المنظومة يمكن الاستغناء عن استخدام الخزانات العلوية للمياه في حالة ضمان عدم حصول إنقطاعات متكررة لمياه شبكة الإسالة. من الميزات الجيدة لهذه المنظومة أن السكان يحصلون على ماء الإسالة بشكل مباشر وبالمواصفات الصحية التي تتطلبها مياه الشرب، كما أن مياه المنظومة اقل تعرضاً للإنجماد أو التسخين الشمسي. ومن الناحية الاقتصادية فان كمية الأنابيب اللازمة للمنظومة اقل نسبياً بالإضافة إلى توفير كلفة الخزان العلوي وما يتطلبه من فضاء ومتطلبات إنشائية . أما المساوئ البارزة في تشغيل هذه المنظومة هي أن التراكيب الصحية تخضع لضغوط متذبذبة تبعاً لمقدار الضغط في أنبوب الإسالة الذي يخضع هو الآخر لاختلاف الضغط تبعاً لتغير الاستهلاك المائي خلال أوقات النهار ولعل ابرز التراكيب التي تتأثر بذلك هي سخانات الماء. ومن المساوئ الصحية الخطرة هي احتمال حصول حالات خلط بين مياه الشرب والمياه الملوثة لبعض التراكيب الصحية (Cross Connection) [١،٢،٤].

٢-٢ التغذية غير المباشرة (Down Feed System)

يعتبر هذا النوع من المنظومات الأكثر شيوعاً في مناطق العالم ومنها العراق مثلاً، حيث يستخدم في جميع أنواع الأبنية تقريباً إبتداءً من الدور السكنية والأبنية الإدارية والصناعية إلى الأبنية العالية. في هذه المنظومة يتم إعادة توزيع المياه لأغراض الاستهلاك في البناية من خزانات علوية يتم اختيار سعتها على أساس الاستهلاك الكلي للسكان وعوامل أخرى . هذا وتعتمد طريقة ملئ الخزانات على ارتفاع البناية، ففي الدور السكنية والأبنية التي لا يزيد ارتفاعها عن طابقين أو ثلاثة أحياناً يمكن الاعتماد على ضغط شبكة الإسالة لمليء الخزانات العلوية وخاصة أثناء الليل. أما في الأبنية العالية فغالباً ما تستخدم المضخات لهذا الغرض وفق حسابات تدخل ضمن عملية التصميم.

ومن المزايا الجيدة لهذه المنظومة هي أن التراكيب الصحية في البناية وبضمنها السخانات تتعرض إلى ضغط ثابت يعتمد على ارتفاع الخزان العلوي أو الضغط التصميمي لخزان الضغط الأرضي (Pneumatic Tank) هذا بالإضافة إلى ضمان خزين مائي يكفي لاستهلاك سكان البناية أثناء القطوعات المتوقعة أو الطارئة. إلا أن من مساوئ هذه المنظومة عدم ضمان الحفاظ على المواصفات الصحية للمياه أثناء الخزن وخاصة لأغراض الشرب، كما أن مياه الخزان قد تتعرض إلى الإنجماد أو البرودة شتاءاً أو إلى تسخين غير مرغوب فيه صيفاً. أما المساوئ الاقتصادية فتتمثل في كلفة الخزان وأنابيب التغذية النازلة منه.

٢-٣ منظومة الضخ المباشر (Direct Up Feed Pumping)

ISSN 1813-7822

وهي من المنظومات الجديدة نسبياً والتي تستخدم في الأبنية العالية كطريقة بديلة عن منظومة التغذية غير المباشرة، علماً ان هذا النوع من الأبنية يحتاج إلى تقسيم طوابق البناية إلى مناطق ضغط (Pressure Zone) لتلافي تعرض الأنابيب والتراكيب القريبة من المضخات إلى ضغط مفرط. ونظراً لان الضرورة تفرض استخدام هذا النوع من المنظومات إلا أن المتطلبات المهمة في هذه المنظومة إجراء تصميم متقن واستخدام تقنية ومنظومة سيطرة معقدة لتشغيل المضخات وما يتبع ذلك من متطلبات للصيانة [٥،٦].

٣. *المنظومة المقترحة (نظام الأنبوب الواحد)* **(Combined Up Feed / Down Feed Pipe)**

يمكن توضيح فكرة المنظومة المقترحة في الشكل (١) حيث يتم الاستعاضة عن أنبوبي التغذية الصاعد إلى الخزان والنازل منه بأنبوب مشترك واحد مع تحوير بسيط في استخدام ملحقات للسيطرة تتمثل بتجهيز صمام باتجاه واحد (Check Valve). وواضح من الشكل ان عملية ملئ الخزان تحصل بشكل اعتيادي بواسطة الأنبوب المشترك ومن خلال صمام ذاتي السيطرة (طوافة) في الأوقات التي ينشط فيها الضغط في شبكة الإسالة ليلاً وأثناء النهار أحياناً، ويتم تجهيز التراكيب الصحية والخزان في مثل هذه الأوقات من مياه الإسالة مباشرة ، في حين يبدأ الخزان بتجهيز مياه الاستهلاك ومن نفس الأنبوب المشترك أثناء فترات هبوط الضغط في شبكة الإسالة. وهكذا ستكون هناك حالة من التداخل في تجهيز الماء من الإسالة تارة ومن الخزان تارة أخرى يرافق ذلك ظروف ومزايا تشغيلية يتم التطرق إلى تفاصيلها لاحقاً [٧].

٤. *التحليل الهيدروليكي والتشغيلي للمنظومة المقترحة*

ويشمل هذا التطبيق للمنظومة الدور السكنية والأبنية التي تتألف من طابق إلى ثلاثة طوابق وحسب الضغط المتاح في أنبوب الإسالة، وهذه الأبنية تعتبر الأكثر شيوعاً في العراق، ولعل التحليل الهيدروليكي لتطبيق منظومة الأنبوب المشترك لهذا النوع من الأبنية يعتبر اكثر تعقيداً منه للأبنية ذات الطوابق المتعددة. ويبرز هذا التعقيد نتيجة لحالة التذبذب بضغط أنبوب الإسالة تبعاً لاختلاف الحاجة للماء وتذبذب الاستهلاك في المدينة خلال ساعات النهار وأيام الأسبوع وفصول السنة، ومع هذا العدد غير المحدود من تذبذب الضغط هناك نفس العدد من الحالات التشغيلية للمنظومة وبالرجوع إلى الشكل (١) يمكن تحديد هذه الحالات التشغيلية كما يلي:

٤-١ *ضغط الإسالة أعلى من ضغط الخزان*

وتعتبر هذه الحالة إحدى الحالتين الطرفيتين لاشتغال المنظومة حيث يصل ضغط الإسالة إلى أعلى ارتفاع له يبدأ معه الخزان العلوي بالامتلاء ويتم تجهيز التراكيب الصحية لكافة الطوابق من الإسالة مباشرة ويمكن التعبير عن هذه الحالة هيدروليكياً كما يلي:

$$P_A \geq H + h_L + OP \quad \text{.........} \quad (1)$$

حيث أن :

P_A الضغط عند النقطة (A) الواقعة على أنبوب الخدمة للبناية (Service Pipe) بعد موقع المقياس وهذا يمثل صافي الضغط المتاح من أنبوب الإسالة.

H الضغط الهيدروستاتيكي بين (A) وأعلى مستوى للماء في الخزان العلوي (تؤخذ غالباً عند النقطة (E) في الشكل (١)).

h_L مجموع الضائعات في الطاقة (ضائعات الاحتكاك +الضائعات الثانوية)

OP الضغط التصميمي المطلوب لتشغيل الطوافة (الضغط التشغيلي للتركيبة)

٤-٢ ضغط الإسالة اقل من ضغط الخزان أي أن الضغط (PA) في نقطة (A) يقع بين

$$OP_{S1-1} + H_{S1-1} + h_{L1-1} \le P_A < H + h_L + OP \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث أن:

H_{S1-1} : فرق الارتفاع الهيدروستاتيكي بين النقطة (A) في الشكل (١) وبين التركيبة الصحية في الموقع (S_{1-1}).

h_{L1-1} : مجموع ضائعات الطاقة في المسار من نقطة (A) إلى (S_{1-1}).

OP_{S1-1} : الضغط التشغيلي للتركيبة (S_{1-1}) والتي يمثل موقعها أسوأ مسار حرج في المنظومة.

وتتضمن هذه الحالة التشغيلية بحد ذاتها ثلاثة أنواع من حالات الاشتغال فإما أن يتم تجهيز كافة التراكيب الصحية من الخزان في حالة امتلائه لكونه يشكل اكبر ضغط في المنظومة أو أن يتم تجهيز تراكيب الطابق الأرضي والأول من الإسالة مباشرةً في حالة كون الخزان فارغاً أو أن يتم تجهيز التراكيب من الخزان أو من ماء الإسالة والخزان معاً وبشكل غير مستقر اعتماداً على أي التراكيب يتم استخدامها في لحظة التشغيل حيث تدخل هنا ضائعات الشحنة ومقدار التصريف وموقعه كمتغيرات غير ثابتة تحديد ورصد الحالة التشغيلية في وقتها.

٤-٣ عندما يكون ضغط الإسالة دون المستوى المطلوب لتجهيز أي تركيبة في المنظومة أو يكون صفراً (حالة انقطاع تام في ماء الإسالة) حيث يمكن التعبير عن الضغط في نقطة (A) كما يلي

$$P_A \le H_{S3-0} + h_{L3-0} + OP_{S3-0} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

والمبينة تفاصيلها في الشكل (١). وسيتم تجهيز الماء في هذه الحالة ولجميع التراكيب الصحية من الخزان الذي يجب أن يصمم بحجم يناسب فترة الإنقطاعات الحاصلة في ماء الإسالة أو فترات هبوط الضغط فيها بحدود هذه الحالة، علماً بأن وجود صمام طريق واحد بعد المقياس مباشرةً سيكون ضرورياً لمنع تسرب ماء الخزان إلى شبكة الإسالة.

٥. استخدام المنظومة مع مضخات رفع المياه (الأبنية متعددة الطوابق)

لاشك أن تجهيز الماء الصافي للأبنية ذات الطوابق المتعددة لا يعتمد بالأساس على الضغط المتوفر في شبكة الإسالة وانما يتطلب في معظم الأحوال إلى استخدام مضخات رفع المياه وبتفاصيل معروفة جداً في هذا المجال وعلى الرغم من استخدام المنظومة المقترحة في البحث الحالي في هذا النوع هو أقل تعقيداً منه للدور السكنية والأبنية بدون مضخات سابقة الذكر إلا أن الحصيلة الإيجابية من استخدام هذه المنظومة للأبنية العالية والكبيرة قد يكون اكثر وضوحاً من حيث بساطة تنفيذ المنظومة وكلفتها وتشغيلها وطبيعة صيانتها.

الشكل (٢) يبين نموذجاً لاستخدام المنظومة المقترحة لبناية متعددة الطوابق ويمكن منه توضيح التحليل الهيدروليكي للمنظومة من خلال الحالات التشغيلية التالية:

٥-١ عند تشغيل المضخات يتم توزيع الماء إلى التراكيب الصحية لمختلف الطوابق بما فيها الخزان العلوي للبناية باعتبار أن الضغط بعد المضخات ***(P_P)*** *هو*

$$P_P \geq H + h_L + OP \quad \ldots\ldots (4)$$

وفيها(H) هو فرق الارتفاع الهيدروستاتيكي بين سطح الماءالحرفي الخزان الأرضي ومستوى الطوافة للخزان العلوي، و (h_L) يمثل الفقدان الكلي بالطاقة ويشمل ضائعات الاحتكاك والضائعات الثانوية الأخرى للأنبوب الصاعد و (OP) هو الضغط التشغيلي للطوافة.

٥- ٢ بعد ملئ الخزان العلوي وتوقف المضخات أوتوماتيكياً من خلال الطوافة الكهربائية يمكن رصد الحالات التالية

١. في حالة عدم ربط الأنبوب الصاعد بعد المضخات بتوصيلة جانبية (Bypass) بشبكة الإسالة مباشرة (الأنبوب المتقطع في الشكل (٢)) فان توزيع الماء للتراكيب الصحية لجميع طوابق البناية يتم من خلال الخزان على أساس التغذية غير المباشرة (Down feed System) ويتطلب تصميم هذه الحالة ان يكون الضغط (P_C) عند التركيبة ذات المسار الحرج (وهي عادة أعلى تركيبة في البناية أي (S_1)).

$$P_C = h_L + OP \quad \ldots\ldots (5)$$

وفيها (h_L) ضائعات الطاقة في الأنبوب الواصل بين التركيبة والخزان و(OP) هو الضغط التشغيلي للتركيبة.

٢. في حالة وجود توصيلة جانبية (Bypass) بين الأنبوب الصاعد وأنبوب الإسالة (الأنبوب المتقطع في الشكل رقم (٢)) فهناك عدد كبير من الحالات التشغيلية المحتملة اعتماداً على التغيير الحاصل في ضغط أنبوب الإسالة حيث يقوم كل من الخزان وأنبوب الإسالة بتجهيز التراكيب الصحية في البناية. ففي الوقت الذي يبقى فيه ضغط الخزان ثابتاً (H) يتغير ضغط الإسالة بين الصفر في حالة الانقطاع أو الضغط الواطئ جداً وبين أن يكون اكبر من (H) في أوقات الاستهلاك القليل الماء في المدينة ولو

لفتراتٍ قد تكون قصيرة. ومن الطبيعي فهناك حالات تشغيلية عديدة تقع بين الحالتين المذكورتين يكون فيها الخزان وأنبوب الإسالة في تداخلٍ مستمرٍ يمكن من خلاله ضمان تجهيز الطوابق السفلى من البناية على الأقل من الإسالة مباشرةً. ولابد هنا من تجهيز الوصلة الجانبية بصمام باتجاهٍ واحد (Check Valve) لضمان عدم تسرب مياه الخزان إلى شبكة الإسالة ولجميع الحالات أعلاه لا بد من تصميم الأنبوب الصاعد والأنابيب الفرعية على أساس ضغط الخزان لكونه أكثر وضوحاً أي أن تصميم المنظومة سيكون من نوع التوزيع غير المباشر (Down feed System) فيتم بموجبه تصميم حجم الخزان وطاقة المضخات بالطرق التقليدية المعروفة. وفي الأبنية العالية جداً ولتجنب تعرض التراكيب الصحية في الطوابق السفلى إلى ضغطٍ مفرطٍ أثناء اشتغال المضخات فمن الممكن استخدام صمامات تخفيض الضغط (Pressure Reducing Valves) عند بداية الأنابيب الفرعية لتلك الطوابق.

٦ . *الخطـــوات التصميميـــة للمنظومـــــة المقترحـــــة*

لغرض توضيح الخطوات التصميمية للمنظومة المقترحة يمكن الرجوع إلى الشكل رقم (٣) والذي يمثل نموذجاً لتطبيق هذه المنظومة لدار سكني من طابقين، فلحساب قطر الأنبوب الرئيسي الموزع (الصاعد والنازل) يمكن تصميمه بالحالتين الطرفيتين التاليتين:

١. عند انخفاض ضغط الماء أو انقطاعه في شبكة الإسالة عندها يتم تجهيز كافة التراكيب الصحية من الخزان العلوي، بحيث يمكن اعتبار التصريف التصميمي المار في الأنبوب يمثل (٥٠%) من التصريف المطلوب لكافة التراكيب وهو ما يساوي (0.42L/S) واضح من الرسم ان هذا الاحتمال من الممكن ان يحصل في حالة استخدام الحمام (Bath) فقط من الطابق العلوي ومغسلة فقط (L.B) من التراكيب الواقعة في الطابق السفلي وهو أسوأ تشغيل يمكن حصوله، علماً أن التصريف التصميمي لهذه الحالة (0.45L/S) أي ما يساوي تقريباً (0.42L/S) مما يبرراختيار النسبة البالغة (٥٠%). ولأغراض التصميم يمكن تطبيق معادلة دارسي وايزباخ، بالصيغة التالية [٨]:

$$D = 7.45\sqrt[5]{\frac{Q^2 \cdot f}{i}} \quad \text{.....} \quad (6)$$

حيث أن :

D: قطر الأنبوب (mm).

Q: التصريف التصميمي المار بالأنبوب (L/min).

f: معامل الاحتكاك للأنبوب والذي يمكن اعتباره (0.02).

i: معدل فقدان الطاقة للمتر الطول (m/m) وهو ما يسمى بانحدار خط الطاقة.

واضح من الرسم أيضاً أن المسار الحرج في هذه الحالة هو بين الخزان والمغسلة (L.B) في الطابق العلوي أي المسار (E-H) ومعدل فقدان الطاقة لهذا المسار على اعتبار أن الضائعات الثانوية تكافئ إضافة (٢٥%) من طول المسار البالغ (7m):

$$i = \frac{2.5}{7 \times 1.25 + 18} \approx 0.09 \ \ m/m \quad \text{.....} \quad (7)$$

$$D = 7.45 \sqrt[5]{\frac{(0.45 \times 60)^2 \times 0.02}{0.09}} \approx 20.5 \ \ mm \quad \text{.....} \quad (8)$$

حيث يمكن اختيار أنبوب بقطر (20 mm) كأقرب قطر تجاري متوفر.

٢. أما الحالة التشغيلية الثانية فهي عندما يكون الضغط في شبكة الإسالة عالي بحيث يمكن تجهيز كافة التراكيب الصحية من الإسالة مباشرةً وتجهيز الخزان في الفترات التي تعمل فيها التراكيب. ولغرض أيجاد قطر الأنبوب الموزع في هذه الحالة يمكن فرض الضغط المتوفر في نقطة (A) يساوي (10 m) أو أكثر وإن التصريف التصميمي المار في الأنبوب هو نفس التصريف في الحالة الأولى أي (0.45 L/S) على أساس أن الخزان يمتلئ في أوقات عدم استعمال التراكيب الصحية بأكملها أو قسم منها. ولحساب معدل الفقدان في الطاقة للمسار الحرج الذي هو بين نقطة (A) والطوافة للخزان العلوي أي المسار(A-D):

$$i = \frac{10 - 2 - 6}{(6 + 12) \times 1.25} \approx 0.089 \ \ m/m \quad \text{.....} \quad (9)$$

$$D = 7.45 \sqrt[5]{\frac{(0.45 \times 60)^2 \times 0.02}{0.089}} \approx 20.5 \ \ mm \quad \text{.....} \quad (10)$$

وهنا أيضاً يمكن اختيار نفس القطر التجاري السابق (20 mm) ، علماً أن أي اختلاف قد يحصل في نتيجة قطر الأنبوب المشترك عند تصميمه في الحالتين أعلاه فيفضل عندها اختيار القطر الأكبر وتقريبه إلى أقرب قطر تجاري هذا ويمكن أيجاد أقطار الأنابيب الأخرى للمنظومة بنفس الطرق التقليدية المعروفة في هذا المجال.

٧. تنفيذ وفحص منظومة حقيقية

لغرض الاطلاع على طبيعة عمل المنظومة المقترحة بأبعادٍ حقيقةٍ فقد تم تنفيذ منظومة بسيطة لدار سكني من طابقٍ واحد يقع في منطقة الكرادة/ بغداد وكما مبينة تفاصيلها في الشكل (٤). ومن خلال تشغيل المنظومة تم رصد البيانات التي تعكس طبيعة عملها وكما هو مدرج في البيانات التصميمية والنتائج التشغيلية التالية:

١- تم تنفيذ المنظومة لدار سكني بطابقٍ واحد في منطقة سكنية/تجارية وتمثل هذه المنطقة نموذجاً لأكثر من ٤٠% من مناطق بغداد من حيث طبيعة تجهيز مياه شبكة الإسالة.

٢- يشغل الدار أربعة أفراد ومعدل استهلاكهم اليومي (LPO 16000=400×4) يضاف له (1000 LPH) من الماء كاستهلاك يومي لمبردة الهواء.
٣- إبتداءاً كان في الدار منظومة تقليدية من أنبوب صاعد مربوط بالإسالة لتغذية خزان السطح(1×1×1) متر وأنبوب نازل لتغذية التراكيب الصحية كافة عدا منفذ لماء الشرب في المطبخ وفتحة تغذية المبردة كلاهما مربوطين على شبكة الإسالة مباشرةً. كانت المنظومة لا تعمل بشكل يفي بالمتطلبات المائية للمنزل وكان الماء في الخزان العلوي ينفذ غالباً قبل الساعة الحادية عشرة وقد تم معالجة الحالة بتجهيز خزان ارضي ومضخة للمنظومة في حينه.
٤- تم تحوير المنظومة القديمة إلى المنظومة المقترحة مع الاستغناء عن الخزان الأرضي والمضخة خلال تشغيل المنظومة الجديدة وجعلها تحت المراقبة حيث تم قراءة ضغط الماء في الأنبوب الداخل إلى الدار من الإسالة وكذلك عمق الماء في الخزان العلوي وذلك كل ثلاث ساعات على مدار اليوم ولمدة أسبوع وكما مبينة تفاصيل ذلك في الجدول (١) والأشكال (٥) و(٦) علماً أنه تم استثناء سقي الحديقة من الحسابات لوجود شبكة ماء خاصة لهذا الغرض.
٥- يظهر من البيانات الحقلية المثبتة في الجدول (١) والأشكال (٥) و(٦) أن تحسناً واضحاً طرأ على طبيعة تجهيز المياه مقارنةً بالمنظومة التقليدية حيث أن الخزان العلوي يبقى محتفظاً بخزين نسبي من الماء تعززه شبكة الإسالة خلال ساعات النهار عدا يومي الجمعة والأحد في حين كان الماء ينفذ في الخزان مبكراً جميع أيام الأسبوع في المنظومة التقليدية.
٦- مع استخدام خزان أرضي ومضخة صغيرة بقدرةٍ أقل من ٥٠٠ واط وربطها بالأنبوب الصاعد أصبح بالإمكان تلافي حالة نفاذ الماء في جميع الأوقات وان كانت هذه الحالة نادرة الحصول في منظومة الفحص إلا أنها قد تحصل بشكلٍ أكبر في مناطق أخرى من بغداد.
٧- من المزايا الجيدة للمنظومة المقترحة هي الجانب الصحي أي أن ماء الخزان العلوي في حالة تبادل مستمر مع ماء الإسالة مما يحافظ على نوعيته وصلاحيته للشرب وفي هذا الجانب فقد تم قبل تحوير المنظومة فحص وجود مادة الكلور في ماء الخزان ولعدة أيام وذلك باستخدام أقراص فحص الكلور من نوع (DPD No.1 Test Tablet) ولم يكن هناك مؤشراً إيجابياً لوجود الكلور إلا في حالاتٍ نادرةٍ جداً في حين حصل العكس بعد تحوير المنظومة كما تم أيضاً رصد اختلافاً واضحاً نزولاً في درجة حرارة الماء المجهز للتراكيب الصحية بفارق يزيد عن(10°) مئوية وبمعدل(7°) مئوية بين ماء المنظومة المقترحة وماء المنظومة التقليدية.

٨. المناقشة

من المعروف في أغلب المجالات الهندسية ان المفاضلة بين المنظومات الهندسية التطبيقية من أي نوع تقوم على أساس أيهما أصغر في مكوناتها وأبسط في تنفيذها وصيانتها وأقل في كلفتها لتؤدي نفس الغرض المطلوب، ولعل منظومات التأسيسات المائية للأبنية تخضع لمثل هذه المفاضلة نظراً لأهمية التأسيسات الصحية في جميع أنواع الأبنية خاصة أن تصميم منظومة ماء لبناية ما لا يصلح تطبيقها في بناية أخرى.

في نطاق المراجعة العامة التي تضمنها البحث الحالي تم تصنيف منظومات تجهيز المياه في الأبنية إلى ثلاثة أنواع هي منظومة التجهيز المباشر (Up Feed System) ومنظومة التجهيز غير المباشر (Down Feed System) ومنظومة الضخ (Direct Pumping) وقد تم في هذا السياق الإشارة إلى ظروف استخدام كل من هذه المنظومات والتطرق إلى الفواقد والسلبيات لكل منها في الجوانب الكلفوية والتشغيلية والصحية.

تعتبر المنظومة المقترحة في البحث الحالي محاولة جديدة وإضافة نوعية في مجال تصميم التأسيسات المائية في الأبنية، فقد أثبت التحليل الهيدروليكي للفكرة المقترحة إمكانية تنفيذ منظومة بأنبوب مشترك واحد يربط جميع جوانب المنظومة في وقت واحد وهي شبكة الإسالة والخزان العلوي والتراكيب الصحية والمضخات في الأبنية متعددة الطوابق ومع أن المنظومة المقترحة لا تنفرد بسلبيات خاصة اكثر مما يمكن ملاحظته في المنظومات التقليدية إلا أنها من جانب آخر تنفرد بمزايا تشغيلية كلفوية واضحة ، وتهدف الفكرة إلى إمكانية استخدام أنبوب رئيسي مشترك واحد وشبكة توزيع واحدة بدلاً من استخدام أنبوبين أو ثلاثة أنابيب وأكثر من شبكة توزيع في المنظومات التقليدية ، وهذا الإجراء سيوفر دون شك في كلفة الأنابيب الرئيسية والفرعية وملحقاتها وكلفة صيانتها إضافة إلى تقليل الفضاءات اللازمة في البناية لمرور شبكة الأنابيب الرئيسية والفرعية، كما أن المنظومة المقترحة ومن الناحية الهيدروليكية ستتيح فرصة استغلال الضغط المتوفر في شبكة الإسالة إلى أقصى حدٍ ممكن ، وان نوعية ماء الخزان ونتيجةً للتداخل المستمر بينه وبين ماء الإسالة ستكون أفضل لأغراض الشرب والاستهلاك، ونتيجةً لهذا التداخل أيضاً فان حجم الخزان المطلوب سيكون أصغر منه في حالة المنظومة التقليدية. ومن خلال تحليل أحد الأمثلة البسيطة للمنظومة المقترحة لدار سكني تبين أن قطر الأنبوب الرئيسي الصاعد لن يكون في أي حال من الأحوال اكبر من أي قطر من الأنبوبين الصاعد والنازل في المنظومة التقليدية وانما قد يكون العكس هو الصحيح طالما أن التراكيب الصحية سيتم تجهيزها بالتداخل من الخزان أو الإسالة أو كلاهما معاً وبأفضل صيغة هيدروليكية تتهيأ ذاتياً وفق القوانين النظرية الدقيقة للجريان.

إلا انه من الواضح أن تحليل المنظومة من الناحيتين الهيدروليكية والاقتصادية يختلف في الأبنية متعددة الطوابق عنه في الدور السكنية. فهيدروليكياً يبدو أن استخدام المنظومة في الدور السكنية اكثر تعقيداً منه في الأبنية نظراً لاختلاف ضغط الماء في شبكة الإسالة خلال ساعات النهار وكذلك في الليل. في حين أن استخدام المنظومة في الأبنية العالية لا تتعرض إلى نفس الاختلافات السابقة في الضغط خاصةً أن استخدام المضخات في الأبنية سيجعل الضغط الذي تتعرض إليه المنظومة ثابتاً نسبياً يتمثل بضغط المضخات في حالة اشتغالها أو بضغط الخزان عند توقف المضخات وفي كلا الحالتين يعتبر الضغط التشغيلي للمنظومة ثابتاً مما يسهل عملية تحليل المنظومة هيدروليكياً. ومن الناحية الاقتصادية فمن الواضح أيضاً أن أقطار ومسارات الأنابيب في الأبنية وكذلك الخزانات اكبر منه في الدور السكنية مما يجعل كلفة تنفيذ المنظومة المقترحة في الأبنية متعددة الطوابق اكبر وفراً من حيث كلفة المواد وأجور العمل والفحص والصيانة.

وأخيراً ومع وضوح الفوائد الكلفوية والتشغيلية في المنظومة المقترحة فهي تمثل نمطاً يختلف عن النمط التقليدي الحالي في تصميم منظومات المياه للأبنية. وهذا ما تم التحقق منه من خلال تأسيس وتشغيل وفحص منظومةً حقيقيةً بسيطةً لدار سكني توافق عملها مع التحليل الهيدروليكي المقترح.

٩. المصـــــــادر

1. Babbitt H. E., ***"Plumbing",*** Third Edition, McGraw-Hill Bock Company, 1960.

2. ***"Plumbing Services Design Guide"***, Institute of Plumbing, U.K., 1977.

3. Burbrry P., ***"Environment and Services",*** Third Edition, 1977.

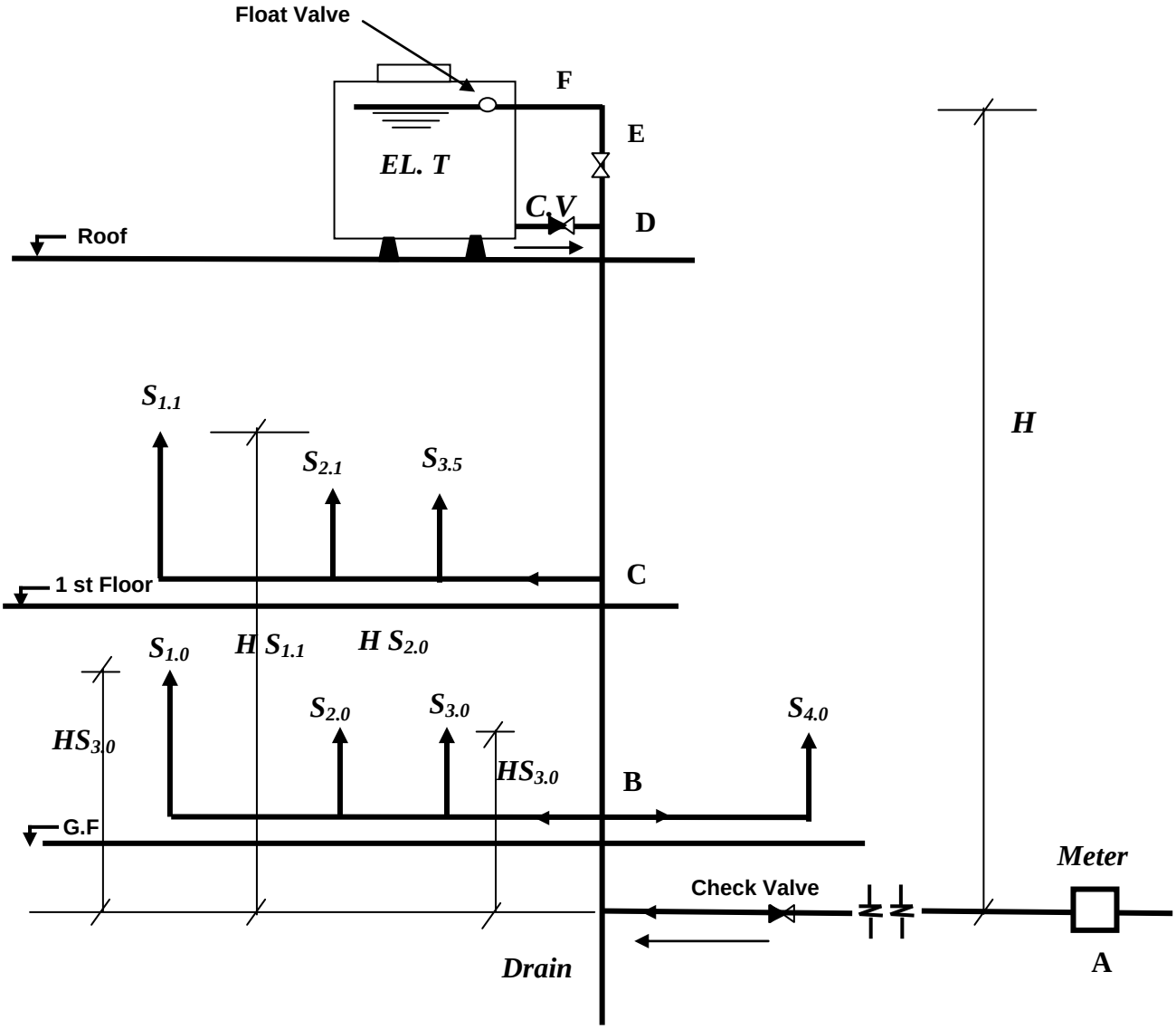
4. ***"Manual for Sanitary Design and Practice for Non-Industrial Building Complexes"***, National Center for Engineering and Architectural Consultancy, Iraq, 1983.

5. McGuinness W. J., and Stein B., ***"Mechanical and Electrical Equipment for Buildings"***, Fifth Edition. John Whiley and Sons, Inc., 1980.

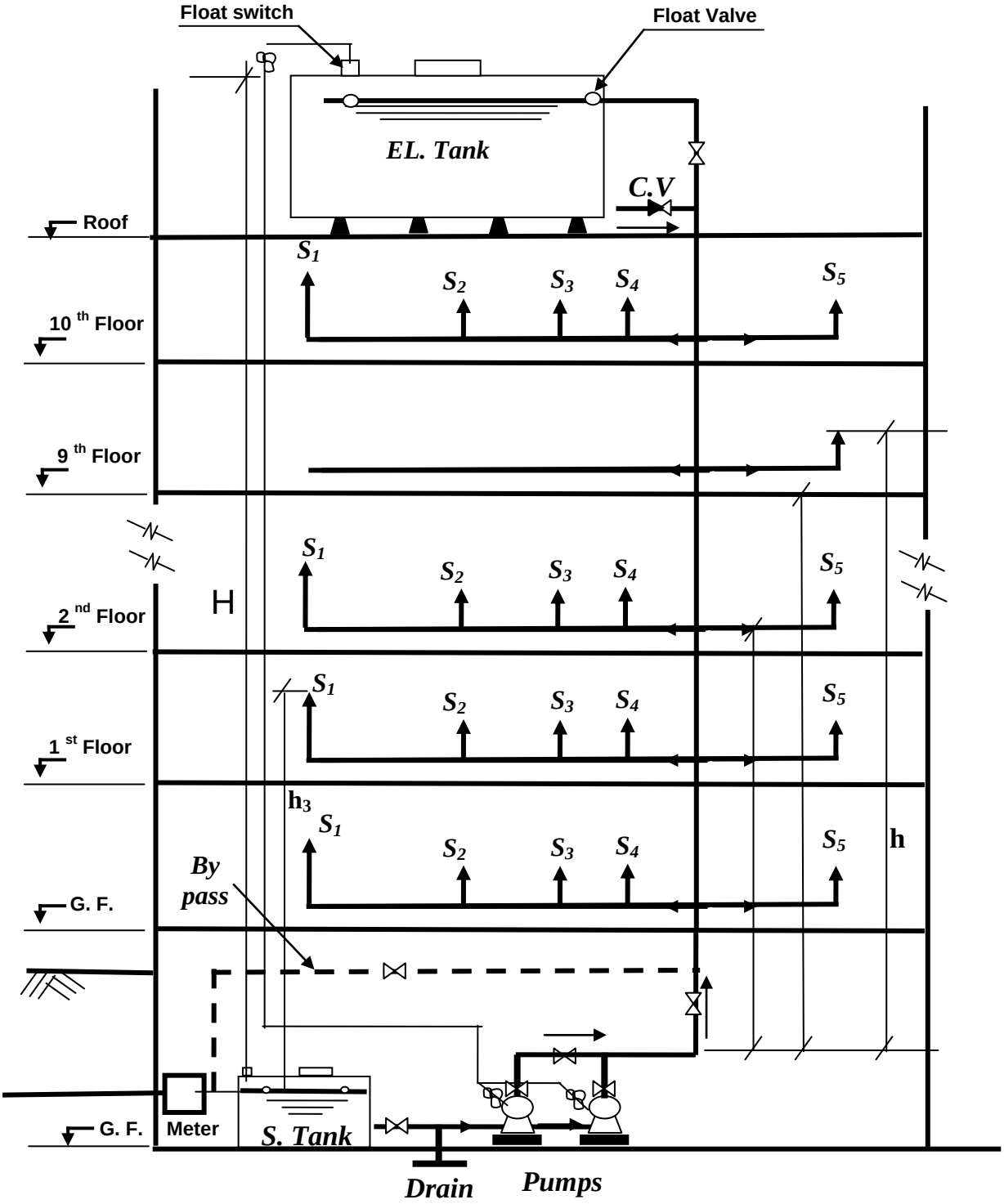
6. Vincent T., and Mans P. E., ***"National Plumbing Code Hand Book",*** McGraw-Hill Book Company, Chapter 18, 1957.

7. الجميلي، كريم خلف، ***"تطوير منظومة واطئة الكلفة لتأسيس المياه في الأبنية"*** ، بحث غير منشور، قسم هندسة البناء والإنشاءات، الجامعة التكنولوجية، 1988.

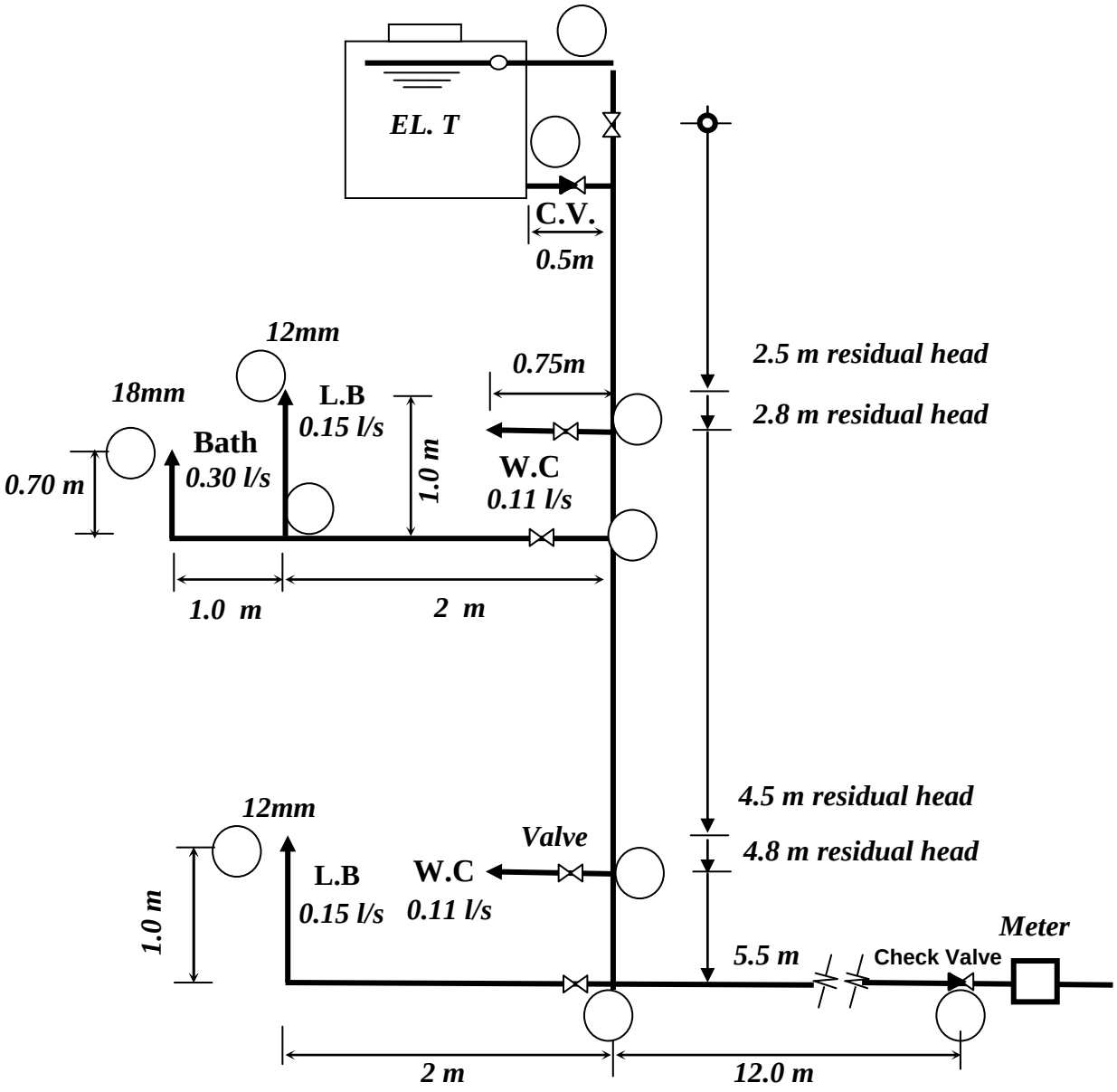
8. العدوي، محمد صادق، ***"النظم الهندسية للتراكيب الصحية داخل المباني"*** ، الطبعة الأولى، دار الراتب الجامعية بيروت، 1985.



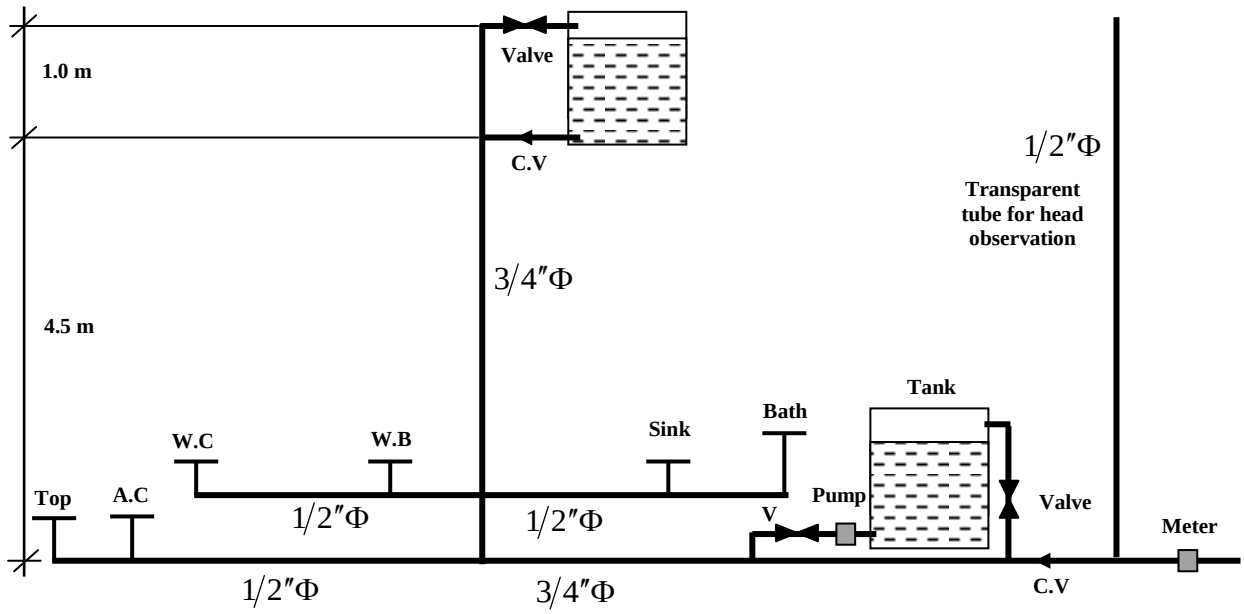
شكل رقم (١) يوضح الشبكة المقترحة لدار سكني (نموذج توضيحي)



شكل (٢) يوضح الشبكة المقترحة لبناية متعددة الطوابق، (نموذج توضيحي)



شكل رقم (٣) مثال توضيحي لدار سكني



شكل (٤) : منظومة اختبار حقيقية

جدول رقم (١) يبين الضغط المتاح وارتفاع الماء في الخزان خلال ساعات أيام الأسبوع

اليوم	الوقـــــت					
	4	8	12	16	20	24
	الضغط المتاح					
السبت	5.42	3.13	2.71	1.51	2.53	5.11
الأحد	5.21	3	2.1	1.15	2.11	5.1
الاثنين	5.51	3.44	2.22	2.12	3.35	5.61
الثلاثاء	5.53	3.51	2.33	2.37	3.36	5.6
الأربعاء	5.72	4.1	2.8	2.29	3.41	5.55
الخميس	6.11	5	2.12	1.11	1.7	4.71
الجمعة	5.12	3.91	1.52	0.55	1.6	5.35
اليوم	الوقـــــت					
	4	8	12	16	20	24
	عمق الماء في الخزان					
السبت	0.83	0.71	0.52	0.07	0.09	0.57
الأحد	0.77	0.62	0.41	0	0.11	0.51
الاثنين	0.85	0.75	0.52	0.09	0.17	0.63
الثلاثاء	0.92	0.81	0.55	0.05	0.19	0.65
الأربعاء	0.94	0.83	0.57	0.09	0.25	0.67
الخميس	0.97	0.91	0.45	0	0.22	0.45
الجمعة	0.7	0.4	0.1	0	0	0.25

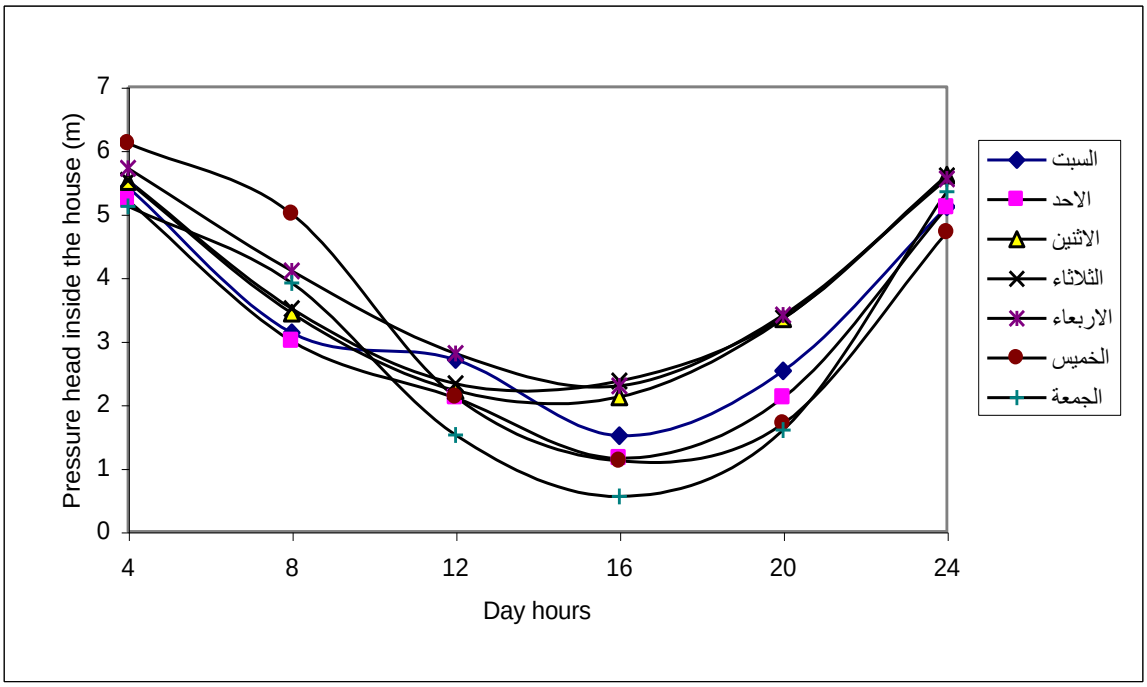


Fig.(5) Pressure Head During Day Hours

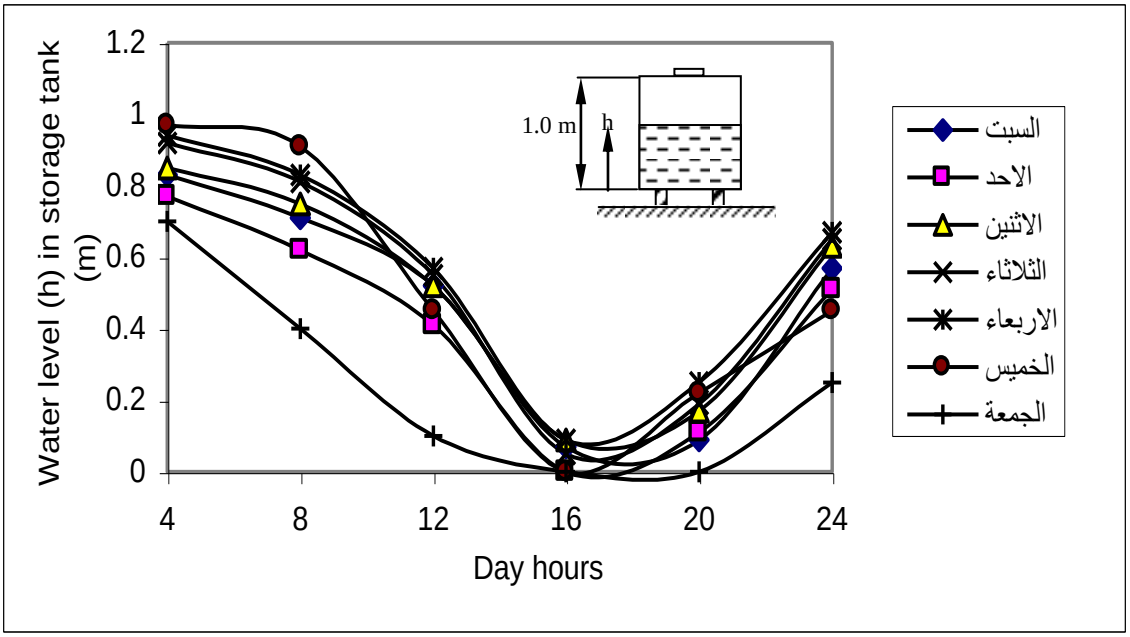


Fig.(6) Water Level in Storage Tank During Day Hours