

استخدام الطرق الرقمية الحديثة في التصميم الأمثل لشبكات الري والصرف

الدكتور عز الدين حسن*

(قبل للنشر في 1997/3/11)

□ الملخص □

يمكن أن تحتوي شبكات الري والصرف الواسعة في بعض أجزائها على منظمات حديثة لتنظيم منسوب الماء والغزارة المارة في أجزاء الشبكة. أثناء عمل هذه المنظمات تنشأ في هذه الشبكات حركة جريان غير مستقرة تعمل على توليد أمواج ذات أهمية كبرى يجب معرفة جميع عناصرها كارتفاع منسوب الماء والغزارة المارة في كل لحظة وفي نقطة من الجزء المعني وأخذ هذه القيم بعين الاعتبار أثناء تصميم هذه الأجزاء. مثل هذه الجريانات تنشأ دوماً في أحواض امتصاص محطات الضخ المقامة في هذه الشبكات وأيضاً في أحواض امتصاص محطات ضخ المياه العذبة والصرف الصحي. تتم دراسة الجريانات غير المستقرة هذه بالاعتماد على الطرق الرقمية الحديثة مثل الطريقة الوصفية متغيرة الشبكة *(CHVN) Characteristic method with variable net* والطريقة الوصفية المتضمنة للخصائص *(IMOC) Implicit method of characteristic* أعطت هاتان الطريقتان نتائج مرضية وجيدة في حساب هذه الجريانات في حوض امتصاص لمحطة ضخ متوضعة على مجمع لمياه الصرف الزراعي تغذيته تتم عبر بوابة أوتوماتيكية متوضعة على بعد 100m من المضخات. توفر هذه النتائج معرفة أبعاد هذا المجمع بحيث تعطي فترة زمنية مثالية بين إقلاعين للمضخات عندما تعمل المحطة بطاقتها العظمى وكذلك بين إيقافين وبالتالي اختيار المضخات المثلى وهكذا نحصل على توفير بالطاقة وعمر اقتصادي للمضخات وأبعاد اقتصادية للمجمع. لقد تم الحساب بمساعدة برامج بلغة الفورتران F77 سهلة الاستخدام والتقييم من قبل المستثمر.

وتظهر النتائج إمكانية تطبيق الطريقتين على جميع الأجزاء التي تظهر فيها جريانات غير مستقرة من الشبكة وبنقطة فائقة وبالتالي تصميم هذه الأجزاء الذي يكفل تحقيق توفير مادي في إقامة الشبكات وتفاذي الأخطار الممكن حدوثها نتيجة عدم أخذ الجريانات غير المستقرة بعين الاعتبار.

* مدرس في قسم الهندسة المائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

USING NEW NUMERICAL METHODS IN OPTIMUM DESIGN OF IRRIGATION AND DRAINAGE NETS

Dr. Aez Al-Deen HASSAN*

(Accepted 11/3/1997)

□ ABSTRACT □

It is possible that the large irrigation and drainage nets contain in some parts new regulators for regulating water level and passing flow. During the work of these regulators an unsteady flow results in these nets which generates important waves which we must know their sizes, water level and passing flow every time and every where from the concerned part. We should take these sizes into consideration. During designing these parts, such flows always result in pumpstation sumps which are constructed in these nets, also in pumpstation sumps of fresh water and waste water. These unsteady flows are studied depending upon new numerical methods such as the characteristic method with variable net "CHVN" and the implicit method of characteristic "IMOC". The two methods gave satisfying and good results in calculating these flows in a pump intake of pumpstation constructed on drain water collector, which is supplied through automatic gate constructed at 100m meters away from the pumps. These results enable us to know the sizes of this collector. It gives us typical period between two pumps when the pumpstation works at its maximum power also between two stops as a result choosing the best pumps. So we get saving in power and economic life for the pumps and economic sizes of the collector. The calculation is fulfilled with the aid of Fortran 77 programs, which are easy to use and evaluate by the investor. The results show the ability of using these two methods in all the parts of the unsteady flow in the net. This fulfils saves money in constructing these nets and avoidance of the possible dangers as a result of not taking the unsteady flows into consideration.

* Lecturer at Hydrolic Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Lattakia, Syria.

مقدمة:

إن تصميم أفضية الري يجري دوماً حسب قوانين الجريان المستقر بحسب التدفقات الأعظمية المحسوبة من الاحتياجات المائية للري مضافاً إليها كميات المياه المفقودة بالتسرب والتبخر. وكذلك يتم تصميم مجمعات الصرف حسب غزارة الصرف المتوقعة الأعظمية. لكن يمكن أن تحتوي بعض شبكات الري والصرف الضخمة في بعض أجزائها على أجهزة تنظيم وتوزيع حديثة أوتوماتيكية تعمل على تنظيم جريان الماء بحسب منسوب الماء الأدنى أو الأعلى لتأمين مرور الماء إلى المآخذ المائية الجانبية المتوزعة على الشبكة في هذه الأجزاء يمكن أن تنشأ جريانات غير مستقرة للمياه نتيجة لحركة البوابات المستمرة أو نتيجة لحدوث نهيارات في بعض النقاط من الشبكة وأثناء التشغيل والإيقاف لعمل الشبكة وحدث الأعطال في محطات الضخ المتواجدة في بعض نقاط هذه الشبكة. وتنشأ في جميع أحواض امتصاص المضخات حركة غير مستقرة للمياه أيضاً وخاصة عند الإقلاع والتوقف للمضخات وبالأخص المتكررة منها. على العموم يجب معرفة وحساب الأمواج الناجمة عن الحركة غير المستقرة للمياه مثل منسوب الماء والغزارة المارة في أية نقطة وفي أي زمن لأخذه بعين الاعتبار أثناء تصميم هذه الأجزاء. لهذا الغرض تم في العقود الأخيرة اللجوء إلى تطوير الطرق الرقمية الحديثة وخصوصاً منذ بداية الستينات من هذا القرن بعد اكتشاف وتطوير الحاسوب الإلكتروني. كانت هذه الطرق في البداية مقتصرة على حساب الفيضانات في الانهيار وطلورت بعد ذلك بحيث تلائم حساب الأفضية المائية بجميع أشكالها. سنقوم بهذا البحث بعرض الطريقة المميزة متغيرة الشبكة (CHVN) Characteristic method with variable net التي تعتمد على المبدأ الواضح (Explicit) والطريقة المميزة المتضمنة للخصائص التي تعتمد على المبدأ الواضح (IMOC) Implicit method of characteristic التي تعتمد على المبدأ المتضمن (Implici) وسنعرض النتائج التي توصلنا إليها بتطبيقهما في حساب الجريانات غير المستقرة الناجمة عن العمل الأوتوماتيكي لمحطة ضخ تعمل على رفع المياه من مجمع لمياه الصرف الزراعي الواقع في نهاية حوض منخفض ومغلق يطلب رفع مياهه إلى منطقة أعلى لطردها، حيث تمكننا هذه الحسابات من معرفة أسلوب عمل محطات الضخ الحديثة المركبة على مجمعات الصرف الزراعي أو الصحي المثوي إقامتها أو ترميمها التي يحتاجها المهندس المصمم لاختيار المضخات اللازمة حسب غزارة الضخ وحسب عدد مرات التشغيل. وهذه الحسابات توفر للمهندس معرفة كافة الجريانات في هذه الأحواض ومعرفة منسوب الماء الناجم وبالتالي يستطيع معرفة حجم التخزين في الحوض بين منسوب الماء الأدنى (LWL) والأعلى (HWL) فيه. إن حساب مناسيب الماء هذه كان يجري سابقاً تحت شروط الجريان المستقر وشبه المستقر، لكن هذا الحساب كان يعطي نتائج تقريبية غير دقيقة لا تتوافق مع

الظروف الحقيقية لكون الصفة غير المستقرة للجريان الناتجة خصوصاً في حالة الإقلاع والإيقاف للمضخات لها تأثير كبير على نتائج الحساب. يمكن أن تقود عدم الدقة في حساب مثل هذه الجريانات إلى اختيار مضخات أكبر حجماً واستطاعة وبالتالي إلى تشغيل متكرر أكثر ولكن بفواصل زمني أقصر يفوق العدد المسموح به [حسن وجناد، 1993].

1- القواعد الرياضية لمحاكاة الجريانات غير المستقرة:

تمثل معادلتنا (Siant-Venant) معادلة الاستمرار (1) ومعادلة الحركة (2) العلاقات الأساسية لوصف الجريانات المتغيرة تدريجياً غير المستقرة في المجاري المائية بشكل عام ومنها تلك الناجمة في شبكات الري والصرف التي يمكن أن تحل وتكامل بمساعدة الطرق الرقمية الحديثة تكتب هذه المعادلات بشكلها المبسط التالي:

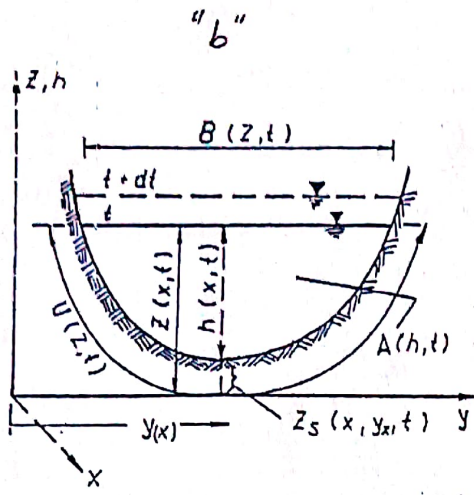
$$\frac{\partial V}{\partial X} + V \frac{\partial A}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$g \frac{\partial h}{\partial x} + V \frac{\partial v}{\partial v} + \frac{\partial v}{\partial t} - g \left(I_s - \frac{V |V|}{M^2 R^{4/3}} \right) = 0 \quad (2)$$

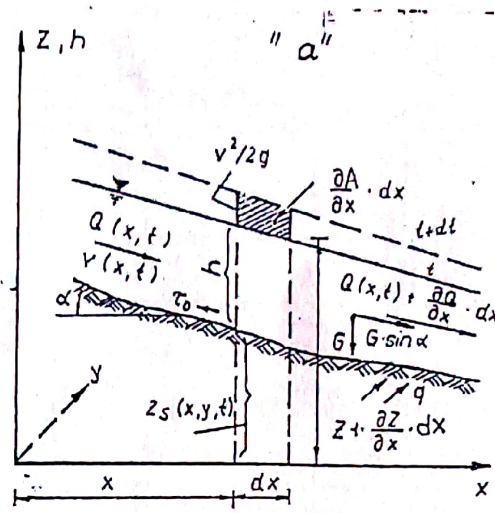
حيث أن:

V	: سرعة الجريان الوسطية
(m/s)	
A	: مساحة مقطع الجريان
(m ²)	
g	: الجاذبية الأرضية
(m/s ²)	
I _s	: ميل قاع المجرى المائي
M	: معامل مانينغ شتركلر للخشونة
(m ^{1/3} /s)	
R	: نصف القطر الهيدروليكي
(m)	
H	: عمق الجريان في المجرى
(m)	

لقد افترض عدم وجود جريان جانبي أو خارج من المجرى. الشكل رقم (1) تخطيطاً واضحاً للعناصر الداخلة في معادلات SV.



b: مقطع عرضي عند الموقع



a: مقطع طولي

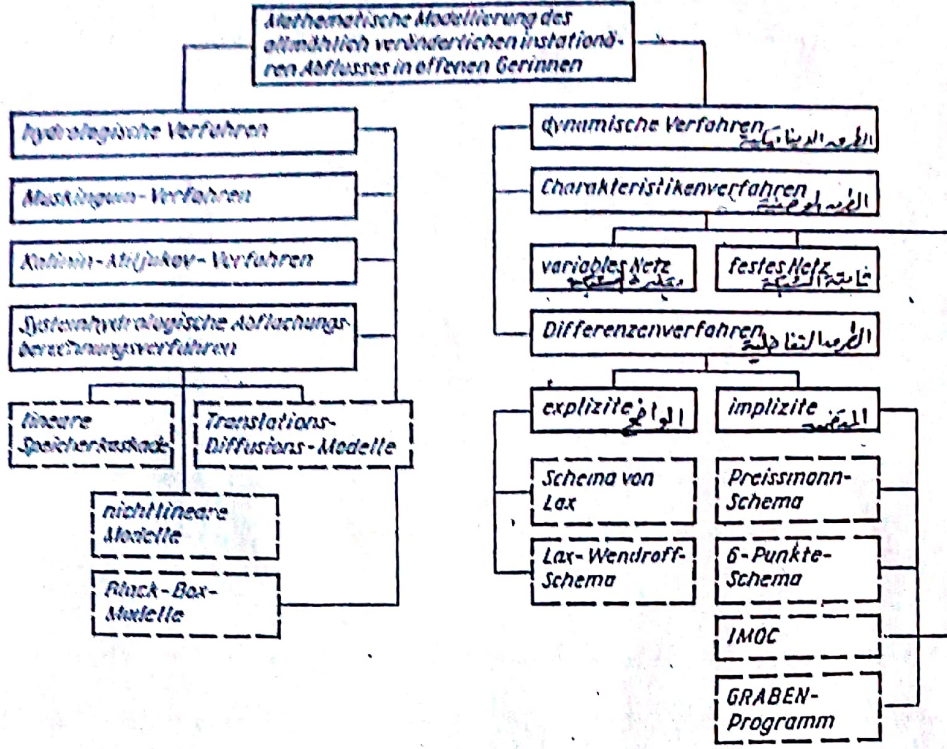
الشكل (1): مخطط توضيحي للعناصر الداخلة في معادلات SV.

لقد وضعت هذه المعادلات في الأساس لمحاكاة الجريانات المتغيرة تدريجياً ولكن في العقود الأخيرة طورت واستخدمت حلولاً كثيرة للجريانات غير المستقرة وحيدة البعد في الألفية المكشوفة بالاستناد إلى هذه المعادلات باستخدام الحواسيب الإلكترونية ذات الاستطاعة الكبيرة. تصف هذه الحلول في مجموعتين رئيسيتين هيدرولوجية وديناميكية [1،7]. تستخدم الطرق الهيدرولوجية في محاكاة الفيضانات في المجاري الطبيعية كالأنهار بينما تستخدم الطرق الديناميكية في حساب ومحاكاة الجريانات غير المستقرة في الألفية والمجاري الاصطناعية التي تستدعي دقة أكبر وسنقوم بعرض مبدأ الطرق الديناميكية فقط تاركين للقارئ الكريم الإطلاع على الطرق الهيدرولوجية في المراجع العلمية المختصة.

1-1: الطرق الديناميكية:

تمتد الطرق الديناميكية على المعادلتين (1) و(2) حيث تشكل هاتان المعادلتان جملة معادلات غير خطية يمكن حلها تبعاً للوظائف المطلوبة المحددة بمساعدة الشروط الطرفية والبيئية لمعرفة التغيرات الزمنية لمنسوب الماء والغزارة المارة في مقاطع المجري المائي قيد الدراسة. إن الطرق الديناميكية هي من العمليات الرياضية الرقمية الصعبة المتكررة لهذا السبب تكمن الحاجة الملحة لاستخدام الحواسيب الإلكترونية المتطورة. يمكن للمرء أن يفرق بين مجموعتين أساسيتين من الطرق الديناميكية الطرق الوصفية والطرق التفاضلية (انظر الشكل 2) يقسم في هذه الطرق عادة زمن الحساب وطول المجري قيد الدراسة إلى خطوات يتلق مقدارها بدقة الحساب المطلوبة.

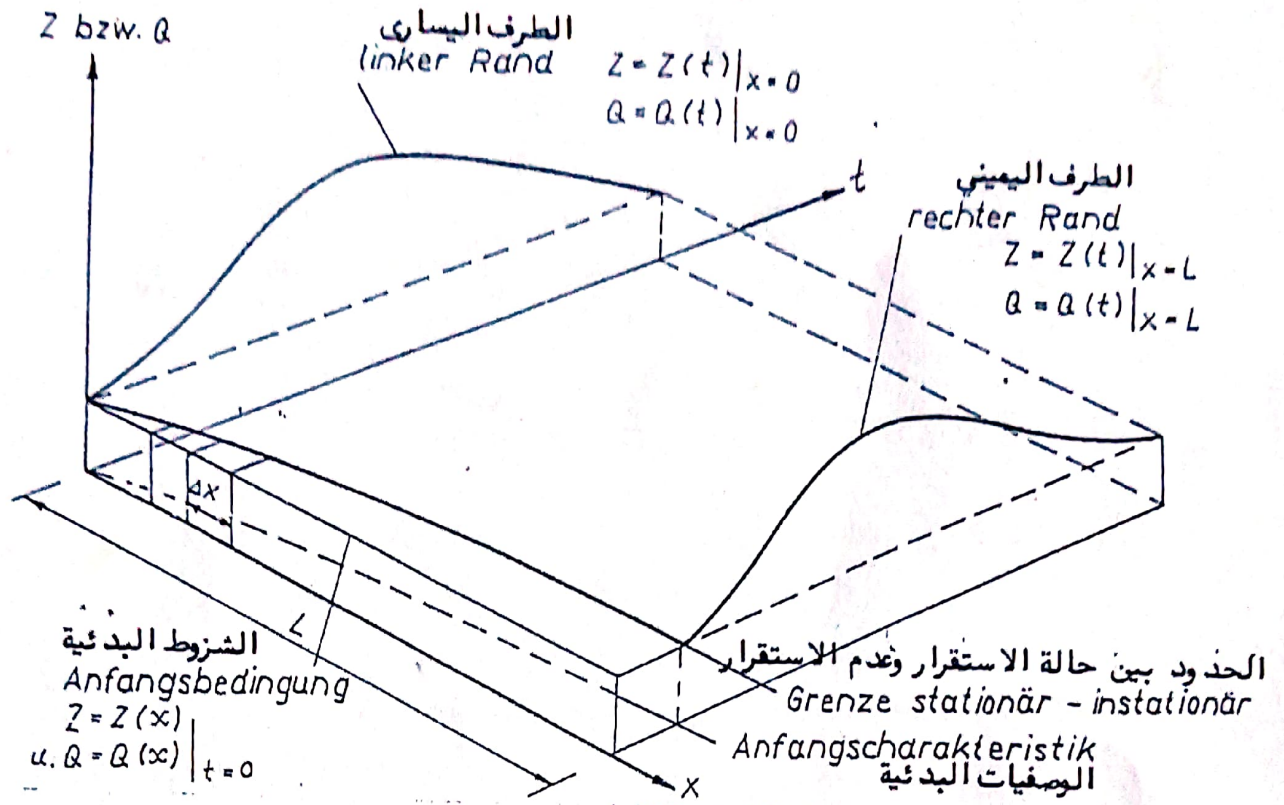
وتقرب المعادلات التفاضلية إلى فروقات خطية في الخطوة الزمنية والطولية المختارة.



الشكل (2): اختيار الطرق الرياضية لمحاكاة الجريانات غير المستقرة المتغيرة تدريجياً

يمكن الحصول على حلول المعادلتين (1) و(2) بحساب مساحة التكامل لكل منسوب وغازة عند كل مقطع بمساعدة الشروط الطرفية والبدئية للحساب وتهدف جميع الطرق حساب هذه المساحات بدقة قدر الإمكان (الشكل 3).

في هذا البحث تم اختيار الطريقة الوصفية متغيرة الشبكة (CHVN) ومقارنتها بالطريقة الوصفية المتضمنة للخصائص (IMOC) لحساب الجريان في مجمع للصرف ومقارنتها أيضاً مع الطريقة الوصفية ثابتة الشبكة (CHFV) والبرنامج (Graben).

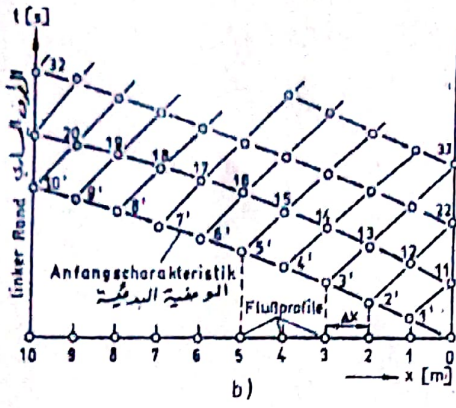


الشكل (3): مساحة التكامل لـ Z و Q عند إعطاء الشروط البدئية والطرفية

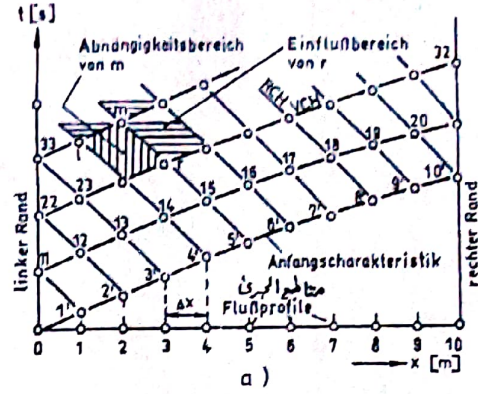
2-1: قواعد الطريقة الوصفية متغيرة الشبكة:

تستخدم الطريقة المميزة منذ الخمسينات من هذا القرن كطريقة تكاملية وصفية فراغية أثناء انتشار الأمواج. تستند هذه الطريقة على التسهيلات المعتبرة للمعادلات الأساسية (1 و 2) وذلك عبر تغييرات فعالة للإحداثيات. تنطلق هذه الطريقة الحاسوبية من الحقيقة القائلة: أن الاضطرابات الخفيفة في إحدى المجاري المائية لحالة الجريانات المتخامدة تنتشر مع انعكاس التيار بسرعة محددة. عند مراقبة المرء لمسار إحدى الاضطرابات في المستوى x و t التي تنطلق من نقاط البعد بينهما dx (انظر الشكل 4).

يمكن ملاحظة مسار ما ناتج من تقاطع المنحنيات التي هي وصفيات أمامية تتشكل بجهة الجريان و تلك الوصفيات التراجعية المتشكلة عكس الجريان وتشكل شبكة من الوصفيات (انظر الشكل 4). بهذا ينشأ من تقاطع الوصفيات مجالات (الشكل 4-أ) التي بموجبها لا تؤثر الاضطرابات والتغيرات خارج النقاط r و L على الحل في النقطة m ويسمى ذلك مجال التأثير لـ m . تحدد الوصفيات المنطلقة من L و r و m التأثيرات الناتجة من هذه النقاط وتثبت مجالات التأثير هذه.



b: ينطلق الاضطراب من الطرف اليميني



a: ينطلق الاضطراب من الطرف اليساري

الشكل (4): أشكال حساب الوصفيات

لقد اشتقت العلاقات الأساسية لهذه الطريقة في [Dorer, 1972] واستخدمت من

[Hassan, 1989] بالشكل التالي:

$$(3) \text{ وصفات أمامية } \frac{dx}{dt} = v + \sqrt{g \cdot A/B}$$

$$(4) \text{ وصفات تراجعية } \frac{dx}{dt} = v - \sqrt{g \cdot A/B}$$

وباعتبار كل من Z و V كرموز لمنسوب الماء وسرعة الجريان في المقطع تكتب المعادلتان التاليتان للوصفية الأمامية والتراجعية على التوالي (باعتبار أن $C = \sqrt{g \cdot A/B}$ سرعة انتشار الأمواج و $R_g = M^2 \cdot R^{4/3}$ عنصر الاحتكاك).

$$C \cdot \frac{dv}{dt} + g \cdot \frac{dz}{dt} + g \cdot \frac{v}{B} \left(\frac{\partial A}{\partial X} \right)_{Z=const} + c \cdot g \cdot \frac{v \cdot |v|}{R_g} = 0 \quad (5)$$

$$C \cdot \frac{dv}{dt} - g \cdot \frac{dz}{dt} - g \cdot \frac{v}{B} \left(\frac{\partial A}{\partial X} \right)_{Z=const} + c \cdot g \cdot \frac{v \cdot |v|}{R_g} = 0 \quad (6)$$

حيث B عرض سطح الماء في المجرى مقدراً بالمتر.

في الطريقة المميزة متغيرة الشبكة (CHVN) يتم اختيار شكل الحساب (الشكل 4)

انطلاقاً من مبدأ انتشار الاضطراب وبحيث يتم تعويض نسب الفروقات مكان النسب التقاضية

حسب الشكل التالي:

بالنسبة للمتحويلات الأساسية وفي حالة الوصفيات الأمامية

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &\approx \frac{x_m - x_1}{t_m - t_1} \\ \frac{dz}{dt} &\approx \frac{Z_m - Z_1}{t_m - t_1} \\ \frac{dv}{dt} &\approx \frac{V_m - V_1}{t_m - t_1}\end{aligned}\quad (7)$$

وبالنسبة للمتحولات الأساسية في حالة الوصفيات التراجعية

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &\approx \frac{x_m - x_r}{t_m - t_r} \\ \frac{dz}{dt} &\approx \frac{Z_m - Z_r}{t_m - t_r} \\ \frac{dv}{dt} &\approx \frac{V_m - V_r}{t_m - t_r}\end{aligned}\quad (8)$$

وباستخدام قاعدة شبه المنحرف للتكامل تنتج العلاقات العامة التالية للعمل بالطريقة
:(CHVN)

$$\frac{X_m X_1}{t_m - t_1} = \frac{1}{2}(V_m + C_m + V_1 + C_1) \quad (9)$$

$$\begin{aligned}\frac{X_m X_r}{t_m - t_r} &= \frac{1}{2}(V_m - C_m + V_1 - C_1) \\ \frac{(C_m + C_1)(V_m + V_1)}{2(t_m - t_1)} &+ g \cdot \frac{Z_m + Z_1}{t_m + t_1} + \frac{1}{2}\end{aligned}\quad (10)$$

$$\begin{aligned}\left(g \cdot \frac{V_m}{B_m} \cdot d_{1m} + g \cdot C_m \cdot V_m \cdot \frac{|V_m|}{R_{g,m}} + g \cdot \frac{V_1}{B_1} \cdot d_1 + g \cdot C_1 \cdot V_1 \cdot \frac{|V_1|}{R_{g,1}} \right) &= 0 \\ \frac{(C_m + C_r)(V_m + V_r)}{2(t_m - t_r)} - g \cdot \frac{Z_m + Z_r}{t_m + t_r} + \frac{1}{2}\end{aligned}\quad (11)$$

$$\left(g \cdot \frac{V_m}{B_m} \cdot d_{rm} - g \cdot C_m \cdot V_m \cdot \frac{|V_m|}{R_{g,m}} + g \cdot \frac{V_r}{B_r} \cdot d_r - g \cdot C_r \cdot V_r \cdot \frac{|V_r|}{R_{g,r}} \right) = 0 \quad (12)$$

إن قيم A_m , B_m , R_{gm} هي توابع لارتفاع منسوب الماء المحسوب عند النقطة m ذات الإحداثيات X_m و t_m . تحسب تغيرات مساحة مقطع الجريان d_1 , d_{1m} و d_{rm} من العلاقات التالية:

$$\begin{aligned}d_1 &= \frac{A_{m1} - A_1}{X_m - X_1} & d_{1m} &= \frac{A_m - A_{1m}}{X_m - X_1} \\ d_r &= \frac{A_{mr} - A_r}{X_m - X_r} & d_{rm} &= \frac{A_r - A_m}{X_m - X_r}\end{aligned}\quad (13)$$

حيث أن:

- A_{1m} : هي مساحة مقطع الجريان عند النقطة L محسوبة بمنسوب الماء عند النقطة m .
- A_{rm} : هي مساحة مقطع الجريان عند النقطة r محسوبة بمنسوب الماء عند النقطة m .
- A_{m1} : هي مساحة مقطع الجريان عند النقطة m محسوبة بمنسوب الماء عند النقطة L .
- A_{mr} : هي مساحة مقطع الجريان عند النقطة m محسوبة بمنسوب الماء عند النقطة r .

لا تحل العلاقات من (9) إلى (13) إلا بالتقريب المتتالي لكونها غير خطية عبر دورتين (7) إن اختيار الخطوات الزمنية d_t يتعلق بقيمة الخطوة d_x (المسافة بين المقاطع الحاسوبية وميل الوصفيات وتحسب بشكل أوتوماتيكي من شرط [4,10]COURANT

$$dt = \frac{dx}{|v|+|c|} \quad (14)$$

تؤدي الخطوة الزمنية القصيرة جداً وخاصة في حالة الجريانات المتغيرة تدريجياً ذات المدة الطويلة كالفيضانات إلى إطالة مدة الحساب مما يؤدي إلى الحد من استخدام هذه الطريقة.

1-3: قواعد الطريقة الوصفية المتضمنة للخصائص (IMOC):

لقد عولجت القواعد الرياضية للطريقة الوصفية المتضمنة للخصائص بشكل مستفيض في [15] فعند اشتقاق العلاقات الوصفية لهذه الطريقة أخذ بعين الاعتبار العلاقة الزمنية لمنسوب الماء $Z(x,t)$ (وبالتالي عمق الجريان h) التي حُملت إلى المتحول الآني $A(x,t)$ مساحة المقطع بنفس الوقت فقد اعتبر تقريب آخر.

$$\frac{\partial A}{\partial h} = B \quad \text{باعتبار أن} \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial h} \times \frac{\partial h}{\partial t}$$

عند هذه الشروط يمكن أن تكتب العلاقاتان (1 و2) مصفوفة بالشكل

$$\begin{vmatrix} A \\ V \end{vmatrix}_t + \begin{vmatrix} V \\ g \cdot \frac{\partial h}{\partial A} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} A \\ V \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ F \end{vmatrix} \quad (15)$$

باعتبار أن:

$$F = g \cdot (I_s - I_e) - g \cdot \frac{\partial h}{\partial x}$$

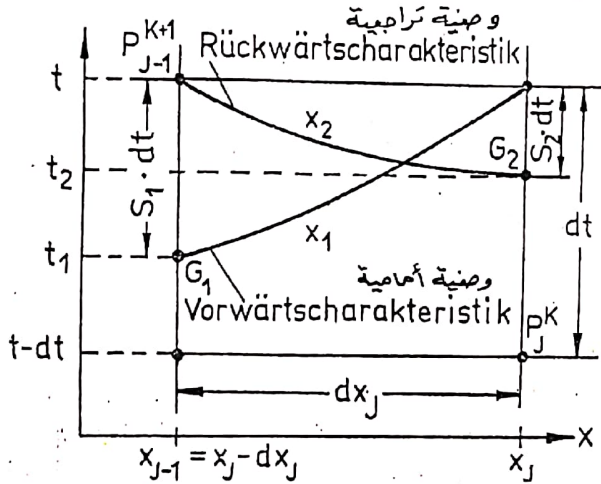
حيث أن الدليلين x و t يمثلان الاشتقاق الجزئية للمتحويلات بالنسبة للزمن والموقع كما هو في الطريقة CHVN يمكن أن تكتب العلاقات الأساسية بدون أخذ الغزارة الجانبية بعين الاعتبار في جملة علاقات وصفية بالشكل

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= v + \sqrt{g \cdot A \cdot \frac{\partial h}{\partial A}} \\ \frac{dx}{dt} &= v - \sqrt{g \cdot A \cdot \frac{\partial h}{\partial A}} \end{aligned} \quad (16)$$

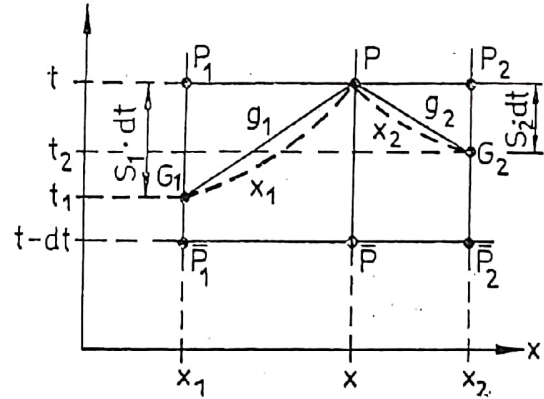
$$\sqrt{g \cdot \frac{\partial h}{\partial A} \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{dA}{dt} + \frac{dv}{dt}} = F \text{ وصفية أمامية} \quad (17)$$

$$-\sqrt{g \cdot \frac{\partial h}{\partial A} \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{dA}{dt} + \frac{dv}{dt}} = F \text{ وصفية تراجعية}$$

أثناء حل العلاقات بمساعدة المخططات المتضمنة (شكل 6 و 6) تقرب الوصفيات X_1 و X_2 المارة بالنقطة P والتي سنحسب عندها القيم $A(x,t)$ و $V(x,t)$ وبالتالي $Q(x,t)$ إلى مستقيمتين g_1 و g_2 . إن ميل أو صعود هذه الوصفيات X_1 و X_2 يمكن أن يحسب من العلاقات الوصفية الأمامية والتراجعية [16] عبر النقطة P . تقع النقاط G_1 و G_2 على المسافات بين النقاط P_1 و P_2 أو P_2 و P_1 أو P_1 و P_2 أو P_2 و P_1 بالعلاقة مع شكل الجريان (متخامد أو سريع) وبالعلاقة مع اختيار الخطوة الزمنية dt [7].



الشكل (6): العنصر الحسابي (الشبكي) بوصفية أمامية وتراجعية



الشكل (5): الشكل المتضمن للجريان المتخامد عند عدم الحفاظ على شرط COURANT [14]

في أحد أجزاء المجرى المائي بين المقاطع J و $J-1$ (الشكل 6) في حالة الجريان المتخامد وفي حالة عدم المحافظة على شرط COURANT [14] أي أن dt تختار كبيرة وبعد إعادة صياغة العلاقات الأساسية وباعتبار أن A و Q هي المجاهيل المرتبطة يمكن أن تكتب العلاقات المستخدمة للحل بشكل مصفوفة كالتالي:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q(P_{J-1}, k+1) \\ Q(P_J, k+1) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A(P_{J-1}, k+1) \\ A(P_J, k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} \quad (18)$$

حيث أن العناصر الموجودة في العلاقة (18) تأخذ بعين الاعتبار لاختية العلاقات الأساسية وتأخذ القيم التالية:

$$a_{11} = -1 + S_1 + (g \cdot dt \cdot S_1) / 2 \cdot (1 - S_1) \cdot |v| / Rg \cdot (G1)$$

$$a_{12} = 1 + (g \cdot dt \cdot S_1) / 2 \cdot |v| / Rg \cdot (P_{J,k+1})$$

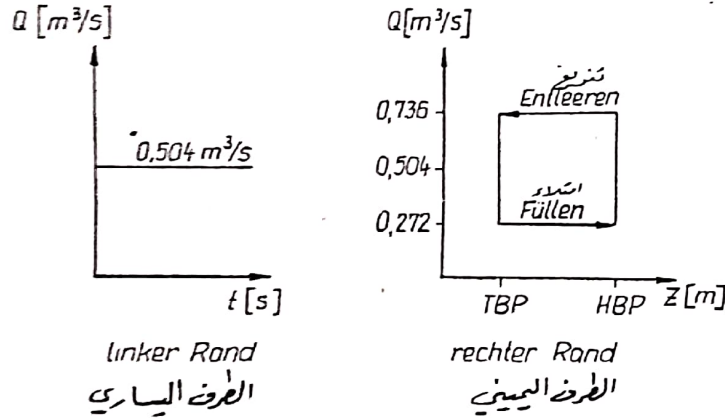
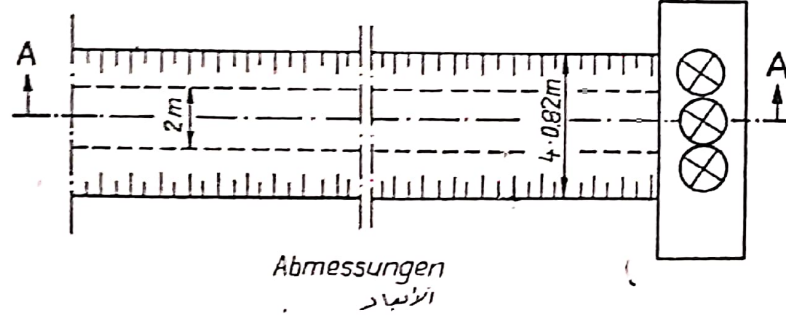
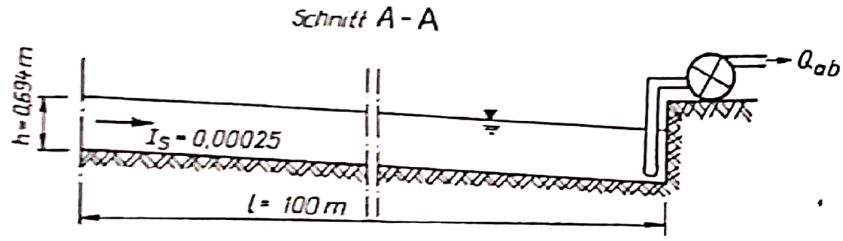
$$\begin{aligned}
a_{21} &= 1 + (g \cdot dt \cdot S_2) / 2 \cdot |v| / Rg |_{(PJ-1.k+1)} \\
a_{22} &= S_2 - 1 + (g \cdot dt \cdot S_2) / 2 \cdot (1 - S_2) \cdot |v| / Rg |_{(G2)} \\
b_{11} &= (1 - S_1) \cdot (\bar{x}_2 + (g \cdot dt \cdot S_1) / 2 \cdot dw_1) \\
b_{12} &= (g \cdot dt \cdot S_1) / 2 \cdot dw_1 - \bar{x}_2 \\
b_{21} &= (g \cdot dt \cdot S_2) / 2 \cdot dw_2 - \bar{x}_1 \\
b_{22} &= (1 - S_2) \cdot (\bar{x}_1 + (g \cdot dt \cdot S_2) / 2 \cdot dw_2) \\
V_1 &= A_{(PJ-1.k)} \cdot (\bar{x}_2 \cdot S_1 - (g \cdot dt \cdot S_1^2) / 2 \cdot dw_1) + Q_{(PJ-1.k)} \cdot (S_1 - (g \cdot dt \cdot S_1^2) / 2 \cdot |v| / Rg |_{(G1)}) \\
V_2 &= A_{(PJ.k)} \cdot (\bar{x}_1 \cdot S_2 - (g \cdot dt \cdot S_2^2) / 2 \cdot dw_2) + Q_{(PJ.k)} \cdot (S_2 - (g \cdot dt \cdot S_2^2) / 2 \cdot |v| / Rg |_{(G2)}) \\
Rg &= M^2 \cdot R^{4/3} \\
dx_1 &= x - x_1, t_1 = t - dx_1 / \dot{x}_1 \\
A_{(G1)} &= A_{(P1)} \cdot S_1 + A_{(P1)} \cdot (1 - S_1) \\
Q_{(G1)} &= Q_{(P1)} \cdot S_1 + Q_{(P1)} \cdot (1 - S_1) \\
S_1 &= dx_1 (dt / \dot{x}_1) \\
\dot{x}_2 &= (Q / A - \sqrt{g \cdot A \cdot \partial h / \partial A}) /_{(P)} \\
dx_2 &= x - x_2, t_2 = t - dx_2 / \dot{x}_2 \\
A_{(G2)} &= A_{(P2)} \cdot S_2 + A_{(P2)} \cdot (1 - S_2) \\
Q_{(G2)} &= Q_{(P2)} \cdot S_2 + Q_{(P2)} \cdot (1 - S_2) \\
S_2 &= dx_2 (dt / \dot{x}_2) \\
dw_1 &= (z_{(PJ)} - z_{(G1)}) / dx - \partial h / \partial A \cdot (\partial A / \partial x) \\
dw_2 &= (z_{(PJ+1)} - z_{(G1)}) / dx - \partial h / \partial A \cdot (\partial A / \partial x)
\end{aligned}$$

تستخدم هذه العلاقات لكل المقاطع لمنطقة الحساب وتشكل جملة معادلات مكونة من (n-2) علاقة خطية والتي تحل بمساعدة الشرطين الطرفين. وأيضاً يجب أن تستخدم دورتين من التقريب المتتالي فالدورة الأولى تهدف إلى تحسين الميل الوسطي للوصفيات (تقريب داخلي) والدورة الثانية (التقريب الخارجي) يقود إلى حساب المتحولات A و Q. لقد استخدمت الطريقتان في حساب حالات خاصة وعامة بعد اختبارها. على تجارب مخبرية وأثبتنا دقة متناهية [Hassan, 1989].

2- استخدام الطريقتين CHVN و IMOC في حساب الجريان غير المستقر في مجمع لمياه الصرف الزراعي:

لقد أخذ مجمع صرف مكشوف ذي مقطع شبه منحرف كمثال اختباري للطريقتين CHVN و IMOC وكان قد تم اختيار الطريقة الوصفية ثابتة الشبكة والبرنامج Graben على نفس المجمع وكان لهذا المجمع نفس الأبعاد الهندسية التالية:

الميل الطولي للقاع 0.00025	عرض القاع 2m	الطول L = 100m
عمق الجريان 0.964m	معامل مانينغ 25m ^{1/3} /S	ميل الجوانب 1/1.5
		الغزارة الثابتة القادمة Q = 0.504m ³ /S



الشكل (7): مقطع ومسقط والشروط الطرفية لمجمع الصرف.

الشكل رقم (7) يوضح مسقطاً ومقطعاً والشروط الطرفية اليساري واليميني للمجمع المكشوف. الشرط الطرفي اليساري من الدرجة الثانية أي قد أعطيت الغزارة كتابع للزمن $Q = f(t)$ وهي الغزارة الثابتة الداخلة إلى المجمع (انظر الشكل 7). أما الشرط الطرفي اليميني فهو من الدرجة الثالثة حيث أن الغزارة قد أعطيت كتابع لمنسوب الماء. لقد سمح لمنسوب الماء أن يتحول بين منسوب الماء الأدنى LWL والأعلى HWL (الشكل 7) ويتم التحكم بمنسوب الماء عن طريق التشغيل الجزئي لمحطة الضخ في الطرف اليميني ففي حالة الإملاء تشغل المحطة بغزارة $0.272 \text{ m}^3/\text{s}$ حتى وصول الماء إلى قيمته العظمى HWL عندئذ تشغل المحطة بطاقتها العظمى $Q = 0.73 \text{ m}^3/\text{s}$ حتى وصول منسوب الماء إلى قيمته الدنيا (LWL) عند هذا المنسوب تعود المحطة لتعمل جزئياً بغزارتها الدنيا $Q = 0.772 \text{ m}^3/\text{s}$

وهكذا لقد تم وضع البرنامج (KANA) لحساب الجريان في الحوض باستخدام الطريقة الوصفية متغيرة الشبكة (CHVN) والبرنامج (Canalimoc) للحساب بالطريقة الوصفية المتضمنة للخصائص (IMOC) وكتب البرنامجان بلغة الفورتران 77 ويعملان على الأجهزة المكافئة للحواسب IBM في النظام MS DOS.

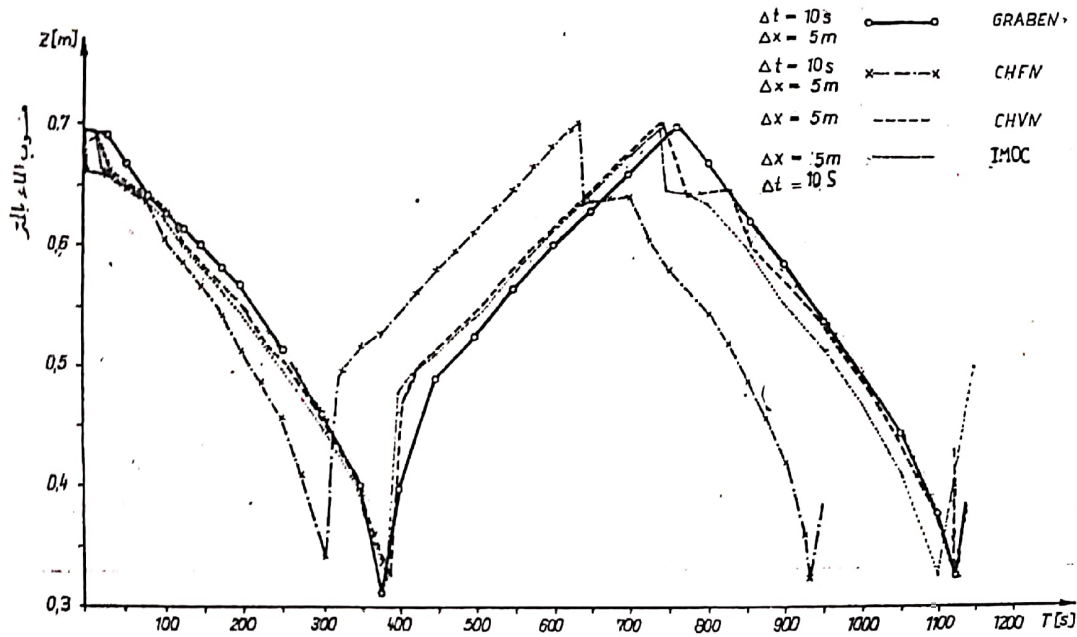
اعتبر كشرط بدئية الجريان المنتظم بغزارة ثابتة $Q = 0.504 \text{ m}^3/\text{S}$ على كامل المجمع وبعمق للجريان ثابت وقدره 0.694 m وكذلك تحسب سرعة الجريان ومنسوب الماء لكامل المقاطع الحسابية بعد اختيار خطوة لمسافة dx والخطوة الزمنية dt ثم تدخل جميعاً كشرط بدئية في البرنامج.

بعد عمل البرنامج مرحلة من الجريان المنتظم لاختبار البرنامج وخطوة المسافة يمكن أن ينفذ البرنامج بالشكل التالي:

رفع الغزارة عند الطرف اليميني (غزارة الضخ) إلى $Q = 0.736 \text{ m}^3/\text{S}$ ينخفض الماء هناك إلى LWL .

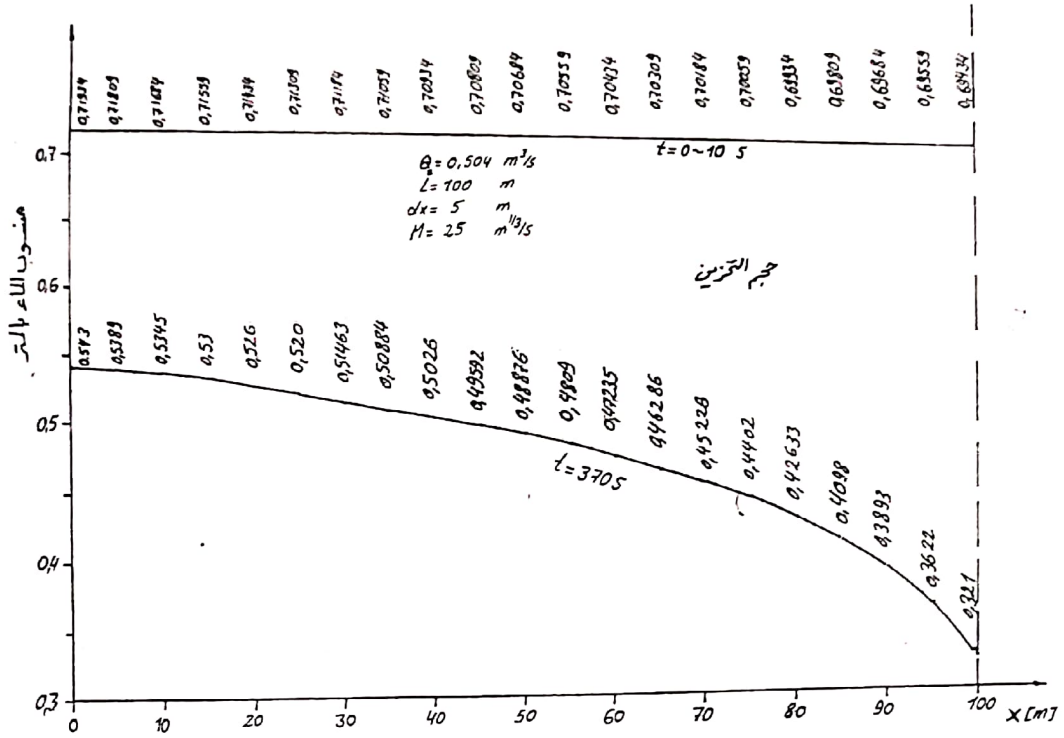
وحسب الشرط الطرفي تتوقف المضخات جزئياً وتنخفض الغزارة إلى $Q = 0.272 \text{ m}^3/\text{S}$ عندئذ يرتفع منسوب الماء إلى HWL .
رفع الغزارة إلى $0.736 \text{ m}^3/\text{S}$ وهكذا.

بعد عدة تكرارات توقف عملية الحساب ثم يقارن مسار منسوب الماء لحالات التكرار. قبل أن تقوم بهذا الحساب يجب أن نبحث عن الخطوة dx المثالية لكي نحافظ على دقة الحساب وبنفس الوقت نوفر في زمن الحساب ونتيجة الاختبارات المجرأة سابقاً والتي أجريناها على الطريقتين ولإبقاء إمكانية المقارنة قائمة اخترنا الحساب بالخطوة $dx = 5 \text{ m}$ التي يعتبر بها الحساب دقيقاً بقدر كافٍ وتحسب خطوة الزمن dt حسب علاقة Courant بالنسبة للطريقة CHVN أما بالنسبة للطريقة IMOC فقد تم اختيار $dt = 10 \text{ S}$ للمحافظة على الشرط الذي ذكر في [7] بأن dt يجب أن تكون أكبر أو تساوي لضعف dt_c على الشرط الذي ذكر في [7] بأن $dt \geq 2 \cdot dt_c$ حيث أن dt_c خطوة الزمن المحسوبة بالعلاقة (14).



الشكل (8): مسار منسوب الماء عند المضخات بالعلاقة من الزمن.

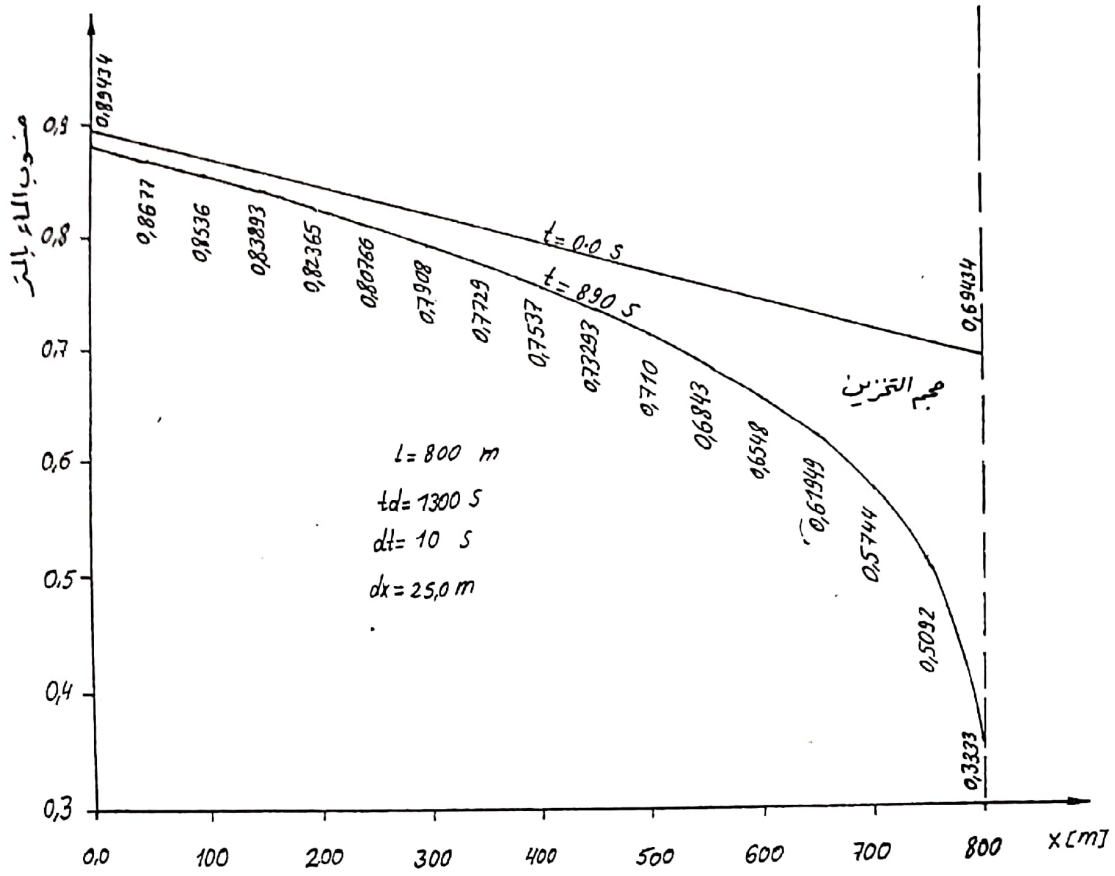
لقد رسم في الشكل (8) مسار منسوب الماء المحسوب عند الطرف اليميني بالطرق GRABEN و CHFV و IMOC و CHVN يظهر هذا الشكل مدى تطابق نتائج الحساب بين الطريقتين CHVN و IMOC والطرق الأخرى. ويظهر الشكل الفاصل الزمني بين تشغيلين للمحطة بطاقتها العظمى والذي يساوي 720S للطريقة IMOC و 725S للطريقة CHVN بينما بلغت الفترة الزمنية بين إيقافين لهذا التشغيل 735S للطريقة IMOC و 710S للطريقة CHVN. هذه الفواصل مناسبة إلى حد ما بالنسبة للمضخات الصغيرة المركبة في محطة الضخ وهي ضمن الحدود المسموحة للتشغيل [حسن وجناد، 1993]. عندما نريد زيادة هذه الفواصل علينا أن نزيد من طول المجمع وكذلك من حجم تخزينه عن طريق زيادة أبعاده الهندسية (عرض القاع وميل الجوانب) فعند اختبارنا لتأثير طول المجمع على الفترة الزمنية بين تشغيلين للمحطة بطاقتها العظمى بلغت هذه الفترة 1050S عند زيادة طول المجمع إلى 150m مع ثبات بقية المعطيات. وحصلنا على نتائج شبيهة عند زيادة العرض إلى $B = 2.5m$ فبلغت الفترة الفاصلة بين تشغيلين 977S عند طول 100m للمجمع.



الشكل (9): حجم التخزين الممكن في المجمع عند طول محدود (100m).

يظهر الشكل رقم (9) حجم التخزين لهذا المجمع عند طول (L = 100m) الذي أخذ بين مسار منسوب الماء عند الجريان المستقر عندما لا تعمل المضخات (t = 0.0 S) وبين مسار منسوب الماء عند بلوغه الحد الأدنى (LWL) المسموح به. تسيطر في هذا المجمع دوماً حالة الجريان غير المستقر لذلك من المستحسن فصله عن الأجزاء الأخرى من شبكة الصرف ببوابة مسطحة أو أوتوماتيكية لكي نحافظ على حركة شبه مستقرة في الشبكة.

يوضح الشكل رقم (10) حجم التخزين في مجمع الصرف الذي لا يحتوي على بوابة. ويظهر هذا الشكل أن تأثير المضخات على حركة الجريان يبدو ذا تأثير حتى المجال (800m) تقريباً من المحطة. وهذا يؤكد ضرورة فصل هذا الجزء عن شبكة الصرف. كما يتبين لنا أنه عندما تكون غزارة الصرف القادمة Q أصغر من الغزارة العظمى للضخ بقليل نحصل على زمن تفريغ للمجمع طويل جداً ولكن يكون زمن الإملاء قصيراً؛ وعلى العكس عندما تكون الغزارة القادمة أكبر بقليل من الغزارة الدنيا للمحطة نحصل على زمن إملاء طويل وزمن تفريغ قصير. لذلك عند اختيار مضخات يجب أن نأخذ ذلك بعين الاعتبار.



الشكل (10): حجم التخزين في مجمع الصرف عند طول لا محدود (800m).

3- خاتمة:

إن استخدام كلتا الطريقتين لمحاكاة الجريان غير المستقر المتغير بشكل مفاجئ كما هو الحال في مجمع الصرف قيد الدراسة أمر ممكن وخاصة بالطريقة الوصفية المتضمنة للخصائص التي أظهر دقة في الحساب واستقراراً ممتازاً ناجماً عن خصائصها الرياضية وخصوصاً علاقة ارتفاع الماء الزمنية التي جملت على مساحة الجريان وبذلك نكون قد قللنا من أخطار تأثير الانتقال المفاجئ لارتفاع من قيمة إلى أخرى نظراً لكبر مساحة الجريان. على العكس أظهرت الطريقة الوصفية متغيرة الشبكة أحياناً تقاطعاً لمسارات الوصفيات (الشكل 4) لكون ظروف وضع العلاقات الأساسية للجريان [1,2] لم تعد متوفرة ولا تكفي هذه المعادلات وحدها لحساب الجريان لعدم مراعاتها لفوائد الطاقة التي تظهر في مثل هذه الحالات (انتقال مفاجئ، حركة جائشة للماء، قفزة مائية) وخصوصاً عندما يصل عمق الجريان إلى العمق الحرج عندها تتوقف الطريقة CHVN عن العمل لكون $(V = C)$ وبالتالي ينهاى الحد $dh/sx \rightarrow \alpha$ عند ذلك يصبح عمق الجريان في التقريب التالي α . في هذه النقاط يمكن الاستعانة بتطبيق معادلات القفزة المائية و انحفاظ الطاقة [Hassan, 1989] يمكن تجنب هذه الحالة في بحثنا بعدم فرض منسوب للماء الأدنى (LWL) يقارب أو أصغر

من العمق الحرج للجريان. دون ذلك تصلح هذه الطريقة أيضاً لحساب مثل هذه الحالات وبدقة فائقة [7]. ويوفر الحساب بهاتين الطريقتين اختيار المضخات الأمثل الواجب تركيبها في محطة الضخ وكذلك اختيار أبعاد المجمع التي توفر أكبر تخزين ممكن من أطول فترة ممكنة بين إقلاع المضخات مما يؤمن عمراً أطول للمحركات واستهلاكاً أقل للطاقة.

REFERENCES

المراجع

- [1]- حسن عز الدين وجناد هيثم، 1993 محطات الضخ، مديرية الكتب والمطبوعات بجامعة تشرين، اللاذقية.
- [2]- BOLLRICH, G. und Autorenkollektiv: Technische Hydromechanik Bd.2 Berlin, VEB Verlag fuer Bauwesen, 1989, 680S.
- [3]- BRECHER, E: Anwendung und testung von Verfahren zur berechnung instationaerer Abflussvorgaenge in Kanaelen von Be- und Entwaesserungssystemen, Diplomarbeit, Dresden 1989 61S.
- [4]- DRACOS, Z.: Die Berechnung des instationaern Abflusses in offenen Gerinnen beliebiger Geometrie. Scheizerische Bauzeitung 88(1970)19,S. (413-420).
- [5]- DORER, H.: Berechnung des instationaern Abflusses in nicht-prismatischen offenen Gerinnen. Mitteilungsblatt der BAW Nr 31,1972,77S.
- [6]- DYCH, S.; NGO TRONG,T.: Zur Berechnung des Abflusses von Wasserwellen in Flussen und Gerinnen mit dynamischen und gydrologischen Verfahren. Wissenschaftliche Aeitschrift der TU Dresden 28 (1979)6.
- [7]- GRECO F.; PANATTONI, L.: An implicit method to solve SAINT-VENANT- Equations. Jornal of Hydrology, 24(1975) B.171-185.
- [8]- HASSAN, I.: Beitrach zur simulation der nichtstationaern Gerinnestroemung unter besonderer Beruecksichtigung der gyroautomatischen Regulirung in Bewaesserungssystemen. Diss. A. TU Dresden, 1989, 103S.
- [9]- HASSAN, I.; KUMMER, V.: Berechnungsgrundlagen fuer instationaire Stroemungen in Bewaesserungskanaelen mit selbsttaetig regelnden Staubauwerken. Wissenschaftlice Zetschrift der TU Dresden 40(1991) Heft ¾.
- [10]- KANZOW, D.: Ein finites Element Modell zur berechnung instationaerer Abfluesse in Gerinnen und seine numerischen Eigenschaften. Bericht Nr.38 der Versuchsanstalt fuer Wasserbau der TU Muenchen.
- [11]- KUMMER, V.: Mathematische Modellierung des allmaechlich veraenderlichen instationaeren Abflusses in offenen Gerinnen. Diss. A, TU Dresden, 1979, 127S.
- [12]- KUMMER, V.: Berechnung von istationaeren Abflussprozessen in Zulaufgerinnen von Entwaesserungspumpstationen. Wasserwirtschaft- Wassertechnik, Berlin 30(1980) 2,S. 63-65.

- [13]- LUCKNER, L.: Konzeption zur digitalen simulation der Stroomungsvorgaenge in Fliessgewaesser. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, Berlin 29(1979)10, S. 345-349.
- [14]- NGO TRONG, T.; DYCH, S.: Anwendung eines impliziten Differenzenverfahren zur Berechnung der instationaeren Gerinnestromung. Acta Hydrophysica, Berlin BD, xxiv (1979) 1-2, S.17-34.
- [15]- OPERMANN, P.: Eindimaensionale Simulation allmaelich veraenderlicher instationaerer Fliessvorgaenge in Gerinnnetzen. Diss. A TU Dresden, 1989, 114S.
- [16]- SCHMITA, G.: Instationaere Eichung mathematischer Hochwasserabflussmodelle auf der Grundlage eines neuen Loesungsprinzips fuer gyperbolische Differentialgleichungssysteme. Versuchsanstalt fuer Wasserbau, TU Muenchen, Bericht, Ne.46, Muenchen/Obewrnach 1981.