



جامعة حلب  
كلية الهندسة المدنية  
قسم البيئة

## نمذجة إدارة العواصف المائية (مع تطبيقات في مدينة حلب)

# STORM WATER MANAGEMENT MODELING (With Applications Into Aleppo)

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة البيئية

إعداد

المهندس محمد يحيى كعدان

إشراف

الدكتورة المهندسة

فاطمة جعارة

أستاذة في قسم الهندسة البيئية  
كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب

الدكتور المهندس المشارك

محمد أمين شغالة

أستاذة في قسم الهندسة المائية  
كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب

## تصريح

أصرّح بأن هذا البحث:

نمذجة إدارة العواصف المائية (مع تطبيقات في مدينة حلب)

**STORM WATER MANAGEMENT MODELING**

**(With Applications Into Aleppo)**

لم يسبق أن قبل للحصول على أية شهادة، ولا هو مقدّم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشح

المهندس محمد يحيى كعدان

## شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف بهذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح المهندس محمد يحيى كعدان تحت إشراف الدكتورة المهندسة فاطمة جعارة الأستاذة في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية بجامعة حلب والدكتور المهندس محمد أمين شغالة الأستاذ في قسم الهندسة المائية في كلية الهندسة المدنية بجامعة حلب.

وأي رجوع لأي بحث آخر في هذا الموضوع موثق في النص.

الباحث المهندس  
محمد يحيى كعدان

المشرف  
الدكتورة المهندسة  
فاطمة جعارة

المشرف المشارك  
الدكتور المهندس  
محمد أمين شغالة

نوقشت هذه الرسالة وأجيزت بتاريخ: يوم الخميس من شهر نيسان في 2015/4/2

لجنة الحكم

الدكتورة المهندسة

فاطمة جعارة

الدكتور المهندس

محمد ضاي

الدكتور المهندس

عبد الرحمن إدريس

## نمذجة إدارة العواصف المائية

### (مع تطبيقات في مدينة حلب)

#### ملخص

شهدت السنوات الأخيرة ثورات تقنية متعاقبة تناولت مختلف أوجه النشاط الإنساني، وساهمت في رفاهية الإنسان وتقدّم المجتمعات، رغم أنها أحياناً، أدت إلى تدهور في بعض النظم البيئية، ومنها مصادر المياه الجوفية والسطحية، نتيجة للزيادة الكبيرة في أعداد السكان، وارتفاع وتأثير التنمية الاقتصادية، وبالتالي تعاظم كمية الفضلات والنفايات الناتجة، وندفقاها إلى المجاري المائية وأنظمة الصرف الصحي.

تتعرّض حلب كغيرها من مدن العالم لحوادث تشكل السيول والفيضانات التي تخلف الخسائر نتيجة هطولات مطرية خلال فترات زمنية متقاربة وفي مناطق متفرقة من المدينة.

قد باتت الملوثات الغازية وخاصة في المدن من أهم الملوثات المؤثرة على الصحة البيئية في كوكبنا، كونها تنتقل عبر الهواء وتعود إلى الأرض مع الأمطار.

تم في هذه الرسالة عرض وتقديم وتطبيق الخبرة العالمية من خلال تقديم:

"نموذج إدارة عاصفة مائية Storm Water Management Model" أو ما يُعرف اختصاراً بـ

.SWMM

وهو عبارة عن نظام معلوماتي، تتم فيه معالجة المعلومات والبيانات حاسوبياً.

إن SWMM الصادر عن أبحاث وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA، وهو يحدد التأثير الهائل للمخلفات، ويُفيم استراتيجيات التخفيف من المشكلة، وهو برنامج عالمي يعكس أسلوب التفكير السائد عالمياً حالياً للتعاطي مع مشاكل التلوث البيئي.

تُعتبر الإدارة المتكاملة للمياه من المهمّات الصعبة التي تعاني منها دول العالم بلا استثناء.

تم في هذه الرسالة إجراء تطبيقين في حلب باستخدام تقنية SWMM.

**في التطبيق الأول:** تم البحث عن أسباب عدم تصريف مياه الفيضان، وبالتالي حصول الاختناقات، ووضع الحلول الهندسية المناسبة لتلافيها مستقبلاً، وكذلك الاستفادة من نتائج النهج المتبع لتطبيقه على باقي الاختناقات، باستخدام الحاسوب لمحاكاة الجريانات المائية. وخلص البحث إلى مجموعة من التوصيات التي تفيد في معالجة مشكلة الفيضان في شارع فيصل مستقبلاً وفي تجنب حدوث المشكلة في مناطق أخرى من حلب.

**وفي التطبيق الثاني:** تم استحصال بعض نتائج محطات مراقبة جودة الهواء في مدينة حلب، وتم عرض مثال

افتراضي عن كيفية حساب تأثير ملوثات الهواء على جودة المياه الهائلة على جزء افتراضي من منطقة الشيخ

سعيد جنوب حلب.

فهرس المحتويات		
الصفحة	الموضوع	التبويب
<b>18</b>	<b>مقدمة</b>	
18	تمهيد	
20	أهمية البحث وأهدافه	
22	مراحل العمل	
22	منهجية العمل	
<b>23</b>	<b>نمذجة المفاهيم أو المدخلات في SWMM</b>	<b>الفصل الأول</b>
23	ما هو نظام SWMM	1.1
25	بيانات الإدخال	2.1
25	الكائنات المرئية	3.1
26	أجهزة القياس المطرية Rain Gages	1.3.1
26	الأحواض الساكنة Subcatchments	2.3.1
28	العقد Nodes	3.3.1
29	عقد المصب Outfall Nodes	1.3.3.1
29	عقد توزيع التدفق Flow Divider Nodes	2.3.3.1
30	وحدات التخزين Storage Units	3.3.3.1
31	المجري Conduits (الوصلات Links)	4.3.1
35	المضخات Pumps	1.4.3.1
36	منظمات التدفق Flow Regulators	5.3.1
36	الفوهات Orifices	1.5.3.1
37	الهدارات Weirs	2.5.3.1
37	المصبات Outlets	3.5.3.1
38	التسميات في الخارطة	6.3.1
38	الكائنات غير المرئية	4.1
38	العناصر المناخية Climatology	1.4.1
38	درجة الحرارة Temperature	1.1.4.1
39	التبخّر Evaporation	2.1.4.1
39	سرعة الرياح Wind Speed	3.1.4.1
39	ذوبان الثلوج Snowmelt	4.1.4.1

فهرس المحتويات		
40	Areal Depletion انكماش التغطية	5.1.4.1
40	Snow Packs مصاطب الثلج	2.4.1
41	Aquifers الحوامل الجوفية	3.4.1
41	Unit Hydrographs منحنيات وحدة المخطط المائي	4.4.1
43	Transects المقاطع العرضية	5.4.1
43	التدفقات الخارجية	6.4.1
44	صيغ التحكم	7.4.1
45	Pollutants الملوثات	8.4.1
46	Land Uses استخدامات الأراضي	9.4.1
46	تراكم الملوثات	1.9.4.1
47	إزالة (غسل) الملوثات	2.9.4.1
48	Street Sweeping كنس الشوارع	3.9.4.1
49	Treatment المعالجة	10.4.1
49	Curves المنحنيات	11.4.1
50	Time Series السلاسل الزمنية	12.4.1
50	Time Patterns النماذج الزمنية	13.4.1
51	LID Controls	14.4.1
53	Computational Methods الطرق الحسابية	5.1
53	Surface Runoff السيل السطحي	1.5.1
54	الرشح	2.5.1
55	Groundwater المياه الجوفية	3.5.1
56	ذوبان الثلج	4.5.1
56	Flow Routing سلوك الجريان	5.5.1
57	سلوك الجريان الدائم	1.5.5.1
57	السلوك الحركي للجريان	2.5.5.1
58	السلوك التحريكي (الديناميكي) للجريان	3.5.5.1
58	Surface Ponding البرك السطحية	6.5.1
59	Water Quality Routing سلوك جودة المياه	7.5.1

فهرس المحتويات		
60	المخرجات في SWMM	الفصل الثاني
60	عرض تقرير الحالة Viewing a Status Report	1.2
63	المتغيرات التي يمكن عرضها	2.2
65	مخرجات الأحواض في SWMM	1.2.2
65	مخرجات العقد في SWMM	2.2.2
66	مخرجات الوصلات في SWMM	3.2.2
67	عرض النتائج مع الرسم البياني	3.2
68	مخططات السلاسل الزمنية Time Series Plots	1.3.2
70	مخططات المقطع الطولي Profile Plots	2.3.2
71	مخططات التبعثر Scatter Plots	3.3.2
72	تخصيص إظهار الرسم البياني	4.2
73	مربع حوار خيارات الرسم البياني	1.4.2
74	خيارات الرسم البياني - عام General	1.1.4.2
74	خيارات الرسم البياني - المحاور Axes	2.1.4.2
75	خيارات الرسم البياني - لوحة الدلائل Legend	3.1.4.2
75	خيارات الرسم البياني - السلسلة Series	4.1.4.2
75	مربع حوار خيارات رسم المقطع الطولي	2.4.2
76	الألوان Colors	1.2.4.2
76	المحاور Axis	2.2.4.2
76	اللوحات النصية للعقد Node Labels	3.2.4.2
77	عرض النتائج في الجدول	5.2
79	عرض التقرير الإحصائي	6.2
83	تشغيل SWMM 5	الفصل الثالث
83	خطوات التشغيل	1.3
86	إعداد خيارات المحاكاة	2.3
87	الخيارات العامة General Options	1.2.3
87	نموذج الارتشاح Infiltration Model	1.1.2.3
88	نمط السلوك Routing Method	2.1.2.3
88	متنوعات Miscellaneous	3.1.2.3

فهرس المحتويات		
88	السماح بتشكيل البرك السطحية (المستقع) Allow Ponding	1.3.1.2.3
88	تقرير إجراءات التحكم	2.3.1.2.3
88	تقرير موجز الإدخال	3.3.1.2.3
88	Skip Steady State Periods تخطي فترات الحالة المستقرة	4.3.1.2.3
89	تجاهل الهطل المطري/السييل المطري Ignore Rainfall/Runoff	5.3.1.2.3
89	Date Options خيارات التاريخ	2.2.3
89	Start Analysis On بداية التحليل في	1.2.2.3
89	Start Reporting On بداية التقرير في	2.2.2.3
89	End Analysis On نهاية التحليل في	3.2.2.3
89	Start Sweeping On بداية الكناسة في	4.2.2.3
89	End Sweeping On نهاية الكناسة في	5.2.2.3
89	Antecedent Dry Days أيام الجفاف السابقة	6.2.2.3
90	Time Step Options خيارات الخطوة الزمنية	3.2.3
90	Time Step Reporting تقرير الخطوة الزمنية	1.3.2.3
90	الخطوة الزمنية أثناء السيل - الطقس الرطب	2.3.2.3
90	الخطوة الزمنية أثناء السيل - الطقس الجاف	3.3.2.3
90	Routing Time Step الخطوة الزمنية للمسك	4.3.2.3
90	Dynamic Wave Options خيارات الموجة التحريكية	4.2.3
91	Inertial Terms تعابير العطالة	1.4.2.3
91	Define Supercritical Flow By تعريف الجريان فوق الحرج	2.4.2.3
91	Force Main Equation معادلة الجريان المضغوط	3.4.2.3
91	Use Variable Time Step استخدام الخطوة الزمنية المتغيرة	4.4.2.3
92	الخطوة الزمنية لإطالة المجرى	5.4.2.3
92	Minimum Surface Area مساحة السطح الدنيا	6.4.2.3
92	File Options خيارات الملف	5.2.3
93	File Type نوع الملف	1.5.2.3
93	Use/Save Buttons أزرار استخدام/حفظ	2.5.2.3
93	File Name اسم الملف	3.5.2.3
94	بدء المحاكاة	3.3

فهرس المحتويات		
94	Troubleshooting Results نتائج المشاكل	4.3
95	Unknown ID Error Message رسالة خطأ مجهول الهوية	1.4.3
95	File Errors أخطاء الملف	2.4.3
95	أخطاء مخطط نظام الصرف Drainage System Layout Errors	3.4.3
96	الإفراط في أخطاء الاستمرارية Excessive Continuity Errors	4.4.3
96	عدم استقرار نتائج سلوك التدفق Unstable Flow Routing Results	5.4.3
<b>99</b>	<b>مدينة حلب والسيول المائية</b>	<b>الفصل الرابع</b>
99	لمحة عامة عن محافظة حلب	1.4
101	من تاريخ الفيضانات في حلب	2.4
106	Floods الفيضانات	3.4
<b>108</b>	<b>الأحواض الساكنة ونظم المعلومات الجغرافية</b>	<b>الفصل الخامس</b>
108	النموذج الرقمي للتضاريس	1.5
108	النموذج الرقمي للتضاريس وخصائص الشكل الجيولوجي (الجيومورفولوجي)	2.5
109	الانحدار (الميل) Slope	1.2.5
109	اتجاه الميل Aspect	2.2.5
110	Hill-Shades ظلال المرتفعات	3.2.5
110	خطوط التسوية (الكنطور) Contour's Lines	4.2.5
111	الحوض الساكن	3.5
112	الصفات الفيزيائية للحوض الساكن	1.3.5
115	تحليل الخصائص الهيدرولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS	4.5
<b>117</b>	<b>تطبيق في مدينة حلب يتعلق ببعض النقاط الحرجة الطبيعية للسيل المطري</b>	<b>الفصل السادس</b>
117	مصادر الدراسة	1.6



174	الملاحق	
174	الواحدات الدولية	جدول
175	الواحدات الأميركية	جدول
176	التعريف الهيدرولوجي لفئات الترب	جدول
177	شرط الرطوبة المسبقة	جدول
178	مميزات الترب المختلفة	جدول
179	قيم الخزن الاحتجازي النموذجي	جدول
179	عامل الخشونة للجريان السطحي	جدول
180	عامل الخشونة للمجري المغلقة	جدول
180	عامل الخشونة للأقنية المكشوفة	جدول
181	مميزات نوعية المياه في سيول المناطق الحضرية	جدول
182	أرقام كود العبارات - 1	جدول
183	أرقام كود العبارات - 2	جدول
184	معاملات الضياع في مداخل العبارات	جدول

فهرس الأشكال		
الصفحة	محتوى الشكل	رقم الشكل
23	إدارة المياه في منطقة حضرية	1
24	شكل تمثيلي لإدارة المياه	2
25	أمثلة على الكائنات الفيزيائية المستخدمة في نمذجة نظام الصرف	3
27	خواص الأحواض الساكنة	4
28	مدخلات الأحواض الساكنة في SWMM	5
28	خواص العقد	6
29	مدخلات العقد في SWMM	7
31	خواص المجاري (الوصلات Links)	8
32	الأشكال المتاحة للمقاطع العرضية للمجاري	9
34	جدول الخشونة (عامل ماننغ)	10
34	مدخلات المجاري في SWMM	11
35	أنواع منحنيات الضخ	12
37	أصناف الهذارات المتاحة	13
40	منحني انكماش التغطية الثلجية لأرض طبيعية	14
42	وحدة Hydrograph RDII	15
43	مثال مقطع قناة طبيعية	16
53	ضبط معايير مساحة الحوض بعد توضع LID	17
54	مفهوم السيل السطحي	18
55	نموذج المياه الجوفية في منطقتين	19
61	المعلومات التي تعرض في SWMM	20
64	المتغيرات التي يمكن مشاهدتها في SWMM	21
65	مخرجات الأحواض في SWMM	22
65	مخرجات العقد (حفر التفريش) في SWMM	23
66	مخرجات الوصلات (الأنابيب) في SWMM	24
67	عرض النتائج مع المخططات البيانية في SWMM	25
68	المخرجات الرسومية في SWMM	26
69	مربع حوار رسم مخطط سلسلة زمنية	27
70	مربع حوار رسم مقطع طولي	28
72	مربع حوار رسم مخطط تبعثر	29

فهرس الأشكال		
الصفحة	محتوى الشكل	رقم الشكل
73	مربع حوار خيارات الرسم البياني	30
74	جدول لوحة General في مربع حوار خيارات الرسم البياني	31
74	جدول لوحة Axes في مربع حوار خيارات الرسم البياني	32
75	جدول لوحة Legend في مربع حوار خيارات الرسم البياني	33
76	مربع خيارات رسم المقطع الطولي	34
77	عرض النتائج في جدول حسب كائن	35
77	عرض النتائج في جدول حسب المتغير	36
78	مربع حوار الجدول حسب الكائن	37
79	مربع حوار الجدول حسب المتغير	38
80	مربع حوار اختيار البيانات	39
82	تقرير الإحصاءات	40
83	الخطوة الأولى في تشغيل SWMM	41
84	الخطوة الثانية في تشغيل SWMM	42
84	الخطوة بديل الثانية في تشغيل SWMM	43
85	الخطوة الثالثة في تشغيل SWMM	44
85	الخطوة الرابعة في تشغيل SWMM	45
86	الخطوة الخامسة في تشغيل SWMM	46
87	مربع حوار خيارات المحاكاة	47
92	صفحة الملفات في مربع حوار خيارات المحاكاة	48
93	مربع حوار اختيار ملف واجهة	49
94	نافذة حالة التشغيل	50
96	عرض تراكمية الأخطاء في نافذة حالة التشغيل	51
97	مخطط تدفق بيان مائي لوصلة	52
99	خارطة الجمهورية العربية السورية وموقع محافظة حلب	53
100	خارطة الحدود الإدارية لمناطق محافظة حلب	54
101	خارطة مدينة حلب موضحاً عليها المخطط التنظيمي المصدق لعام 2012	55
102	الشوارع الموازية لسور الحديقة العامة	56
102	شوارع العزيزية المجاورة للنهر	57
103	الحارات الداخلية لمنطقة محطة بغداد	58

فهرس الأشكال		
الصفحة	محتوى الشكل	رقم الشكل
103	العزيزية ويظهر في الصورة البناء الزهري	59
104	الفيضانات في حلب بتاريخ 19/2/2010	60
104	الفيضانات في حلب بتاريخ 3/3/2010	61
105	الفيضانات في منطقة شارع فيصل	62
105	الفيضانات في نفق 16 تشرين	63
106	الفيضانات في حلب بتاريخ 30/4/2010	64
106	غرق منزل أحد المزارعين عند منطقة دوار جسر الحج في حلب	65
109	تمثيل السطح بنقاط معلومة (x,y,z) في نموذج تضاريس رقمي DEM	66
109	خارطة الانحدار	67
110	خارطة اتجاه الميل	68
110	خارطة ظلال المرتفعات	69
110	خارطة خطوط الكنتور	70
111	مجسم حوض ساكب	71
111	مقطع في حوض ساكب	72
112	تحديد الحوض الساكب	73
114	ترتيب المسيلات في الحوض الساكب	74
115	التمثيل الرقمي لاتجاهات الجريان	75
115	تمثيل خارطة اتجاهات الجريان من نموذج المناسيب الرقمي	76
116	خارطة حساب تراكم الجريان (التدفق) من خارطة اتجاهات الجريان	77
116	خارطة أحواض الصرف	78
117	حدود منطقة الدراسة	79
118	خارطة الارتفاعات الخلية RASTER ELEVATION	80
119	خارطة خطوط التسوية CONTOURS	81
119	خارطة الانحدار (الميل) SLOPE	82
120	خارطة اتجاه الانحدار ASPECT	83
120	خارطة الظلال HILL SHADES	84
121	النموذج ثلاثي الأبعاد لمدينة حلب	85
121	خارطة اتجاه الجريان في الأودية FLOW DIRECTION	86
122	خارطة مظهر RASTER لأحواض الساكبة CATCHMENTS وللمسيلات	87

فهرس الأشكال		
الصفحة	محتوى الشكل	رقم الشكل
122	خارطة شعاعية VECTOR للأحواض الساكنة وللمسيلات STREAMS	88
123	خارطة شعاعية VECTOR للأحواض الساكنة وللمسيلات STREAMS وفق برنامج WMS موضحاً عليها أرقام الأحواض الساكنة	89
124	جدول رقم (1) للمواصفات الفيزيائية للأحواض الساكنة	90
125	جدول رقم (2) للمواصفات الفيزيائية للأحواض الساكنة	91
126	خارطة شعاعية VECTOR للأحواض الساكنة وللمسيلات STREAMS وفق برنامج WMS موضحاً عليها أرقام المسيلات المائية	92
126	جدول أطوال وميول المسيلات	93
130	خارطة المسيلات المائية ومصباتها أو نقاط تصريفها	94
130	خارطة المسيلات المائية ومصباتها موقعة على المخطط التنظيمي للمدينة	95
131	منطقتي الفيضان في الفيض وفي الجميلية عند شركة الكهرباء وشارع فيصل	96
132	الخط K وتفرعاته	97
135	الحل المقترح لهذار جديد قبل SO9 لإلقاء المياه الفائضة في مجرى النهر	98
136	الحل المقترح لهذار جديد قبل SO6 لإلقاء المياه الفائضة في مجرى النهر	99
137	الهذار SO6	100
146	أحواض الخط AD	101
147	الخط AD	102
148	أحواض الخط AD	103
149	مخطط النمذجة في SWMM	104
149	العاصفة المطرية	105
150	مقطع في الخط AD	106
150	الجريان ضمن الخط AD بعد نصف ساعة من بدء العاصفة المطرية	107
151	مقطع واقعي في منطقة الهذار SO6	108
151	تصور سابق لمقطع في منطقة الهذار SO6	109
151	مقطع في AD أثناء ذروة العاصفة 25 مم	110
152	الحوض الساكن الكلي للخط AD بمساحة 1300 هكتار	111
153	مقطع في AD أثناء ذروة العاصفة 30 مم	112
154	المناطق الحرجة عند فرنسيسكان	113
155-154	صور للقمامة التي تسد المجاري في الفيض أثناء الهطولات في 2014	114

فهرس الأشكال		
الصفحة	رقم الشكل	رقم الشكل
156	شوايتان عند نزلة سوق الإنتاج	115
156	شوايات عند الفرنسيسكان ونقابة المهندسين ونزلة جامع الرحمن	116
157	شوايتان عند نزلة مساكن السبيل وفي بداية شارع النيل	117
157	شوايات عند شركة الكهرباء ومديرية التربية وضمن الحديقة العامة	118
158	جدول لقياس الملوثات في مدينة حلب	119
159	جدول العناصر المناخية المصاحبة لقياس الملوثات في مدينة حلب	120
163	قيم EMC's نموذجية لعناصر مختارة	121
166	نموذج التطبيق في الفصل الثامن	122
167	مربع حوار محرر الملوثات	123
167	مربع حوار محرر استعمالات الأراضي	124
168	تعريف تراكم الملوثات في مربع حوار محرر استعمالات الأراضي	125
168	تعريف إزالة (غسل) الملوثات في مربع حوار محرر استعمالات الأراضي	126
169	تخصيص مزيج من استخدامات الأراضي إلى الأحواض الساكنة	127
169	مربع حوار محرر خيارات المحاكاة	128
170	مربع حوار محرر السلسلة الزمنية للعاصفة وبيانها	129
171	توزيع تركيز غاز $SO_2$ في مياه الهطل فوق مختلف الأحواض	130
171	توزيع تركيز غاز CO في مياه الهطل فوق مختلف الأحواض	131

## مقدمة

### تمهيد:

شهدت السنوات الأخيرة ثورات تقنية متعاقبة تناولت مختلف أوجه النشاط الإنساني، وساهمت في رفاهية الإنسان وتقدّم المجتمعات، رغم أنها أحياناً، أدت إلى تدهور في بعض النظم البيئية، ومنها مصادر المياه الجوفية والسطحية، نتيجة للزيادة الكبيرة في أعداد السكان، وارتفاع وتائر التنمية الاقتصادية، وبالتالي تعاضم كمية الفضلات والمخلفات والنفايات الناتجة، وتدفعها إلى المجاري المائية ومياه الصرف الصحي.

الإدارة غير السليمة لمصادر المياه ومنها العواصف المطرية قد يؤدي لكوارث مادية وبيئية، وكمثال: إن هطول الأمطار على الحقول والمروج والأراضي الزراعية قد يؤدي إلى الفيضانات، أو إلى تشكل الجريان السطحي الذي قد يحوي المركبات الآزوتية والفسفورية والأسمدة والمبيدات، أو مواداً صلبة معلقة، أو مواداً كيميائية أخرى، وتصب مع نواتج تربية الحيوانات في المسيل المائي (النهر) الذي ينتهي إلى بحيرة أو منطقة ساحلية. هذا الأمر يؤثر سلباً على الأسماك والحياة البحرية، كما يساعد على النمو الاضطرابي للطحالب والإشنيات، ويزيد من استنزاف الأكسجين المنحل، وانتقال العدوى بالبكتيريا الممرضة.

أصبحت مشاكل البيئة المائية وإدارتها، والحفاظ على جودتها، من أكبر المهمات الملحة في الوطن العربي الذي يشكو من قلة موارده المائية المتجددة، وبات الحفاظ على المياه العذبة هدفاً بالغ الأهمية. إن إدارة الموارد المائية في بلد ما، تستلزم السعي إلى بناء مشروع وطني لحماية مصادر المياه بشكل مناسب، عبر التصريف المدروس جيداً للمياه الملوثة والضرارة، خاصة وأن سورية كمثال تتابع مسار التنمية بشكل سريع ومتعدد الجوانب اقتصادياً وصناعياً وزراعياً، وتشهد تزايداً سكانياً لافتاً، وما يرافق ذلك من مسائل استهلاكية وبيئية.

الهدف من البحوث البيئية هو محاولة التطوير والتزوّد بأدوات التجديد للأساليب التقنية في مجالات العمل البيئية. وتكمن حاجتنا إلى التطوير العلمي والمعلومات الهندسية، لتأمين دعم تقني وتواصل في المعلومات يكفل تحقيق التأثير بالأنظمة والاستراتيجيات البيئية، ليتم دعم الأنظمة والقرارات السياسية والإدارية من أجل زيادة مردود الفوائد ودرء المخاطر.

في هذا البحث، تم عرض وتقديم وتطبيق الخبرة العالمية في تكوين:

"نموذج إدارة عاصفة مائية Storm Water Management Model" أو ما يُعرف اختصاراً بـ

SWMM. وهو عبارة عن نظام معلوماتي، تتم فيه معالجة المعلومات والبيانات حاسوبياً.

ووفق هذا المفهوم هو أداة احترافية ونظام CAD لحل مسائل العواصف المائية وإدارتها بيئياً، مثله في

ذلك مثل أنظمة الـ CAD الاحترافية في المجالات الهندسية الأخرى معمارياً وإنشائياً.. إلخ.

أول تطوير لمفهوم SWMM كان عام 1971، ومنذ ذلك الحين اجتاز خطوات كبيرة. واستمر ليكون له تطبيقات واسعة في كل مكان من العالم، في مجالات التخطيط والتحليل والتصميم المرتبطة بجريان مياه العواصف المائية، ومجمعات التصريف، وغيرها من أنظمة تصريف المياه في المناطق العمرانية وفي تطبيقات عديدة للمناطق غير العمرانية أيضاً.

يتضمن البحث عرضَ وتطبيق ونقلَ تكنولوجيا عامة ومتطورة، حيث تم اختيار الأبحاث الصادرة عن وكالة حماية البيئة الأمريكية (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) US EPA التي تلقي المساعدة من قبل الهيئة التشريعية (الكونغرس)، بهدف حماية الموارد الوطنية الأمريكية للأرض والهواء والماء. وتتمتع بصلاحيات رسمية عبر القوانين الوطنية لرعاية البيئة في الولايات المتحدة، وتعمل الوكالة لاستنباط وقيادة فعاليات ونظم من أجل تأمين توافق متوازن بين النشاطات البشرية وقدرة النظام البيئي على دعم استمرار الحياة.

إن برامج البحث في EPA تعمل على تقديم البيانات والدعم التقني لحل المشاكل الحالية للمحيط البيئي، وتقديم المعرفة العلمية المبنية على قاعدة أهمية إدارة الموارد البيئية بذكاء وعقلانية، وفهم تأثير التلوث على صحتنا ومنع وإنقاذ المخاطر البيئية في المستقبل.

يقوم مختبر أبحاث إدارة الكوارث الوطنية داخل الوكالة بالإجراءات التقنية وإدارة المقترحات للتخفيف من المخاطر المهددة للصحة البشرية والبيئة. ويركز على طرق وأساليب أنظمة الوقاية والتحكم بتلوث الهواء والأرض والماء والمصادر البديلة؛ وحماية جودة المياه في النظام المائي المدني؛ واستعادة وإصلاح المواقع والمياه الجوفية الملوثة؛ ومنع تلوث الهواء الداخلي أو التحكم به.

يكن التهديد الرئيسي للصحة البيئية وللثروة المائية الوطنية في إفساد جودة المياه الناتج عن المخلفات المدنية وتطوير الأراضي. وإن نموذج إدارة العاصفة المائية SWMM الصادر عن أبحاث وكالة حماية البيئة EPA يحدد التأثير الهائل لهذه المخلفات، ويُقيّم تأثير استراتيجيات التخفيف من المشكلة.

تُعتبر الإدارة المتكاملة للمياه من المهمّات الصعبة التي تعاني منها دول العالم بلا استثناء.

ويمكن أن نقسم مصادر المياه التي ينبغي التحكم السليم في إدارتها إلى:

- مياه الجريان السطحي المطرية والسييلية (Surface water).
- مياه الجريان السطحي الناتج عن الري في الزراعة (الأراضي الزراعية - تربية الحيوان..).
- مياه التسرب وتداخل مياه البحر مع جيوب ومخزون المياه الجوفية.
- مياه الصرف الصحي والفضلات المنزلية.
- مياه الصرف الصناعية والمنشآت الخدمية والتجارية (ورش - كراجات - منشآت صناعية - مشافي - فنادق - أماكن سياحية...).

يضاف كذلك المياه الناتجة عن التلوثات الحرارية، وما يُلقى في تلك المياه من فضلات وبقايا.

## أهمية البحث وأهدافه:

هذا البحث باختصار شديد، هو بحث في أدوات البحث العلمي البيئي...

ويهدف بشكل خاص إلى التعريف بالأدوات المساعدة للفهم العميق بكيفية التحكم بإدارة العواصف المطرية، بالتالي تصميم شبكات الصرف دون الإضرار بالبيئة عبر تحليل التجارب العالمية في هذا المجال، وبشكل أساسي محاولة إيجاد نموذج محاكاة للسيل السطحي الناتج عن حالة هطولات منفردة أو مستمرة (مدة طويلة)، فوق مختلف أنواع المناطق الطبيعية والعمرانية، وكذلك لجودة الماء المطري الهائل والسيل السطحي.

الأحواض الساكنة الفرعية تتلقى الترسيب والأحمال الملوثة من المياه المطرية الهائلة. وتنتقل هذه المياه عبر نظام من الأنابيب والقنوات ومحطات المعالجة وأحواض التخزين والمنشآت المائية والمضخات والمنظمات، وقد تؤثر في شبكات الصرف الصحي والصناعي والزراعي في المناطق العمرانية.

إن أي نظام يسعى لإدارة العواصف المطرية، يجب أن يفتني أثر الجودة والنوعية لمياه الأمطار وكذلك التدفق وعمق المياه داخل مجمعات المطر المذكورة وفي كل أنبوب وقناة أثناء فترة المحاكاة خلال المراحل الزمنية المتعددة.

تشمل التطبيقات النموذجية التي يمكن عرضها:

- تحديد حجم عناصر ومكونات نظام الصرف للتحكم في الفيضانات.
- حجم مرافق الاحتجاز وملحقاتها للسيطرة على الفيضانات و حماية جودة المياه.
- الفيضانات في الأحواض الساكنة ورسم الخرائط.
- تصميم استراتيجيات تقليل عدد وحجم مجمعات الصرف الصحي.
- تقييم أثر الإفراط في تسرب وتدفق مياه المجاري الصحية.
- وضع دراسات خاصة لحمل النفايات عبر المجاري.
- تقييم فعالية الطقس الرطب للحد من شحنة الملوثات.

أثناء عرض التطبيقات السابقة، تتم معالجة شتى أنواع التدفقات المائية الناتجة عن العواصف المطرية ضمن المناطق الحضرية وغيرها. وكذلك معالجة:

- تغير الشدة المطرية مع الزمن.
- تبخر الماء السطحي.
- تراكم الثلوج وذوبانها.
- ارتشاح مياه الأمطار ضمن طبقات التربة غير المشبعة.
- جودة المياه الراشحة ضمن المياه الجوفية.
- التدفق البيئي بين المياه تحت السطحية ونظام التصريف.
- مسار التدفقات الفيضانية فوق سطح الأرض.

في جميع المعالجات السابقة يتحقق التباين المكاني، عن طريق تقسيم المنطقة المدروسة إلى مجموعة من مناطق متجانسة، كل منطقة منها معزولة عن الأخرى، ونظامها غير قابل للتأثر بأنظمة الصرف الصحي أو بالجريانات السطحية للمناطق الأخرى أو الفرعية.

كذلك يمكن عرض مجموعة مرنة من قدرات النمذجة المائية من خلال نظام شبكة الصرف الصحي وأنابيب وقنوات ووحدات معالجة وتخزين وتحويل المعطيات والمستخدم من أجل الجريان السطحي والتدفقات الخارجية.

تشمل هذه القدرات على:

- التعامل مع شبكات غير محدودة الحجم.
- استخدام مجموعة واسعة من مجاري مغلقة ومفتوحة للمجري السيلية بالإضافة إلى القنوات.
- عناصر لنماذج خاصة مثل: وحدات المعالجة والتخزين والبوابات والمضخات والهدارات والفتحات...
- إجراء تطبيقات تتعلّق بالتدفقات ونوعية المياه الناتجة عن تداخلات من الجريان السطحي والمياه الداخلية الجوفية التي تعتمد على تسرب أو تدفق مياه الأمطار وعلى تدفق الصرف الصحي في الطقس الجاف.
- الاستفادة الكاملة من حالات سلوك تدفق ما عبر مفهومي إما الموجة المتحركة (الدقات) أو الموجة الديناميكية (المستمرة).
- إمكانية دراسة عدة حالات لنظم التدفق مثل التدفقات النظامية والتحميل الزائد والتدفق العكسي وتكون المستتعات السطحية. ويتم تحديد متغيرات عناصر التحكم من قبل مستخدم النظام عبر أساليب لمحاكاة تشغيل المضخات وفتح المجاري.

بالإضافة إلى توليد نماذج نقل تدفقات الصرف يتم تقدير إنتاج كميات الملوثات المرتبطة بهذه التدفقات. والعمليات التالية يمكن أن تكون نموذجاً لعدد من الاستخدامات بهدف تحديد نوعية المياه المكوّنة:

- تراكم الملوثات في الطقس الجاف فوق الأراضي نتيجة مختلف الاستخدامات.
- الملوثات الناتجة عن غسل washoff الأراضي في أراضٍ محددة من خلال العواصف المائية.
- الملوثات المساهمة مباشرة من مياه الأمطار.
- انخفاض حجم مياه الغسل washoff بسبب الطقس الجاف.
- سهولة تقدير التدفقات الصحية الخارجية الوافدة لحظياً في نظام الصرف، أثناء الطقس الجاف.
- نوعية المياه المتشكلة ومسار الصرف في نظام الصرف.
- خفض التكاليف الأساسية من خلال تركيز المعالجة في وحدات التخزين، أو نتيجة العمليات الطبيعية في الأنابيب والقنوات.

## مراحل العمل:

تم تقسيم الأطروحة إلى ثمانية فصول:

الفصول الأول والثاني والثالث تبحث في مدخلات ومخرجات وتشغيل البرنامج SWMM على الترتيب. الفصل الرابع يتحدث عن مدينة حلب وتاريخ السيول المائية فيها، والفصل الخامس بعنوان الأحواض الساكنة ونظم المعلومات الجغرافية.

الفصل السادس يُجري تطبيقاً في مدينة حلب يتعلق ببعض النقاط الحرجة طبوغرافياً للسيل المطري.

الفصل السابع يبحث في تقصّي أسباب اختناق الصرف المطري في شارع فيصل.

الفصل الثامن والأخير يُجري تطبيقاً في مدينة حلب يتعلق بانتقال الملوثات في الهواء إلى المياه والترية.

تم اختتام البحث بثبت المراجع وملحقات تمثل عدداً من الجداول المفيدة في التصميم.

## منهجية العمل:

تم الاعتماد على النسخة الأخيرة، إصدار 5 (صادرة ومدققة في تموز عام 2010)، من SWMM. يعرض البحث إمكانيات هذا النظام وكيفية عمله في مجال إدارة العواصف المطرية وشبكات الصرف. وتحرير البيانات ضمن دراسة مساحة ما لبيئة كاملة، وإدارة تدفق المياه المطرية ضمنها، ومحاكاة نوعية المياه.

تم إجراء تطبيقين في حلب باستخدام تقنية SWMM.

**في التطبيق الأول:** تم البحث عن أسباب حصول الاختناقات، وخلص البحث إلى مجموعة من التوصيات

التي تفيد في معالجة مشكلة الفيضان في شارع فيصل مستقبلاً.

**في التطبيق الثاني:** تم استحصال بعض نتائج محطات مراقبة جودة الهواء في مدينة حلب، وتم عرض مثال

عن كيفية حساب تأثير ملوثات الهواء على جودة المياه الهائلة على منطقة الشيخ سعيد جنوب حلب.

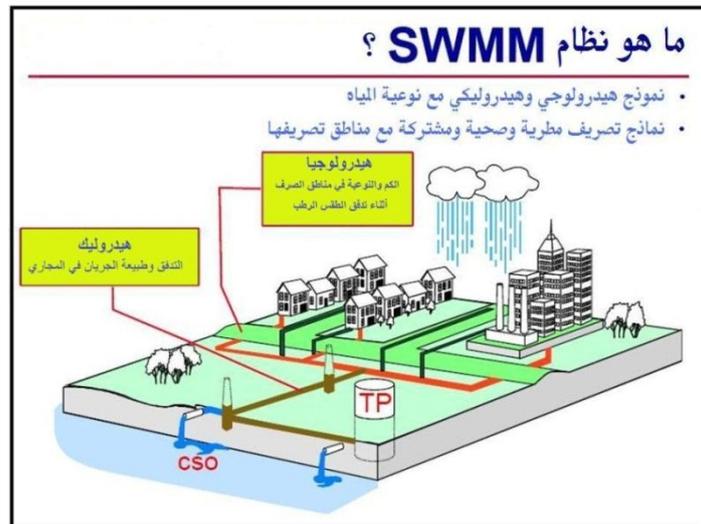
## الفصل الأول

### نمذجة المفاهيم أو المدخلات في SWMM [1] [2]

يعمل برنامج SWMM على جعل مفاهيم نظام صرف ما، على شكل سلسلة من تدفقات المياه والمواد، بين عدد من المناطق *Compartments* البيئية الرئيسية. هذه المناطق وكائنات SWMM المتضمنة فيها تشمل:

- **الغلاف الجوي للمنطقة:** حيث يحدث الهطول وتنتشر الملوثات الموجودة على سطح أرض هذه المنطقة. ويستخدم SWMM كائنات مقياس الهطول المطري Rain gages لتمثيل مدخلات مياه الأمطار إلى النظام.
- **سطح أرض المنطقة *Compartment*:** يتشكل من واحدة أو أكثر من الأحواض الساكنة Subcatchments. يتلقى هذا السطح الهطولات من الغلاف الجوي على شكل مطر أو ثلج؛ ويرسل دقفاً بشكل ارتشاح إلى المياه الجوفية للمنطقة، وكذلك مياه أمطار سيلية وملوثات يتم حملها إلى منطقة ناقلة Transport *Compartment*.
- **المياه الجوفية في المنطقة:** تتلقى الرشوات من سطح الأرض وتقوم بنقل حصة من هذه التدفقات إلى المنطقة الناقلة. يتم نمذجة هذه المنطقة باستخدام كائنات الجيوب المائية الجوفية.
- **المنطقة الناقلة:** تحتوي شبكة من عناصر النقل (القنوات والأنابيب والمضخات والمنظمات) ووحدات التخزين/المعالجة التي تنقل المياه إلى مصبات أو مرافق للمعالجة. والتدفقات إلى هذه المنطقة يمكن أن تأتي من الجريان السطحي، أو من التدفقات الداخلية للمياه الجوفية، أو من تدفق الصرف الصحي في الطقس الجاف، أو من بيانات مائية hydrographs معرفة من قبل المستخدم. إنّ مكونات المنطقة الناقلة يتم نمذجتها بكائنات العقد والروابط.

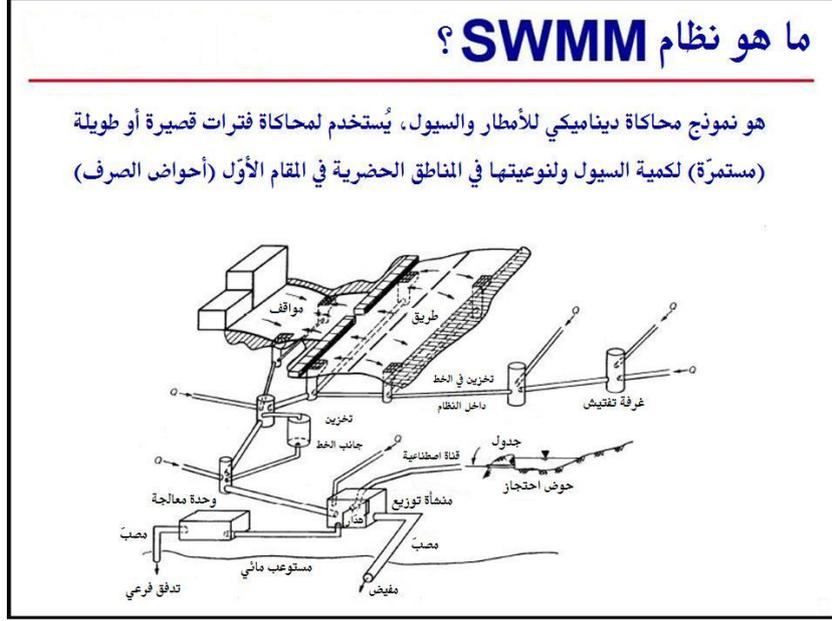
#### 1.1 ما هو نظام SWMM:



الشكل (1) إدارة المياه في منطقة حضرية

هو عبارة عن نظام معلوماتي تتم فيه أتمتة المعالجة للمعلومات والمعطيات حاسوبياً ويسعى لحل مسائل إدارة المياه في المناطق الحضرية في المقام الأول، عبر تكوين:

- نموذج هيدرولوجي وهيدروليكي للمياه ونوعيتها في منطقة ما.
- نماذج لشبكات التصريف المطرية أو الصحية أو المشتركة، ومعطيات الجريان فيها.



الشكل (2) شكل تمثيلي لإدارة المياه

تعالج النمذجة الهيدرولوجية المواضيع التالية:

- تغيرات الهطول المطري مكانياً وزمنياً.
- تبخر سطوح المياه الساكنة.
- تراكم الثلوج وذوبانها.
- احتجاز المياه في الأماكن المنخفضة.
- الارتشاح داخل طبقات التربة.
- السلوك اللاخطي للجريان السطحي.

أما النمذجة الهيدروليكية فتتعامل مع الخصائص التالية:

- نمذجة شبكات الصرف مهما كان حجمها.
- التعامل مع مختلف أشكال المجاري بما فيها المجاري الطبيعية غير النظامية.
- نمذجة المضخات والمنظمات وأحواض التخزين.
- السماح بإدخال التدفقات الخارجية:
- الارتشاح والتدفق الداخل المرتبط بالهطل المطري.

Rainfall Dependent Inflow and Infiltration (RDII)

- تدفق الطقس الجاف أو تدفق الصرف الصحي.

Dry Weather Flow (DWF) or Sanitary Flow

- نمذجة أنظمة جريان مختلفة، مثل: تكوّن المياه الراكدة Backwater، وحدوث الحمل الزائد Surcharging، والتدفق العكسي Reverse flow، وتشكل البرك السطحية Surface ponding.

## 2.1 بيانات الإدخال:

يحتاج النظام لإدخال البيانات التالية:

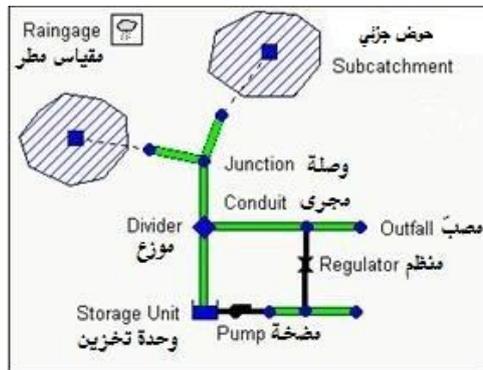
- الهطل Precipitation.
  - مميزات الأقبية Channel Characteristics.
  - مميزات الحوض الساكب Watershed Characteristics.
  - الكتامة (اللانفوذية) Imperviousness.
  - الميل Slope.
  - الخشونة Roughness.
  - العرض (عامل الشكل) Width.
  - الخزن الاحتجازي Depression Storage.
  - معاملات الارتشاح Infiltration Parameters.
- (معاملات الارتشاح إما وفق علاقة Horton، وإما وفق علاقة Green-Ampt، من أجل عدد أقصى يبلغ مائة حوض ساكب Subcatchments).

## 3.1 الكائنات المرئية:

لا حاجة لظهور كافة المناطق Compartments في نموذج معين لبرنامج SWMM. فعلى سبيل المثال، يمكن أن نكتفي بنمذجة منطقة ناقلة، وذلك باستخدام بيانات مائية hydrographs معروفة مسبقاً كمدخلات.

يُبين الشكل (3) ترتيب مجموعة من كائنات SWMM البصرية التي تشكل منظومة لصرف مياه الأمطار.

ويمكن عرض هذه الكائنات على الخارطة في نافذة عمل برنامج SWMM.



الشكل (3). أمثلة على الكائنات الفيزيائية المستخدمة في نمذجة نظام الصرف.

### 1.3.1 أجهزة القياس المطرية Rain Gages

مقاييس المطر تضم بيانات الهطول لوحد أو أكثر من الأحواض الساكنة Subcatchments في المنطقة المدروسة. وبيانات هطول الأمطار إما أن تكون من سلسلة زمنية مُعرّفة من قبل المستخدم أو من ملف خارجي. ويتم دعم عدة تنسيقات شائعة الاستخدام حالياً لملفات الهطول المطري، فضلاً عن التنسيق القياسي المعرّف من قبل المستخدم.

خصائص المدخلات الأولية للمقاييس المطرية تتضمن ما يلي:

- نوع بيانات الهطل المطري (مثلاً: الشدة المطرية، ارتفاع الهطول، عمق الهطول التراكمي)
- سجل الفاصل الزمني (مثلاً: بالساعة، 15 دقيقة، وغير ذلك)
- مصدر بيانات الأمطار (مدخلات السلسلة الزمنية أو ملف خارجي)
- اسم مصدر بيانات الأمطار

### 2.3.1 الأحواض الساكنة Subcatchments

إنّ الأحواض الساكنة Subcatchments هي وحدات هيدرولوجية من الأرض حيث التضاريس وعناصر نظام تصريف المياه توجّه السيل السطحي إلى نقطة تفريغ واحدة. يقع على عاتق مستخدم البرنامج تقسيم منطقة الدراسة إلى عدة أحواض ساكنة مناسبة، وتحديد نقطة مصب كل حوض.

ومنافذ التصريف إما أن تكون عقداً في نظام الصرف الصحي أو أحواضاً ساكنة Subcatchments أخرى.

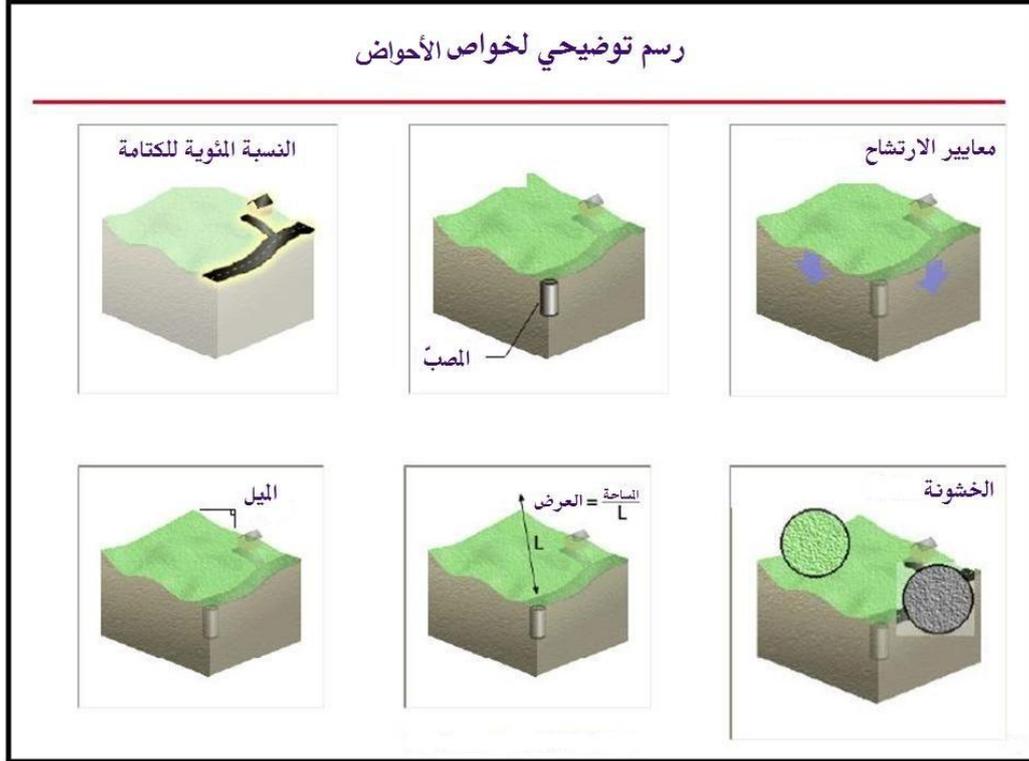
يمكن تقسيم الأحواض الساكنة لمساحات جزئية نفوذة أو كتيمية. ومياه الأمطار يمكنها الارتشاح عبر التربة في المساحات الجزئية النفوذة، ولكنها لا تتمكن من ذلك في المساحات الجزئية الكتيمية.

المناطق الكتيمية في حد ذاتها تنقسم إلى قسمين: قسم يحتوي على خزن احتجازي، وآخر لا. ومياه الأمطار تستطيع الجريان من مساحة جزئية إلى أخرى في الحوض الساكن، أو يمكن لكلا المساحتين الجزئيتين التصريف إلى مصب الحوض.

إن ارتشاح أو تسرب الهطول المطري من المساحات النفوذة للحوض الساكن عبر مناطق التربة العلوية غير المشبعة، يمكن التعبير عنها باستخدام ثلاثة نماذج مختلفة (انظر 2.5.1):

- ارتشاح Horton
- ارتشاح Green-Ampt
- ارتشاح Curve Number

لنمذجة هطول وذوبان الثلوج وتراكمها وإعادة توزيعها كما يقع على الأحواض الساكبة لا بد من إسناد كائن حزمة الثلج إليها. ولنمذجة تدفق المياه الجوفية بين الجيوب الأرضية تحت الحوض الساكب وبين العقد في نظام الصرف، يجب أن يُسند إلى الحوض الساكب مجموعة من معاملات المياه الجوفية. إن تراكم الملوثات وغسلها من الأحواض الساكبة Subcatchments يرتبط أيضاً بإسناد استخدامات الأراضي لهذه الأحواض الجزئية.



الشكل (4). خواص الأحواض الساكبة.

المدخلات الرئيسية الأخرى لمعاملات الأحواض الساكبة Subcatchments تتضمن ما يلي:

- تحديد البيانات المطرية
- العقدة أو الحوض الساكب المصب
- تحديد استخدامات الأرض
- مساحة السطح الرافد
- الكثامة
- الميل (الانحدار)
- العرض المميز للجريان السطحي
- أمثال مانينغ للخشونة  $n$  للتدفق على سطح الأرض لكل من المساحات النفوذة واللانفوذة
- الخزن الاحتجازي في كل من المساحات النفوذة واللانفوذة
- النسبة المئوية للمساحة اللانفوذة التي لا تحتوي على التخزين الاحتجازي.

## SWMM INPUT: SUBCATCHMENTS

الأحواض

- ◆ **Coordinates (can import from GIS)**  
(يمكن إدخالها من ملف GIS) الإحداثيات
- ◆ **Rain gauge (rainfall hyetograph)**  
(البيانات المائية المطرية) المقياس المطري
- ◆ **Outlet** المصب
- ◆ **Area** المساحة
- ◆ **Width** العرض
- ◆ **Slope (%)** الميل
- ◆ **Percent imperviousness**  
النسبة المئوية للكتامة
- ◆ **Roughness** الخشونة
- ◆ **Infiltration parameters** معايير الارتشاح

Property	Value
Name	1
X-Coordinate	1939.849
Y-Coordinate	8093.233
Description	
Tag	
Rain Gage	RG1
Outlet	9
Area	10
Width	500
% Slope	0.01
% Imperv	50
N-Imperv	0.001
N-Perv	0.10
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
Percent Fluted	100
Infiltration	HORTON
Groundwater	NO
Snow Pack	
Land Uses	1
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0
User assigned name of subcatchment	

الشكل (5). مدخلات الأحواض الساكنة في SWMM.

### 3.3.1 العقد Nodes

التقاطعات هي عقد نظام الصرف حيث تلتقي الوصلات. وفيزيائياً تمثل التقاء الأفقية ذات الأسطح الطبيعية، أو حفرة تفتيش في شبكة المجاري، أو تجهيزات ربط الأنابيب. يمكن أن تدخل التدفقات الخارجية إلى نظام الصرف عند التقاطعات. كما يمكن أن تصبح المياه الفائضة عند التقاطع مضغوطة جزئياً عندما تكون وصلات المجاري ممتلئة، ويمكن لهذه المياه أن تخرج من التقاطعات وتضيع من الشبكة، أو يتم السماح بتكوين بركة فوق التقاطع لفترة، وبعد ذلك يتم العودة إلى تصريفها عبر نفس التقاطع.



الشكل (6). خواص العقد.

معاملات المدخلات الرئيسية للتقاطع هي:

- منسوب القاع
- العمق الأعظمي
- مساحة سطح البركة المتخلفة عند الغمر (اختياري)
- بيانات التدفقات الخارجية (اختياري).

## العقد SWMM INPUT: NODES

- ◆ Nodes (manholes)  
(حفر التفتيش) العقد
- ◆ Coordinates  
(can import from GIS)  
(يمكن إدخالها من ملف GIS) الإحداثيات
- ◆ Inflow (cfs) التدفقات الداخلة
- ◆ Invert (bottom) elevation  
منسوب القاع
- ◆ Maximum depth العمق الأعظمي

Property	Value
Name	9
X-Coordinate	4042.110
Y-Coordinate	9600.000
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	1000
Max. Depth	3
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Ponded Area	0
User-assigned name of junction	

الشكل (7). مدخلات العقد في SWMM.

### 1.3.3.1 عقد المصب Outfall Nodes

المصبّات Outfall هي عقد نهائية في نظم الصرف تستخدم لتعريف الحدود النهائية للعاصفة في إطار تحديد سلوك تدفق الموجة الديناميكية Dynamic Wave flow routing. من أجل أنواع أخرى من سلوك التدفق فإن عقدة المصب تتصرف باعتبارها تقاطعاً. ترتبط عقدة المصبّ بوصلة واحدة فقط.

يمكن وصف الشروط الحدودية للمصبّ بوحدة من العلاقات المرحلية التالية:

- عمق الجريان الحرج أو النظامي في قناة الربط
- المنسوب الموافق لحالة الجريان الدائم
- التغير المجدول لمنسوب التصريف مقابل الزمن في ساعات اليوم
- السلسلة الزمنية للمرحلة المعرّفة من قبل المستخدم.

معاملات المدخلات الرئيسية للمصبّات تشمل ما يلي:

- منسوب القاع
- نوع الشروط الحدودية ووصف المرحلة
- وجود بوابة (صفيحة تعمل بشكل سكر عدم رجوع) لمنع التدفق الراجع من المصب.

### 2.3.3.1 عقد توزيع التدفق Flow Divider Nodes

هي عقد تقوم بتوزيع التدفقات بطريقة محددة مسبقاً. موزّع التدفق لا يمكن أن يكون له أكثر من مخرجين. ويتفعل فقط في حالة تفعيل سلوك الموجة الحركية ويُعامل كتقاطع بسيط لدى تفعيل سلوك الموجة الديناميكية.

- يوجد أربعة أنواع من موزعات التدفق مُعرّفة وفق طريقة التوزيع:
- موزع القطع: يُحوّل كل تدفق يزيد عن قيمة محددة.
  - الموزع المفيض: يُحوّل كل تدفق يزيد عن سعة الجريان في القناة.
  - الموزع المُجدول: يستخدم الجدول للتعبير عن تدفق مُحوّل كتابع من إجمالي التدفق.
  - موزع السيكر: يستخدم معادلة الهدّار لحساب التدفق المُحوّل.

والتدفق المُحوّل من خلال موزع الهدّار يُحسب وفق المعادلة التالية:

$$Q_{div} = C_w (f H_w)^{1.5}$$

حيث  $Q_{div}$  = التدفق المُحوّل،  $C_w$  = معامل الهدّار،  $H_w$  = حمولة الجريان فوق الهدّار،  $f$  تُحسب كما يلي:

$$f = \frac{Q_{in} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}}$$

حيث  $Q_{in}$  هو التدفق إلى الموزع،  $Q_{min}$  التدفق الذي يبدأ عنده التحويل،  $Q_{max} = C_w H_w^{1.5}$ . والمعايير المعرّفة من قبل المستخدم للموزع هي  $C_w$ ،  $H_w$ ،  $Q_{min}$ .

معاملات المدخلات الرئيسية لموزعات التدفق:

- معاملات التقاطع (انظر أعلاه)
- اسم وصلة تلقي التدفق الموزع
- الطريقة المستخدمة لحساب مقدار التدفق المُحوّل.

### 3.3.3.1 وحدات التخزين Storage Units

هي عقد في نظام الصرف تُؤمّن حجم تخزين معيّن. فيزيائياً تمثل مرافق تخزين صغيرة مثل الأحواض أو كبيرة مثل البحيرة. الخصائص الحجمية لوحدة التخزين توصف بجدول لمساحة السطح مقابل الارتفاع.

معاملات المدخلات الرئيسية لوحدة التخزين تشمل:

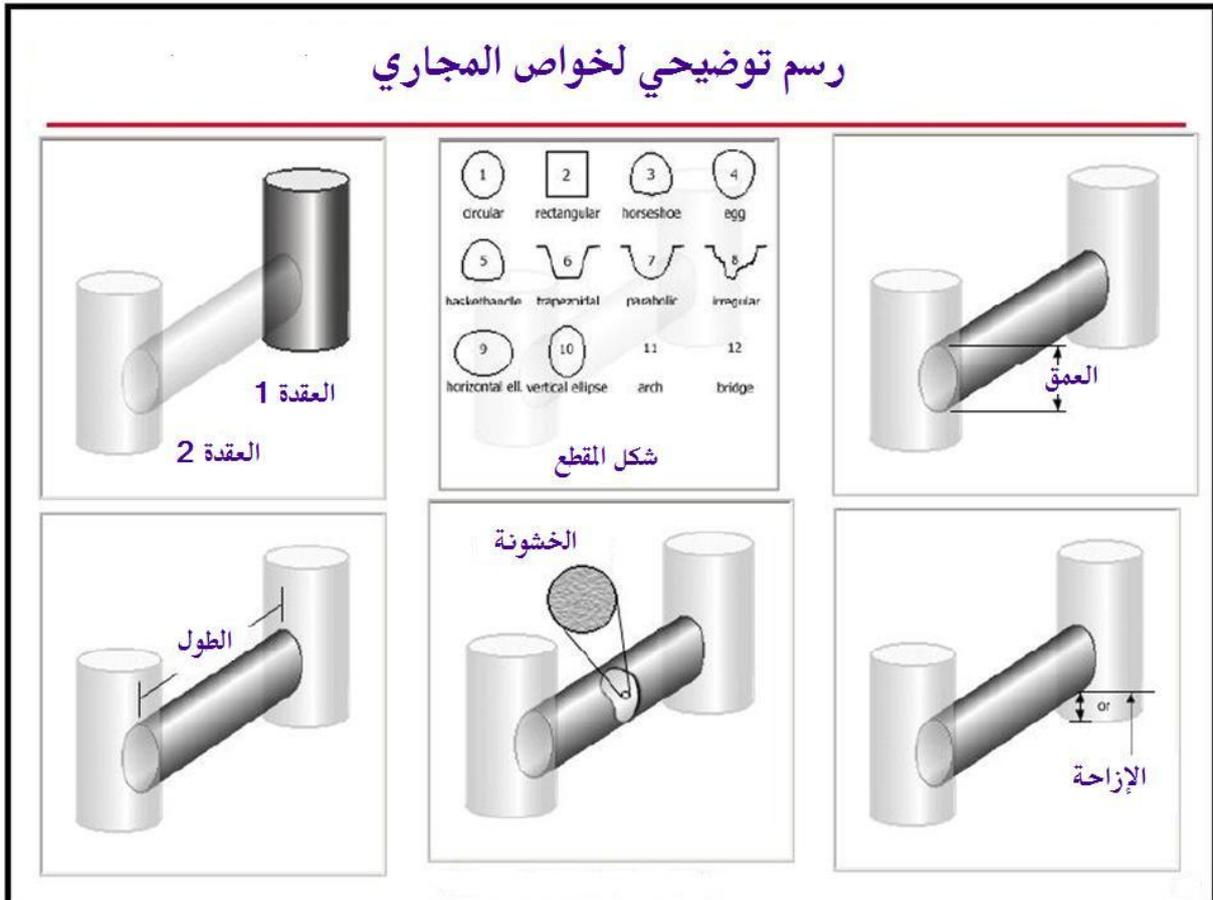
- منسوب القاع
- أقصى عمق
- بيانات مساحة السطح مقابل العمق
- التبخر المحتمل
- مساحة سطح بركة الفيضان (اختياري)
- بيانات التدفقات الخارجية (اختياري).

### 4.3.1 المجاري Conduits (الوصلات Links)

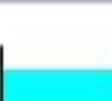
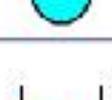
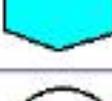
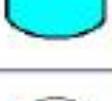
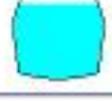
المجاري هي قنوات أو أنابيب تنقل المياه من عقدة إلى أخرى في هذا النظام. ويمكن اختيار أشكال مقاطعها من مجموعة متنوعة من الأشكال الهندسية القياسية المفتوحة والمغلقة على النحو الوارد في الشكل (9).

معظم القنوات المفتوحة يمكن أن تكون عبارة عن مستطيل أو شبه منحرف أو شكل مقطع غير نظامي معرّف من قبل المستخدم. ولهذا الأخير يُستخدم كائن الشريحة، لتحديد العمق باختلاف عرض المقطع (انظر الفقرة 5.3.1 لاحقاً). أكثر أشكال المقاطع الشائعة الاستخدام حديثاً لأنابيب تصريف المياه والصرف الصحي هي المقاطع الدائرية والبيضاوية والقوسية. وهي تنتج بأحجام قياسية موصّفة من قبل المعهد الأمريكي للحديد والصلب تحت عنوان التصميم الحديث للصرف الصحي، ومن قبل الجمعية الأمريكية لأنابيب الخرسانية تحت اسم دليل تصميم الأنابيب الخرسانية.

يمكن في SWMM اختيار شكل مقطع عرضي مخصص، ويتم تعريفه بأي شكل هندسي متناظر بالنسبة للخط المار بالمركز.



الشكل (8). خواص المجاري (الوصلات Links).

Name	Parameters	Shape	Name	Parameters	Shape
Circular	Full Height		Circular Force Main	Full Height, Roughness	
Filled Circular	Full Height, Filled Depth		Rectangular - Closed	Full Height, Width	
Rectangular - Open	Full Height, Width		Trapezoidal	Full Height, Base Width, Side Slopes	
Triangular	Full Height, Top Width		Horizontal Ellipse	Full Height, Max. Width	
Vertical Ellipse	Full Height, Max. Width		Arch	Full Height, Max. Width	
Parabolic	Full Height, Top Width		Power	Full Height, Top Width, Exponent	
Rectangular-Triangular	Full Height, Top Width, Triangle Height		Rectangular-Round	Full Height, Top Width, Bottom Radius	
Modified Baskethandle	Full Height, Top Width		Egg	Full Height	
Horseshoe	Full Height		Gothic	Full Height	
Catenary	Full Height		Semi-Elliptical	Full Height	
Baskethandle	Full Height		Semi-Circular	Full Height	
Irregular Natural Channel	Transect Coordinates		Custom Closed Shape	Full Height, Shape Curve Coordinates	

الشكل (9). الاشكال المتاحة للمقاطع العرضية للمجاري

يستخدم برنامج SWMM معادلة مانينغ للتعبير عن العلاقة بين معدل التدفق (Q)، ومساحة المقطع العرضي (A)، ونصف القطر المائي (الهيدروليكي) (R)، والميل (S)، في جميع المجاري. ومن أجل الواحدات

$$Q = \frac{1.49}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad \text{القياسية الامريكية، تكون العلاقة:}$$

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad \text{من أجل الواحدات المترية يكون:}$$

حيث  $n$  هو معامل خشونة مانينغ ويُستخدم نفسه للعلاقتين معاً. الميل  $S$  يُفسر بأنه إما ميل المجرى الطولي أو الاحتكاك (أي الفاقد بوحدة الطول)، وهذا يتوقف على طريقة سلوك التدفق المستخدمة.

للأنابيب ذات المقطع المضغوط بشكل رئيسي تُستخدم:

إما علاقة هيزن - وليامز Hazen-Williams أو علاقة دارسي - ويسباخ Darcy - Weisbach بدلاً من معادلة مانينغ للجريان المضغوط.

$$Q = 1.318CAR^{0.63}S^{0.54} \quad \text{من أجل وحدات الولايات المتحدة صيغة هيزن - وليامز:}$$

وفيهما  $C$  هو عامل هيزن - وليامز الذي يتغير عكسياً مع خشونة السطح وتُعطى كواحدة من معاملات المقطع العرضي.

$$Q = \sqrt{\frac{8g}{f}} AR^{1/2} S^{1/2} \quad \text{أما صيغة دارسي - ويسباخ فهي:}$$

حيث  $g$  هو تسارع الجاذبية الأرضية و  $f$  وهو عامل دارسي - ويسباخ للاحتكاك.

من أجل الجريان المضطرب، يتحدد هذا العامل من ارتفاع خشونة جدران الأنابيب (وتعطى كمعامل إدخال)، ويتم تحديده باستخدام علاقة كولبروك - وايت Colebrook-White.

ليس من الضروري أن يُسند إلى المجرى جريان رئيسي مجبر ليكون مضغوطاً. إن أي شكل ذي مقطع عرضي مغلق يمكن أن يكون مضغوطاً، وبالتالي في هذه الحالة إنَّ الجريان الرئيسي المجبر يستخدم معادلة مانينغ لحساب الفاقد بالاحتكاك.



## ROUGHNESS TABLES

**Manning's Roughness n for Closed Conduits**

Conduit Material	Manning n
Ashbestos-cement pipe	0.011 - 0.015
Brick	0.013 - 0.017
Cast iron pipe	
- Cement-lined & seal coated	0.011 - 0.015
Concrete (monolithic)	
- Smooth forms	0.012 - 0.014
- Rough forms	0.015 - 0.017
Concrete pipe	0.011 - 0.015
Corrugated-metal pipe (1/2-in. x 2-2/3-in. corrugations)	
- Plain	0.022 - 0.026
- Paved invert	0.010 - 0.022
- Spun asphalt lined	0.011 - 0.015
Plastic pipe (smcctn)	0.011 - 0.015
Vitrified clay	
- Pipes	0.011 - 0.015
- Liner plates	0.013 - 0.017

Source: ASCE (1982). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

**Manning's Roughness n for Open Channels**

Channel Type	Manning n
lined Channels	
- Asphalt	0.013 - 0.017
- Brick	0.012 - 0.018
- Concrete	0.011 - 0.020
- Rubble or riprap	0.020 - 0.035
- Vegetal	0.030 - 0.40
Excavated or dredged	
- Earth, straight and uniform	0.020 - 0.030
- Earth, winding, fairly uniform	0.025 - 0.040
- Rock	0.030 - 0.045
- Unmaintained	0.050 - 0.140
Natural channels (minor streams, top width at flood stage < 100 ft)	
- Fairly regular section	0.030 - 0.070
- Irregular section with pools	0.040 - 0.100

Source: ASCE (1982). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

الشكل (10). جداول الخشونة (عامل ماننغ n).

### Parameters المدخلات الرئيسية للمجري هي:

- أسماء أو أرقام عقد المدخل والمخرج
- ارتفاع الانزياح أو منسوب أرضية المجرى عن قاع فوهة المدخل أو المخرج
- طول المجرى
- أمثال الخشونة حسب مانينغ
- الشكل الهندسي للمقطع العرضي
- ضياعات الحمولة عند الدخول/الخروج (اختياري)
- وجود بوابة رفراف لمنع التدفق العكسي (اختياري).

### SWMM INPUT: CONDUITS

المجري

- ◆ Inlet node عقدة الدخول
- ◆ Outlet node عقدة المخرج
- ◆ Shape (e.g., circular) الشكل
- ◆ Maximum depth العمق الأعظمي
  - ◆ Diameter for circular pipes
- ◆ Length الطول
- ◆ Roughness الخشونة (Manning's coefficient) عامل مانينغ
- ◆ Offset الإزاحة

**Conduit 1**

Property	Value
Name	1
Inlet Node	9
Outlet Node	10
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	1.5
Length	400
Roughness	0.01
Inlet Offset	0
Outlet Offset	0
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Flap Gate	NO
Manning's roughness coefficient	

الشكل (11). مدخلات المجري في SWMM.

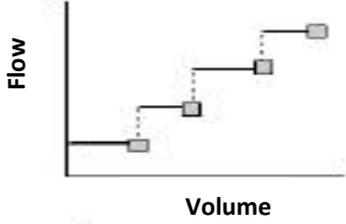
### 1.4.3.1 المضخات Pumps

المضخات عبارة عن وصلات Links تُستخدم لرفع المياه إلى مناسيب أعلى. والمنحني المميز للمضخة يصف العلاقة بين تدفق المضخة وشروط عقدي المدخل والمخرج التابعة لها. يوجد أربعة أنواع مختلفة من منحنيات الضخ:

#### Type1

مضخة ليست على خط الجريان.

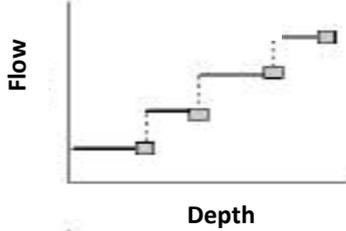
مع بئر ماء للسحب حيث يزداد التدفق تصاعدياً (على فترات زمنية) مع الحجم المتاح لمياه البئر



#### Type2

مضخة على خط الجريان.

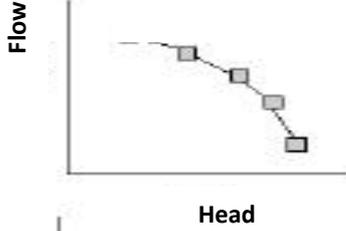
حيث يزداد التدفق تصاعدياً (على فترات زمنية) مع عمق الماء في عقدة الدخول



#### Type3

مضخة على خط الجريان.

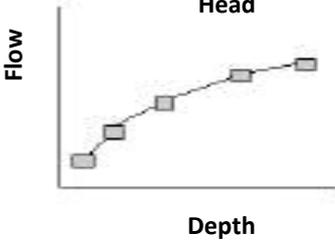
حيث يتغير التدفق باستمرار مع فرق الحمولة بين عقدي الدخل والمخرج.



#### Type4

مضخة على خط الجريان. ذات سرعة متغيرة.

حيث يتغير التدفق باستمرار مع عمق الماء في عقدة المدخل.



الشكل (12). أنواع منحنيات الضخ.

**المضخة المثالية:** مضخة النقل المثالية يكون التدفق فيها مساوياً للتدفق الداخل عند عقدة الدخول. ولا تحتاج إلى منحني. والمضخة عندها عبارة عن وصلة خرج وحيدة من عقدة مدخلها. وتستخدم أساساً للتصميم الأولي.

يمكن السيطرة بشكل ديناميكي على حالة تشغيل/إغلاق المضخات من خلال تحديد أعماق مياه التشغيل والإيقاف في عقدة المدخل، أو بواسطة صيغ تحكم موضوعة من قبل المستخدم، والتي يمكن أن تستخدم أيضاً لمحاكاة متغيرات علبة تبديل السرعة التي تتمزج تدفق المضخة.

المدخلات الرئيسية للضخ هي التالية:

- أسماء أو أرقام عقدتي المدخل والمخرج المتعلقة بها
- اسم منحنى الضخ
- الحالة تشغيل/إغلاق الابتدائية
- أعماق التشغيل والتوقف.

### 5.3.1 منظمات التدفق Flow Regulators

هي منشآت أو أجهزة تستخدم للتحكم بالتدفق وتوزيعه داخل الشبكة. وهي تستخدم عادة في:

- التحكم في التدفق الخارج من الخزانات
- منع التحميل الزائد غير المقبول
- تحويل التدفق إلى المستقبلات ومحطات المعالجة

يمكن لبرنامج SWMM نمذجة الأنواع التالية من منظمات التدفق: الفوهات، والهدرات، والمصبّات.

#### 1.5.3.1 الفوهات Orifices

تستخدم الفوهات لنمذجة منشآت الخرج والتوزيع في أنظمة الصرف، وعادة تكون بشكل فتحات في جدار حفرة تفتيش أو منشأة تخزين وقد تكون موجودة في القعر، أو بشكل بوابة تحكّم. فهي ممثلة في برنامج SWMM كوصلة تربط بين عقدتين. ويمكن للفوهة أن تكون دائرية أو مستطيلة الشكل، وتزوّد بسكر عدم رجوع (رفراف). يمكن استخدام الفوهات كمخارج وحدة تخزين في جميع أنواع الجريان. أمّا إذا لم تكن مرتبطة بعقدة وحدة تخزين، فإنها تُستخدم فقط في شبكات الصرف التي يجري تحليلها وفق سلوك جريان الموجة الديناميكية.

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

يُعطى التدفق خلال فوهة مغمورة تماماً بالعلاقة التالية:

حيث:  $Q$  = التدفق،  $C$  = معامل الجريان،  $A$  = مساحة فتحة الفوهة،  $g$  = تسارع الجاذبية،  $h$  = فرق الحمولة عبر الفوهة.

يمكن التحكم بارتفاع فتحة الفوهات بشكل ديناميكي من خلال قواعد تحكم مُعدّة من قبل المستخدم، ويمكن

استخدام هذه الميزة لنمذجة فتح وإغلاق بوابة.

المدخلات الرئيسية لفوهة تشمل ما يلي:

- أسماء أو أرقام عقدتي المدخل والمخرج المتعلقة بها
- الربط (من أسفل أو من الجانب)
- الشكل (مستطيل الشكل أو دائري)
- المنسوب أو الارتفاع فوق قاع عقدة الدخول
- معامل الجريان
- زمن الفتح أو الإغلاق.

### 2.5.3.1 الهذارات Weirs

الهذارات مثل الفوهات، تستخدم لنمذجة منشآت الخرج والتوزيع في أنظمة الصرف. والهذارات عادة ما تكون واقعة في حفرة تفتيش أو على طول جانب قناة أو ضمن وحدة تخزين. فهي ممثلة في برنامج SWMM كوصلة تربط بين عقدتين حيث يتوضع الهذار عند عقدة الدخول. وثمة سكر عدم رجوع (رفراف).

يتيح البرنامج أربعة أصناف من الهذارات ذات صيغ مختلفة لحساب التدفق عبر الهذار على النحو الوارد في الجدول التالي. شكل (13).

صيغة التدفق	شكل المقطع العرضي	نوع الهذار
$C_w L h^{3/2}$	مستطيل	معترض للجريان
$C_w L h^{5/3}$	مستطيل	هذار جانبي
$C_w S h^{5/2}$	مثلثي	فتحة - V
$C_w L h^{3/2} + C_{ws} S h^{5/2}$	شبه منحرف	شبه منحرف

$C_w$  معامل الجريان فوق الهذار،  $L$  طول الهذار،  $S$  ميل جانب فتحة الهذار بشكل V أو شبه المنحرف،  $C_{ws}$  معامل الجريان من جانبي الهذار شبه المنحرف

الشكل (13). أصناف الهذارات المتاحة.

يمكن استخدام الهذارات كمخارج وحدة تخزين في جميع أنواع الجريان. أما إذا لم تكن مرتبطة بعقدة وحدة تخزين، فإنها تُستخدم فقط في شبكات الصرف التي يجري تحليل الجريان فيها وفق سلوك الموجة الديناميكية. يمكن التحكم بارتفاع عتبة الهذار فوق مدخل قاع العقدة بشكل ديناميكي من خلال قواعد تحكم مُعدّة من قبل المستخدم. هذه الميزة يمكن استخدامها لنمذجة السدود المطاطية (السدات القابلة للانتفاخ).

#### المدخلات الرئيسية للهذار هي ما يلي:

- أسماء أو أرقام عقدتي المدخل والمخرج المتعلقة به
- الشكل والأبعاد
- ارتفاع أو منسوب العتبة فوق مدخل قاع العقدة
- معامل الجريان.

### 3.5.3.1 المصبّات Outlets

المصبّات عبارة عن أجهزة تحكم بالتدفق تستخدم للسيطرة على التدفقات الخارجة من وحدات التخزين. وتُستخدم لنمذجة العلاقة الخاصة بين التدفق والحمولة ولا يمكن تعيين خصائصها عن طريق المضخات أو الفوهات أو الهذارات. وهي ممثلة في برنامج SWMM كوصلة تربط بين عقدتين. ويمكن أن يُزوّد المصبّ بسكر عدم رجوع (رفراف).

المصبّات المرتبطة بوحدات التخزين فعالة في جميع أنواع الجريان. أمّا إذا لم تكن مرتبطة بعقدة وحدة تخزين، فإنّها تُستخدم فقط في شبكات الصرف التي يجري تحليل الجريان فيها وفق سلوك الموجة الديناميكية.

يُحدد منحنى تدفق التفريغ للمصبّ من قبل المستخدم كتابع لفرق الارتفاع لمنسوبي الماء عبر المخرج. كما يمكن استخدام قواعد للتحكّم بشكل ديناميكي لضبط الجريان من أجل ظروف معينة.

المدخلات الرئيسية للمصبّ تشمل ما يلي:

- أسماء أو أرقام عقدي المدخل والمخرج المتعلقة به
- المنسوب أو الارتفاع فوق قاع عقدة الدخول
- علاقة أو جدول يحتوي على الحمولة أو العمق للمصبّ مع علاقة التفريغ.

### 6.3.1 التسميات في الخارطة

التسميات في الخارطة هي عناصر نصية اختيارية في برنامج SWMM تُضاف فوق خارطة الدراسة للمساعدة في تعريف الكائنات أو المناطق في الخارطة. هذه التسميات يمكن كتابتها بواسطة أي خط ويندوز، ويمكن تحريرها بحريّة وسحبها الى أي موقع على الخارطة.

### 4.1 الكائنات غير المرئية

بالإضافة إلى الكائنات الفيزيائية التي يمكن عرضها ورؤيتها على الخارطة، يستخدم SWMM عدة أصناف من كائنات البيانات غير المرئية لوصف الخصائص والعمليات ضمن منطقة الدراسة.

## 1.4.1 العناصر المناخية Climatology

### 1.1.4.1 درجة الحرارة Temperature

تستخدم بيانات درجة حرارة الهواء عند محاكاة عمليات هطل الثلوج وذوبانها أثناء حسابات السيول المطرية. كما يمكن أن تستخدم لمعدلات البحر اليومية. وإذا لم يتم إجراء محاكاة لهذه العمليات فإن بيانات درجة الحرارة لن تكون مطلوبة.

وبيانات درجة الحرارة يمكن توفيرها لبرنامج SWMM من أحد المصادر التالية:

- السلسلة الزمنية المعرّفة من قبل المستخدم لقيم نقاط معيّنة (ويتم استنتاج القيم البينية)
- ملف مناخ خارجي للقيم اليومية الدنيا والعظمى (يعطي SWMM منحنى جيبى من خلال هذه القيم ويتوقف ذلك على أيام السنة).

من أجل السلسلة الزمنية المعرّفة من قبل المستخدم، فإن درجات الحرارة في الولايات المتحدة تكون بوحدات F (فهرنهايت) وتكون بوحدات C (سلسيوس) من أجل الوحدات المترية.

ويمكن أن يُستخدم ملف المناخ الخارجي للحصول على التبخر وسرعة الرياح أيضاً.

#### 2.1.4.1 Evaporation التبخر

يمكن أن يحدث التبخر من المياه الراكدة على سطوح الأحواض الساكنة الجزئية، ومن المياه تحت السطحية، ومن المياه في وحدات التخزين.

يمكن عرض معدلات التبخر كما يلي:

- قيمة ثابتة مفردة
- مجموعة من قيم المعدل الشهري
- سلسلة زمنية معرّفة من قبل المستخدم للقيم اليومية
- قراءة قيم يومية من ملف المناخ الخارجي.

في حال استخدام ملف المناخ يجب أن تتوفر مجموعة من معاملات الرصد الشهرية لتحويل بيانات التبخر المرصودة لقيم سطح مائي حر (معايرة للبخر من السطح المائي).

#### 3.1.4.1 Wind Speed سرعة الرياح

سرعة الرياح هو متغيّر مناخ اختياري يُستخدم لحساب ذوبان الثلوج والتبخر.

ويمكن أن يستخدم SWMM إمّا مجموعة من سرع المتوسط الشهري، أو بيانات سرعة الرياح الواردة في ملف المناخ لدرجات الحرارة اليومية الدنيا والعظمى.

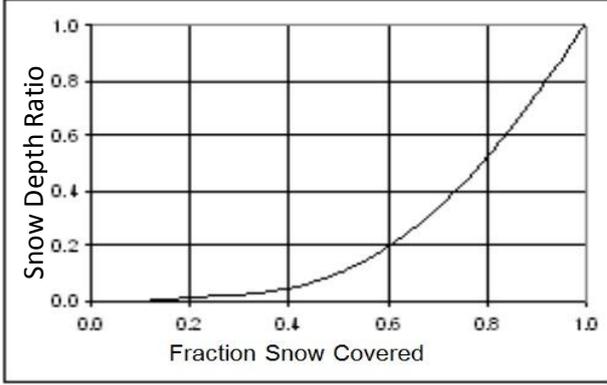
#### 4.1.4.1 Snowmelt ذوبان الثلوج

معاملات ذوبان الثلوج هي المتغيرات المناخية التي تطبّق عبر كامل منطقة الدراسة عند محاكاة هطل وذوبان الثلوج. وتشمل:

- درجة حرارة الهواء أثناء هطول الثلج.
- خصائص تبادل الحرارة لسطح الثلج.
- تصحيح المنسوب وخطوط العرض والطول لمنطقة الدراسة.

### 5.1.4.1 انكماش التغطية Areal Depletion

انكماش التغطية يُشير إلى نزعة الثلوج المتراكمة للذوبان بشكل غير منتظم على سطح الحوض الساكب الجزئي Subcatchment. وعند حدوث عملية الذوبان تتناقص المساحة التي تغطيها الثلوج. ويتم وصف هذه العملية بواسطة منحنى انكماش التغطية الذي يُعبّر بالرسم عن مساحة المنطقة التي ما زالت مغطاة بالثلوج مقابل نسبة عمق الثلج الفعلي إلى العمق عندما كان غطاء الثلج 100%. يُبين الشكل (14) منحنى انكماش التغطية النموذجي لمنطقة طبيعية. يمكن توفير اثنين من هذه المنحنيات لبرنامج SWMM، أحدهما للمساحات النفوذة والآخر للمساحات غير النفوذة.



الشكل (14). منحنى انكماش التغطية لأرض طبيعية.

### 2.4.1 مصاطب الثلج Snow Packs

تحتوي كائنات مصاطب الثلج المعاملات التي تميز تراكم، وإزالة، وذوبان الثلوج فوق ثلاثة أنواع من المناطق الفرعية داخل الحوض الساكب:

- يمكن تعريف مساحات كتيمة من قبل المستخدم مثل الشوارع ومواقف السيارات حيث يمكن القيام بتجريف وإزالة الثلوج.
  - إن مصاطب الثلج الكتيمة تغطي ما تبقى من المساحة غير النفوذة للحوض الساكب.
  - مصاطب الثلج النفوذة تشمل كامل المساحة النفوذة للحوض الساكب.
- وتتميز كل من هذه المناطق الثلاثة بالمعاملات التالية:
- معاملات الحد الأدنى والحد الأقصى لذوبان الثلج.
  - درجة حرارة الهواء الدنيا لحدوث ذوبان الثلج.
  - عمق الثلج فوق مساحة التغطية عندما تحدث بنسبة 100%.
  - عمق الثلج الأولي.
  - المحتوى المائي الأولي والأقصى الحر في المصطبة.

وعلاوة على ذلك، يمكن إسناد إعداد معاملات إزالة الثلج لمساحة التجريف. وهذه المعاملات تتألف من العمق الذي يبدأ عنده إزالة الثلج وأجزاء الثلج المتحركة على مختلف المناطق الأخرى.

يُساعد كائن المصطبة الثلجية من خلال خصائص هذه المصطبة إلى الحوض الجزئي التابعة له. ويمكن تطبيق المصطبة الثلجية المفردة على أي عدد من الأحواض الساكنة الجزئية Subcatchments. وإسناد مصطبة ثلجية إلى حوض جزئي يحدد ببساطة شروط الثلج الأولية ومعاملات الذوبان لهذا الحوض.

داخلياً، يُنشئ برنامج SWMM مصطبة ثلجية "فيزيائياً" لكل حوض جزئي حيث تعتمد مسارات تراكم الثلج وذوبانه لذلك الحوض الجزئي الخاص على معاملات مصطبته الثلجية وعلى مقدار المساحة الكتيمة والمساحة النفوذة وعلى تاريخ الهطل الملاحظ.

### 3.4.1 الحوامل الجوفية Aquifers

الحوامل الجوفية Aquifers تتضمن مساحات من سطح جزئي من المياه الجوفية تستخدم لنمذجة الحركة الرأسية للمياه الراشحة من الأحواض Subcatchments التي تقع فوقها. كما أنها تسمح برشح المياه الجوفية إلى نظام الصرف الصحي، أو نضح Exfiltration المياه السطحية عن نظام الصرف الصحي، ويتوقف هذا على التدرج الهيدروليكي الموجود. ويمكن لحامل جوفي Aquifere واحد أن يتشارك مع عدة أحواض جزئية Subcatchments. وكائنات الحوامل الجوفية Aquifers تكون مطلوبة في النماذج التي تتضمن تياراً واضحاً لتبادل المياه الجوفية مع نظام الصرف، أو لإنشاء منحنيات الجريان الأساسي Baseflow والانحسار Recession في القنوات الطبيعية وفي الأنظمة الطبيعية غير الحضرية.

يُمثل الحامل الجوفي بمنطقتين: المنطقة غير المشبعة، والمنطقة المشبعة. ويتميز سلوكها باستخدام معايير مثل: مسامية التربة، الناقلية الهيدروليكية، وعمق التبخر والنتح، ومنسوب القاع، ومعدل الضياع إلى المياه الجوفية العميقة. بالإضافة إلى ذلك، يجب الحصول على منسوب البساط المائي الأولي، ومحتوى الرطوبة الأولي في المنطقة غير المشبعة.

يرتبط الحامل الجوفي بالأحواض الساكنة Subcatchments ويعقد نظام الصرف، كما هي معرفة في خصائص جريان المياه الجوفية للأحواض. كما تتضمن هذه الخصائص المعايير التي تتحكم في معدل جريان المياه الجوفية بين المنطقة المشبعة للحامل الجوفي وعقد نظام الصرف.

### 4.4.1 منحنيات وحدة المخطط المائي Unit Hydrographs

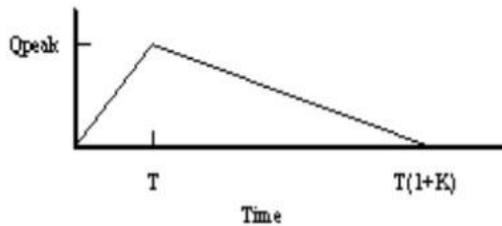
يُفيد منحنى وحدة المخطط المائي (UHs) Unit Hydrographs بتقدير الارتشاح نسبة إلى التدفق المرتبط بالهطول المطري (RDII) Rainfall-Dependent Infiltration/Inflow في شبكة المجاري.

إن UH هي مجموعة تحتوي على ثلاثة مخططات مائية hydrographs:

مخطط مائي لفترة استجابة قصيرة، ومخطط مائي لفترة استجابة متوسطة، والآخر لاستجابة طويلة الأمد. وحزمة UH يمكن أن تتكون من 12 مجموعة من UH، وتتألف من مجموعة واحدة عن كل شهر في السنة. إن كل حزمة من UH تعتبر كائناً منفصلاً من قبل SWMM، ويُشار لها باسم منفرد، إلى جانب اسم المقياس المطري Rain gage الذي تنسب إليه بيانات هطول الأمطار.

وكل مخطط مائي hydrograph يُعرّف بثلاثة معايير كما هو مبين في الشكل (15):

- R : كمية الأمطار التي تدخل شبكة المجاري.
- T : زمن حدوث تدفق الذروة لوحدة المخطط المائي UH (بالساعة).
- K : نسبة زمن انحسار وحدة المخطط المائي UH إلى زمن الذروة.



الشكل (15). وحدة hydrograph RDII

إن حزمة UH يمكن أن تترافق أيضاً بمجموعة من المقادير الأولية يجب أخذها بالحسبان Initial Abstraction (IA). وهي التي تحدد كمية الأمطار التي تضيع أو التي يتم تخزينها قبل أن تتحول إلى جريان مرتبط بالهطل RDII بواسطة المخطط المائي hydrograph.

وتتألف تلك المقادير الأولية IA من:

- أقصى عمق ممكن لـ IA (بوصة أو ملم).
- معدل الاسترجاع (بوصة/يوم أو مم/يوم) الذي يُستنفذ فيه IA المخزن خلال فترات الجفاف.
- العمق الأولي لتخزين IA (بوصة أو مم).

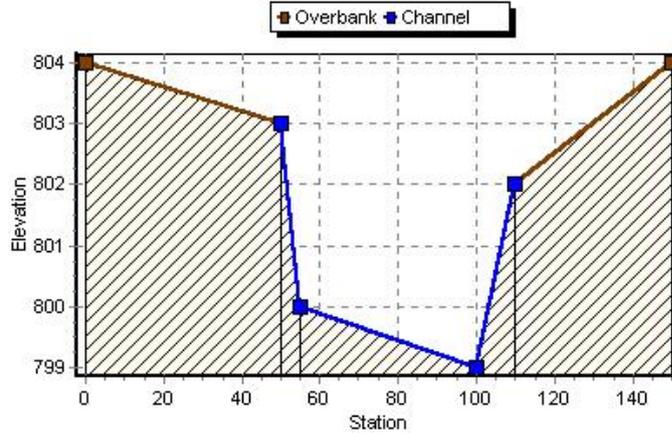
ولتوليد RDII (ارتشاح/تدفق مرتبط بالهطول المطري) إلى عقد نظام الصرف، يجب تحديد العقدة (من خلال خصائص تدفقها) وحزمة UH والمساحة المحيطة بالحوض الساكب للصرف الصحي Sewershed الذي يسهم في تدفق RDII.

لاستخدام بديل للمخططات المائية hydrographs لتحديد تدفق RDII، يمكن توليد ملف توصيل خارجي يحتوي على السلسلة الزمنية لبيانات RDII (الارتشاح/التدفق المرتبط بالهطول المطري).



### 5.4.1 المقاطع العرضية Transects

المقاطع العرضية تشير إلى البيانات الهندسية التي تصف تغير مستوي القاع مع المسافة الأفقية في المقطع العرضي من قناة طبيعية أو مجرى غير منتظم الشكل. ويعرض الشكل (16) مثالاً على مقطع عرضي لقناة طبيعية.



الشكل (16). مثال مقطع قناة طبيعية.

كل مقطع عرضي ينبغي أن يُعطى اسماً محدداً. والمجاري تحال إلى ذلك الاسم للإشارة إلى شكلها. ويتوفر محرر خاص لتحرير بيانات نقطة من مستوي المقطع العرضي. يقوم SWMM داخلياً بتحويل هذه البيانات إلى جداول تمثل عمق القناة مقابل المساحة، وعرض سطح الماء، ونصف القطر المائي (الهيدروليكي). وعلاوة على ذلك، كما هو مبين في الرسم أعلاه، يمكن أن تكون الأكتاف العلوية overbank في اليسار واليمين من المقطع العرضي ذات عامل خشونة مانينغ مختلفة عن القناة الرئيسية. هذه الميزة يمكن أن توفر تقييماً أكثر واقعية للجريان في حالة التدفقات الفيضانية.

### 6.4.1 التدفقات الخارجية

بالإضافة إلى التدفقات الآتية من السيل المطري فوق الحوض الساكب Subcatchment Runoff ومن المياه الجوفية، إن عقد نظام الصرف يمكن أن تستقبل ثلاثة أنواع أخرى من التدفقات الخارجية:

- **التدفقات المباشرة:** تكون على شكل سلسلة زمنية للتدفقات تحدد من قبل المستخدم وتضاف مباشرة إلى العقد. ويمكن استخدامها لتحديد مسار جريان ونوعية المياه في غياب أية حسابات للسيل (كما هو الحال في دراسة منطقة غير معروفة الأحواض الساكبة Subcatchments).
- **تدفقات الطقس الجاف:** هي التدفق المستمر الناتج عن الصرف الصحي في الشبكات، أو التدفق القاعدي في الأنابيب والقنوات.

ويمثلها التدفق المتوسط الذي يمكن ضبطه بشكل دوري على أساس شهري، أو يومي، أو بالساعة، عن طريق تطبيق مضاعفات فترة زمنية لقيمة هذا المعدل.

#### ▪ الارتشاح/التدفق المرتبط بالهطول المطري (RDII):

وهي التدفقات الناتجة من العواصف المطرية Stormwater التي تدخل المجاري الصحية من مصارف مشتركة بسبب "تدفق" من الوصلات المباشرة للمنابع Downspouts، ومن الضخ من الأحواض Sump Pumps، ومن مصارف الأساسات Foundation drains، وغير ذلك، فضلا عن ارتشاح المياه تحت السطحية من خلال تصدّع الأنابيب، وتسريب الوصلات، ووصلات حفر التفتيش السيئة، إلخ.. ويمكن حساب RDII لأجل سجل هطول مطري على أساس مجموعة ثلاثية من منحنيات وحدة المخطط المائي Hydrographs (UH) التي تحدد استجابة قصيرة الأجل، ومتوسطة الأجل، وطويلة الأجل لكل فترة من تدفق الهطول المطري. ولأي عدد من مجموعات UH التي يمكن توفيرها لمختلف مساحات الحوض الساكب للصرف Sewershed ولمختلف أشهر العام. كما يمكن التعامل مع ملف توصيل خارجي لبيانات RDII (الارتشاح/التدفق المرتبط بالهطول المطري).

التدفقات المباشرة، وتدفقات الطقس الجاف، وتدفقات RDII هي خواص مترافقة مع كل نوع من عقد نظام الصرف (الوصلات، المصبات، وموزعات التدفق، ووحدات التخزين)، يمكن تحديدها عند تحرير مواصفات العقد. ومن الممكن أيضا اعتبار التدفقات الخارجة عن نظام تصريف، لتكون كتدفقات داخلية في نظام تصريف آخر وذلك باستخدام ملفات بينية.

### 7.4.1 صيغ التحكم

قواعد التحكم تحدد كيفية السيطرة وضبط المنظّمات Regulators والمضخات Pumps في نظام الصرف خلال المحاكاة. وبعض الأمثلة على هذه القواعد هي:

التحكم البسيط بالضغط استناداً للزمن:

```
RULE R1
IF SIMULATION TIME > 8
THEN PUMP 12 STATUS = ON
ELSE PUMP 12 STATUS = OFF
```

التحكم المتعدد الشروط في بوابة فوهة:

```
RULE R2A
IF NODE 23 DEPTH > 12
AND LINK 165 FLOW > 100
THEN ORIFICE R55 SETTING = 0.5
```

RULE R2B  
 IF NODE 23 DEPTH > 12  
 AND LINK 165 FLOW > 200  
 THEN ORIFICE R55 SETTING = 1.0

RULE R2C  
 IF NODE 23 DEPTH <= 12  
 OR LINK 165 FLOW <= 100  
 THEN ORIFICE R55 SETTING = 0

تشغيل محطة الضخ:

RULE R3A  
 IF NODE N1 DEPTH > 5  
 THEN PUMP N1A STATUS = ON

RULE R3B  
 IF NODE N1 DEPTH > 7  
 THEN PUMP N1B STATUS = ON

RULE R3C  
 IF NODE N1 DEPTH <= 3  
 THEN PUMP N1A STATUS = OFF  
 AND PUMP N1B STATUS = OFF

نمط التحكم بارتفاع الفوهة:

RULE R4  
 IF NODE N2 DEPTH >= 0  
 THEN WEIR W25 SETTING = CURVE C25

### 8.4.1 الملوثات Pollutants

يستطيع SWMM محاكاة توليد وتدفق ونقل أي عدد من الملوثات المحددة من قبل المستخدم. والمعلومات المطلوبة عن كل ملوثة تشمل ما يلي:

- اسم الملوثة.
- وحدات التركيز (أي ملليغرام/لتر، ميكروغرام/لتر، أو تعداد/لتر).
- التركيز في الأمطار الهاطلة.
- التركيز في المياه الجوفية.
- التركيز في الارتشاح نسبة إلى التدفق المباشر.
- التركيز في تدفق الطقس الجاف.
- معامل الاضمحلال من المرتبة الأولى.

الملوثات المشاركة يمكن تعريفها أيضاً في SWMM. على سبيل المثال، الملوثة X يمكن أن يكون لها ملوثة مشاركة Y، وهذا يعني أن تركيز الملوثة X في السيل سيكون لها جزء معيناً مضافاً من تركيز Y.

وتراكم الملوثات أو إزالتها (غسلها Washoff) من مساحات حوض ساكب ما Subcatchment تحددها استخدامات الأراضي المخصصة لهذه المساحات. كما يمكن أن تأتي الملوثات إلى نظام الصرف من تدفقات سلسلة زمنية خارجية، ومن تدفقات الطقس الجاف.

#### 9.4.1 استخدامات الأراضي Land Uses

استخدامات الأراضي هي نوع من فعاليات التنمية أو خصائص سطح الأرض المخصصة للأحواض Subcatchments. وكأمثلة على فعاليات استخدام الأراضي هي: الأنشطة السكنية، والتجارية، والصناعية، وغير المطورة. وخصائص سطح الأرض: يمكن أن تشمل أسطح المباني، المروج، والطرق المعبدة، والتراب المستقرة، وغير ذلك. واستعمالات الأراضي تستخدم فقط لحساب التباين المكاني لمعدل تراكم وإزالة الملوثات في الأحواض Subcatchments.

إن مستخدمي SWMM لديهم خيارات كثيرة لتحديد استعمالات الأراضي وتخصيصها لمساحات في الحوض الجزئي Subcatchment. وأحد الخيارات هو تعيين مزيج من استعمالات الأراضي في كل حوض جزئي، مما يؤدي إلى توحيد الخصائص في جميع استعمالات الأراضي داخل الأحواض Subcatchments. وثمة خيار آخر، وهو تخصيص أحواض جزئية Subcatchments لها تصنيف واستخدام للأراضي واحد، من مجموعة مميزة من الخصائص السابقة واللاحقة التي تعكس التصنيف.

يمكن تعريف العمليات التالية في كل فئة لاستخدام الأراضي:

- تراكم الملوثات Pollutants Buildup.
- إزالة (غسل) الملوثات Pollutants washoff.
- تنظيف الشوارع Street Cleaning.

#### 1.9.4.1 تراكم الملوثات

هو تراكم الملوثات ضمن فئة استخدامات الأراضي، ويتم وصفه (أو تحديد "طبيعته") إما ككتلة في كل وحدة مساحة من البقعة Subcatchment، أو في كل وحدة من طول الحجز Curb Length. والكتلة يتم التعبير عنها باللبيرة (الباوند) في الواحدات المستخدمة في الولايات المتحدة، وبالكيلوغرام في الواحدات المترية. إن مقدار التراكم هو تابع لعدد أيام الطقس الجاف التي تسبق الهطل، ويمكن حسابه باستخدام أحد التتابع التالية:

تابع القوة: تراكم الملوثات (B) يتبع الزمن (t) المرفوع إلى قوة ما، حتى بلوغ الحد الأعظمي:

$$B = \text{Min}(C_1, C_2 t^{C_3})$$

حيث  $C_1 =$  التراكم الأعظمي الممكن (كتلة لكل وحدة من المساحة أو لكل وحدة من طول الحجز)،  
 $C_2 =$  ثابت معدل التراكم، و  $C_3 =$  أس الوقت.

التابع الأسّي الطبيعي: التراكم يتبع منحنى أسّي طبيعي يحقق نهاية عظمى مقارنة:

$$B = C_1(1 - e^{-C_2 t})$$

حيث  $C_1 =$  التراكم الأقصى الممكن (كتلة لكل وحدة من المساحة أو لكل وحدة من طول الحجز)،  
 $C_2 =$  ثابت معدل التراكم (ليتر/أيام).

تابع الإشباع: التراكم يبدأ بمعدل خطي ويضمحل باستمرار مع الزمن حتى يصل إلى قيمة الإشباع:

$$B = \frac{C_1 t}{C_2 + t}$$

حيث  $C_1 =$  التراكم الأقصى الممكن (كتلة لكل وحدة من المساحة أو لكل وحدة من طول الحجز)،  
 $C_2 =$  ثابت نصف التشبع (عدد الأيام حتى الوصول إلى نصف التراكم الأعظمي).

تابع السلاسل الزمنية الخارجية: يسمح هذا الخيار باستخدام السلاسل الزمنية لوصف معدل التراكم باليوم كتابع للزمن. والقيم التي تتوضع في سلسلة زمنية واحداً الكتلة بوحدة المساحة (أو طول الحجز) في اليوم. ويمكن أيضاً مع هذا الخيار تزويد تراكم محتمل أعظمي (كتلة في وحدة المساحة أو طول الحجز) مع عامل مقياس مضروب بقيم السلسلة الزمنية.

#### 2.9.4.1 إزالة (غسل) الملوثات

إزالة الملوثات Pollutant Washoff من فئة استخدام أرض معطاة، يحدث خلال فترات الطقس الرطب (أمطار، تلوج، ..) ويمكن التعبير عنها في إحدى الطرق التالية:

الإزالة الأسية الطبيعية: حمل الإزالة (W) في واحداً الكتلة لكل ساعة، يتناسب مع جداء السيل مرفوعاً إلى

$$W = C_1 q^{C_2} B$$

قوة ما، ومقدار التراكم المتبقي:

حيث  $C_1 =$  معامل الإزالة،  $C_2 =$  أس الإزالة،  $q =$  معدل السيل (الجريان السطحي) في وحدة المساحة (بوصة/ساعة أو مم/ساعة)، و  $B =$  تراكم الملوثات بوحدة الكتلة (رطل - لبيرة أو كغ) في وحدة المساحة أو في وحدة طول الحجز. واحداً الكتلة المزلة هي نفسها المستخدمة للتعبير عن تركيز الملوثات (مليغرام، ميكروغرام، التعداد).

منحني معدل الإزالة **Rating Curve Washoff**: معدل الإزالة  $W$  بوحدة الكتلة في الثانية الواحدة،

$$W = C_1 Q^{C_2} \quad \text{يتناسب مع معدل السيل مرفوعاً لقوة ما:}$$

حيث  $C_1 =$  معامل الإزالة،  $C_2 =$  أس الإزالة، و  $Q =$  معدل السيل وفق واحداث التدفق المعرفّة من قبل المستخدم.

التركيز الوسطي للحدث **Event Mean Concentration**: وهي حالة خاصة من الإزالة بمنحني معدل السيل، حيث الأس 1.0، والمعامل  $C_1$  يمثل تركيز إزالة الملوثات بواحدات الكتلة لكل لتر.

#### ملاحظة:

(التحويل من واحداث تدفق السيل Runoff المعرفّة من قبل المستخدم إلى الليترات يعالج داخلياً من قبل (SWMM). نلاحظ أنه في كل حالة تراكم، هناك استنفاد مستمر نتيجة الإزالة، وتتوقف الإزالة عندما لا يكون هناك المزيد من التراكم.

إن حمولة الإزالة لملوثة معينة في فئة ما لاستخدامات الأرض، يمكن تخفيضها بنسبة مئوية محددة، بتحديد كفاءة الإزالة باستخدام خبرة عملية جيدة (Best management Practice) BMP، وهي تعكس فعالية أية إجراءات تحكم ناتجة عن BMP مرتبطة باستخدام الأراضي. ومن الممكن أيضاً استخدام خيار التركيز الوسطي للحدث Event Mean Concentration في حد ذاته، دون الحاجة إلى أي نموذج تراكم للملوثات على الإطلاق.

### 3.9.4.1 كس الشوارع Street Sweeping

يمكن أن يستخدم كس الشوارع على فترات في كل فئة لاستخدام الأراضي للحد من التراكم للملوثات محددة.

المعايير التي تصف كس الشارع تتضمن:

- الفترة بالأيام بين حالتي كس.
- الفترة بالأيام منذ آخر كس في بداية المحاكاة.
- الجزء من التراكم، من كافة الملوثات، المتوفر للإزالة بواسطة الكس.
- الجزء من التراكم المتوفر لكل ملوثة مزالة بالكس.

علماً بأن هذه المعايير يمكن أن تكون مختلفة وفقاً لكل استخدام للأراضي، والمعيير الأخير يمكن أن يختلف أيضاً وفقاً للملوثات.

## 10.4.1 المعالجة Treatment

إزالة الملوثات من تيارات التدفق الداخلة إلى أي عقدة نظام صرف، تتم نمذجته بتخصيص مجموعة من توابع المعالجة في العقدة. وتابع المعالجة يمكن أن يكون أي شكل لتعبير رياضي جيد يتضمّن:

- تركيز الملوثات لخليط من تدفق جميع تيارات دخول العقدة (استخدام اسم الملوثه لتمثيل التركيز).
- إزالة Removal الملوثات الأخرى (استخدام البادئة R\_ قبل اسم الملوثه لتمثيل إزالتها).
- أي من متغيرات العمليات التالية:
  - التدفق FLOW: لمعدل التدفق إلى داخل العقدة (في وحدات التدفق المعروفة من قبل المستخدم).
  - العمق DEPTH: لعمق المياه فوق قاع العقدة (بالقدم أو بالمتري - ft أو m).
  - المساحة AREA: لمساحة سطح العقدة (ft<sup>2</sup> أو m<sup>2</sup>).
  - DT: خطوة زمن المسار (ثانية sec).
  - HRT: زمن المكوث المائي (الهيدروليكي) (ساعة hour).

نتائج تابع المعالجة يمكن أن يكون إما التركيز (نرمز إليه بالحرف C) أو إزالة جزئية (باستخدام الرمز R). على سبيل المثال: تعبير الاضمحلال من المرتبة الأولى لـ BOD الخارج من عقدة تخزين يمكن التعبير عنه:

$$C = BOD * \exp(-0.05 * HRT)$$

أو إزالة بعض آثار الملوثات التي تتناسب مع إزالة إجمالي المواد الصلبة العالقة (R\_TSS).

ويمكن التعبير عنها على النحو التالي:

$$R = 0.75 * R\_TSS$$

## 11.4.1 المنحنيات Curves

تستخدم المنحنيات لوصف العلاقة بين كميتين. والأنواع التالية من المنحنيات متاحة في SWMM:

- التخزين Storage: يُبين تغيّر مساحة سطح عقدة وحدة التخزين بدلالة عمق الماء.
- الشكل Shape: يُبين تغيّر عرض المقطع بدلالة عمق الماء لوصلة مجرور.
- التحويل Diversion: التدفق المحول الخارج نسبة إلى إجمالي التدفق الداخل إلى عقدة الموزع Divider.
- المد والجزر Tidal: يصف مرحلة التغير في عقدة مصب خلال ساعات اليوم.
- المضخة Pump: يربط تدفق مضخة مع العمق أو الحجم عند عقدة المدخل أو على الحمولة (الضغط) الذي تنقله المضخة.

- المعدّل Rating: يربط التدفق خلال وصلة منفذ مع فرق الحمولة عبر المنفذ.
- التحكم Control: يحدد كيفية تغيير إعداد التحكم في مضخة أو منظم تدفق كتابع لبعض متغيرات التحكم (مثل سوية المياه في عقدة جزئية) كما هو محدد في قانون التحكم المنمذج.

يجب إعطاء اسم محدد لكل منحني، ويمكن تخصيص أي عدد من البيانات الزوجية.

### 12.4.1 السلاسل الزمنية Time Series

تستخدم كائنات السلاسل الزمنية لوصف الطريقة التي تتغير فيها خصائص كائن محدد وتختلف مع الزمن. والسلاسل الزمنية يمكن استخدامها لوصف:

- بيانات درجة الحرارة.
- بيانات التبخر.
- بيانات هطول الأمطار.
- حالة المياه عند عقد المصب.
- المخططات المائية Hydrographs الخارجية الداخلة إلى عقد نظام الصرف.
- منحنيات التلوث Pollutographs الخارجية الداخلة إلى عقد نظام الصرف.
- إعدادات التحكم في المضخات ومنظمات التدفق..

يجب أن يعطى اسماً محددًا لكل سلسلة زمنية، ويمكن تخصيص أي عدد لثنائية البيانات: القيمة - الزمن. يمكن أن يكون الزمن المحدد من بداية محاكاة إما بالساعات أو كتاريخ مطلق وزمن من اليوم.

لأجل سلسلة زمنية لهطول الأمطار، من الضروري فقط إدخال فترات الهطول المطري للكميات التي لا تساوي الصفر. ويفسر SWMM قيمة الهطل المطري كقيمة ثابتة خلال فترة التسجيل لمقياس مطري ضمن سلسلة زمنية. ولجميع أنواع السلاسل الزمنية الأخرى، يستخدم SWMM لتقدير القيم التي تقع في بعض الأحيان بين القيم المسجلة.

للأزمنة التي تقع خارج نطاق السلسلة الزمنية، سوف يستخدم SWMM القيمة 0 للسلاسل الزمنية للهطل المطري وللتدفقات الداخلة الخارجية.

### 13.4.1 النماذج الزمنية Time Patterns

النماذج الزمنية تسمح لتدفق الطقس الجاف (DWF) الخارجي بالتغير بشكل دوري. وهي تتألف من مجموعة من عوامل ضبط تستخدم كمعاملات للخط القاعدي لمعدل تدفق DWF أو تركيز الملوثات. الأنواع المختلفة من نماذج الزمن هي:

الشهري **Monthly**: مضاعف عن كل شهر من السنة.  
اليومي **Daily**: مضاعف عن كل يوم من أيام الأسبوع.  
الساعي **Hourly**: مضاعف عن كل ساعة من 12 AM حتى 11 PM.  
عطلة نهاية الاسبوع **Weekend**: مضاعفات الساعة لأيام عطلة نهاية الأسبوع.

يجب أن يكون هناك اسماً محدداً لكل عينة نموذج زمني، وليس هناك حد لعدد النماذج التي يمكن أن تتشأ. وكل تدفق داخل للطقس الجاف (إما تدفق أو نوعية) يمكن أن يمتلك كحد أقصى أربع عينات مرتبطة به، واحدة لكل نوع من الأنواع المذكورة أعلاه.

### LID Controls 14.4.1

متحكمات LID (Low Impact Development) هي تجهيزات (منشآت) تصمم لالتقاط السيل السطحي وتعرضه لمجموعة مشتركة من الاحتجاز، والارتشاح، والتبخر بالنتج. وتتم دراستها كخصائص لحوض جزئي معطى، مشابهة لكيفية معالجة الحوامل الجوفية Aquifers والمصاطب الثلجية Snow Packs. وبرنامج SWMM يستطيع بوضوح نمذجة خمسة أنواع عامة ومختلفة من متحكمات LID.

- خلايا الاحتباس البيولوجية *Bio-retention Cells*: وهي حاجزات Depressions (عديمة الحمولة المائية أو الضاغط المائي) تحتوي نباتات خضراء تنمو في مزيج مصمم لتربة متوضعة فوق سرير تصريف حصوي. وهي تؤمن الخزن Storage، والارتشاح Infiltration، والتبخر Evaporation لكل من الهطول المطري المباشر والسيل الحاصل من المناطق المحيطة. إن الحقائق المروية بالرياح Rain gardens، والأحواض النباتية في الشوارع Street planters، والأسقف الخضراء Green roofs، كلها عبارة عن متغيرات لخلايا احتباس بيولوجية.
- خنادق الارتشاح *Infiltration Trenches*: هي خنادق ضيقة مملوءة بالحصى تستقبل السيل في المناطق غير النفوذة. وهي تؤمن الخزن Storage، ووقتاً إضافياً لالتقاط السيل ليرشح ضمن التربة الطبيعية في الأسفل.
- أنظمة الرصف المسامي *Continuous Porous Pavement Systems*: هي مناطق محفورة مملوءة بالحصويات وفوقها رصف مسامي من الخرسانة أو الخليط الإسفلتي. كل الهطل المطري سيعبر عادة بشكل مباشر خلال الرصف إلى طبقة الخزان الحصوي في الأسفل بحيث تستطيع الارتشاح بمعدل طبيعي ضمن التربة الطبيعية في الموقع. إن أنظمة الرصف القرميدي *Block Paver* (القرميد المتشابك أو المعشق Interlock) تتكون من قرميد رصف غير نفوذ يوضع فوق سرير من الرمل أو الزرادة مع طبقة خزان حصوي في الأسفل. ويتم التقاط الأمطار بواسطة الفراغات البينية المتروكة بين القرميد المرصوف وتنتقل المياه إلى منطقة التخزين ثم إلى التربة الطبيعية في الأسفل.

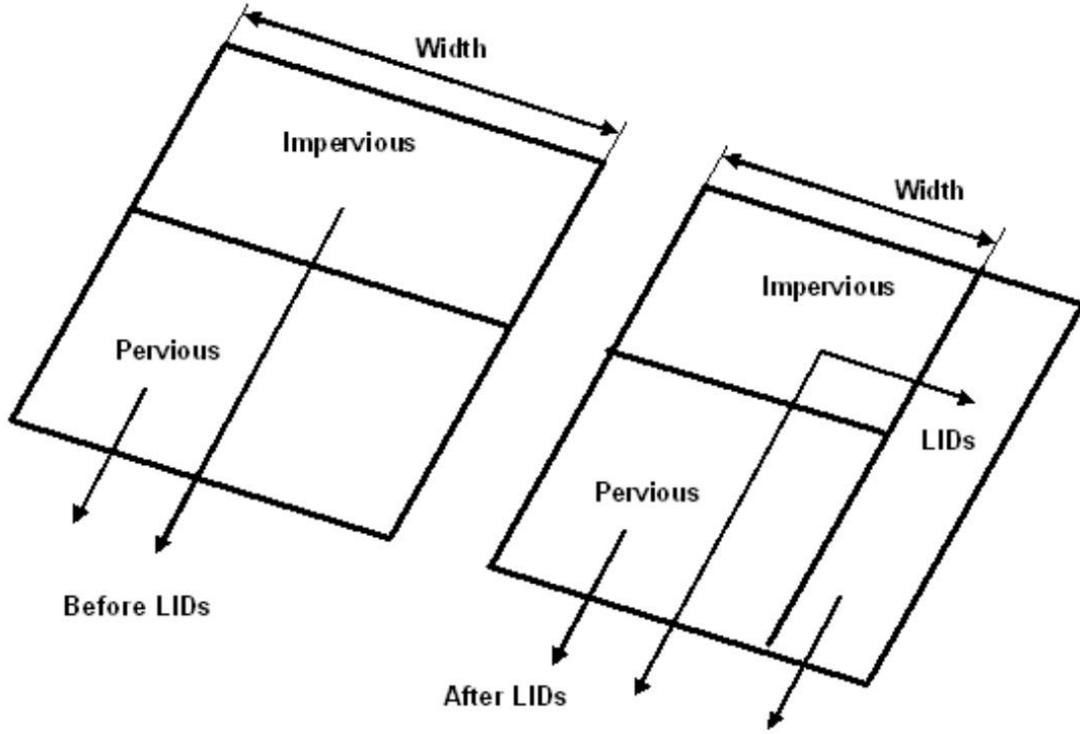
- حواصل المطر *Rain Barrels* (أو الأحواض *Cisterns*): وهي حاويات تجمع السيل من السطح خلال فترات العاصفة، ويمكن إما تفريغ أو إعادة استخدام مياه المطر منها، خلال فترات الجفاف.
  - الأخاديد الخضراء *Vegetative Swales*: وهي أقبية أو مناطق منخفضة بجوانب مائلة مغطاة بالمرج أو غيره من النباتات الخضراء. وهي تعمل على إبطاء السيل المتجمع وتعطيه وقتاً أكبر للارتشاح ضمن التربة الطبيعية تحته.
- إن خلايا الاحتباس البيولوجي، وخنادق الارتشاح، وأنظمة الصرف المسامية، يمكن لها جميعاً أن تحتوي على نظام تصريف اختياري في سرير الخزان الحصوي تحته لنقل السيل المطري الملتقط من الموقع عوضاً عن تركه يرشح بأكمله. ويمكن أيضاً أن يكون لها أرضية غير نفوذة أو بطانة تمنع حدوث أي ارتشاح ضمن التربة الطبيعية. كما أن خنادق الارتشاح وأنظمة الصرف المسامية يمكن أن تتعرض إلى نقصان الناقلية المائية (الهيدروليكية) مع الزمن نتيجة الانسداد. وبالرغم من أن بعض أنواع LID تستطيع أن تعطي فوائد إنقاص ملوثات ذات مغزى، ولكن في الوقت الحالي فإن SWMM يُنمذج فقط خواصها الهيدروليكية (المائية).

ويوجد طريقتين مختلفتين لوضع متحكمات LID ضمن حوض ساكب جزئي Subcatchment:

- وضع واحدة أو أكثر من المتحكمات في حوض جزئي موجود مما سيؤدي لإنقاص مقدار مساو من المساحة غير LID من الحوض.
- إنشاء حوض ساكب جديد مكرّس داخلياً لنوع واحد من منشآت LID.

الطريقة الأولى تسمح بوضع مزيج من منشآت LID في حوض، كل منها تتعامل مع جزء مختلف من السيل المتولد من أجزاء الحوض غير LID. لاحظ أنه في هذا الخيار تعمل أنواع LID للحوض على التوازي - ومن غير الممكن جعلها تعمل على التسلسل (بمعنى: وجود تدفق خارج من نوع LID واحد، يصبح تدفقاً داخلياً إلى نوع LID آخر). وأيضاً بعد توضع LID فإن النسبة المئوية لمساحة الحوض الجزئي اللانفوذ وخصيصة العرض للحوض من الممكن أن يتطلبا إعادة الضبط لتعويض مقدار مساحة الحوض الأصلية التي تم استبدالها بمنشآت LID (الشكل 17). وكمثال، لنفترض أن لحوض مساحة غير نفوذة بنسبة 40% وأن نسبة 75% من هذه المساحة تحولت إلى LID ذات الصرف المسامي. فبعد إضافة LID فإن نسبة مساحة الحوض الكثيمة ينبغي أن تتغير إلى نسبة المساحة اللانفوذ المتبقية مقسومة على نسبة مساحة غير LID المتبقية. أي:

$$40 / (100 - 0.75 \times 40) \times (1 - 0.75) = 14.3\%$$



الشكل (17). ضبط معايير مساحة الحوض بعد توضع LID

## 5.1 الطرق الحاسوبية Computational Methods

SWMM هو نموذج محاكاة للزمن مباشرة، ذو أساس فيزيائي. ويوظف مبادئ الحفاظ على الكتلة، والطاقة، والعزم الحركي حيثما كان ذلك مناسباً. هذا القسم يصف بإيجاز الطرق التي يستخدمها SWMM للنمذجة الكمية والنوعية لمجري مياه السيول من خلال العمليات الفيزيائية التالية:

- السيل السطحي Surface Runoff - الرشح Infiltration
- المياه الجوفية Groundwater - ذوبان الثلوج Snowmelt
- سلوك الجريان Flow Routing - تشكل المستنقعات السطحية Surface Ponding
- سلوك جودة المياه Water Quality Routing

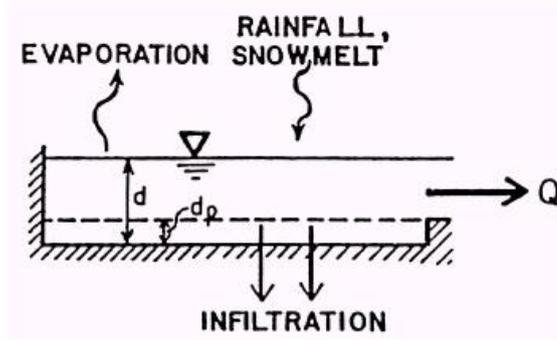
### 1.5.1 السيل السطحي Surface Runoff

يُوضح الشكل (18) أدناه مفهوم السيل السطحي الذي يستخدمه SWMM. فكل سطح حوض جزئي Subcatchment يعامل كخزان غير خطي، لتدفقات داخلة تأتي من الهطل، ومن أي حوض في أعالي التيار. وهناك أيضاً العديد من التدفقات الخارجة، بما فيها عمليات الرشح، والتبخر، والسيل السطحي.

سعة هذا الخزان تساوي الحد الأقصى للخرن الاحتجازي، وهذا هو الحد الأقصى للتخزين السطحي التي يوفرها المستنقع، والسطح المبلل، والاحتجاز.

والسيل السطحي في وحدة المساحة  $Q$ ، يحدث فقط عندما يتجاوز عمق الماء في الخزان الحد الأقصى للخرن الاحتجازي  $dp$ ، وفي هذه الحالة يُعبّر عن التدفق بمعادلة مانينغ.

يتم تحديث عمق المياه فوق الحوض Subcatchment ( $d$  واحداًتها القدم) باستمرار مع الزمن ( $t$  في ثانية) من خلال الحل العددي لمعادلة الموازنة المائية فوق الحوض الساكب.



الشكل (18). مفهوم السيل السطحي.

## 2.5.1 الرشح

الرشح هو عملية تسلل مياه الأمطار واختراقها سطح الأرض داخل مساحات منطقة تربة غير مشبعة من الحوض الساكب. ويوفر SWMM ثلاثة خيارات لنمذجة هذا الرشح:

### طريقة Horton's Equation:

تعتمد هذه الطريقة على الملاحظات التجريبية، حيث تبين أن سعة الرشح تنخفض أسياً من معدّل أعظمي أولي إلى معدّل أصغري خلال فترة طويلة لهطول الأمطار. المدخلات التي تتطلبها هذه الطريقة تتضمن الحد الأقصى والحد الأدنى لمعدلات الرشح، ومعامل الاضمحلال الذي يصف سرعة انخفاض المعدّل مع الزمن، والزمن الذي تستغرقه التربة المشبعة للجفاف تماماً.

### طريقة Green - Ampt:

هذه الطريقة لنمذجة الرشح تفترض جبهة رطوبة حادة تتواجد في عمود التربة، تفصل تربة ذات محتوى رطوبة أولي معيّن في الأسفل عن تربة مشبعة فوقها. المدخلات المطلوبة، العجز الأولي لرطوبة التربة، والناقلية الهيدروليكية (المائية) للتربة، وضغط الامتصاص عند الجبهة الرطوبة.

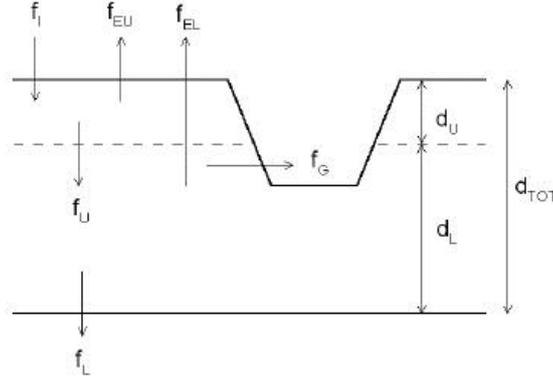
### طريقة Curve Number Method:

يعتمد هذا النهج طريقة رقم المنحني لتقدير السيل. وتفترض أن إجمالي سعة الرشح في التربة يمكن إيجادها من رقم منحنيات مجدولة للترب. وخلال فترة المطر تستنزف سعة الرشح هذه كتابع لهطول المطر المتراكم والسعة المتبقية.

المدخلات لهذه الطريقة هي رقم المنحني، والوقت الذي تستغرقه تربة مشبعة تماماً لتجف بشكل كامل.

### 3.5.1 المياه الجوفية Groundwater

يُبين الشكل (19) رسم لنموذج مياه جوفية لمنطقتين مستخدمتين في SWMM. المنطقة العليا غير مشبعة ذات محتوى رطوبة متغير  $\theta$ . أما المنطقة السفلى فهي مشبعة تماماً، وبالتالي محتوى الرطوبة فيها ثابت في تربة ذات مسامية  $\phi$ . الفيض المبين في الشكل، نعبر عنه بالحجم لكل وحدة مساحة في وحدة الزمن، ويتألف من العناصر التالية:



الشكل (19). نموذج المياه الجوفية في منطقتين.

$f_i$  الرشح من السطح.

$f_{EU}$  التبخر والنتح من المنطقة العليا التي هي نسبة ثابتة من تبخر السطح غير المستخدم.

$f_U$  النرّ من المنطقة الأعلى إلى الأدنى والذي يعتمد على محتوى الرطوبة  $\theta$  والعمق  $d_U$  للمنطقة العليا.

$f_{EL}$  التبخر والنتح من المنطقة السفلى، التي هي تابع لعمق المنطقة العليا  $d_U$ .

$f_L$  النرّ من المنطقة السفلى إلى المياه الجوفية العميقة والذي يعتمد على عمق المنطقة السفلى  $d_L$ .

$f_G$  التدفق الداخل الجانبي للمياه الجوفية إلى نظام الصرف، والذي يعتمد على عمق المنطقة السفلى  $d_L$

فضلا عن عمق قناة الاستقبال أو العقدة.

وبعد حساب فيض المياه خلال فترة زمنية معطاة، يتم كتابة توازن الكتلة لتغيير حجم المياه المخزنة في كل منطقة، بحيث يمكن حساب عمق جديد للسطح المائي ومحتوى الرطوبة في المنطقة غير المشبعة في الفترة الزمنية التالية.

### 4.5.1 ذوبان الثلج

إجراء ذوبان الثلج في SWMM هو جزء من عملية نمذجة السيول. وهو يعمل على تحديث حالة المصاطب الثلجية المرتبطة بكل حوض Subcatchment مع الأخذ بالحسبان تراكم الثلج، وإعادة توزيع مساحات التغطية وعمليات الإزالة، وذوبان الثلج عن طريق حساب الموازنة الحرارية. وأي ذوبان للثلج يأتي من المصطبة يتم التعامل معه باعتباره هطل مطري إضافي يدخل على الحوض الساكن Subcatchment.

وفي كل خطوة لزمان السيل تتم الحسابات التالية:

1. يتم تحديث درجة حرارة الهواء ومعاملات الذوبان وفقاً لتاريخ التقويم.
2. أي هطول يهطل كثلج يُضاف إلى المصطبة الثلجية.
3. أي تجاوز في عمق الثلج على منطقة الجرف من المصطبة يعاد توزيعه وفقاً لمعاملات الإزالة التي وضعت للمصطبة.
4. مساحات تغطية الثلج نسبة لمساحات المصطبة الثلجية السابقة واللاحقة، تنقص وفقاً لمنحنيات اضمحلال المساحة، المعرفة في منطقة الدراسة.
5. للحصول على كمية الثلج في المصطبة التي تذوب كميها سائلة نستخدم:
  - أ. معادلة الموازنة الحرارية لفترات الهطول المطري، حيث يزيد معدّل ذوبان الثلج مع زيادة درجة حرارة الهواء، وسرعة الرياح وشدة الأمطار.
  - ب. معادلة الدرجة - يوم للفترات التي لم تهطل فيها الأمطار، حيث معدّل الذوبان يساوي إلى جداء معامل الذوبان بالفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة ذوبان قاعدة المصطبة.
6. إذا لم يحدث الذوبان فإن حرارة المصطبة تُضبط صعوداً أو هبوطاً على أساس جداء الفرق بين درجة حرارة الهواء في الحاضر والماضي ومعامل الذوبان المضبوط. أما إذا حدث الذوبان، فإن حرارة المصطبة تزيد بما يعادل المحتوى الحراري للثلج الذائب، وصولاً إلى حرارة الذوبان الأساسية. وأي سائل يذوب يتبقى عدا ذلك يكون متاحاً كسيل من المصطبة.
7. عندئذ يُخفض ذوبان الثلج المتاح بمقدار سعة احتجاز المياه المتبقية في المصطبة. والذوبان المتبقي يعامل نفس معاملة الهطل المطري الإضافي الداخل على الحوض Subcatchment.

### 5.5.1 سلوك الجريان Flow Routing

سلوك الجريان داخل مجرى في SWMM تنظمه معادلات حفظ الكتلة كمية الحركة Momentum لجريان غير مستقر متغير تدريجياً، (معادلات التدفق لسانت فينانت). ومستخدم SWMM لديه إمكانية اختيار سوية التعقيد المستخدمة لحل هذه المعادلات:

- سلوك الجريان الدائم Steady Flow Routing
- السلوك الحركي للجريان Kinematic Flow Routing
- السلوك التحريكي (الديناميكي) للجريان Dynamic Flow Routing

### 1.5.5.1 سلوك الجريان الدائم

يمثل سلوك الجريان الدائم أبسط الأنواع الممكنة على افتراض أنه في كل خطوة زمنية حسابية نحصل على نفس قيمة التدفق. وهكذا ببساطة، نترجم البيانات المائية للتدفقات الداخلة للمجرى ومن المنبع إلى المصب، دون تأخير أو تغيير في الشكل. وتستخدم علاقات الجريان المنتظم في حسابه.

هذا النوع من الجريان لا يأخذ بالحسبان التخزين في القناة، ولا تأثيرات المياه الراجعة، ولا ضياعات الحمولة في المدخل أو المخرج، ولا التدفق العكسي أو التدفق المضغوط. ويمكن استخدامه فقط في شبكات التفرع الشجرية، حيث كل عقدة لها تدفق خرج وحيد (ما لم تكن العقدة هي مورّع، وفي هذه الحالة يتطلب الأمر وصلتي تدفق للخروج). وهذا النوع من الجريان غير حساس للخطوة الزمنية المستخدمة، ويكون في الحقيقة مناسباً فقط من أجل التحليل الأولي باستخدام محاكاة مستمرة طويلة الأجل.

### 2.5.5.1 السلوك الحركي للجريان

هذه الطريقة تستخدم معادلة الاستمرار مع تبسيط معادلة كمية الحركة في المجرى وذلك بفرض ميل سطح الماء مساوٍ لميل المجرى.

فالتدفق الأقصى الذي يمكن أن يمر خلال المجرى هو كامل القيمة الطبيعية للتدفق. وأي تدفق يزيد عن ذلك إذا وصل عقدة الدخول إما أن يضيع من النظام أو يمكن أن يتشكل كبركة مياه فوق تلك العقدة، ثم يُعاد إدخاله إلى المجرى في حال عودة توفر إمكانية الاستيعاب.

سلوك الموجة الحركي يسمح بتغيير كلا التدفق ومساحة المقطع مكانياً وزمنياً داخل المجرى. وهذا يؤدي إلى منحنيات مائية Hydrographs مخففة ومتأخرة عن الجريان الداخلي خلال القناة. غير أن هذا الجريان لا يستطيع الأخذ بالحسبان آثار المياه الراجعة، ولا ضياعات الدخل والمخرج، ولا التدفق العكسي أو المضغوط، كما أنها تقتصر على شبكات التصميم الشجري.

وعادة ما يمكن المحافظة على استقرار عددي مع خطوات زمنية كبيرة، من مرتبة 5 إلى 15 دقيقة. فإذا كانت الآثار المذكورة أعلاه لا يتوقع لها أن تكون كبيرة فإن هذا البديل يمكن أن يكون دقيقاً وفعالاً كطريقة للسلوك، وخاصة من أجل المحاكاة طويلة الأمد.

### 3.5.5.1 السلوك التحريكي (الديناميكي) للجريان

السلوك الديناميكي يحل بشكل كامل معادلات الجريان وحيدة البعد لسانت فينانت Saint Venant وبالتالي نحصل على نتائج أكثر دقة من الناحية النظرية. وهذه المعادلات تتألف من معادلات كمية الحركة Momentum والاستمرارية للمجري، ومعادلة حفظ الكتلة عند العقد.

مع هذا النوع من الجريان يمكن تمثيل التدفق المضغوط عندما يصبح المجرى ذو المقطع المغلق ممتلئاً بالكامل، هذا النوع من التدفقات يمكن أن تتجاوز قيمه كامل التدفق العادي. وتحدث الفيضانات عندما يتجاوز عمق المياه في العقدة الحد الأقصى المتاح، والتدفق الزائد إما يُفقد من النظام أو يُكوّن بركة فوق العقدة وبعدها يعود للدخول إلى نظام الصرف.

في السلوك الديناميكي للجريان يمكن الأخذ بالحسبان تخزين القناة، والمياه الراجعة، وضيعات الدخل والخرج، والتدفق العكسي، والتدفق المضغوط. وبسبب جمعه لازدواجية الحل لكل من مستويات سطح المياه في العقد والتدفق في المجاري فإنه يمكن تطبيقه على أي مخطط عام للشبكة، وحتى تلك التي تحتوي على العديد من الحلقات، وتحويلات المصبّات. هذا هو الأسلوب المفضل لنظم تتعرض لتأثيرات هامة لمياه راجعة بسبب عوائق على تدفق مجرى النهر، وتنظيم لتدفق الفوهات والهدارات. وعادة يتطلب ذلك استخدام خطوات زمنية أصغر كثيراً من مرتبة دقيقة أو أقل (يُجري SWMM تلقائياً تخفيضاً للحد الأقصى المحدد من قبل المستخدم لخطوة الزمن حسب الحاجة للحفاظ على الاستقرار العددي).

كل من طرق الجريان السابقة تستخدم معادلة مانينغ Manning لربط التدفق بعمق الجريان وبميل المجرى (أو الاحتكاك). والاستثناء الوحيد هو الأشكال الرئيسية للأنابيب المضغوطة، حيث تستخدم بدلاً من ذلك معادلة هيوزن - وليامز Hazen-Williams.

### 6.5.1 البرك السطحية Surface Ponding

عادة في سلوك الجريان، عندما يتجاوز التدفق في وصلة ما سعة النظام لنقل المزيد مع التيار الجاري، فإن الحجم الفائض للتدفق يفيض من النظام ويضيع. ولكن هناك خيار بديل وهو تخزين الحجم الفائض فوق الوصلة

على شاكلة بركة، إلى أن يعيد النظام إدخال هذا الحجم إليه عند عودة السماح بالسعة. في سلوك الجريان المستقر وسلوك تدفق الموجة الحركي، فإن مياه البركة يتم تخزينها ببساطة كحجم زائد. أما في حالة سلوك جريان الموجة الديناميكي (التحريكي) الذي يتأثر بأعماق المياه المتبقية عند العقد، فإن الزيادة في الحجم تفترض بركة فوق العقدة بمساحة سطح ثابتة. هذا المقدار من مساحة السطح هو معيار إدخال تزود به الوصلة.

قد يرغب المستخدم كخيار في تمثيل الفيضان إلى السطح بوضوح. ففي أنظمة الألفية المكشوفة، يمكن أن تشمل هذه النظم مفيضات الطرق عند الجسور وتقاطعات العبارات وكذلك مساحات تخزين سطوح الفيضانات الإضافية. أما في أنظمة المجاري المغلقة، فالفيضانات السطحية يمكن أن تنتقل جارية في الشوارع والأزقة، أو غيرها من المسالك السطحية إلى مدخل متوفر للمياه المطرية أو إلى قناة مكشوفة. والجريانات الفائضة يمكن أن تحتجز أيضاً في المنخفضات السطحية مثل مواقف السيارات أو الساحات الخلفية أو المناطق الأخرى.

### 7.5.1 سلوك جودة المياه Water Quality Routing

يفترض سلوك جودة المياه داخل وصلات المجاري أن تلك المجاري تتصرف:

كحوض مفاعل نشط باستمرار (CSTR) Continuously Stirred Tank Reactor. على الرغم من أن افتراض مفاعل تدفق دفعي Plug Flow Reactor قد يكون أكثر واقعية، وستكون الفروقات صغيرة إذا كان الوقت الذي يستغرقه الانتقال خلال المجرى من مرتبة خطوة زمن السلوك. إن تركيز العنصر الخارج من المجرى في نهاية الخطوة الزمنية، يتم إيجاده بتكامل معادلة حفظ الكتلة، وباستخدام قيم متوسطة للكميات التي قد تتغير مع الزمن، مثل معدل الجريان وحجم المجرى.

نمذجة نوعية المياه داخل عقد وحدات التخزين يتبع نفس النهج المستخدم للمجاري. ولأنواع الأخرى من العقد التي ليس لها حجم، فإن نوعية المياه الخارجة من العقدة هي ببساطة تركيز المزيج من كل المياه التي تدخل العقدة.

## الفصل الثاني

### المخرجات في SWMM [1]

يصف هذا الفصل مختلف طرق عرض نتائج المحاكاة. وتشمل: تقرير الحالة، والعروض المتعددة للخارطة، والرسوم البيانية، والجداول، والتقارير الإحصائية.

#### 1.2 عرض تقرير الحالة Viewing a Status Report

يتوفر تقرير الحالة للعرض بعد كل محاكاة. ويتضمن ما يلي:

- موجزاً لأهم خيارات المحاكاة المفعلة
- قائمة بأية أخطاء تمت مواجهتها خلال فترة التشغيل
- سرداً موجزاً لبيانات مدخلات المشروع (إذا كان مطلوباً ذلك في خيارات المحاكاة)
- موجزاً للبيانات المقروءة من كل ملف هطل مطري مستخدم في المحاكاة
- وصفاً لكل إجراء تحكّم تم اتخاذه خلال المحاكاة (إذا كان مطلوباً ذلك في خيارات المحاكاة)
- تراكم أخطاء كتلة النظام من أجل:
  - كمية ونوعية الجريان السطحي (السيول)
  - تدفق المياه الجوفية
  - تدفق المياه ونوعيتها في نظام النقل
- أسماء العقد وفقاً لأعلى تراكم لأخطاء التدفق
- أسماء المجاري التي غالباً ما تحدد حجم الخطوة الزمنية الذي يستخدم لسلوك التدفق (فقط عند استخدام خيار متغير الخطوة الزمنية)
- أسماء الوصلات وفقاً لأعلى قيم دليلية عن عدم استقرار الجريان (التدفق)
- معلومات عن مجال الخطوات الزمنية التي أخذت للسلوك والنسبة المئوية منها التي كانت حالتها مستقرّة.

بالإضافة إلى ذلك، يتضمن التقرير عدداً من الجداول التي تعرض نتائج موجزة للكميات ذات القدر الأكبر من الاهتمام في كل حوض، وعقدة، ووصلة.

الجداول والمعلومات التي تعرض في SWMM مجدولة في القائمة أدناه الشكل (20):

أعمدته	الجدول
<ul style="list-style-type: none"> <li>- الهطول الكلي <b>Total Precipitation</b> (إنش أو مم)؛</li> <li>- السيل الإضافي الكلي <b>Total Run-on</b> من الأحواض الأخرى (إنش أو مم)؛</li> <li>- التبخر الكلي (إنش أو مم)؛</li> <li>- الارتشاح الكلي (إنش أو مم)؛</li> <li>- الارتفاع أو العمق الكلي للجريان السطحي (إنش أو مم)؛</li> <li>- إجمالي حجم الجريان السطحي (مليون غالون أو مليون ليتر <b>MGal Or MLiters</b>)؛</li> <li>- معامل الجريان السطحي (نسبة مجموع الجريان السطحي لإجمالي الهطول)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Subcatchment Runoff</b> الجريان السطحي للحوض</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- الكتلة الكلية للملوثات التي تم غسلها عن الحوض (رطل (لبيرة) أو كيلوغرام <b>Lbs Or Kg</b>).</li> </ul>	<p style="text-align: center;">غسيل الحوض <b>Subcatchment Washoff</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- وسطي عمق المياه (قدم أو متر)؛</li> <li>- الحد الأقصى لعمق المياه (قدم أو متر)؛</li> <li>- الحد الأقصى لمستوي الحمولة الهيدروليكية (<b>HGL</b>) (قدم أو متر)؛</li> <li>- زمن العمق الأقصى.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">أعماق العقد</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- التدفق الموضعي الأعظمي الداخل (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- التدفق الكلي الأعظمي الداخل (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- زمن التدفق الكلي الأعظمي الداخل؛</li> <li>- إجمالي حجم التدفق الموضعي الداخل (مليون غالون أو مليون ليتر <b>MLiters Or MGal</b>)؛</li> <li>- إجمالي حجم التدفق الداخل (ميغا غالون أو ميغا ليتر <b>MLiters Or MGal</b>).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>ملاحظة: التدفق الكلي الداخل يتكون من التدفق الخارجي الداخل زائداً التدفق المار ضمن الوصلات (الأنابيب) المرتبطة.</i></p>	<p style="text-align: center;">التدفقات الداخلة إلى العقد <b>Node Inflows</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ساعات التحميل الزائد؛</li> <li>- الارتفاع الأعظمي للحمل الزائد فوق قمة العقدة (قدم أو متر)؛</li> <li>- العمق الأصغر للحمل الزائد أسفل الحافة العلوية للعقدة (قدم أو متر).</li> </ul>	<p style="text-align: center;">التحميل الزائد للعقد <b>Node Suercharging</b></p>

<p><b>ملاحظة:</b> يحدث التحميل الزائد عندما ترتفع المياه فوق قمة أعلى مجرى فقط يتم إدراج تلك المجاري الزائدة التحميل في قائمة.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ساعات الفيضان؛</li> <li>- معدل الفيضان الأعظمي (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- زمن الفيضان الأعظمي؛</li> <li>- إجمالي حجم الفيضان</li> </ul> <p>(مليون غالون أو مليون ليتر (MLiters Or MGal)؛</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- حجم المستنقع الأعظمي (<math>1000 \text{ ft}^3</math> or <math>1000 \text{ m}^3</math>) أو</li> <li>- عمق المستنقع الأعظمي (قدم أو متر)</li> </ul> <p><b>ملاحظة:</b> الفيضانات تشير إلى جميع المياه التي تتجاوز العقدة، سواء أحدثت بركه أم لا، فقط تلك العقد التي تفيض يتم إدراجها في قائمة.</p>	<p>فيضان العقد <b>Node Flooding</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- متوسط حجم المياه في المنشأة (<math>1000 \text{ ft}^3</math> أو <math>1000 \text{ m}^3</math>)؛</li> <li>- متوسط النسبة المئوية من كامل طاقة التخزين المستخدمة؛</li> <li>- الحد الأقصى لحجم المياه في المنشأة (<math>1000 \text{ ft}^3</math> أو <math>1000 \text{ m}^3</math>)؛</li> <li>- الحد الأقصى للنسبة المئوية من كامل طاقة التخزين المستخدمة؛</li> <li>- الزمن الأقصى للمياه المخزنة؛</li> <li>- الحد الأقصى لمعدل التدفق الخارج من المنشأة (بواحدات التدفق).</li> </ul>	<p>حجوم التخزين <b>Storage Volumes</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- النسبة المئوية الزمنية لتفريغ المصب؛</li> <li>- متوسط تدفق التفريغ (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- تدفق التفريغ الأعظمي (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- إجمالي حجم التدفق المفرغ</li> </ul> <p>(مليون غالون أو مليون ليتر (MLiters Or MGal)؛</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- الكتلة الكلية المفرغة من كل ملوثة</li> </ul> <p>(رطل (لبيرة) أو كيلوغرام (Lbs Or Kg)).</p>	<p>حمولة المصبّات <b>Outfall Loading</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- التدفق الأعظمي (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- زمن التدفق الأعظمي؛</li> <li>- السرعة القصوى (قدم/ثانية أو متر/ثانية)؛</li> <li>- نسبة التدفق الأعظمي إلى التدفق الطبيعي الكامل؛</li> <li>- نسبة عمق التدفق الأعظمي إلى العمق الكلي.</li> </ul>	<p>تدفقات الوصلة <b>Link Flows</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نسبة طول المجرى المعدّل إلى طوله الفعلي؛</li> <li>- جزء الوقت المقضي في فئات التدفق التالية:</li> </ul>	<p>تصنيف الجريان <b>Flow Classification</b></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ الجفاف في كلا النهايتين</li> <li>▪ الجفاف عند بداية التيار</li> <li>▪ الجفاف عند نهاية التيار</li> <li>▪ <b>Subcritical flow</b> الجريان دون الحرج</li> <li>▪ <b>Supercritical flow</b> الجريان فوق الحرج</li> <li>▪ الجريان الحرج عند بداية التيار</li> <li>▪ الجريان الحرج عند نهاية التيار</li> <li>- متوسط عدد فرويد <b>Froude</b>؛</li> <li>- متوسط التغير في التدفق بين كل خطوة زمنية (بواحدات التدفق).</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- الساعات التي يكون فيها المجرى ممثلاً عند:</li> <li>▪ النهايتين <b>Both Ends</b></li> <li>▪ بداية التيار <b>Upstream end</b></li> <li>▪ نهاية التيار <b>Downstream end</b></li> <li>- الساعات التي تكون فيها تدفقات المجرى فوق التدفق الطبيعي الكامل؛</li> <li>- الساعات التي يكون فيها المجرى محدود السعة.</li> </ul> <p><b>ملاحظة:</b> تعرض فقط المجاري ذات المدخلات لمرة واحدة أو أكثر والتي لا تساوي الصفر وتعتبر سعة المجرى محدودة إذا كان عند بداية التيار ممثلاً وميل (الخط الهيدروليكي) <b>HGL</b> أكبر من ميل المجرى.</p>	<p>التحميل الزائد للمجاري</p> <p><b>Conduit Surcharging</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- النسبة المئوية من الوقت الذي يكون فيها الضخ شغالاً؛</li> <li>- التدفق الأقصى المضخوخ (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- متوسط التدفق المضخوخ (بواحدات التدفق)؛</li> <li>- مجموع الطاقة المستهلكة مع افتراض كفاءة <b>100 %</b> (كيلوواط - ساعة <b>kwatt-hours</b>)؛</li> <li>- النسبة المئوية للوقت الذي تعمل فيه المضخة خارج منحنى الضخ.</li> </ul>	<p>موجز الضخ</p> <p><b>Pumping Summary</b></p>

## 2.2 المتغيرات التي يمكن عرضها

يعطي التقرير المعروض على الخارطة النتائج المحسوبة لكل خطوة زمنية للمتغيرات التالية، ويمكن رسمها

تخطيطياً، وجدولتها، وتحليلها إحصائياً:

### متغيرات الوصلة Link

- معدل التدفق (بواحدات التدفق)
- متوسط عمق المياه (قدم أو متر)
- سرعة التدفق (قدم/ثانية أو متر/ثانية)
- رقم فرود **Froude** (دون أبعاد)
- السعة (نسبة العمق إلى العمق الكلي - نسبة الامتلاء)
- تركيز كل ملوثة (كتلة/لتر)

### متغيرات الحوض Subcatchment

- معدل هطول الأمطار (إنش/ساعة أو مم/ساعة)
- عمق الثلوج (بوصة (إنش) أو ملم)
- الخسائر (ارتشاح + تبخر بالإنش/ساعة أو مم/ساعة)
- تدفق الجريان السطحي (السيل) (بواحدات التدفق)
- تدفق المياه الجوفية داخل شبكة الصرف (بواحدات التدفق)
- منسوب المياه الجوفية (قدم أو متر)
- تركيز غسيل كل ملوثة (الكتلة/لتر)

### المتغيرات الشاملة للمنظومة System-Wide Variables

- درجة حرارة الهواء (درجة فهرنهايت **F** أو مئوية (C))
- إجمالي كمية الأمطار (إنش/ساعة أو مم/ساعة)
- مجموع عمق الثلوج (إنش (بوصة) أو ملم)
- متوسط الضياعات (إنش/ساعة أو مم/ساعة)
- إجمالي تدفق الجريان السطحي (السيل) (بواحدات التدفق)
- إجمالي التدفق الداخل للطقس الجاف (بواحدات التدفق)
- إجمالي التدفق الداخل للمياه الجوفية (بواحدات التدفق)
- إجمالي التدفق الداخل **I&I** (بواحدات التدفق)
- إجمالي التدفق الداخل المباشر (بواحدات التدفق)
- إجمالي التدفق الداخل الخارجي (بواحدات التدفق)
- إجمالي الفيضانات السطحية (بواحدات التدفق)
- إجمالي التدفق الخارج من المصبات (بواحدات التدفق)
- إجمالي حجم التخزين العقدي ( $m^3$  أو  $ft^3$ )

### متغيرات العقدة Node

- عمق المياه (قدم أو متر فوق قاع العقدة)
- الحمولة الهيدروليكية (قدم أو متر، المنسوب المطلق وفق وحدة البيانات الشاقولية)
- حجم المياه المخزونة (بما فيها مياه البرك المتخلفة،  $m^3$  أو  $ft^3$ )
- التدفق الداخل الجانبي (السيل) + سائر التدفقات الداخلة الخارجية، (بواحدات التدفق)
- التدفق الداخل الكلي (التدفق الداخل الجانبي + التدفقات الداخلة عند بداية التيار، (بواحدات التدفق))
- الفيضانات السطحية (التدفق الضائع من النظام عندما يتجاوز التدفق الداخل إلى العقدة إمكانية التخزين وسعة التدفق الخارج، (بواحدات التدفق))
- تركيز كل ملوثة بعد تطبيق أية معالجة في العقدة (الكتلة/لتر)

الشكل (21). المتغيرات التي يمكن مشاهدتها في SWMM.

## 1.2.2 مخرجات الأحواض في SWMM

## SWMM OUTPUT مخرجات

- ◆ **Subcatchments** الأحواض
  - ◆ rainfall rate (in/hr or mm/hr)  
معدلات الأمطار
  - ◆ snow depth (inches or millimeters)  
أعماق الثلج
  - ◆ losses (infiltration + evaporation)  
(الارتشاح + التبخر) (in/hr or mm/hr)
  - ◆ runoff flow (in flow units)  
التدفق السيلي (بواحدات التدفق)
  - ◆ groundwater elevation (ft or m)  
منسوب المياه الجوفية
  - ◆ groundwater flow into the drainage network (flow units)  
تدفق المياه الجوفية داخل شبكة الصرف
  - ◆ washoff concentration of each pollutant (mass/liter)  
تركيز الغسولات لكل ملوثة (كتلة/ليتر)



الشكل (22). مخرجات الأحواض في SWMM.

## 2.2.2 مخرجات العقد في SWMM

## SWMM OUTPUT مخرجات

- ◆ **Nodes (manholes)** (حفر التفطيش) العقد
  - ◆ water depth (ft or m above the node invert elevation)  
عمق المياه (قدم أو متر فوق منسوب قاع العقدة)
  - ◆ hydraulic head (ft or m, absolute elevation per vertical datum)  
الضاغط المائي (قدم أو متر، منسوب مطلق حسب الواحدة الشاقولية)
  - ◆ lateral inflow (runoff + all other external inflows, in flow units)  
التدفقات الداخلة الجانبية (السيول + كل التدفقات الداخلة الخارجية الأخرى)
  - ◆ stored water volume (including ponded water, ft<sup>3</sup> or m<sup>3</sup>)  
حجم الماء المخزن (متضمنا بركة المياه)
  - ◆ total inflow الكلية التدفقات الداخلة الكلية  
(lateral inflow + upstream inflows, flow units)
  - ◆ surface flooding (flow lost from the system when the water depth exceeds the defined maximum node depth, flow units)  
الفيضان السطحي (ضياع التدفق من النظام عندما يزيد عمق المياه عن عمق العقدة الأعظمي المخصص، بواحدات التدفق)
  - ◆ concentration of each pollutant after any treatment (mass/liter)  
تركيز كل ملوثة بعد أية معالجة (كتلة/ليتر)



الشكل (23). مخرجات العقد (حفر التفطيش) في SWMM.

## 3.2.2 مخرجات الوصلات في SWMM

### مخرجات SWMM OUTPUT

- ◆ **Links (pipes)** (الأنابيب) الوصلات
  - ◆ **Flow rate (flow units)** (إحداث التدفق) إحدات التدفق
  - ◆ **Average water depth (ft or m)** (عمق المياه الوسطي (قدم أو متر) عمق المياه الوسطي
  - ◆ **Flow velocity (ft/sec or m/sec)** (سرعة التدفق (قدم/ثا أو م/ثا) سرعة التدفق
  - ◆ **Froude number (dimensionless)** (رقم فروود (بلا أبعاد) رقم فروود
  - ◆ **Capacity (ratio of depth to full depth)** (السعة (نسبة العمق إلى العمق الكلي) السعة
  - ◆ **Concentration of each pollutant (mass/liter)** (تركيز كل ملوثة (mass/liter) تركيز كل ملوثة)
    - ◆ **Total suspended solids (TSS)** (المواد الصلبة العالقة الكلية) المواد الصلبة العالقة الكلية
    - ◆ **Lead** (الرصاص) الرصاص
    - ◆ **etc.** إلخ



الشكل (24). مخرجات الوصلات (الأنابيب) في SWMM.

وهناك عدة طرق لعرض قيم معينة من معايير الإدخال ونتائج المحاكاة بشكل مباشر في خارطة المنطقة المدروسة:

- للإعدادات الحالية لمستعرض الخارطة، تكون الأحواض، والعقد والوصلات في الخارطة ملونة وفقاً لخارطة الدلائل. وسيجري تحديث ترميز ألوان الخارطة حسب اختيار الفترة الزمنية الجديدة في مستعرض الخارطة.

- عندما يتم، اختيار التسمية للوحات النصية في الخارطة **Flyover Map Labeling**، فإن تحريك الفأرة فوق أي كائن في الخارطة سوف يظهر اسم التعريف **ID** لهذا الكائن وقيمة معيار السمة الحالي له، في تلميح ضمن صندوق.

- أسماء التعريف **ID** وقيم المعايير يمكن عرضها لاحقاً لجميع الأحواض، والعقد و/أو الوصلات عن طريق اختيار الخيارات المناسبة في صفحة الملاحظات في مربع حوار خيارات الخارطة.

- الأحواض **Subcatchments**، والعقد **Nodes** أو الوصلات **Links** التي تحقق معياراً محدداً يمكن تعريفه بتقديم استعلام الخارطة.

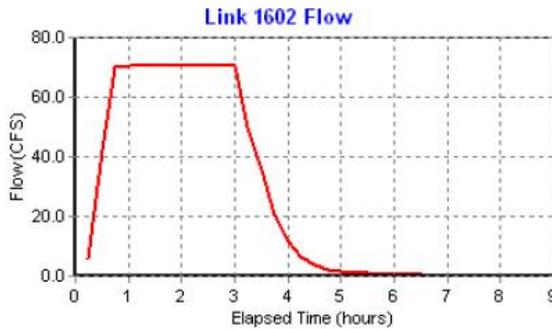
- يمكنك إجراء تحريك لمشهد النتائج على خارطة الشبكة إما إلى الأمام أو الخلف ضمن الزمن باستخدام

المتحكمات في لوحة التحريك **Animator Panel** لمستعرض الخارطة **Map Browser**.

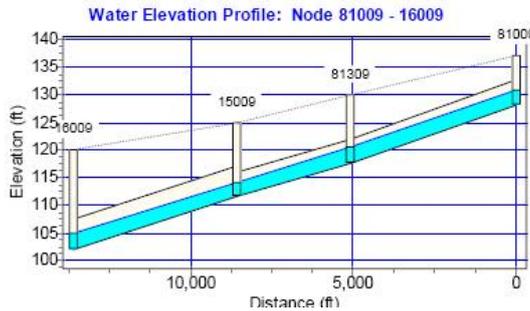
▪ يمكن طبع الخارطة ونسخها إلى حافظه ويندوز، أو حفظها بتنسيق ملفات **DXF** أو بتنسيق ويندوز **.metafile**.

### 3.2 عرض النتائج مع الرسم البياني

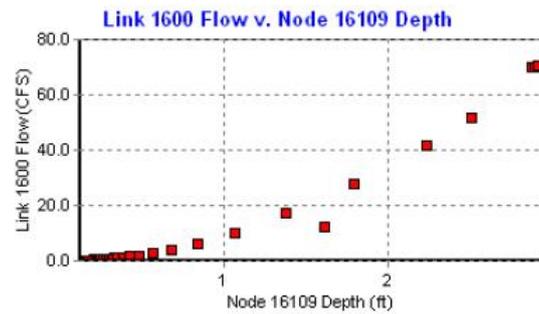
يمكن عرض نتائج التحليل باستخدام أنواع مختلفة من الرسوم البيانية. ويمكن طباعة الرسوم البيانية، ونسخها لحافطة ويندوز، أو حفظها في ملف نصي أو بتنسيق ويندوز **.metafile**. وتكون متاحة الأنواع التالية من المخططات البيانية من نتائج المحاكاة:



▪ مخطط لسلاسل الزمن:



▪ مخطط لمقطع طولي:

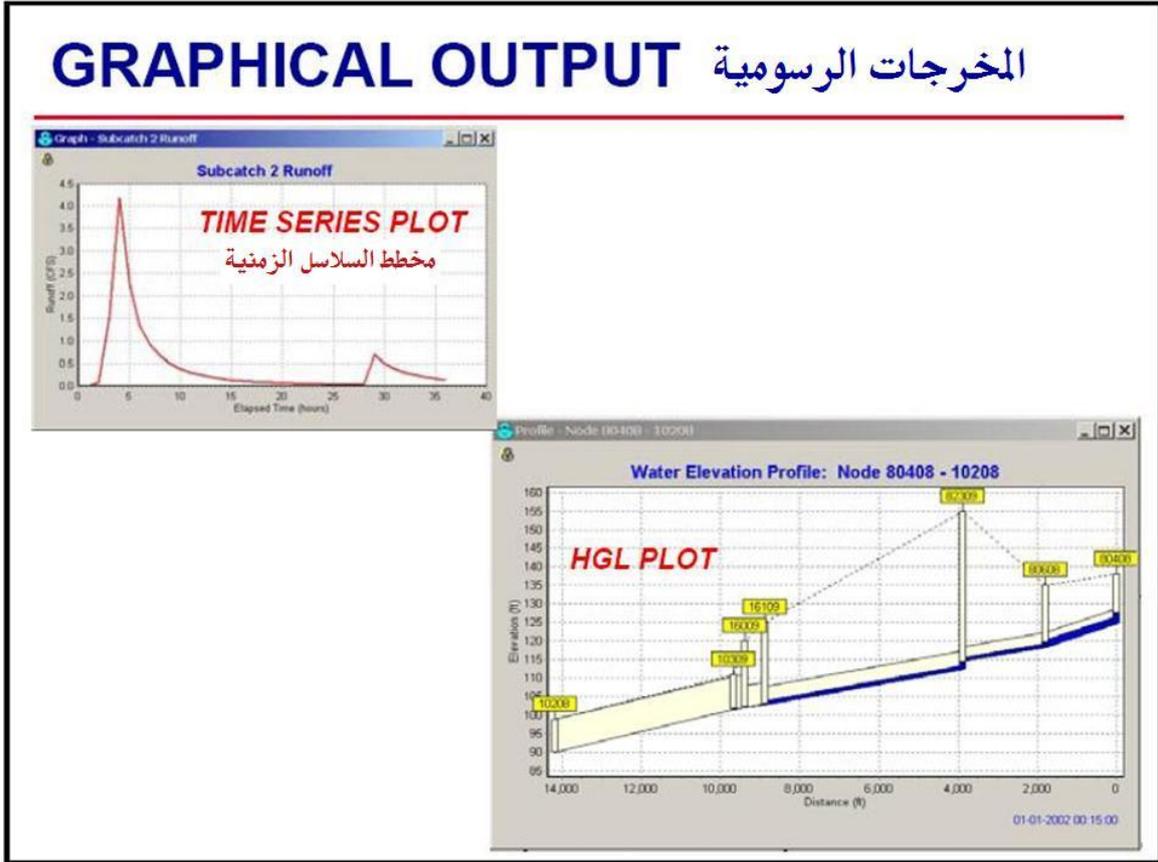


▪ مخطط لقيم مبعثرة:

الشكل (25). عرض النتائج مع المخططات البيانية في **SWMM**.

يمكنك تكبير أو تصغير أي مخطط بياني عن طريق الضغط على زر **Shift** في الوقت الذي ترسم فيه مستطيل الالتقاط بالضغط المستمر على زر الفأرة اليسار. ورسم المستطيل من اليسار إلى اليمين يقوم بتكبير الصورة، ورسمه من اليمين إلى اليسار يقوم بتصغير الصورة. ويمكن تحريك الرسم أيضاً في أي اتجاه عن طريق الضغط على زر **Ctrl** وتحريك الفأرة عبر الرسم مع استمرار الضغط على الزر الأيسر للفأرة.

الرسم البياني المعروف يعاد رسمه من جديد عند تشغيل محاكاة جديدة. لتجنب التحديث التلقائي للرسم البياني عند إعداد حسابات مجموعة جديدة من النتائج يمكنك قفل هذا البيان بالضغط على  في الزاوية اليسرى العليا من الرسم البياني. ولفتح الرسم البياني، انقر ثانية فوق تلك الأيقونة.



الشكل (26). المخرجات الرسومية في SWMM.

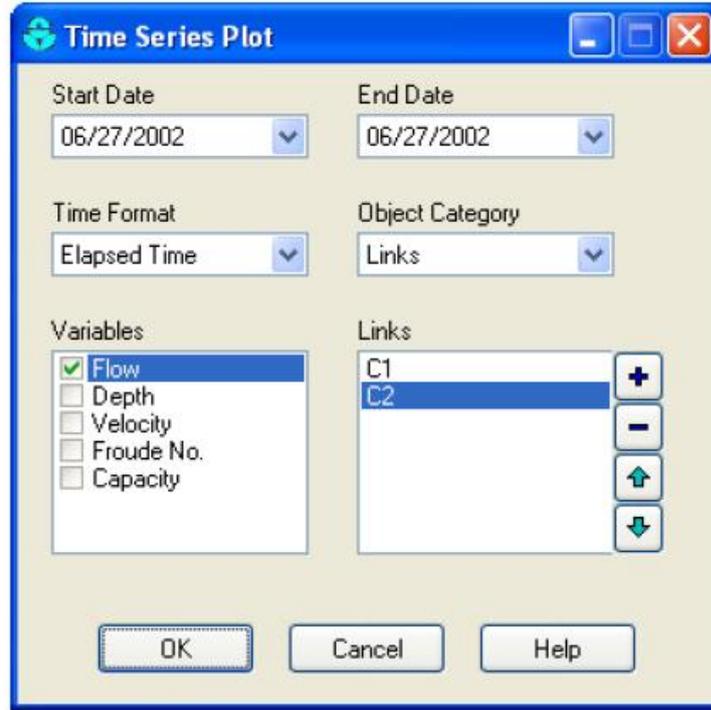
### 1.3.2 مخططات السلاسل الزمنية Time Series Plots

مخططات السلاسل الزمنية ترسم بيانياً قيمة متغير معين فيما يصل الى ستة مواقع مع الزمن. عند إجراء مخطط لموضع واحد فقط، وهذا الموضع له بيانات معايرة مسجلة من أجل متغير المخطط، فإن بيانات المعايرة ستترسم مطبوعة مع نتائج المحاكاة.

لتكوين مخطط لسلسلة زمنية:

1. حدد (Report >> Graph >> Time Series) من القائمة الرئيسية أو انقر على  في شريط الأدوات القياسي.

2. سيظهر مربع حوار رسم مخطط السلسلة الزمنية. استخدمه لوصف أية كائنات وكميات ينبغي رسم مخططها.



الشكل (27). مربع حوار رسم مخطط سلسلة زمنية.

مربع حوار مخطط السلسلة الزمنية يصف الكائنات والمتغيرات التي ستحول إلى رسوم بيانية في مخطط السلسلة الزمنية. ويمكن أيضاً طباعة مخطط السلاسل الزمنية لبعض المتغيرات على نطاق المنظومة، مثل الهطولات المطرية الكلية، والكمية الكلية للسيل (الجريان السطحي)، والفيضانات الكلية، وما إلى ذلك. لذا استخدم مربع الحوار على النحو التالي:

1. اختر تاريخ البدء وتاريخ الانتهاء لهذا المخطط (التواريخ الافتراضية، هي لكامل فترة المحاكاة).
2. اختر إظهار الزمن كوقت منقضي أو كقيم تاريخ/وقت.
3. اختر فئة الكائن (حوض، عقدة، وصلة، أو نظام) للمخطط.
4. إذا لم يكن النظام هو فئة الكائن، قم بتعريف الكائن لطباعة مخطته بواسطة:
  - أ- اختيار الكائن إما على خارطة المساحة المدروسة، أو في مستعرض البيانات
  - ب- النقر على زر  في مربع الحوار للإضافة إلى المخطط
  - ج- تكرار هذه الخطوات لأية كائنات إضافية من نفس الفئة.
5. اختر متغيرات المحاكاة التي سيطبع رسمها. الخيارات المتاحة تعتمد على فئة الكائن المختارة.
6. انقر على زر Ok لتكوين الرسم الطباعي (المخطط).

كحد أقصى يمكن اختيار 6 كائنات للرسم الطباعي (للمخطط) الواحد. الكائنات التي تم بالفعل اختيارها يمكن

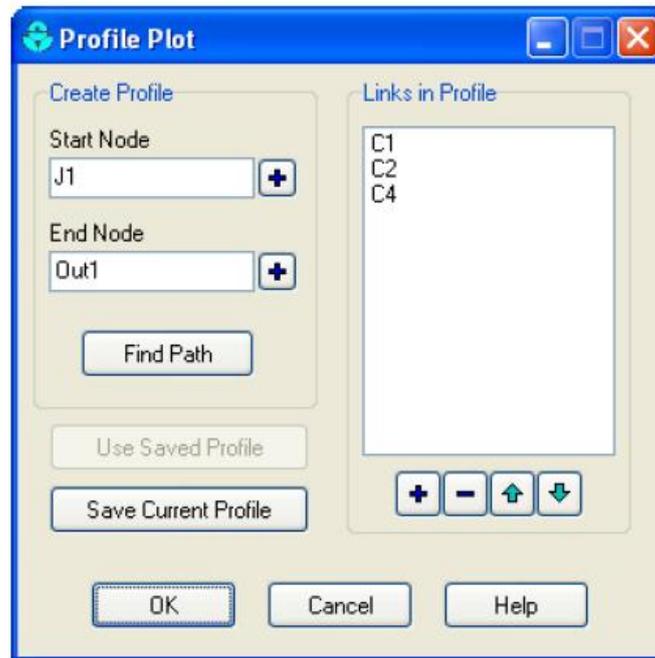
حذفها، وتحريكها للأعلى وللأسفل ترتيباً عن طريق النقر فوق الأزرار  و  على التوالي.

## 2.3.2 مخططات المقطع الطولي Profile Plots

مخططات (الرسوم الطباعية) المقطع الطولي تظهر التباين في عمق المياه مع المسافة على مدى مسار متصل مؤلف من عقد ووصلات نظام الصرف في لحظة معينة من الزمن. وعندما يتم توليد المخطط فسيتم تلقائياً تحديثه عند اختيار فترة زمنية جديدة باستخدام مستعرض الخارطة.

لإنشاء مخطط (رسم طباعي) المقطع الطولي:

1. حدد (Report >> Graph >> Profile) من القائمة الرئيسية أو اضغط  على شريط الأدوات القياسي
2. سوف يظهر مربع حوار مخطط (الرسم الطباعي) المقطع الطولي (الشكل 28). لاستخدامه لتعريف المسار الذي سيتم استخلاص مخطط المقطع الطولي له.



الشكل (28). مربع حوار رسم مقطع طولي.

يستخدم مربع حوار رسم المخطط الجانبي لتحديد مسار الوصلات المترابطة لنظام النقل، ذلك المسار الذي سيتم فيه رسم عمق المياه الجانبي مقابل المسافة. ولتعريف المسار باستخدام مربع الحوار:

1. أدخل الهوية ID لعقدة بداية المسار في الوصلة الأولى في حقل محرر عقدة البداية Start Node (أو انقر على العقدة في خارطة المساحة المدروسة، ثم على الزر  التالي لحقل التحرير).
2. أدخل الهوية ID لعقدة نهاية المسار في الوصلة الأخيرة في حقل محرر عقدة النهاية End Node (أو انقر على العقدة في خارطة المساحة المدروسة، ثم على الزر  التالي لحقل التحرير).

3. انقر زر Find Path ليقوم البرنامج تلقائياً بتحديد المسار مع أقل عدد من الوصلات بين عقدتي البداية والنهاية. وستدرج الوصلات في قائمة ضمن مربع الوصلات في المقطع الطولي Links in Profile.
4. يمكنك إدراج وصلة جديدة تضاف الى قائمة الوصلات في المقطع الطولي عن طريق اختيار وصلة جديدة إما في خارطة المساحة المدروسة أو في مستعرض البيانات ثم النقر على زر  تحت مربع قائمة الوصلات في المقطع الطولي.
5. يمكن حذف المدخلات في قائمة الوصلات الجانبية أو إعادة ترتيبها عن طريق استخدام الأزرار   و  تحت مربع القائمة.
6. انقر على زر Ok لعرض الرسم الطباعي الجانبي.

لحفظ الإعدادات الحالية لقائمة الوصلات المدرجة في مربع الحوار لاستخدامها في المستقبل:

1. انقر على زر Save Current Profile.
  2. أعط اسم لرسم المقطع الطولي عندما يُطلب منك ذلك.  
ولاستخدام رسم مقطع طولي محفوظ سابقاً:
  1. انقر على زر Use Saved Profile.
  2. اختر مخطط (رسم) المقطع الطولي المطلوب عندما يظهر مربع حوار اختيار رسم المقطع الطولي.
- يمكن أيضاً أن تنشأ المخططات قبل توفر أي نتائج محاكاة للمساعدة في التحقق من التصور والتصميم الرأسي لنظام الصرف. والمخططات التي أنشئت على هذا النحو سوف تتضمن زر التحديث  في الزاوية اليسرى العليا والذي يمكن استخدامه لتحديث المخطط (الرسم الطباعي) بعد إجراء التحرير لأي بيانات في المنسوب تظهر عليه

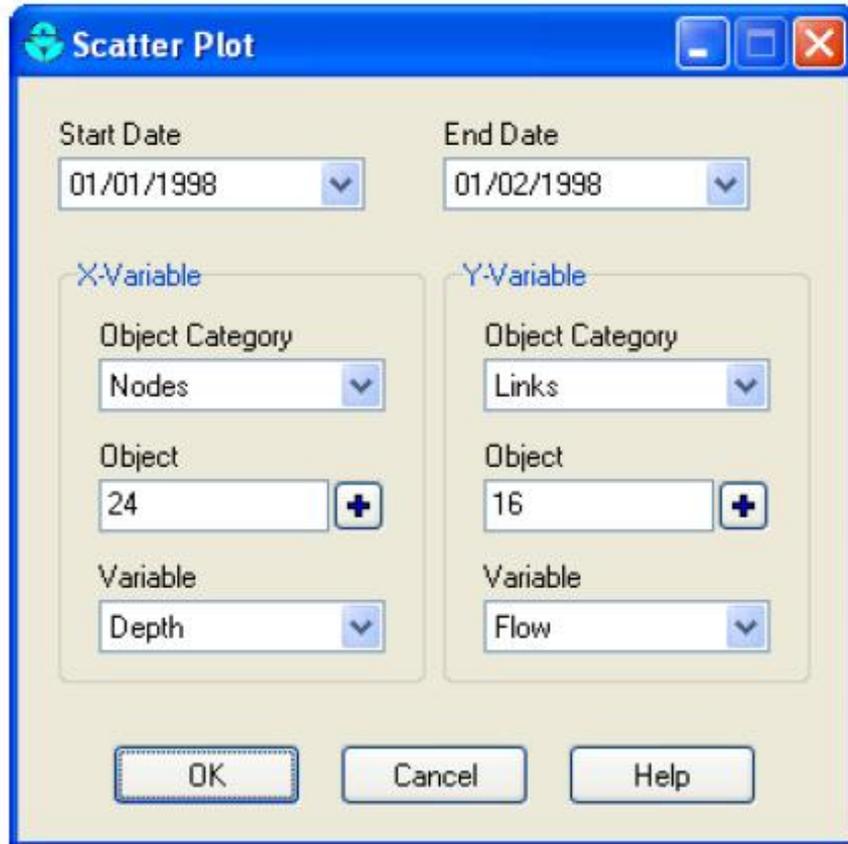
### 3.3.2 مخططات التبعر Scatter Plots

مخططات التبعر يعرض العلاقة بين زوج من المتغيرات، مثل معدل التدفق في أنبوب مقابل عمق المياه في العقدة. لإنشاء مخطط (رسم طباعي) لبعثرة:

1. حدد (Report >> Scatter >> Graph) من القائمة الرئيسية أو اضغط على  في شريط الأدوات القياسي
2. خصص فترة زمنية ماء، وزوج من الكائنات ومتغيراتها لرسم طباعي باستخدام مربع حوار مخطط التبعر الذي يظهر.

يُستخدم مربع حوار مخطط (الرسم الطباعي) التبعضر لاختيار الكائنات والمتغيرات المطلوب رسمها بيانياً مقابل بعضها البعض في رسم طباعي مبعضر. استخدم مربع الحوار على النحو التالي:

1. اختر تاريخ البدء وتاريخ الانتهاء لهذ الرسم الطباعي (الافتراضي هو كامل فترة المحاكاة).
2. حدد الخيارات التالية للمتغير **X** (المقدار المرسوم بيانياً على طول المحور الأفقي):
  - أ- فئة الكائن (بقعة، أو عقدة، أو وصلة)
  - ب- هوية **ID** الكائن (أدخل قيمة أو اضغط على الكائن إما على خارطة المساحة المدروسة أو في مستعرض البيانات وبعدها اضغط زر  في مربع الحوار)
  - ج- متغير الرسم الطباعي (الخيارات تعتمد على فئة الكائن المختارة).
3. افعل نفس الشيء بالنسبة للمتغير **Y** (المقدار المرسوم بيانياً على طول المحور الشاقولي).
4. انقر على زر **Ok** لإنشاء المخطط (الرسم الطباعي).



الشكل (29). مربع حوار رسم مخطط تبعضر.

## 4.2 تخصيص إظهار الرسم البياني

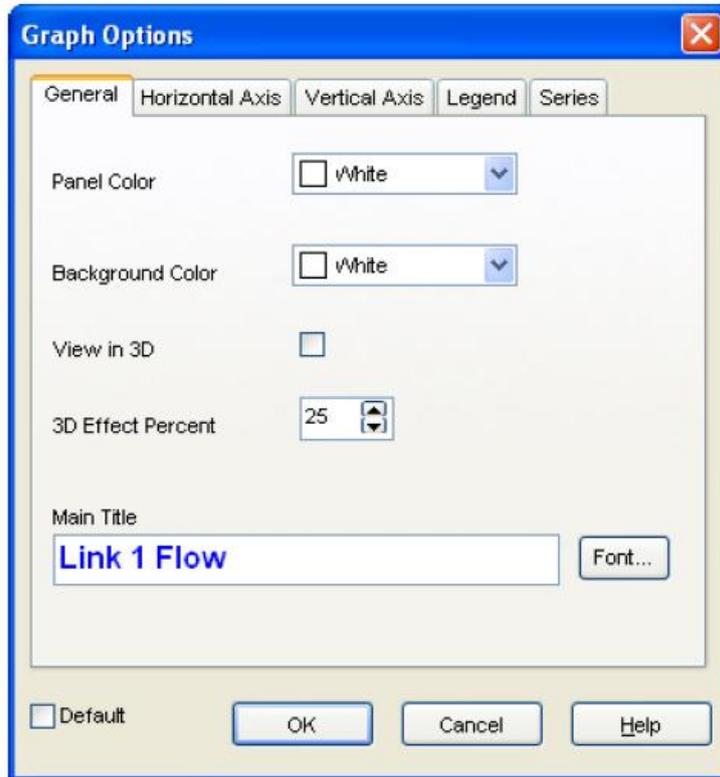
لتخصيص مظهر الرسم البياني (المخطط):

1. اجعل نافذة الرسم البياني هي النافذة النشطة (انقر على شريط العنوان).
2. حدد (Report >> Customize) من القائمة الرئيسية، أو اضغط على  في شريط الأدوات القياسي، أو انقر بزر الفأرة الأيمن فوق الرسم البياني.
3. استخدم خيارات الرسم البياني في مربع الحوار الذي يظهر لتخصيص مظهر سلسلة زمنية أو رسم البعثة، أو استخدم خيارات مخطط المقطع الطولي في مربع الحوار لمخطط المقطع الطولي.

#### 1.4.2 مربع حوار خيارات الرسم البياني

مربع حوار خيارات الرسم البياني يستخدم لتخصيص مظهر مخطط لسلسلة زمنية أو مخطط (رسم طباعي) لبعثة. ولاستخدام مربع الحوار:

1. اختر من بين الصفحات الخمس المعنونة التي تغطي الفئات التالية من الخيارات: العام، المحور الأفقي، المحور الرأسي، لوحة الدلائل، والسلسلة.
2. تحقق من المربع الافتراضي إذا كنت ترغب في استخدام الإعدادات الحالية كإعدادات افتراضية لكافة الرسوم البيانية الجديدة أيضاً.
3. اختر Ok لقبول اختيارائك.



الشكل (30). مربع حوار خيارات الرسم البياني.

### 1.1.4.2 خيارات الرسم البياني - عام General

الخيارات التالية يمكن إعدادها في لوحة العام **General** من مربع حوار خيارات الرسم البياني:

لون اللوحة التي تحتوي على الرسم البياني	<b>Panel Color</b> لون اللوحة
لون ساحة (المخطط) الرسم الطباعي للرسم البياني	<b>Background Color</b> لون الخلفية
يتحقق فيما إذا كان الرسم البياني سيتم رسمه ثلاثي الأبعاد	<b>View in 3D</b> عرض 3D
الدرجة التي سيرسم بها تأثير الأبعاد الثلاثة	<b>3D</b> النسبة المئوية لتأثير 3D
نص العنوان الرئيسي في الرسم البياني	<b>3D Effect Percent</b>
انقر لتحديد الخط المستخدم في العنوان الرئيسي	<b>Main Title</b> العنوان الرئيسي
	<b>Font</b> الخط

الشكل (31). جدول لوحة **General** في مربع حوار خيارات الرسم البياني.

### 2.1.4.2 خيارات الرسم البياني - المحاور Axes

صفحتنا المحور الأفقي والمحور الرأسي في مربع حوار خيارات الرسم البياني يضبطان الطريقة التي يتم فيها

رسم المحاور في الرسم البياني.

وتحدد الحد الأدنى لقيمة المحاور	<b>Minimum</b> الحد الأدنى
(قيمة الحد الأدنى من البيانات وترد بين قوسين).	
ويمكن أن تترك فارغة.	
وتحدد الحد الأقصى لقيمة المحاور	<b>Maximum</b> الحد الأقصى
(الحد الأقصى لقيمة البيانات وترد بين قوسين).	
ويمكن أن تترك فارغة.	
وتحدد التزايد بين مسميات المحاور. ويمكن أن تترك فارغة.	<b>Increment</b> التزايد
إذا تم تحقيقه فإن إعدادات الحد الأدنى والأعلى والتزايد يتم تجاهلها.	<b>Auto Scale</b> المقياس التلقائي
يبادل بين إظهار وإخفاء خطوط الشبكة.	<b>Gridlines</b> خطوط الشبكة
يضع نص اسم المحاور.	<b>Axis Title</b> أسماء المحاور
انقر لاختيار الخط لاسم المحاور.	<b>Font</b> الخط

الشكل (32). جدول لوحة **Axes** في مربع حوار خيارات الرسم البياني.

### 3.1.4.2 خيارات الرسم البياني - لوحة الدلائل Legend

صفحة لوحة الدلائل في مربع حوار خيارات الرسم البياني تضبط كيفية إظهار لوحة الدلائل على الرسم البياني.

ويختار مكان لوحة الدلائل.	<b>الموقع Position</b>
اختيار اللون الذي تريد استخدامه لخلفية الدلالة.	<b>اللون Color</b>
يختار العرض المستخدم (بالعكس) لرسم الرمز المخصص في لوحة الدلائل.	<b>عرض الرمز Symbol Width</b>
يضع إطاراً حول لوحة الدلائل.	<b>تأطير Framed</b>
يجعل لوحة الدلائل مرئية.	<b>إظهار Visible</b>

الشكل (33). جدول لوحة Legend في مربع حوار خيارات الرسم البياني.

### 4.1.4.2 خيارات الرسم البياني - السلسلة Series

صفحة السلسلة من مربع حوار خيارات الرسم البياني تضبط كيفية إظهار سلسلة البيانات الفردية (أو المنحنيات) التي يتم عرضها على الرسم البياني. لاستخدام هذه الصفحة:

1. حدد سلسلة البيانات للتعامل معها من صندوق القائمة المنسدلة لسلسلة **Series Combo Box**.
2. قم بتحرير العنوان المستخدم ليطلق هذه السلسلة في لائحة الدلائل.
3. انقر على زر الخط Font لتغيير الخط المستخدم للوحة الدلائل.
4. اختر خاصية سلسلة البيانات التي ترغب تعديلها (ليست كل الخواص متاحة لبعض أنواع الرسوم البيانية). الخيارات هي:

- خطوط
- علامات
- أنماط
- لوحات اسمية

### 2.4.2 مربع حوار خيارات رسم المقطع الطولي Profile Plot Options Dialog

يستخدم مربع حوار خيارات رسم المقطع الطولي لتخصيص مظهر رسم المقطع الطولي. مربع الحوار يحتوي على ثلاث صفحات:

### 1.2.4.2 الألوان Colors:

- اختيار اللون المستخدم في لوح نافذة الرسم الطباعي، وفي خلفية الرسم الطباعي، وداخل المجاري، وعمق المياه المملوءة
- ويتضمن تحقيق مربع "عرض المجاري فقط **Display Conduits Only**" توفير إمعان النظر في مستويات المياه داخل المجاري عن طريق إزالة جميع التفاصيل الأخرى من الرسم.

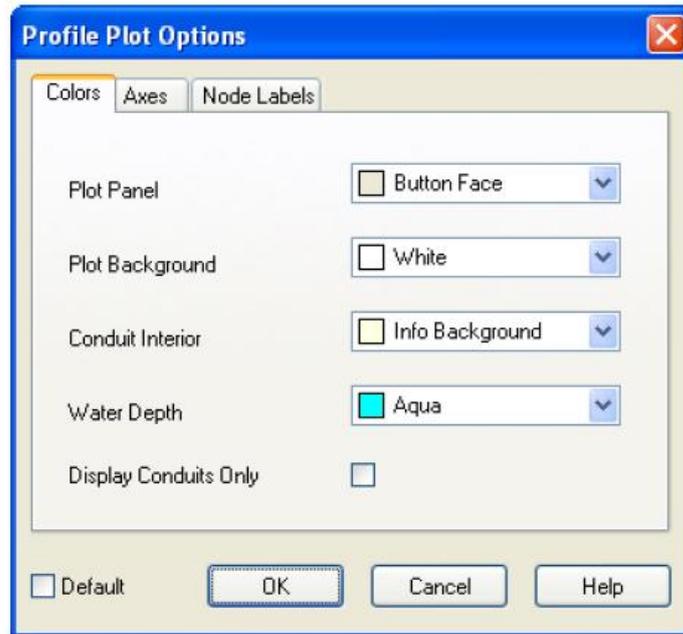
### 2.2.4.2 المحاور Axis:

- تحرير الاسم الرئيسي وأسماء المحاور، بما فيها الخطوط
- ويختار لعرض خطوط الشبكة الأفقية والرأسية.

### 3.2.4.2 اللوحات النصية للعقد Node Labels:

- ويختار لعرض بطاقات الهوية للعقد إما على طول المحور العلوي للرسم الطباعي، أو مباشرة على الرسم الطباعي فوق ذروة العقدة أو كليهما.
- يختار طول السهم المرسوم بين اللوحة النصية للعقدة وذروة العقد على الرسم (استخدام 0 يعني لا أسهم).
- يختار حجم الخط في بطاقات الهوية للعقد.

حقق المربع الافتراضي **Default** إذا كنت تريد لهذه الخيارات أن تنطبق على جميع (المخططات) رسوم المقاطع الطولية الجديدة عند إنشائها لأول مرة.



الشكل (34). مربع حوار خيارات رسم المقطع الطولي.

## 5.2 عرض النتائج في الجدول

يمكن عرض الكائنات ونتائج السلاسل الزمنية لمتغيرات مختارة بشكل جداول. هناك نوعان من الصيغ المتاحة:

- الجدول حسب الكائن - بجدولة السلسلة الزمنية لعدد من المتغيرات لكائن مفرد (مثل تدفق وعمق المياه للمجرى).

Date	Time	Flow (CFS)	Depth (ft)
01/01/1998	01:00:00	0.00	0.00
01/01/1998	02:00:00	2.58	0.40
01/01/1998	03:00:00	4.87	0.55
01/01/1998	04:00:00	5.41	0.58
01/01/1998	05:00:00	5.23	0.57
01/01/1998	06:00:00	1.74	0.33

الشكل (35). عرض النتائج في جدول حسب كائن.

- الجدول حسب المتغير - بجدولة السلسلة الزمنية لمتغير واحد من أجل عدة كائنات من نفس النوع (على سبيل المثال، السيول - الجريان السطحي - لمجموعة من الأحواض (Subcatchments)).

Date	Time	Subcatch 2	Subcatch 5
01/01/1998	01:00:00	0.00	0.00
01/01/1998	02:00:00	1.24	1.81
01/01/1998	03:00:00	2.56	3.82
01/01/1998	04:00:00	4.52	6.56
01/01/1998	05:00:00	2.51	3.59
01/01/1998	06:00:00	0.70	1.03

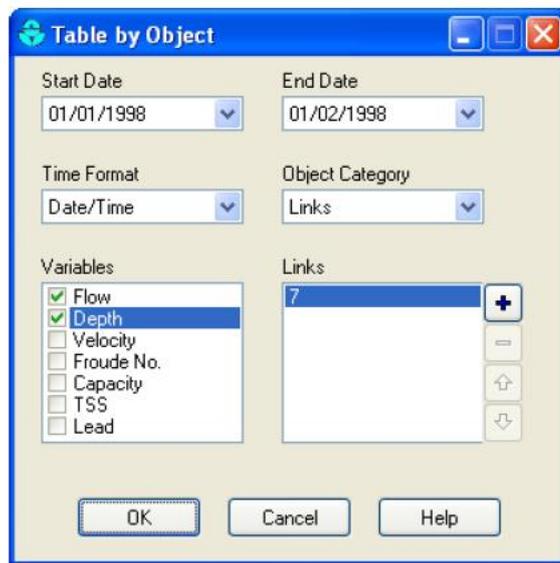
الشكل (36). عرض النتائج في جدول حسب المتغير.

لإنشاء التقرير الجدول:

1. حدد (Report >> Table) من القائمة الرئيسية أو اضغط  على شريط الأدوات القياسي.
2. اختر شكل الجدول (سواء حسب الكائن By Object أو المتغير By Variable) من القائمة الفرعية التي تظهر.
3. أملئ مربع حوار الجدول حسب الكائن أو الجدول حسب المتغير لتحديد ما هي المعلومات التي ينبغي أن يتضمنها هذا الجدول.

مربع حوار الجدول حسب الكائن يستخدم عند إنشاء جدول سلسلة زمنية بعدة متغيرات لكائن مفرد. استخدم

مربع الحوار على النحو التالي:



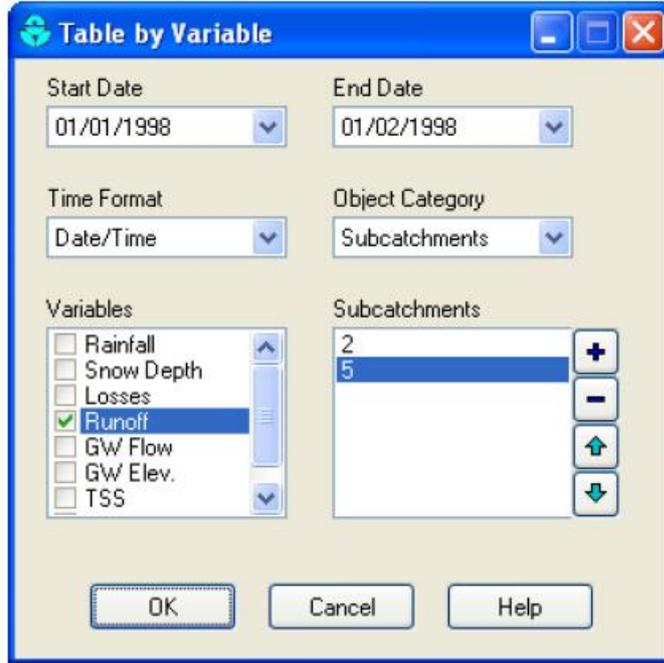
الشكل (37). مربع حوار الجدول حسب الكائن.

1. اختر تاريخ البدء وتاريخ الانتهاء للجدول (الافتراضي هو كامل فترة المحاكاة).
2. اختر ما إذا كانت طريقة إظهار الوقت هي الوقت المنقضي أو قيم التاريخ/الزمن.
3. اختر فئة الكائن (حوض، عقدة، وصلة، أو النظام).
4. عرّف هوية كائن محدد في الفئة بالنقر على الكائن إما على خارطة المساحة المدروسة أو في مستعرض البيانات، ثم انقر على زر  في مربع الحوار. يمكن اختيار كائن واحد فقط لهذا النوع من الجداول.
5. افحص المتغيرات التي ستم جدولتها للكائن المختار. الخيارات المتاحة تعتمد على فئة الكائن المختارة.
6. انقر على زر Ok لإنشاء الجدول.

إن مربع حوار الجدول حسب المتغير يستخدم عند إنشاء جدول سلسلة زمنية لمتغير واحد من أجل كائن واحد

أو أكثر. استخدم مربع الحوار كما يلي:

1. اختر تاريخ البدء وتاريخ الانتهاء للجدول (الافتراضي هو كامل فترة المحاكاة).
2. اختر ما إذا كانت طريقة إظهار الوقت هي الوقت المنقضي أو قيم التاريخ/الزمن.
3. اختر فئة الكائن (حوض، عقدة، أو وصلة).
4. اختر محاكاة متغير للجدولة. الخيارات المتاحة تعتمد على فئة الكائن المختارة.
5. عرّف هوية واحد أو أكثر من الكائنات في هذه الفئة عن طريق نقر الكائنات على التوالي إما على خارطة المساحة المدروسة أو في مستعرض البيانات، ثم انقر على زر  مربع الحوار.
6. انقر على زر Ok لإنشاء الجدول.



الشكل (38). مربع حوار الجدول حسب المتغير.

كحد أقصى يمكن اختيار 6 كائنات لجدول واحد. يمكن حذف الكائنات المختارة وتحريكها للترتيب إلى الأعلى وإلى الأسفل عن طريق النقر فوق الأزرار    على التوالي.

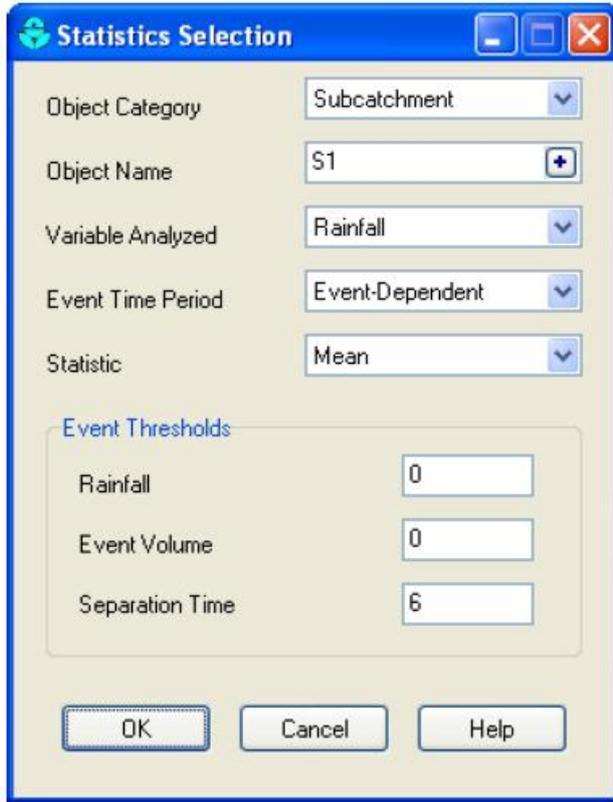
## 6.2 عرض تقرير الإحصاء

- يتولد تقرير الإحصاء من السلسلة الزمنية لنتائج المحاكاة. يقدم هذا التقرير لكائن ومتغير معين ما يلي:
- يعزل مدة المحاكاة إلى فترات متتالية غير متداخلة، إما حسب اليوم والشهر، أو حسب التدفق (أو الحجم) فوق حد أدنى من القيمة الحدية،
  - حساب القيمة الإحصائية التي تميز كل فترة، مثل المتوسط، الحد الأقصى، أو المجموع الكلي للمتغير على مدى فترة زمنية،
  - حساب موجز الإحصاء لمجموعة كاملة من القيم للحدث (المتوسط **Mean**، الانحراف المعياري **Standard Deviation**، الانعراج **Skewness**)
  - أداء تحليل تكراري لمجموعة من قيم الحدث.

التحليل التكراري لقيم الحدث سيحدد التواتر الذي يحصل لقيمة حدث معين وأيضاً تقدير فترة العودة لكل قيمة حادثة. والتحليلات الإحصائية من هذا النوع هي الأكثر مناسبة على المدى الطويل المستمر لتشغيل المحاكاة.

لتوليد تقرير الإحصاءات:

1. حدد (Report >> Statistics) من القائمة الرئيسية أو اضغط  على شريط الأدوات القياسي.
2. أملئ في مربع حوار اختيار الإحصاء الذي يظهر، خصص الكائن، والمتغير، وتعريف الحدث المطلوب تحليله.



مربع حوار اختيار الإحصاء يستخدم لتحديد نوع التحليل الإحصائي الذي سيطبق على نتائج المحاكاة المحسوبة. وهو يحتوي على حقول البيانات التالية:

الشكل (39). مربع حوار اختيار البيانات.

### فئة الكائن Object Category

اختر فئة الكائن للتحليل (حوض، عقدة، وصلة، أو نظام).

### اسم الكائن Object Name

أدخل اسم التعريف ID للكائن من أجل التحليل. بدلا من كتابة اسم التعريف ID، يمكنك اختيار الكائن على خارطة المساحة المدروسة أو في مستعرض البيانات ثم انقر زر  لاختياره داخل حقل اسم الكائن.

### المتغير الخاضع للتحليل Variable Analyzed

أدخل اسم المتغير لتحليله. الخيارات المتاحة تعتمد على فئة الكائن المختارة (مثل: الهطول المطري، الضياعات، أو السيول للبعق؛ العمق، التدفق الداخل، أو الفيضانات للعقد؛ العمق، التدفق، السرعة، أو السعة للوصلات؛ نوعية المياه لجميع الفئات).

## المدة الزمنية للحدث Event Time Period

حدد طول الفترة الزمنية التي تحدد حدثاً. الخيارات تكون يومياً، شهرياً، أو تعتمد على الحدث. وفي الحالة الأخيرة، فإن مدة الحدث تتوقف على عدد مدد التقارير المتتالية حيث نتائج المحاكاة تكون فوق عتبة القيم الحدية المحددة أدناه.

## الإحصاء Statistic

اختر إحصائية حدث لتحليلها. الخيارات المتاحة تعتمد على اختيار المتغير ليتم تحليله وهذه المقادير تشمل قيمة المتوسط، قيمة الذروة، إجمالي الحدث، استمرارية الحدث، والزمن الداخلي للحدث (أي الفترة الفاصلة بين النقط الوسطى للأحداث المتعاقبة). ومن أجل متغيرات نوعية المياه تتضمن الخيارات التركيز الوسطي، وتركيز الذروة، والحمل الوسطي، وحمل الذروة، وحمل إجمالي الحدث.

## عتبات الحدث Event Thresholds

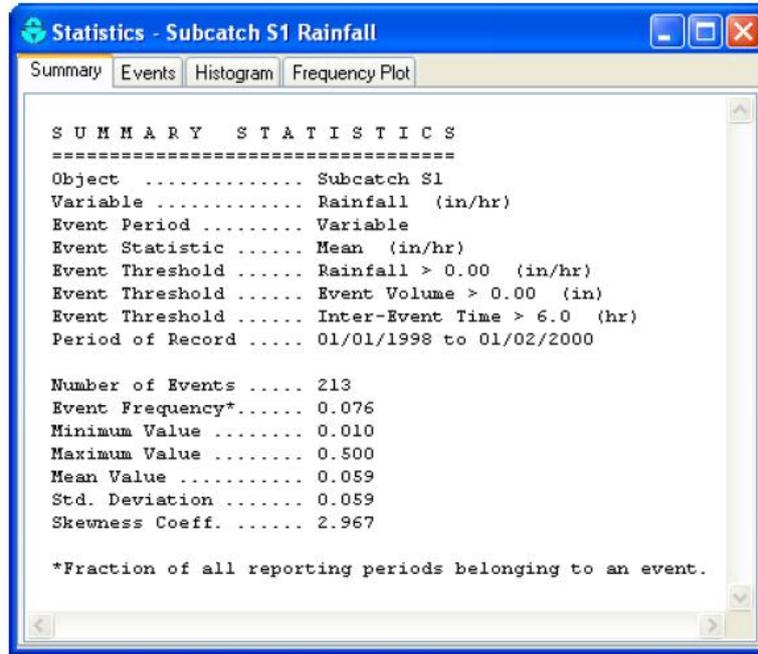
لتحديد قيم الحد الأدنى التي لا بد من تجاوزها لحدوث الحدث:

- عتبة متغير التحليل **Analysis Variable** تحدد قيمة الحد الأدنى للمتغير الخاضع للتحليل والتي ينبغي تجاوزها لفترة زمنية حتى يتم إدراجه في الحدث.
- عتبة حجم الحدث **Event Volume** تحدد قيمة الحد الأدنى لحجم التدفق (أو حجم الأمطار) والتي ينبغي تجاوزها لتحسب النتيجة كجزء من الحدث.
- الزمن الفاصل **Separation Time** يحدد الحد الأدنى لعدد الساعات التي يجب أن تمر ما بين نهاية حدث ما وبداية الحدث التالي. الأحداث ذات الساعات القليلة يتم تجميعها معاً. هذه القيمة تنطبق فقط على المدد الزمنية المرتبطة بالحدث (وليس لمدد الحدث اليومي أو الشهري).

إذا كان هناك نوع معين من العتبات لا ينطبق، اترك الحقل المخصص له فارغاً.

بعد إجراء الاختيارات في مربع حوار اختيار الإحصاء والقيام بالمعالجة، فإن تقرير الإحصاء ينتج كما هو

مبين في الشكل 40 أدناه.



الشكل (40). تقرير الإحصاءات.

يتألف التقرير من أربعة صفحات مبيّنة تحتوي على:

- جدول ملخص الإحصاء للحدث.
- جدول ترتيب مصنف لفترات الحدث، بما في ذلك التاريخ، والمدة، والمدى.
- رسم طباعي للتسلسل التاريخي لإحصائية الحدث المختار.
- رسم طباعي لتواتر تجاوز قيم الحدث.

علماً بأن تواترات التجاوز الواردة في التقرير تحسب بالنسبة لعدد من الأحداث التي تقع، وليس إجمالي عدد

فترات السجل التقريبي.

## الفصل الثالث

### تشغيل SWMM 5 [1]

بعد توصيف المنطقة المدروسة بشكل مناسب، يمكن محاكاة الاستجابة للسيول، وسلوك الجريان ونوعية المياه. ويصف هذا الفصل كيفية تحديد الخيارات المتاحة لاستخدامها في التحليل، وكيفية تشغيل عملية المحاكاة وكيفية استكشاف الأخطاء التي قد تحدث وإصلاحها.

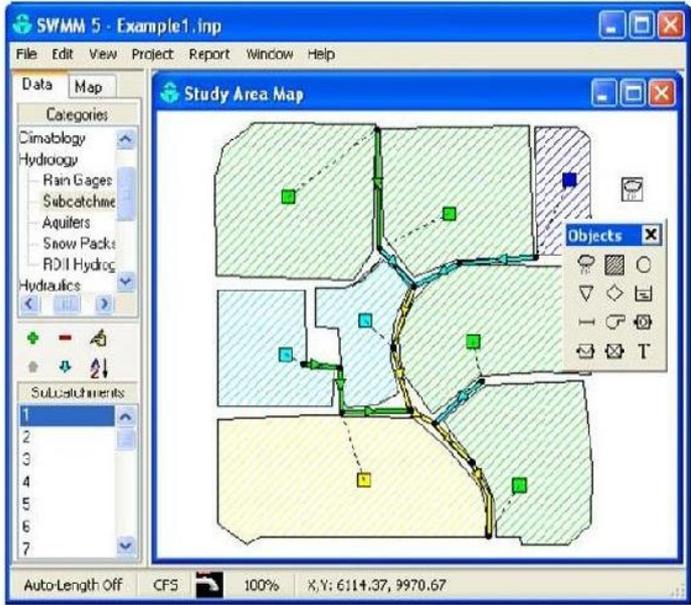
#### 1.3 خطوات التشغيل

يتم تشغيل SWMM وفق ملخص الخطوات الخمسة المبينة في الأشكال التالية:

## خطوات تشغيل SWMM 5

---

- ◆ Draw drainage system objects  
رسم كائنات نظام الصرف



الشكل (41). الخطوة الأولى في تشغيل SWMM.

## خطوات تشغيل SWMM 5

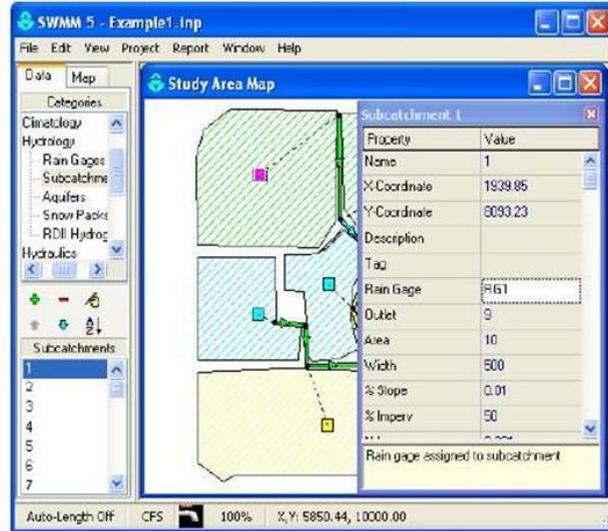
### STEPS IN RUNNING SWMM 5

- ◆ Draw drainage system objects

رسم كائنات نظام الصرف

- ◆ Edit their properties

تحرير خصائصها



الشكل (42). الخطوة الثانية في تشغيل SWMM.

## خطوات تشغيل SWMM 5

### STEPS IN RUNNING SWMM 5

- ◆ Draw drainage system objects

رسم كائنات نظام الصرف

- ◆ Edit their properties

تحرير خصائصها

- ◆ Alternatively, create and edit a SWMM 5 input file using the format described in the Users Manual.

وكبديل يمكن توليد وتحرير ملف إدخال SWMM 5 باستخدام الصيغ الموصوفة في دليل المستخدمين

```

Example1.inp - Notepad
File Edit Format View Help

[Title]
Example 1

[Options]
Flow_UNITS          CFS
INFILTRATION        HORTON
Flow_ROUTING        KW
START_DATE           01/01/1990
START_TIME           00:00:00
REPORT_START_DATE    01/01/1990
REPORT_START_TIME    00:00:00
END_DATE             01/02/1990
END_TIME             12:00:00
DRY_DAYS             5
WET_STEP             00:15:00
DRY_STEP             01:00:00
ROUTING_STEP         00:01:00
REPORT_STEP          01.00.00

[RainGages]
::Name              Rain    Recd.  Snow  Data
::Type              Type    Freq.  Catch Source
-----
RG1                 INTENSITY 1:00  1.0  TIMESERIES

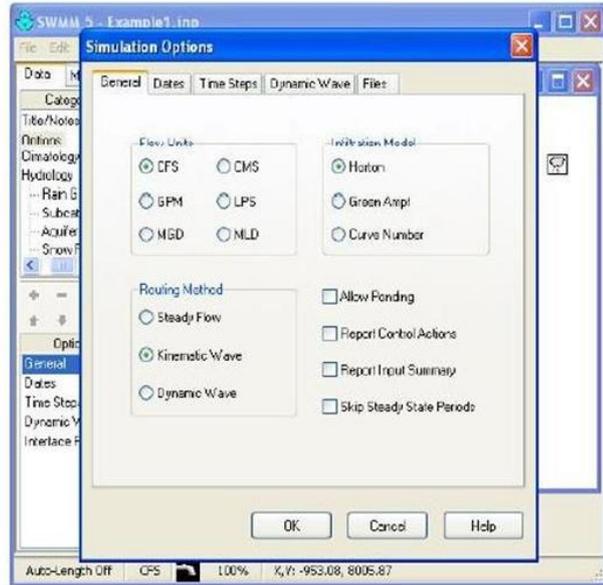
[Subcatchments]
::Name              Raingage  Outlet
-----
1                   RG1       9
2                   RG1       10
3                   RG1       13
  
```

الشكل (43). الخطوة بديل الثانية في تشغيل SWMM.

## خطوات تشغيل SWMM 5

### STEPS IN RUNNING SWMM 5

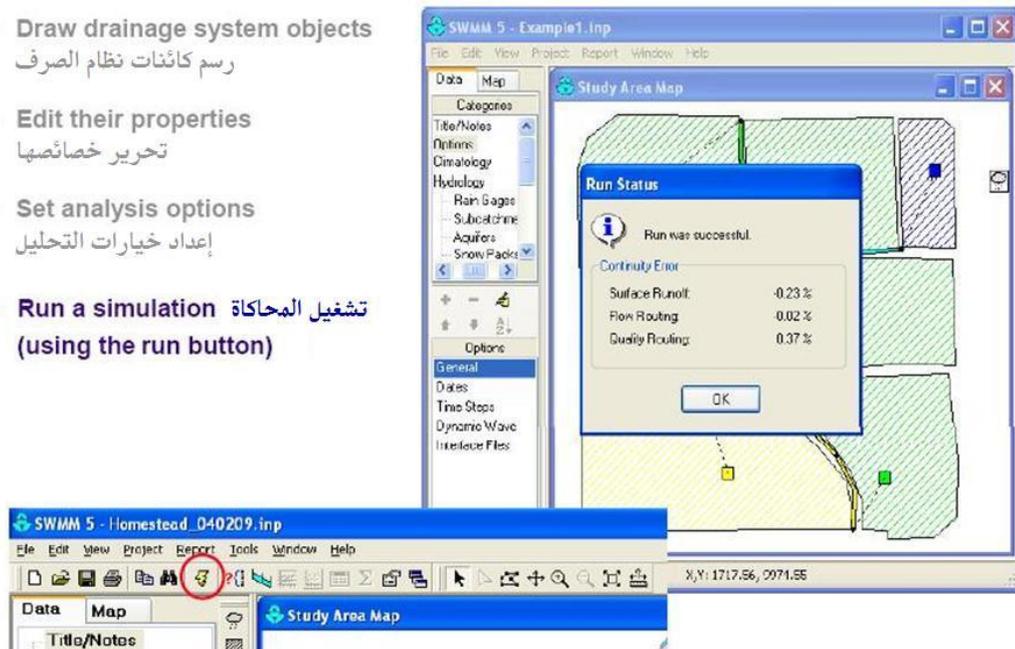
- ◆ Draw drainage system objects  
رسم كائنات نظام الصرف
- ◆ Edit their properties  
تحرير خصائصها
- ◆ Set analysis options  
إعداد خيارات التحليل



الشكل (44). الخطوة الثالثة في تشغيل SWMM.

## STEPS IN RUNNING SWMM 5

- ◆ Draw drainage system objects  
رسم كائنات نظام الصرف
- ◆ Edit their properties  
تحرير خصائصها
- ◆ Set analysis options  
إعداد خيارات التحليل
- ◆ Run a simulation  
تشغيل المحاكاة  
(using the run button)

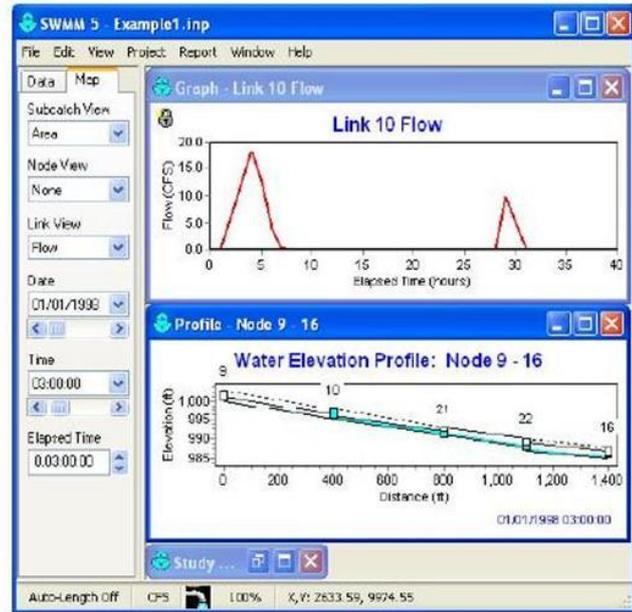


الشكل (45). الخطوة الرابعة في تشغيل SWMM.

## خطوات تشغيل SWMM 5

### STEPS IN RUNNING SWMM 5

- ◆ Draw drainage system objects  
رسم كائنات نظام الصرف
- ◆ Edit their properties  
تحرير خصائصها
- ◆ Set analysis options  
إعداد خيارات التحليل
- ◆ Run a simulation  
تشغيل المحاكاة
- ◆ View a variety of reports  
مشاهدة مختلف أنواع التقارير



الشكل (46). الخطوة الخامسة في تشغيل SWMM.

### 2.3 إعداد خيارات المحاكاة

لدى برنامج SWMM 5 عدد من الخيارات التي تتحكم في كيفية محاكاة نظام صرف العواصف المائية.

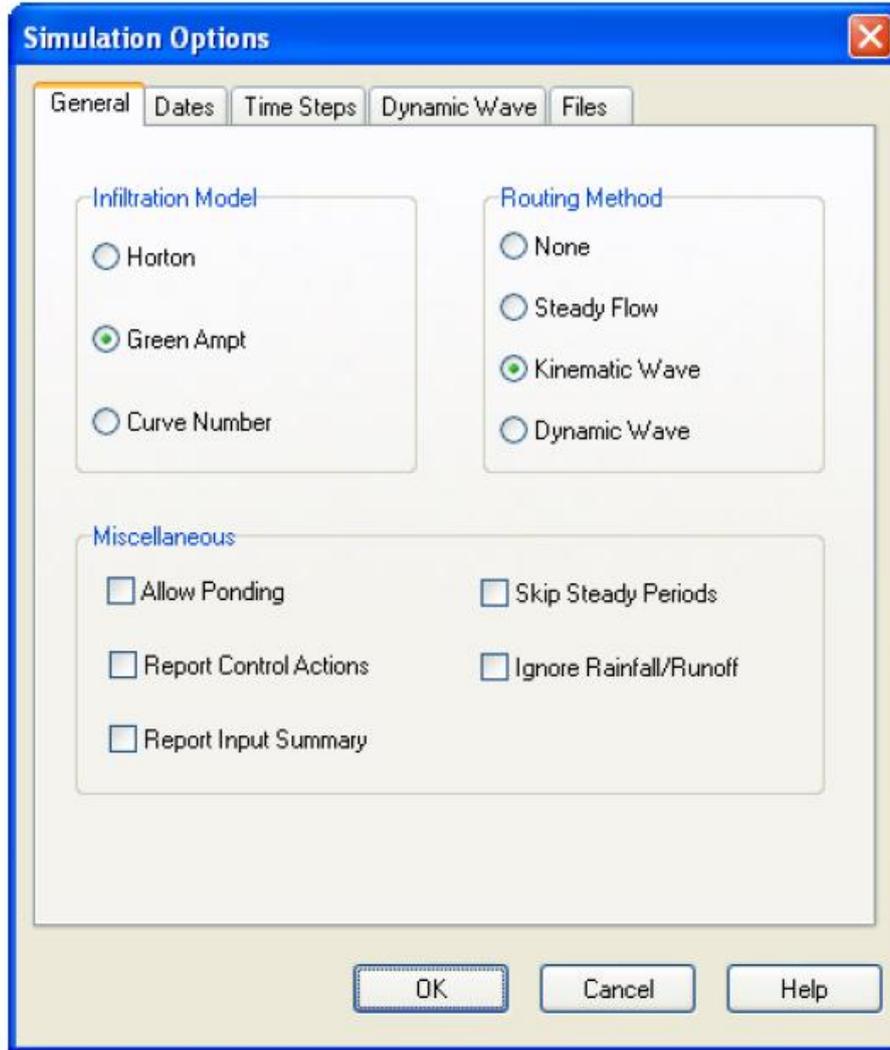
لإعداد هذه الخيارات:

1. اختر فئة الخيارات **Options category** من مستعرض البيانات **Data Browser**.

2. سيظهر مربع حوار خيارات المحاكاة وفيه يمكنك الاختيار من فئات الخيارات التالية:

- خيارات عامة
- خيارات التاريخ
- خيارات الخطوة الزمنية
- خيارات سلوك الموجة التحريك (الديناميكي)
- خيارات ملف الواجهة

ثم انقر على زر  لاستحضار مربع حوار خيارات المحاكاة.



الشكل (47). مربع حوار خيارات المحاكاة.

عندما تنتهي من مربع الحوار، انقر على زر Ok لقبول اختيارك أو زر Cancel لإلغائها. الفقرات التالية تناقش كل فئة من الخيارات.

### 1.2.3 الخيارات العامة General Options

الصفحة العامة لمربع حوار خيارات المحاكاة يقوم بإعداد القيم للخيارات التالية:

#### 1.1.2.3 نموذج الارتشاح Infiltration Model

يتحكم في كيفية نمذجة تسرب مياه الأمطار إلى منطقة التربة العليا في الحوض. الخيارات هي:

- Horton
- Green-Ampt
- Curve Number

تغيير هذا الخيار سيتطلب إعادة إدخال القيم لمعايير الارتشاح في كل حوض Subcatchment.

### 2.1.2.3 Routing Method نمط السلوك

هذا الخيار يحدد أية طريقة يجري استخدامها لتحديد سلوك الجريانات عبر نظام النقل. الخيارات هي:

- لا شيء **None**
- جريان دائم **Steady Flow**
- السلوك الحركي للجريان **Kinematic Wave**
- السلوك الديناميكي للجريان **Dynamic Wave**

اختيار "لا شيء **None**" لمحاكاة السيل السطحي فقط.

### 3.1.2.3 Miscellaneous متنوعات

#### 1.3.1.2.3 السماح بتشكيل البرك السطحية (المستقع) **Allow Ponding**

التحقق من هذا الخيار سيسمح بجمع المياه الزائدة فوق العقد وإعادة إدخالها في النظام حسبما تسمح به الظروف. لكي يحدث الاستنقاع عند عقدة ما، يجب استخدام قيمة غير صفرية لمعيار مساحة البركة المتشكلة.

#### 2.3.1.2.3 تقرير إجراءات التحكم

اختر هذا الخيار إذا أردت تقريراً لحالة المحاكاة يتضمن قائمة منفصلة بإجراءات التحكم التي اتخذتها لمراقبة القواعد المرتبطة بالمشروع (النمذجة المستمرة لإجراءات التحكم غير مدرجة). هذا الخيار يجب أن يستخدم فقط لأجل المحاكاة قصيرة الأمد.

#### 3.3.1.2.3 تقرير موجز الإدخال

اختر هذا الخيار إذا أردت من تقرير الحالة للمحاكاة أن يتضمن موجزاً لبيانات المشروع المدخلة.

#### 4.3.1.2.3 تخطي فترات الحالة المستقرة **Skip Steady State Periods**

اختيار هذا الخيار سيجعل المحاكاة تستخدم التدفق الحالي المحسوب لنظام النقل خلال فترة الحالة المستقرة بدلاً من حساب جديد لحل سلوك جريان. وتعتبر الخطوة الزمنية في الحالة المستقرة إذا كان التغيير في التدفقات الخارجية الداخلة إلى كل عقدة أقل من **0.5 cfs** (قدم مكعب/ثانية) والفرق النسبي بين التدفق الداخل والخارج من النظام الكلي أقل من 5٪.

### 5.3.1.2.3 Ignore Rainfall/Runoff تجاهل الهطل المطري/السيول المطري

اختر هذا الخيار لتجاهل كل بيانات هطول الأمطار وحسابات السيول المطرية. فقط تتم دراسة التدفقات الداخلة أثناء الطقس الجاف والتدفقات الداخلة وفق سلاسل زمنية معرّفة من قبل المستخدم.

### 2.2.3 خيارات التاريخ Date Options

صفحة التواريخ لمربع حوار خيارات المحاكاة تحدد بداية ونهاية تواريخ/أزمنة المحاكاة.

#### 1.2.2.3 بداية التحليل في Start Analysis On

لإدخال التاريخ (شهر/يوم/سنة) والوقت في اليوم عند بدء المحاكاة.

#### 2.2.2.3 بداية التقرير في Start Reporting On

أدخل التاريخ والوقت اعتباراً من اليوم الذي يبدأ فيه تقرير نتائج المحاكاة. ويجب أن يكون هذا الإدخال، مثل أو بعد، ابتداء التاريخ والوقت لبداية للمحاكاة.

#### 3.2.2.3 نهاية التحليل في End Analysis On

أدخل التاريخ والوقت الذي هو نهاية المحاكاة.

#### 4.2.2.3 بداية الكناسة في Start Sweeping On

أدخل اليوم من السنة (شهر/يوم) عندما تبدأ عمليات كنس الشوارع. الافتراضي هو 1 كانون الثاني.

#### 5.2.2.3 نهاية الكناسة في End Sweeping On

أدخل اليوم من السنة (شهر/يوم) عند انتهاء عمليات كنس الشوارع. الافتراضي هو 31 كانون الاول.

#### 6.2.2.3 أيام الجفاف السابقة Antecedent Dry Days

أدخل عدد الأيام التي لا أمطار فيها قبل بدء عملية المحاكاة. هذه القيمة تستخدم لحساب تراكم حمل الملوثات الأولي على سطح البقع.

إذا كان هطول الأمطار أو بيانات المناخ يتم قراءتها من ملفات خارجية، فإن تواريخ المحاكاة ينبغي

إعدادها لتتزامن مع سجلات التواريخ في هذه الملفات.



### 3.2.3 خيارات الخطوة الزمنية Time Step Options

صفحة الخطوات الزمنية لمربع حوار خيارات المحاكاة تحدد طول الخطوات الزمنية المستخدمة في حسابات السيل السطحي، وحسابات المسالك وتقرير النتائج. الخطوات الزمنية محددة بالأيام و بالساعات:الدقائق:الثواني باستثناء سلوك الجريان حيث يتم إدخال الثواني بصيغة عشرية.

#### 1.3.2.3 الخطوة الزمنية في تقرير Reporting Time Step

لإدخال الفترة الزمنية لتقرير النتائج المحسوبة.

#### 2.3.2.3 الخطوة الزمنية أثناء السيل - الطقس الرطب Runoff-Wet Weather Time Step

لإدخال طول الخطوة الزمنية المستخدمة لحساب السيول من الأحواض الساكنة Subcatchments خلال فترات هطول الأمطار أو خلال بقاء البرك المتخلفة على السطح.

#### 3.3.2.3 الخطوة الزمنية أثناء السيل - الطقس الجاف Runoff-Dry Weather Time Step

لإدخال طول الخطوة الزمنية المستخدمة في العمليات الحسابية (تتألف أساساً من تراكم الملوثات) خلال الفترات التي لا يكون فيها هطولات أو برك مائية متخلفة. وهذه الخطوة الزمنية يجب أن تكون أكبر أو مساوية للخطوة الزمنية في الطقس الرطب.

#### 4.3.2.3 الخطوة الزمنية لسلوك Routing Time Step

لإدخال طول الخطوة الزمنية بالثواني وفق نظام العدّ العشري لتستخدم لسلوك الجريان ولمكونات نوعية المياه عبر نظام النقل. علماً بأن سلوك الموجة التحريك (الديناميكي) يتطلب خطوة زمنية أصغر بكثير من طرق سلوك الجريان الأخرى.

#### 4.2.3 خيارات الموجة التحريك Dynamic Wave Options

صفحة الموجة التحريك (الديناميكية) من مربع حوار خيارات المحاكاة تستخدم لإعداد عدد من المعايير التي تتحكم في كيفية إجراء العمليات الحسابية لسلوك جريان الموجة التحريك (الديناميكي). هذه المعايير لن يكون لها أي أثر في طرق سلوك الجريان الأخرى.

### 1.4.2.3 Inertial Terms العطالة تعابير

تبيّن كيفية التعامل مع تعابير العطالة في معادلة كمية الحركة لسانت فينانت **St. Venant**.

- **KEEP** وتحافظ هذه التعابير على كامل قيمتها في جميع الظروف.
- **DAMPEN** ينقص قيمة هذه التعابير باقتراب الجريان من الحرج ويتجاهلها عند الجريان فوق الحرج.
- **IGNORE** يسقط قيمة هذه التعابير جميعاً من معادلة كمية الحركة (قوة الدفع)، ويعطي ما هو في الأساس حل الموجة المنتشرة.

### 2.4.2.3 Define Supercritical Flow By تعريف الجريان فوق الحرج

يختار الأسس المستخدمة لتحديد متى يحدث التدفق فوق الحرج. الخيارات هي:

- انحدار سطح المياه فقط (أي: ميل سطح المياه < ميل المجرى)
  - عدد فرويد **Froude** فقط (أي:  $1.0 < \text{Froude number}$ )
  - كلاً من ميل سطح المياه وعدد فرويد.
- اول خيارين كانا يستخدمان في نسخ سابقة من **SWMM** بينما الخيار الثالث، ويتم اختياره لتحقيق كلا الشرطين، ينصح به الآن.

### 3.4.2.3 Force Main Equation معادلة الجريان المضغوط

يختار المعادلة التي ستستخدم لحساب ضياعات الاحتكاك اثناء الجريان المضغوط للمجري في الأنابيب المضغوطة ذات المقطع العرضي الدائري. والخيارات هي:

إما معادلة **Hazen - Williams** (هايزن - ويليامز) أو معادلة **Darcy - Weisbach** (دارسي - ويسباخ).

### 4.4.2.3 Use Variable Time Step استخدام الخطوة الزمنية المتغيرة

اختر هذا الخيار إذا كانت الخطوة الزمنية المتغيرة المحسوبة ينبغي استخدامها عند كل فترة زمنية لسلوك، واختر عامل الضبط (أو السلامة) لتطبق في هذه الخطوة الزمنية. تحسب الخطوة الزمنية المتغيرة لاستيفاء شرط كورانت **Courant** داخل كل مجرى. وسيكون عامل الضبط النموذجي 75٪ لتوفير البعض من الهامش المحافظ. الخطوة الزمنية المتغيرة المحسوبة لن تكون أقل من 0.5 ثانية وليست أكبر من الخطوة الزمنية الثابتة المخصصة على صفحة الخطوات الزمنية لمربع الحوار. إذا كان هذا الأخير أقل من 0.5 ثانية فإن خيار الخطوة الزمنية المتغيرة سيتم تجاهله.

### 5.4.2.3 Time Step for Conduit Lengthening المجرى الخطوة الزمنية لإطالة المجرى

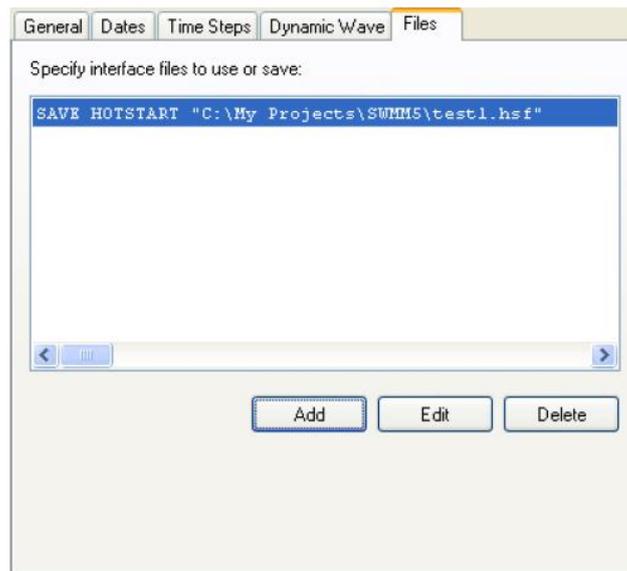
هذه خطوة زمنية بالثواني، تستخدم لإطالة القنوات فنياً بحيث تلي معيار استقرار كورانت **Courant** في ظل ظروف التدفق الكامل (أي زمن انتقال الموجة لن يكون أقل من الوقت المحدد لخطوة زمن إطالة المجرى). عند انخفاض هذه القيمة، فإن عدداً أقل من المجاري يتطلب الإطالة. وقيمة **0** يعني لا يوجد قنوات سوف تطول. نسبة الطول المصطنع إلى الطول الأصلي لكل مجرى مدرجة في جدول تصنيف التدفق الذي يظهر في تقرير الحالة للمحاكاة.

### 6.4.2.3 Minimum Surface Area مساحة السطح الدنيا

هذا هو الحد الأدنى للمساحة المستخدمة عند العقد عند حساب التغييرات في عمق المياه. إذا أدخل **0**، فإن القيمة الافتراضية  $12.566 \text{ ft}^2$  ( $1.167 \text{ m}^2$ ) تستخدم. وهذه مساحة فتحة تفتيش قطرها **4** قدم. القيمة ينبغي إدخالها بالقدم المربع لوحدات **US** في الولايات المتحدة وبالأمتار المربعة من أجل الوحدات **SI**.

### 5.2.3 File Options خيارات الملف

تستخدم صفحة ملفات الواجهة في مربع حوار خيارات المحاكاة لتحديد أية ملفات واجهة ستكون مستخدمة أو محفوظة خلال المحاكاة. الصفحة تتضمن مربع لقائمة مع ثلاثة أزرار أسفلها. مربع القائمة يضم قوائم الملفات المحددة حالياً، في حين أن الأزرار تستخدم على النحو التالي:



الشكل (48). صفحة الملفات في مربع حوار خيارات المحاكاة.

- Add** يضيف ملف مواصفات واجهة جديد إلى القائمة.
- Edit** لتحرير خصائص ملف واجهة محدد حالياً.
- Delete** حذف ملف واجهة محدد حالياً من المشروع (ولكن ليس من قرصك الصلب).

عند النقر على زر **Add** أو **Edit**، يظهر مربع حوار اختيار ملف واجهة حيث يمكنك تحديد نوع ملف الواجهة، وفيما إذا كان ينبغي استخدامه أو حفظه، وكذلك اسمه. مداخل مربع الحوار هذا على النحو التالي:



الشكل (49). مربع حوار اختيار ملف واجهة.

### 1.5.2.3 نوع الملف File Type

اختيار نوع ملف الواجهة لتحديده.

### 2.5.2.3 أزرار استخدام/حفظ Use/Save Buttons

اختر ما إذا كان ملف الواجهة المسمى سيستخدم لتوفير مدخلات لتشغيل محاكاة، أو فيما إذا كانت نتائج المحاكاة ستحفظ فيه.

### 3.5.2.3 اسم الملف File Name

أدخل اسم ملف الواجهة أو انقر فوق زر المستعرض  للاختيار بواسطة مربع حوار اختيار ملف قياسي لنظام ويندوز.

### 3.3 بدء المحاكاة

لبدء المحاكاة اختر (Project >> Run Simulation) من القائمة الرئيسية أو اضغط  على شريط الأدوات القياسي. وستظهر نافذة حالة التشغيل التي ستعرض تقدم للمحاكاة.



الشكل (50). نافذة حالة التشغيل.

لوقف التشغيل قبل انتهاء دورته العادية، انقر على زر Stop في نافذة حالة التشغيل أو اضغط مفتاح Esc. تتتابع نتائج المحاكاة وتكون متاحة للعرض حتى توقف زمن التشغيل. ولتصغير عرض برنامج SWMM إلى الحد الأدنى أثناء تشغيل المحاكاة، انقر على زر Minimize في نافذة حالة التشغيل.

إذا كان التحليل يعمل بنجاح سيظهر رمز  في قسم حالة التشغيل من شريط الحالة في أسفل النافذة الرئيسية لبرنامج SWMM. أية رسائل خطأ أو تحذير سوف تظهر في نافذة تقرير الحالة. إذا قمت بتعديل المشروع بعد تشغيل ناجح، ستتغير أيقونة الصنبور إلى صنبور مكسور مما يدل على أن النتائج المحسوبة حالياً لم تعد تنطبق على المشروع المعدل.

### 4.3 نتائج المشاكل Troubleshooting Results

عندما ينتهي التشغيل قبل الأوان، فإن مربع حوار حالة التشغيل سوف يبين أن التشغيل لم يكن ناجحاً ويوجه المستخدم إلى تقرير الحالة لمزيد من التفاصيل. تقرير الحالة يشمل جملة خطأ، وشيفرة، ووصف للمشكلة (على سبيل المثال، خطأ 138: عقدة TG040 تملك عمق أولي أكبر من العمق الأقصى). حتى إذا ما انتهى التشغيل بنجاح، لا بد من المراجعة لضمان أن النتائج معقولة. وفيما يلي أكثر الأسباب شيوعاً لإنهاء التشغيل قبل الأوان أو الاحتواء نتائج مشكوك فيها.

### 1.4.3 رسالة خطأ مجهول الهوية Unknown ID Error Message

تظهر هذه الرسالة عادة عند اعتماد المشروع على كائن لمشروع آخر غير معرّف. على سبيل المثال حوض مصبه سمي N29، ولكن لا وجود لحوض أو عقدة بهذا الاسم. ويمكن أن توجد حالات مماثلة في المنحنيات **Curves**، والسلاسل الزمنية **Time Series**، وأنماط التوقيت **Time Patterns**، وطبقات المياه الجوفية **Aquifers**، والمصاطب الثلجية **Snow Packs**، والمقاطع العرضية **Transects**، والملوثات **Pollutants**، واستخدامات الأراضي **Land Uses**.

### 2.4.3 أخطاء الملف File Errors

أخطاء الملف يمكن أن تحدث في الحالات التالية:

- ملف لا يمكن إيجاده على حاسوب المستخدم
- ملف كان مستخدماً ذو صيغة خاطئة
- ملف كان مكتوباً لا يمكن فتحه لأن المستخدم ليس لديه امتيازات الولوج إلى مجلد الملف الذي تم تخزينه فيه.

يحتاج **SWMM** إلى كتابة تصريح عن الدليل (مجلد) حيث يتم تخزين الملفات المؤقتة أثناء التشغيل. إن الدليل الأصلي الافتراضي هو دليل كتابة الملفات المؤقتة لنظام ويندوز. إذا كان هذا الدليل غير موجود أو ليس لدى المستخدم تصريحاً للكتابة فيه، فيجب تخصيص دليل جديد عن طريق استخدام مربع حوار مرجعيات البرنامج.

### 3.4.3 أخطاء مخطط نظام الصرف Drainage System Layout Errors

إن مخطط نظام الصرف الصحيح يجب ان يخضع للشروط التالية:

- عقدة المصبّ **Outfall node** يمكن أن ترتبط بوصلة مجرى **Conduit link** واحدة فقط.
  - عقدة موزّع التدفق **Flow divider node** يجب أن تمتلك بالضبط وصلتي تدفق خرج **Outflow link**.
  - في إطار مسار الموجة الحركي، عقدة الارتباط **Junction node** لها وصلة تدفق خرج **Outflow link** واحدة فقط، كما أن وصلة المنظم **Regulator Link** لا يمكن أن تكون وصلة تدفق خرج **Outflow link** لعقدة غير تخزينية **Non-storage node**.
  - في إطار مسار الموجة التحريكي (الدينامي) يجب أن يكون هناك عقدة مصبّ **Outfall node** واحدة على الأقل في الشبكة.
- وستتولد رسالة خطأ إذا تعرّض أي من الشروط أعلاه للانتهاك.

### 4.4.3 الإفراط في أخطاء الاستمرارية Excessive Continuity Errors

عند اكتمال التشغيل بنجاح، فإن أخطاء استمرارية الكتلة، للسيل المطري، ولمسار التدفق، ولمسار الملوثات، سيتم عرضها في نافذة حالة التشغيل. هذه الأخطاء تمثل النسبة المئوية للفرق بين: (المخزون الأولي + التدفق الداخل الكلي) وبين: (المخزون النهائي + التدفق الخارج الكلي) لكامل نظام الصرف. فإذا ما تجاوزت هذه النسبة مستوى معقولاً مثل 10 في المئة، يجب أن تكون صحة نتائج التحاليل موضع تساؤل. أكثر الأسباب شيوعاً للإفراط في تراكم الأخطاء كون الخطوات الزمنية المحسوبة طويلة جداً أو أن المجاري قصيرة جداً.



الشكل (51). عرض تراكمية الأخطاء في نافذة حالة التشغيل.

بالإضافة إلى خطأ التراكم، فإن تقرير الحالة الناتج عن التشغيل سيضع في قائمة تلك العقد من شبكة الصرف التي يحدث فيها أكبر تراكم لأخطاء التدفق. فإذا كان الخطأ لعقدة ما مفرطاً، فإن المرء يجب أن يقرر بداية فيما إذا كانت هذه العقدة ذات أهمية بالنسبة للغرض من المحاكاة. وإذا كان الأمر كذلك، فإن هناك ما يبرر إجراء مزيد من الدراسة لتحديد الكيفية التي يمكن فيها تخفيض الخطأ.

### 5.4.3 عدم استقرار نتائج سلوك التدفق Unstable Flow Routing Results

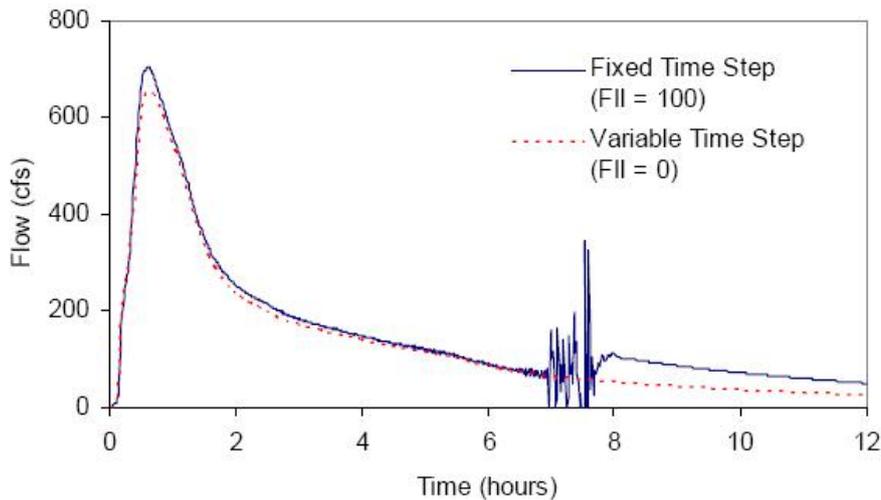
نظراً لطبيعة طرق الحسابات العددية المستخدمة في سلوك الموجة الديناميكية (والى حد أقل، سلوك الموجة الحركي)، فإن التدفقات في بعض الوصلات أو أعماق المياه في بعض العقد، قد تتأرجح أو تتذبذب بدرجة كبيرة في فترات زمنية معينة نتيجة عدم الاستقرار العددي في طريقة الحل. إن برنامج SWMM لا يقوم تلقائياً بتحديد متى تحدث هذه الشروط، لذلك يقع على عاتق المستخدم التحقق من الاستقرار الرقمي للنموذج لتحديد ما إذا كانت نتائج المحاكاة صالحة لأهداف النمذجة. بيانات السلاسل الزمنية في المواقع المفصلية من الشبكة يمكن

أن تساعد في تحديد هذه الحالات كما تساعد البيانات المبعثرة بين تدفق الوصلة وعمق المياه المقابلة في عقدة الوصلة باتجاه التيار.

عدم الاستقرار العددي يمكن أن يحدث على مدى فترات قصيرة ويمكن أن لا يظهر عندما يتم طباعة مخطط السلسلة الزمنية لمدى فترات طويلة. عند كشف عدم الاستقرار هذا، يوصى باستخدام خطوة زمنية 1 دقيقة أو أقل، على الأقل من أجل استعراض أولي للنتائج.

تقرير حالة التشغيل يعرض في قوائم الوصلات **Links** التي تملك أكبر خمسة قيم من مؤشر عدم استقرار التدفق **(FII) Flow Instability Index**. هذا المؤشر يحصي عدد المرات التي تكون فيها قيمة التدفق في الوصلة **Link** أعلى (أو أقل) من التدفق في كل من الفترات الزمنية السابقة واللاحقة. المؤشر يكون نظامياً بالنسبة لعدد متوقع من هذه "التحولات" التي يمكن أن تحدث لسلسلة من القيم المحض عشوائية ويمكن أن تتراوح بين 0 إلى 150.

كمثال على كيفية استخدام مؤشر عدم استقرار التدفق **(FII)**، لننظر في الشكل المبين أدناه. إن الخط المستمر هو رسم لمخطط تدفق بيان مائي **hydrograph** لوصلة **Link** معرفة بأنه لديها أعلى قيمة **FII** وهي (100) في سلوك تدفق الموجة الدينامية التي يتم تشغيلها باستخدام خطوة زمنية ثابتة من 30 ثانية. أما الخط المتقطع فيظهر البيان المائي **hydrograph** الناتج عندما يكون متغير الخطوة الزمنية المستخدم بدلاً من ذلك مستقراً تماماً.



الشكل (52). مخطط تدفق بيان مائي لوصلة.

مخطط رسم سلاسل زمن التدفق للوصلات التي لديها أعلى **FII's** ينبغي فحصها لضمان نتائج سلوك تدفق مقبول الاستقرار.

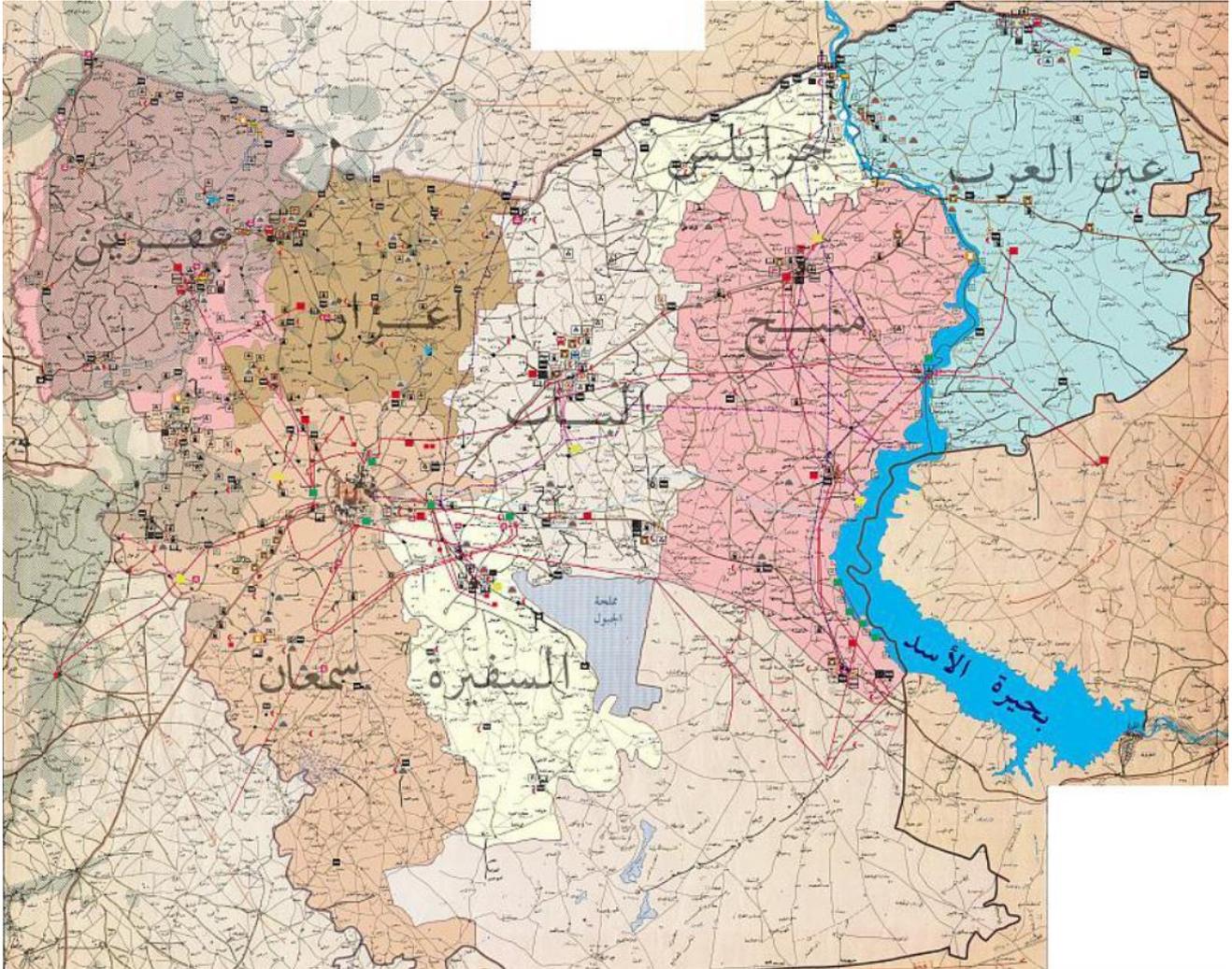
يمكن الحد من عدم الاستقرار العددي في ظل سلوك تدفق الموجة التحريكى (الديناميكى) بواسطة:

- انقاص خطوة زمن السلوك.
- استخدام خيار متغير خطوة الزمن مع عامل خطوة زمنية أصغر.
- اختيار تجاهل تعابير العطالة **Inertial terms** في معادلة كمية الحركة **Momentum equation**
- اختيار خيار إطالة المجارى القصيرة.



تقع مدينة حلب شمال سورية على خط الطول  $36.12^\circ$  (درجة) وخط العرض  $37.93^\circ$  (درجة)، وترتفع عن سطح البحر 379 متراً.

وفي محافظة حلب إدارياً 10 مناطق، و31 ناحية، و24 مدينة، و112 بلدة، و21 بلدية لتجمعات أقل من عشرة آلاف نسمة، وتضم حلب 1453 قرية موزعة ضمن الوحدات الإدارية السابقة؛ ومناطق المحافظة هي: منطقة منبج، منطقة الباب، منطقة عين العرب، منطقة اعزاز، منطقة عفرين، منطقة جرابلس، منطقة السفيرة، منطقة جبل سمعان، منطقة الأتارب، منطقة تل حاصل.



الشكل (54). خارطة الحدود الإدارية لمناطق محافظة حلب.

تتميز حلب بأوابدها التاريخية الكثيرة، مثل قلعتها الشهيرة، وأبوابها، وأسواقها، ومساجدها، وكنائسها، ومدارس العلم، وتجتمع فوق أرضها أهم الشواهد المعمارية الخالدة عبر التاريخ ولحضارات كثيرة متنوعة. تملك حلب تراثاً عريقاً في كافة المجالات العلمية والفنية والأدبية والثقافية والدينية. تسكن حلب أعراق متنوعة من عرب وأرمن وشركس وأكراد وغيرهم، وتتجانس جميع القوميات والأديان في حلب منذ القدم.

تتمتع حلب بالتشارك والتعاون بشكل رائع وجميل بين كافة سكانها المسلمين والمسيحيين والقلّة القليلة من اليهود، ومن كافة الطوائف. وتعتبر حلب محجة العالم في التسامح والإخاء الإثني والديني، وهي عاصمة الثقافة الإسلامية بعد مكة المكرمة عام 2008.

حلب من أشهر وأعرق المدن العربية في المجال الصناعي، وهي معروفة ومشهورة منذ القدم بصناعاتها وتجاريتها وبنائها المعماري. واعتبرتها منظمة اليونسكو مدينة تاريخية من التراث العالمي، لاحتوائها على تراث إنساني عظيم ينبغي حمايته، خاصة وأن فيها أكثر من 150 أثراً هاماً تمثل مختلف الحضارات الإنسانية التي مرّت بها. وتأتي هذه الأهمية من موقعها الاستراتيجي الذي جعلها تلعب دوراً مميزاً في تاريخ المنطقة منذ الممالك الأكادية والعمورية حتى العصور الحديثة.

حلب تقع على ملتقى طرق تجارية مهمة مثل طريق الحرير، وغيره.. وبذلك أصبحت مفتاحاً للمبادلات بين بلاد الرافدين وبين بلاد الشام وبين مصر، ومن ثم بين الشرق والغرب، وقد جعلها العموريون عاصمة لمملكتهم الواسعة في القرن الثامن عشر قبل الميلاد.



الشكل (55).

خارطة مدينة حلب موضحاً عليها المخطط التنظيمي المصدق لعام 2012.

#### 2.4 من تاريخ الفيضانات في مدينة حلب [3] [4]:

تتعرض حلب كغيرها من مدن العالم لحوادث السيول والفيضانات التي تخلف الخسائر. ففي أواسط نيسان 1316 عرفت مدن حلب وحماة وحمص سيولاً عظيمة ناجمة عن تساقط غزير للأمطار، وفي أيار عام 1317 ألحق سيل عارم خسائر جسيمة ببساتين حلب وجرف كل ما مرّ به من شجر وغيره.

شهدت المدينة المزيد من السيول عام 1360، وفي خريف عام 1367 شهدت حلب سيلاً سبب انهيار عدة منازل وإتلاف وقلع الأشجار في البساتين والقضاء على الكثير من المواشي والدواب. تصف المصادر سيل أيار 1374 بأنه كان عظيماً، ارتفعت فيه المياه بشكل كبير، وتم فيه إحصاء هدم 400 منزل في حلب، كما حصل سيل عارم في شباط 1393 وقد وصف بأنه غير عادي. في بداية الخمسينيات من القرن العشرين فاض نهر قويق في حلب وغمرت المياه الأحياء المجاورة لمجره، وخاصة أحياء محطة بغداد والعزيفية وشارع فيصل.



الشكل (56). الشوارع الموازية لسور الحديقة العامة.



الشكل (57). شوارع العزيفية المجاورة للنهر.



الشكل (58). الحارات الداخلية لمنطقة محطة بغداد.



الشكل (59). العريزية ويظهر في الصورة البناء الزهري.

أما حديثاً وفي عام 2010 حدثت في مدينة حلب عدة فيضانات نتيجة هطولات مطرية وخلال فترات زمنية متقاربة وفي مناطق متفرقة.

ففي تاريخ 19/2/2010 شهدت حلب عاصفة مطرية استمرت لمدة نصف ساعة تقريباً، أدت إلى فيضانات في عدة مناطق من المدينة واختناقات مرورية وحوادث متفرقة. وقد أغلقت مياه الأمطار الطريق الواصل بين منطقتي عين التل وبستان الباشا، ووصل ارتفاع المياه في بعض المناطق إلى أكثر من نصف متر.



الشكل (60). الفيضانات في حلب بتاريخ 19/2/2010.

في تاريخ 3/3/2010 تعرضت حلب لزخات رعدية ترافقت مع سقوط حبات البرد لمدة قصيرة، في حين استمرت الأمطار لمدة تزيد عن الساعتين، كان أغزرها بين الساعة 12:45 و 13:00 ظهراً، وبعدها تحولت شوارع حلب إلى بحيرات مائية تسببت بحدوث اختناقات مرورية، ففي منطقة بستان الباشا تحولت الشوارع المؤدية إلى معهد التربية الرياضية إلى بحيرات، وبالأخص الشارع الواصل بين المعهد والشيخ مقصود، علماً أنه من الشوارع التي تم تأهيلها في العام الفائت للفيضان. وكذلك شهدت الحارات الداخلية تدفق المياه إلى داخل المحلات الموجودة في نهاية الحارات المنحدرة وغطت المياه بعض الأقبية المنتشرة في المنطقة.

في منطقة الشيخ مقصود أدت المياه المتجمعة تحت جسر السكة الحديدية جانب معمل العوارض إلى خلق اختناقات مرورية، وإجبار السيارات لسلك الطرق الفرعية للوصول إلى دوار الأشرفية، لانتقاطع الطرق عند المفرد الالتفافي المؤدي إلى منطقة منشآت الجلاء.



الشكل (61). الفيضانات في حلب بتاريخ 3/3/2010.

أما شارع فيصل ومشفى الرازي فقد غمرت المياه كالعادة المحلات المطلة على الشارع.



الشكل (62). الفيضانات في منطقة شارع فيصل.

في نفق 16 تشرين فقد تجمعت المياه تحت جسر سكة القطار، لتشكل بحيرة قبل أن تهرع سيارات الدفاع المدني والإطفاء إلى المنطقة لتشفط المياه وتنقلها بصهاريج نحو مناطق لا تعاني من الفيضان.



الشكل (63). الفيضانات في نفق 16 تشرين.

بتاريخ 30/4/2010 عانت عدة مناطق في حلب من الفيضانات، خاصة أسفل جسر 16 تشرين، ومنطقة الفيض حيث تجمعت المياه في أكثر من محور قبل ان تتوجه سيارات الإطفاء إلى المنطقة لشفط المياه المتجمعة وضخها.



الشكل (64). الفيضانات في حلب بتاريخ 30/4/2010.

وقد ألحقت مياه الأمطار الضرر بمشروعين حيويين كانا قيد الإنشاء، وهما عقدة نفق جامع التوحيد ومشروع عقدة جسر الحج. هذا ويتوقع تكرار السيول على مدينة حلب وحدثت الخسائر.

### 3.4 الفيضانات Floods:

وفقاً لتعريف منظمة الأرصاد المناخية العالمية واليونسكو، فإن السيول الجارفة هي فيضانات ذات فترات هطول قصيرة مع غزارة جريان عالية نسبياً. والسيل هو المياه المتدفقة بعنف بعد تجمعها في الأودية نتيجة المطر الغزير. والسيول صفة من صفات الصحاري، لأن الأراضي الجافة لا تغطيها نباتات تعرقل حركة المياه على سطح الأرض أو تمتص بعضها. وتعمل السيول الجارفة على الإغراق نتيجة سرعة تدفق المياه وضغطها، لأن التيارات العنيفة تستطيع رمي الأشخاص والحيوانات أرضاً وإغراقهم حتى في مياه قليلة العمق نسبياً، وكذلك تجرّ تلك التيارات الحطام والأنقاض والوحل والزيت وملوثات بيئية أخرى لترسبها في الحقول الزراعية فتخرب الناتج الزراعي، وقد يؤدي تشبّع الأرض بالمياه إلى انزلاق التربة وانهارها.

ومن أسباب السيول ارتفاع معدلات الأمطار المتساقطة بشكل استثنائي، والسيول معروفة منذ القديم في العالم العربي عامة، لذلك نجد أن البدو الرحل لا ينصبون خيامهم في بطون الأودية تحاشياً لتلك السيول التي يصعب امتصاص المياه فيها مما يسبب جريانها على سطح الأرض بشكل مسيلات صغيرة، ثم تتجمع هذه المسيلات في مسارات أكبر حتى تصل إلى أكبر الوديان، جارفة معها الصخور والأتربة وما تصادفه في طريقها من المواد التي يمكن لها حملها.



الشكل (65). غرق منزل أحد المزارعين عند منطقة دوار جسر الحج في حلب.

إن البيئات الجافة بشكل عام لا تحدث فيها سيول كبيرة لقلة الأمطار والتدفقات مقارنة بالبيئات غير الجافة، ولذلك تنشأ السيول في المناطق الجبلية المرتفعة التي تسقط عليها معدلات عالية من الأمطار، ومن ثم تجري عبر المسيلات والأودية إلى المناطق المنخفضة.

من جانب آخر تتوقف أضرار السيول على العوامل التالية:

- الارتفاع السريع لعمق المياه.
- سرعة الانسياب العالية نتيجة لشدة الانحدار.
- طبيعة امتداد مجرى الوادي.
- قلة معيقات الجريان.
- السعة الامتصاصية والتخريبية للمياه.

إن شدة الهطول المستمرة هي إحدى المتغيرات الرئيسية المؤثرة على ذروة التدفق، وفيما يتعلق بتقديرات ذروة التدفق هذه في منطقة التجمّع المائي فهناك عدد من العوامل المؤثرة على تدفق السيل عند الذروة كالتالي:

- اختلاف كمية الأمطار الهاطلة.
- الخصائص الهندسية للمجمّع المائي كالشكل وكثافة التصريف.
- تأثير الجيولوجيا والجيومورفولوجي كنوع الصخور السطحية، والرسوبيات المائية، ورسوبات المقذوفات الصخرية، والرسوبات الريحية.
- الاختلاف في الميل على طول امتداد مجرى الوادي.

## الفصل الخامس

### الأحواض الساكنة ونظم المعلومات الجغرافية

#### 1.5 النموذج الرقمي للتضاريس [3]:

من أهم التحليلات في نظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographical Information Systems هو تحليل السطوح الطبوغرافية لإنشاء صورة نقطية تمثل ارتفاعات سطح الأرض، للاستفادة منها في العديد من التطبيقات الهندسية والزراعية والبيئية، ثم تنفيذ سلسلة من الخوارزميات بغرض اشتقاق المعلومات الطبوغرافية من هذه الصورة التي تُعرف بنموذج المناسيب الرقمي (Digital Elevation Model (DEM).

ويمكن الحصول على نماذج المناسيب الرقمية (أو النماذج الرقمية للتضاريس) بعدة طرق:

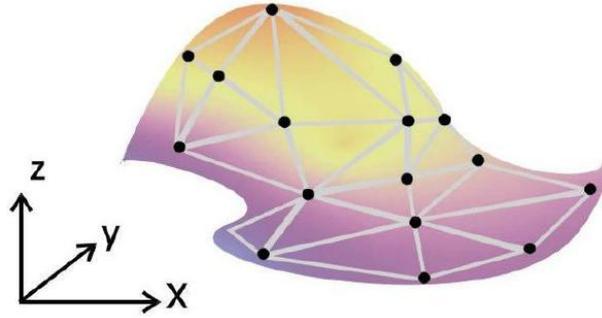
- بيانات جاهزة منتجة من قبل جهات متخصصة.
- من خلال صور الأقمار الصناعية المخصصة لإنتاج نماذج المناسيب الرقمية.
- من خلال عملية الإلباس Interpolation لبيانات حقلية أو محولة رقمياً من الخرائط.
- من خلال اشتقاق النموذج الرقمي للتضاريس DEM من بيانات المسح الأرضي بالمحطات الإلكترونية الحديثة Total Station.

إن النموذج الرقمي للتضاريس أو المناسيب DEM هو المحور الأساسي الذي تدور حوله معظم الدراسات الهيدرولوجية، وهو أيضاً يشكل القاعدة التي يُعتمد عليها لاستنتاج المعلومات المتعلقة بالنمذجة الهيدرولوجية للأودية، لأن DEM يحتوي قاعدة بيانات متكاملة على شكل  $(x,y,z)$  تعبّر عن خواص الشكل الجيولوجي (الجيومورفولوجي) للأرض بشكل ثلاثي الأبعاد يسهل التعامل معها في تطبيقات برمجية مختلفة.

وفي الفقرات التالية سنعرض سريعاً لبعض المفاهيم العلمية المرتبطة بنظم المعلومات الجغرافية GIS، وبالنموذج الرقمي للتضاريس DEM، وبالأحواض الساكنة.

#### 2.5 النموذج الرقمي للتضاريس وخصائص الشكل الجيولوجي (الجيومورفولوجي) [3]:

النموذج الرقمي للتضاريس DEM في نظم المعلومات الجغرافية GIS، تمثيل رياضي لسطح الأرض الطبيعية عبر عينة محددة من النقاط في الفضاء الثلاثي الأبعاد  $(x,y,z)$ ، حيث تُعرّف هذه النقاط مجتمعة سطحاً تضاريسياً يمكن من خلاله استنتاج النقاط المجهولة (بشكل تقريبي)، وفق طرق رياضية متعددة.

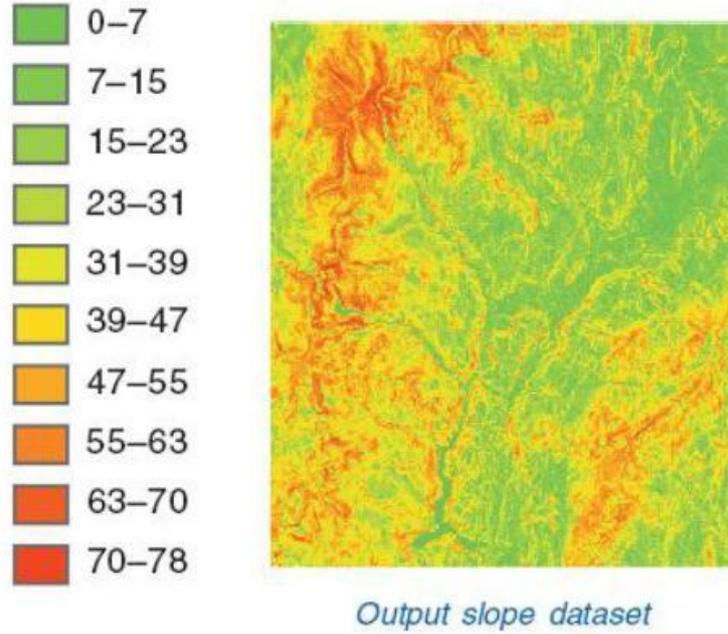


الشكل (66). تمثيل السطح بنقاط معلومة  $(x,y,z)$  في نموذج تضاريس رقمي DEM.

يمكن اشتقاق خصائص الشكل الجيولوجي للأحواض الساكنة من هذا النموذج الرقمي للتضاريس.

### 1.2.5 الانحدار (الميل) Slope:

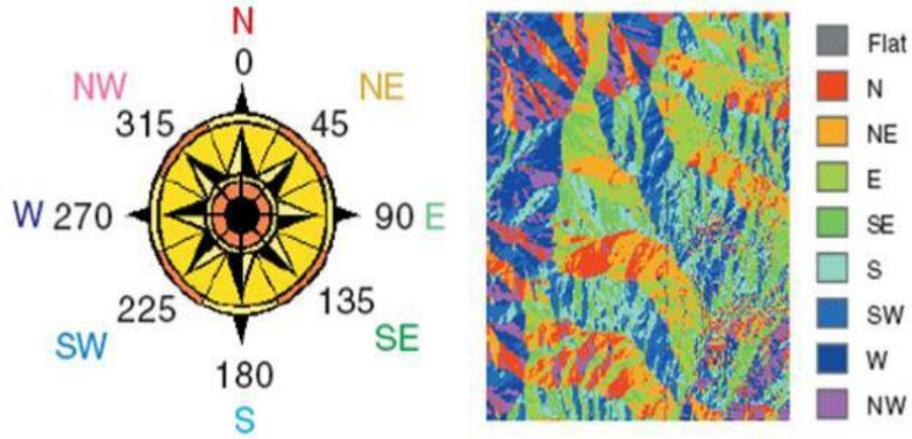
هو ميل الأرض على خط الأفق. ولحساب الانحدار من نموذج المناسيب الرقمي DEM تقوم الخوارزمية المسؤولة عن ذلك بقسمة الفارق في الارتفاع بين كل بكسل وما يجاورها على طول الخط الواصل إلى مركز هذا البكسل، ويتم تخزين قيمة الانحدار في البكسل المناظر في المكان ضمن خارطة الانحدار. كما هو موضح في الشكل أدناه:



الشكل (67). خارطة الانحدار.

### 2.2.5 اتجاه الميل Aspect:

عبارة عن توجيه السطح التضاريسي لمنطقة معينة من سطح الأرض. كما هو موضح في الشكل:



الشكل (68). خارطة اتجاه الميل.

### 3.2.5 ظلال المرتفعات Hill - Shades:

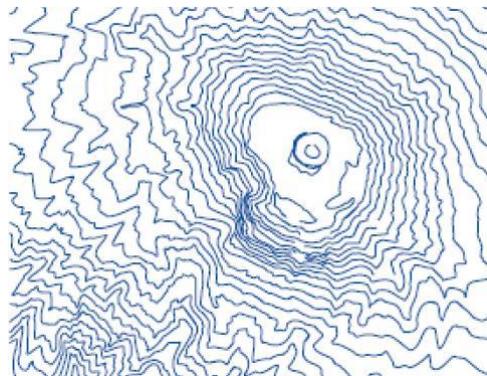
تمثل الإضاءة الافتراضية لسطح الأرض نتيجة وجود الشمس على ارتفاع وزاوية سمت معينة حيث تمنح ظلال الأرض للبيانات مظهراً ثلاثي الأبعاد. كما هو مبين في الشكل:



الشكل (69). خارطة ظلال المرتفعات.

### 4.2.5 خطوط الكنتور Contour's Line:

هي المحل الهندسي للنقاط متساوية الارتفاع عن سطح البحر. كما هو مبين في الشكل:

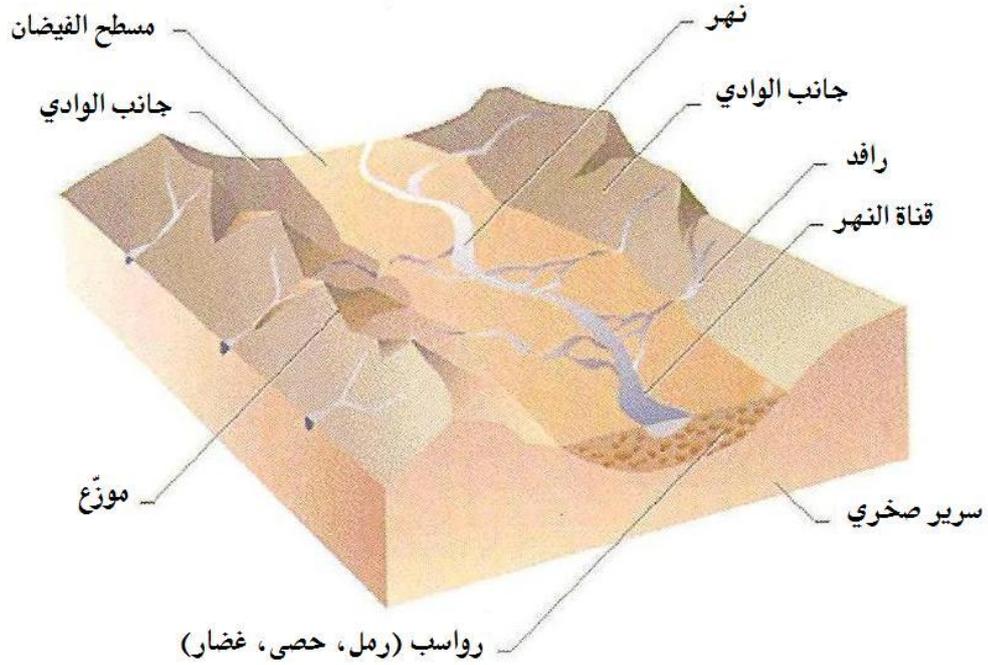


الشكل (70). خارطة خطوط الكنتور.

### 3.5 الحوض الساكب [5]:

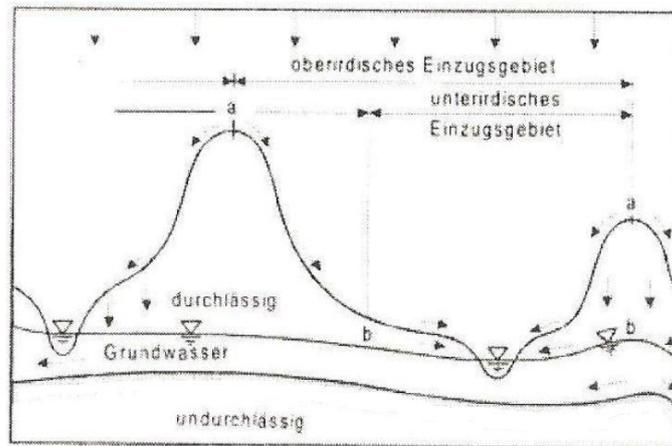
نميز بين نوعين للمجرى المائي السطحي، فالمجرى المائي السطحي الذي تجري فيه المياه بشكل دائم يُدعى "نهر"، والمجرى المائي الذي تجري فيه المياه فقط عند هطول أمطار غزيرة يُدعى المجرى السيلي أو الوادي.

يُسمى الحوض أو المنطقة التي يجمع منها النهر أو المجرى السيلي مياهه بالحوض الساكب. كما هو موضح بالشكل:



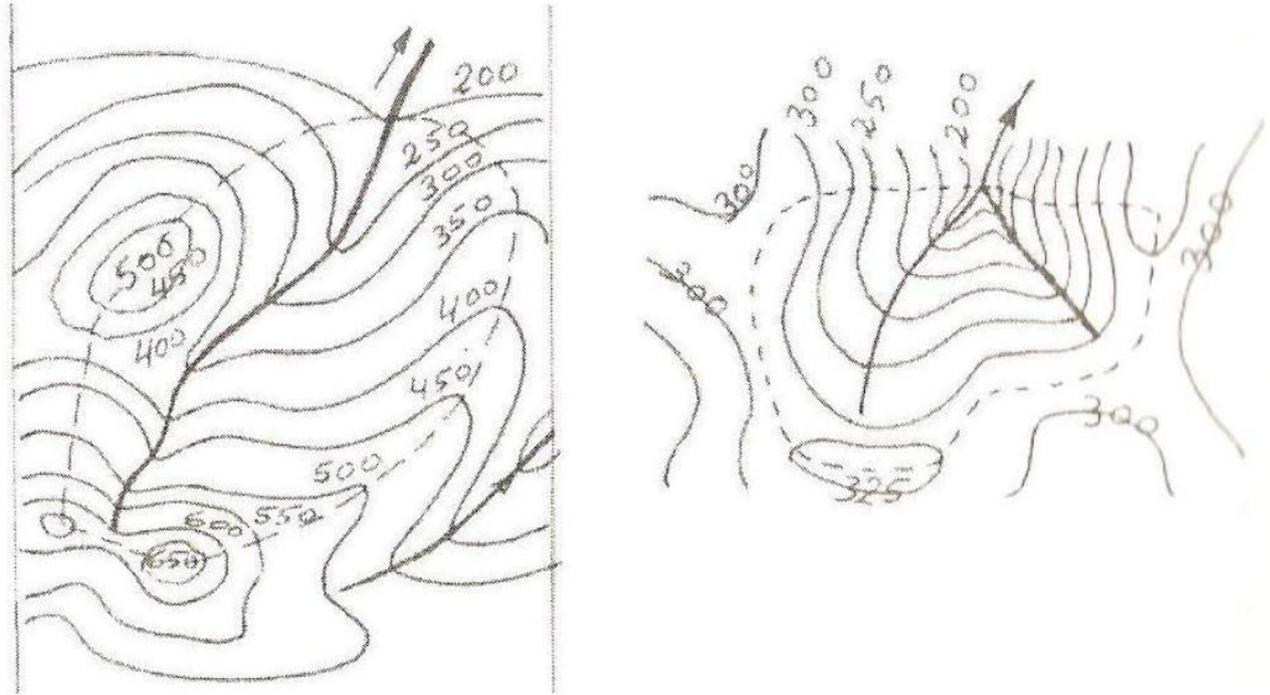
الشكل (71). مجسم حوض ساكب.

ويُعرّف الحوض الساكب لنهر أو مجرى سيل بأنه المساحة التي تصرف مياه الأمطار التي تسقط عليها إلى ذلك النهر أو المجرى السيلي لتساهم في تشكيل تدفقه. كما هو موضح في المقطع التالي:



الشكل (72). مقطع في حوض ساكب.

يتحدد الحوض الساكب بخط مغلق يفصله عن الأحواض المجاورة، ويمر هذا الخط بالقمم المحيطة بالحوض التي تمثل نقاط تقسيم المياه السطحية بين الأحواض المتجاورة. ويتم تحديد هذه الحدود التي تمثل محاور التحدّبات من الخرائط الطبوغرافية. كما هو موضح بالشكل:



الشكل (73). تحديد الحوض الساكب.

### 1.3.5 الصفات الفيزيائية للحوض الساكب [5]:

#### 1- مساحة الحوض الساكب:

تحدد مساحة الحوض الساكب بمساحة المسقط الأفقي للمنطقة المحصورة ضمن هذا الحوض، وتقدر بالكيلومتر المربع أو بالهكتار.

#### 2- شكل الحوض الساكب:

يؤثر شكل الحوض الساكب بشكل كبير على كمية مياه السيول التي تصل إلى المجرى الرئيسي بعد فترة معينة من هطول المطر، ويتعلق شكل الحوض بالعوامل الجيولوجية التي أثّرت على منطقة الحوض الساكب من التواءات وجبال ومنخفضات وغيرها، كما يتعلق بعوامل التآكل والحت التي تركت آثاراً في الحوض على مرّ الزمن، وغالباً ما يأخذ الحوض الساكب الشكل البيضوي أو يأخذ شكل الإجاصة.

وللتعبير عن شكل الحوض نستخدم نسب عديدة، منها:

$$B = \frac{A}{L} \quad \text{العرض الوسطي للحوض: ويحدد من العلاقة:}$$

حيث: A مساحة الحوض الساكب.

L طول الحوض الساكب (أطول خط مستقيم يمكن رسمه ضمن الحوض).

عامل اتساع الحوض: ويحدد من العلاقة:  $d = \frac{A}{\ell^2}$

حيث:  $A$  مساحة الحوض الساكب.

$\ell$  طول المجرى الرئيسي (تعدّ الظروف الهيدرولوجية جيدة كلما زادت قيمة  $d$ ).

ويكون الحوض أفضل ما يمكن إذا كان شكله دائرياً.

عامل الشكل: وهو نسبة العرض الوسطي للحوض إلى طوله المحوري (على المجرى الرئيسي).

عامل الانضغاط: وهو نسبة محيط الحوض إلى محيط دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض.

فمن مساحة الدائرة:  $A = \frac{\pi D^2}{4}$  ينتج محيط الدائرة بدلالة المساحة:

$$e = \pi \cdot D = 2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}$$

فإذا تم الرمز لمحيط الحوض بالرمز  $P$  تكون نسبة الانضغاط مساوية إلى:

$$K = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}}$$

الواحد أقل قيمة يمكن أن يأخذها عامل الانضغاط. وذلك حين يكون الحوض دائرياً.

وكما تباعد الحوض عن الشكل الدائري ازدادت هذه النسبة وقلت حدة الفيضانات،

وذلك بفرض بقيت العوامل الأخرى المؤدية للفيضان ثابتة.

### 3- اتجاه الحوض:

يؤثر اتجاه الحوض بشكل كبير على مقدار التبخر من سطحه نتيجة لكمية الحرارة التي يتلقاها من الشمس ولاتجاه الرياح بالنسبة لوضع الحوض، وكذلك فإن حركة العواصف المطرية ومقدار الماء الناتج عنها في المجاري المائية يتبع أيضاً لاتجاه الحوض.

### 4- متوسط ارتفاع الحوض عن سطح البحر:

يحسب متوسط ارتفاع الحوض من العلاقة التالية:  $H_0 = \frac{f_1 \cdot h_1 + f_2 \cdot h_2 + \dots + f_n \cdot h_n}{A}$

حيث:  $f_1, f_2, \dots, f_n$  المساحات الأفقية المحصورة بين كل خطين متجاورين من خطوط التسوية.

$h_1, h_2, \dots, h_n$  متوسط المنسوب بين كل خطي تسوية متجاورين.

$A$  مساحة الحوض.

### 5- متوسط ميل الحوض الساكب:

يتم التعبير عنه بالعلاقة:  $J_0 = \frac{h \cdot \left\{ \frac{L_1 + L_N}{2} + L_2 + \dots + L_{N-1} \right\}}{A}$

حيث:  $L_1, L_2, \dots, L_N$  أطوال المسافات الأفقية بين خطوط التسوية الواقعة ضمن الحوض الساكب.

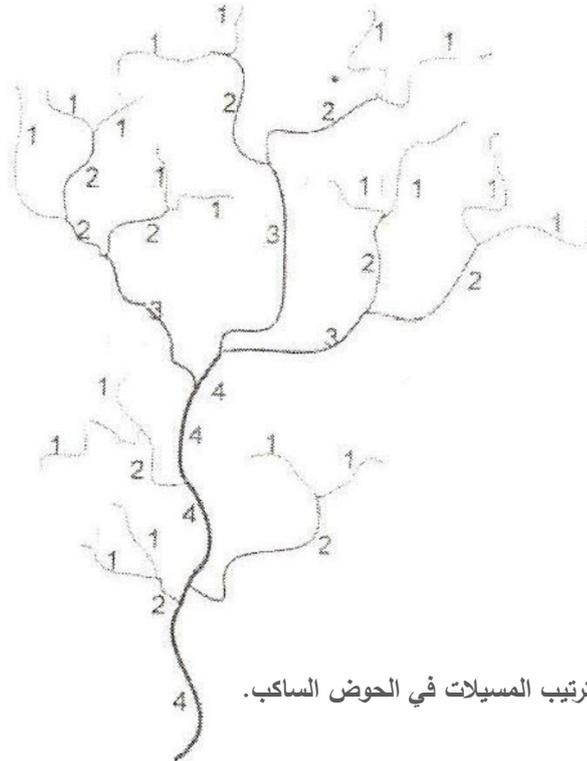
$h$  التباعد الشاقولي بين خطين متجاورين من خطوط التسوية.

$A$  مساحة الحوض.

### 6- ترتيب وكثافة مسيلات المجرى المائي:

إن ترتيب المسيلات في الحوض الساكب يعكس مقدار تفرعات وانقسامات المسيلات في الحوض.

ويوجد عدة طرق لتحديد ترتيب المسيلات في الحوض، فحسب هورتون يُعطى الترتيب رقم (1) للفرع الذي يبدأ مباشرة بتجميع المياه دون أن يرفده أي فرع أصغر منه. وعند التقاء فرعين من الترتيب نفسه يشكلان فرعاً بترتيب أعلى. فمثلاً إن التقاء فرعين من الترتيب (1) يشكل فرعاً من الترتيب (2) والتقاء فرعين من الترتيب (2) يشكل فرعاً من الترتيب (3) .. وهكذا. وعند اتقاء فرع من ترتيب معين مع فرع من ترتيب أدنى لا يتغير ترتيب الفرع. وهكذا نستطيع تحديد ترتيب المجرى الرئيسي ومقدار التفرعات والانقسامات في المجاري المغذية له، ولا ننسى أن لكل فرع حوض ساكب خاص فيه منفصل عن الحوض المجاور.



الشكل (74). ترتيب المسيلات في الحوض الساكب.

تُعرف كثافة المسيلات بأنها وسطي أطوال المسيلات والروافد في وحدة السطح من الحوض. وتدل الكثافة الصغيرة للمسيلات على جريان سطحي طويل فوق أرض الحوض. وكلما كانت الكثافة كبيرة فإن قيمة التدفق الناتج عن هطول مطري معين يكون أكبر والضياعات بالرشح أقل.

#### 7- تعرج المجرى:

ويُقصد به العلاقة بين الطول الفعلي للمجرى  $l$  وطول المستقيم الواصل بين بدايته ونهايته  $L$ ، ويُعبّر

$$\phi = \frac{L}{l} \quad \text{عنه بعامل التعرج وهو دائماً أصغر من الواحد:}$$

#### 8- ميل المجرى:

هو الفرق في المنسوب مقسوماً على الطول الفعلي المتعرج للمجرى:  $J = \frac{\Delta H}{l}$

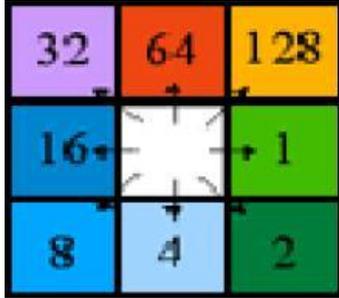
إلا أن هذه القيمة قد تعطي نتائج بعيدة عن الواقع لذلك يُحسب الميل باستخدام قيمة متوسطة للمنسوب.

#### 4.5 تحليل الخصائص الهيدرولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS:

العنصر الأساسي في تحليل الخصائص الهيدرولوجية هو استخدام نماذج التضاريس الرقمية DEM لاستخلاص خصائص السطح الهيدرولوجية.

حيث يتم التعرف على اتجاهات جريان المياه فوق سطح الأرض عن طريق استخدام تمثيل رقمي للاتجاهات

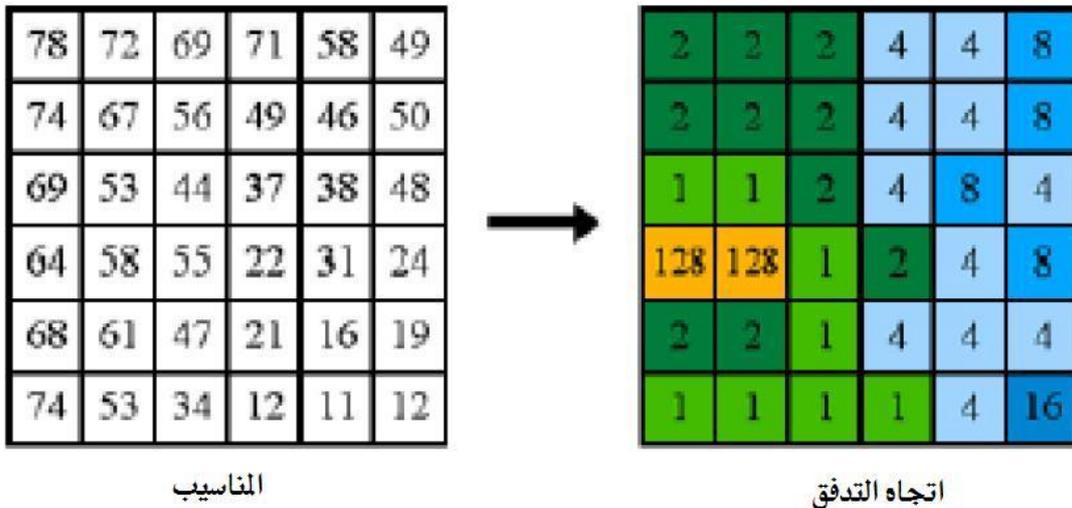
كما في الشكل التالي:



الشكل (75). التمثيل الرقمي لاتجاهات الجريان.

فإذا سالت المياه من الخلية التي سقطت عليها (الخلية المركزية في الشكل أعلاه) إلى الخلية المجاورة لها في الأعلى، فإن الخلية المقابلة للخلية المركزية في الخارطة ستكون قيمتها 64، وبهذه الطريقة يتم التعرف على اتجاهات الجريان لكل خلية عن طريق قيمة اتجاه الجريان لها في الخارطة الخاصة باتجاه الجريان.

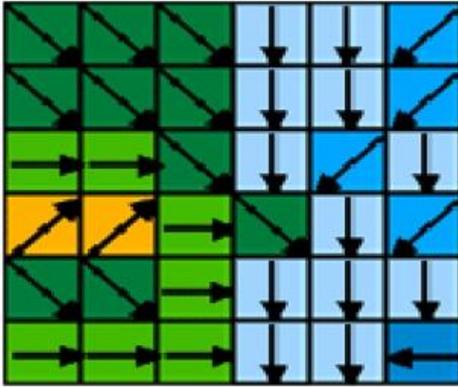
يمثل الشكل التالي حساب خارطة اتجاهات الجريان من نموذج المناسيب (التضاريس) الرقمي بهذه الطريقة:



الشكل (76). تمثيل خارطة اتجاهات الجريان من نموذج المناسيب الرقمي.

بعد حساب اتجاه الجريان يتم حساب تراكم التدفق Flow Accumulation وهي خارطة تبين كمية التدفق في كل خلية بناء على ما يحيط بها من خلايا تصب المياه فيها. وتعتمد هذه الخارطة أساساً على خارطة اتجاه الجريان أو التدفق Flow Direction. فإذا كان الماء المتراكم في خلية قادماً من خلية أخرى وحيدة فإن قيمة

الخلية عندئذ تكون 2 (أي يتراكم الماء الساقط على هذه الخلية مع الماء الساقط من الخلية الأخرى)، أما إذا كان الماء المترام من خليتين فإن القيمة تكون 3 وهكذا. ومنه تنتج خارطة تراكم التدفق كالمبينة بالشكل التالي:



0	0	0	0	0	0
0	1	1	2	2	0
0	3	7	5	4	0
0	0	0	20	0	1
0	0	0	1	24	0
0	2	4	7	35	2

الشكل (77). خارطة حساب تراكم الجريان (التدفق) من خارطة اتجاهات الجريان.

كذلك يمكن الحصول من خلال أنظمة الـ GIS على تحديد حوض الصرف (الحوض الساكب)، ويتم ذلك عن طريق تحديد سلسلة من الخلايا التي ينقسم جريان الماء عندها إلى اتجاهين متعارضين، أحدهما إلى داخل الحوض الساكب والثاني إلى خارجه.

الشكل التالي يبين خارطة نموذجية لأحواض الصرف (للأحواض الساكبة) نتيجة لتضاريس الأرض.



الشكل (78). خارطة أحواض الصرف

أما الإجراء الأخير الذي يمكن القيام به باستخدام GIS فهو تحديد المسيلات المائية، ويتم باستخدام خوارزمية مقارنة للخوارزمية المستخدمة في تحديد حدود أحواض الصرف، حيث يتم تحديد سلسلة من الخلايا التي تمثل القيم العظمى في خارطة تراكم الجريان لتمثل المسيلات المائية.

## الفصل السادس

### تطبيق في مدينة حلب يتعلق ببعض النقاط الحرجة طبوغرافياً للسيل المطري

عندما تجري مياه العاصفة المطرية في الشوارع وفق الميول والتضاريس الواقعية وتصل إلى المنطقة التي يحدث فيها الغمر وليس إلى منطقة أخرى، فهذا يدل على احتمال وجود مشكلة ناتجة عن الفوهات المطرية (انسداد الفوهات المطرية لسبب ما، أو عدم كفاية عددها، أو سوء توزيعها) أو عدم كفاية قطر الأنابيب تصميمياً لتمرير هذه المياه.

لذا تم بداية تقصي الجريان السطحي للمياه على سطح الأرض الطبيعية، ووجد أنها تصل إلى منطقة منخفضة لتتجمع فيها، ثم تم بعدها محاكاة الجريان المائي ضمن أنابيب المجرور ووجد أن الأقطار كافية بالنسبة للعاصفة المدروسة المؤدية للفيضان، ومنه تم استنتاج انسداد الفوهات المطرية لضعف الصيانة أو الإهمال أو عدم كفايتها أصلاً، عدداً وتوزيعاً لالتقاط المياه.

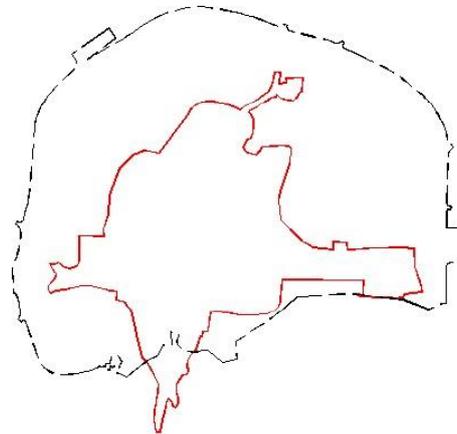
تم الاعتماد في هذا العمل على بحث رسالة ماجستير للمهندس باسل أبو صالح بعنوان "استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الكوارث" صادرة عن قسم الطبوغرافيا في كلية الهندسة المدنية بجامعة حلب بإشراف الأستاذين الدكتورين محمد واصل نجم ومحمد أمجد مراد آغا.

في العمل السابق تم تكوين نموذج رقمي للتضاريس DEM لمدينة حلب باستخدام برنامج GIS الشهير ARCGIS 9.2. واستخدمت هذا النموذج لرصد الأحواض الساكنة واتجاهات الجريان الطبيعية في المدينة.

#### 1.6 مصادر الدراسة:

- خرائط طبوغرافية تفصيلية لمدينة حلب بمقياس 1:1000
- المرئيات الفضائية من Google Earth
- ملف ارتفاع رقمي SRTM بدقة مكانية 90 متراً من الموقع <http://srtm.usgs.gov>

#### 2.6 حدود منطقة الدراسة:



المخطط التتويهي لعام 2004

المخطط التتويهي لعام 1975

الشكل (79). حدود منطقة الدراسة

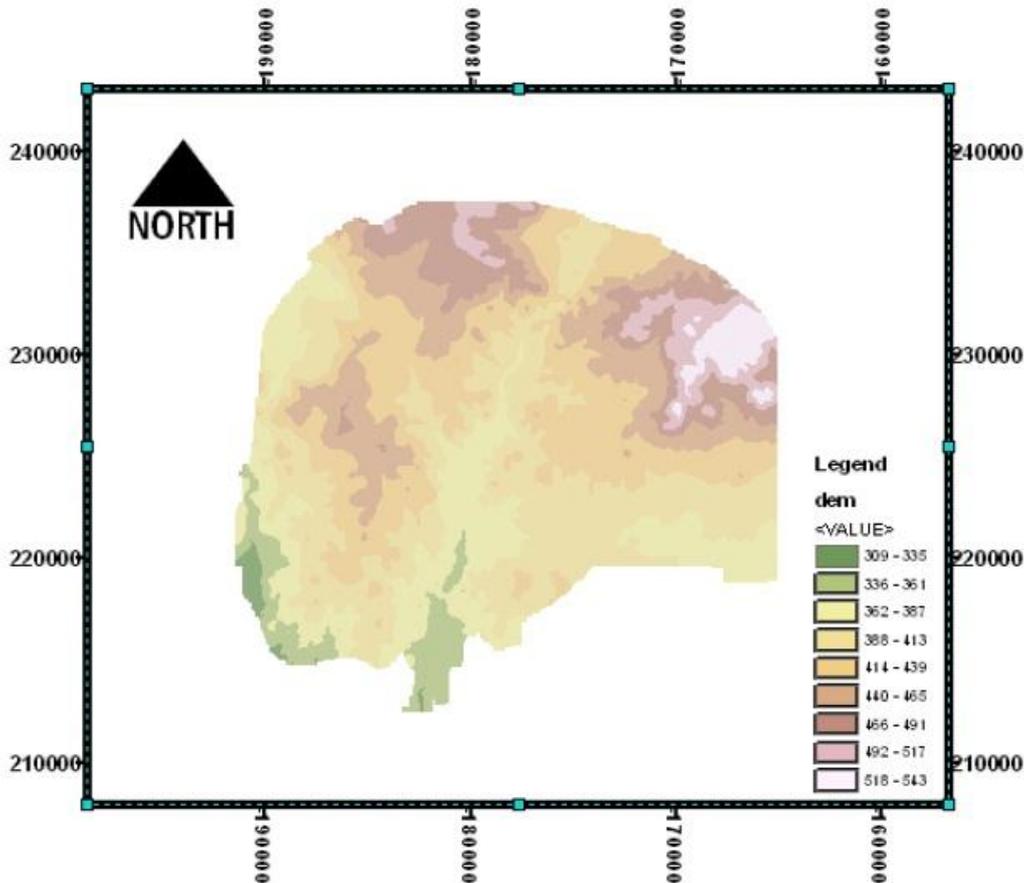
تمتد حدود منطقة الدراسة شاملة المخطط التنظيمي لمدينة حلب قبل التصديق:  
 من الإحداثيات: SW (-191500 , 212500) إلى SE (-165000 , 212500)  
 ومن الإحداثيات: NW (-191500 , 237500) إلى NE (-165000 , 237500)

### 3.6 مراحل العمل [3]:

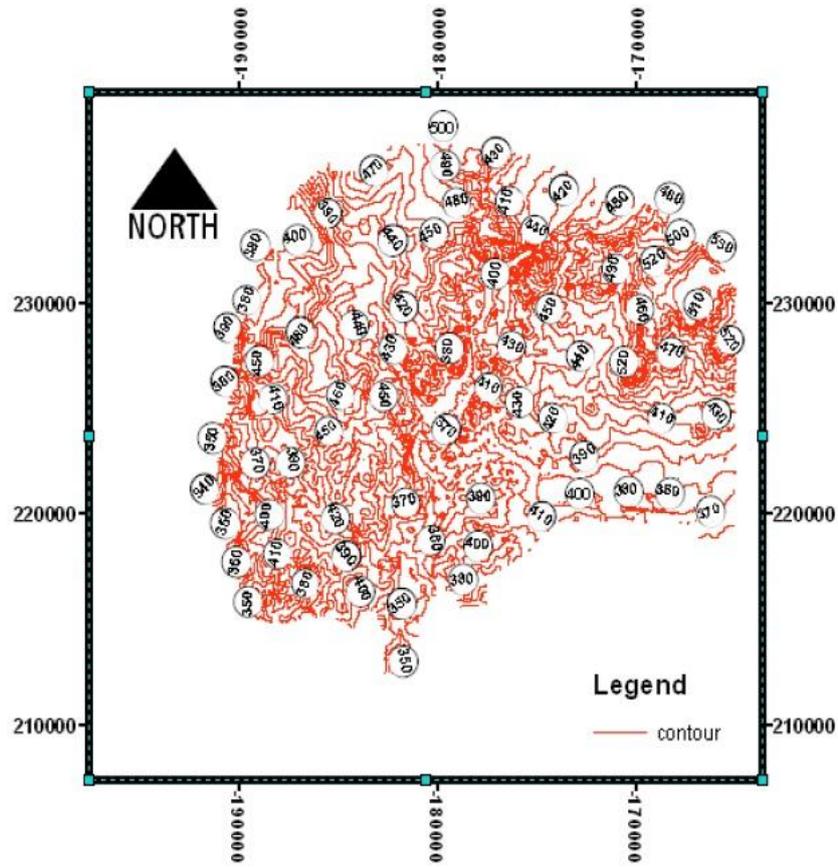
باستخدام برنامج **ARCGIS.9.2** وهو من برمجيات شركة إيسري **ESRI** الأمريكية المتخصصة في أنظمة المعلومات الجغرافية، ومن أحدث التقنيات الحاسوبية لإجراء عمليات المعالجة والتحليل المكاني والشبكي الثلاثي الأبعاد لكم هائل من البيانات المكانية والوصفية وإخراجها على شكل خرائط وتقارير.

تم استخلاص كافة المعلومات الجيومورفولوجية:

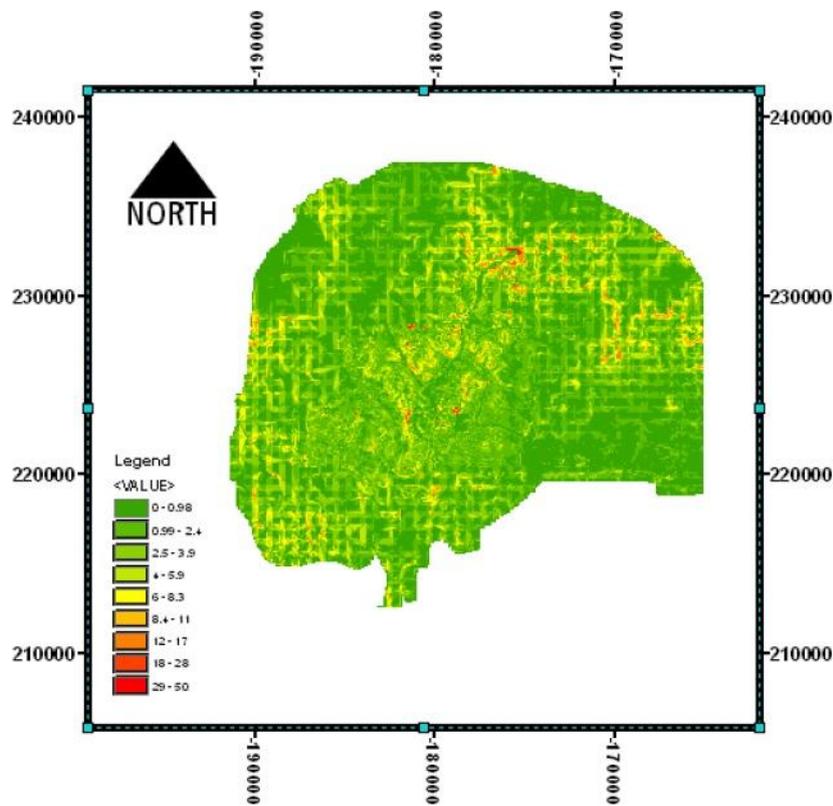
وهي خارطة الارتفاعات الخلية **RASTER ELEVATION** الشكل (80)، واشتقاق خرائط: خطوط التسوية (الكنتور **CONTOURS**) الشكل (81)، وخارطة الانحدار **SLOPE** الشكل (82)، وخارطة اتجاه الانحدار **ASPECT** الشكل (83)، وخارطة الظلال **HILL SHADES** الشكل (84)، والنموذج الثلاثي الأبعاد **DEM** الشكل (85)، وذلك عن طريق **3D Analyst** وهو أحد الإضافات الهامة ضمن **ARCGIS**.



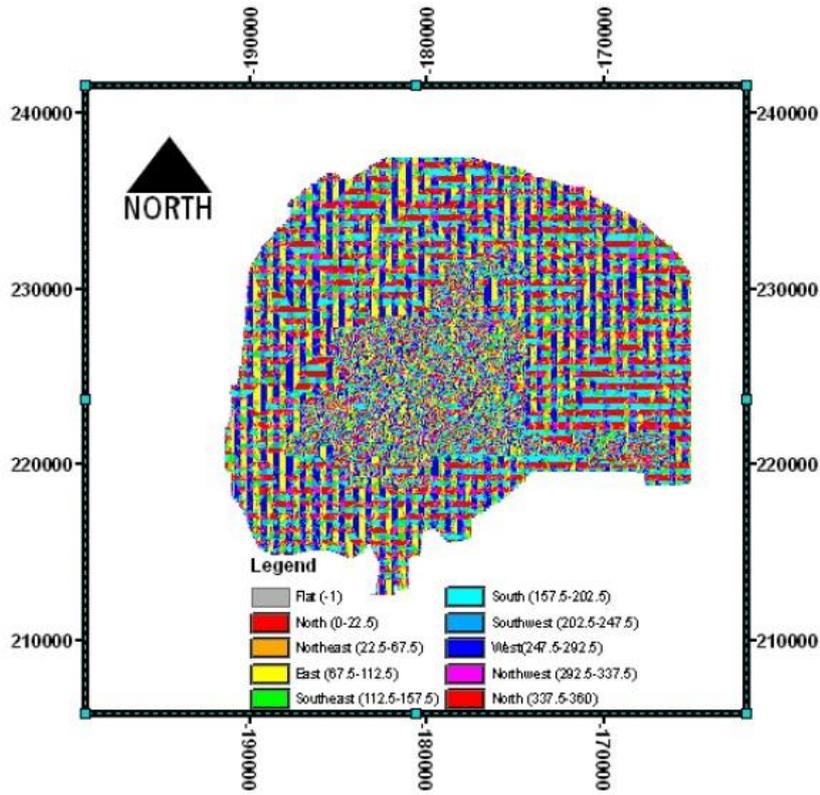
الشكل (80). خارطة الارتفاعات الخلية **RASTER ELEVATION**



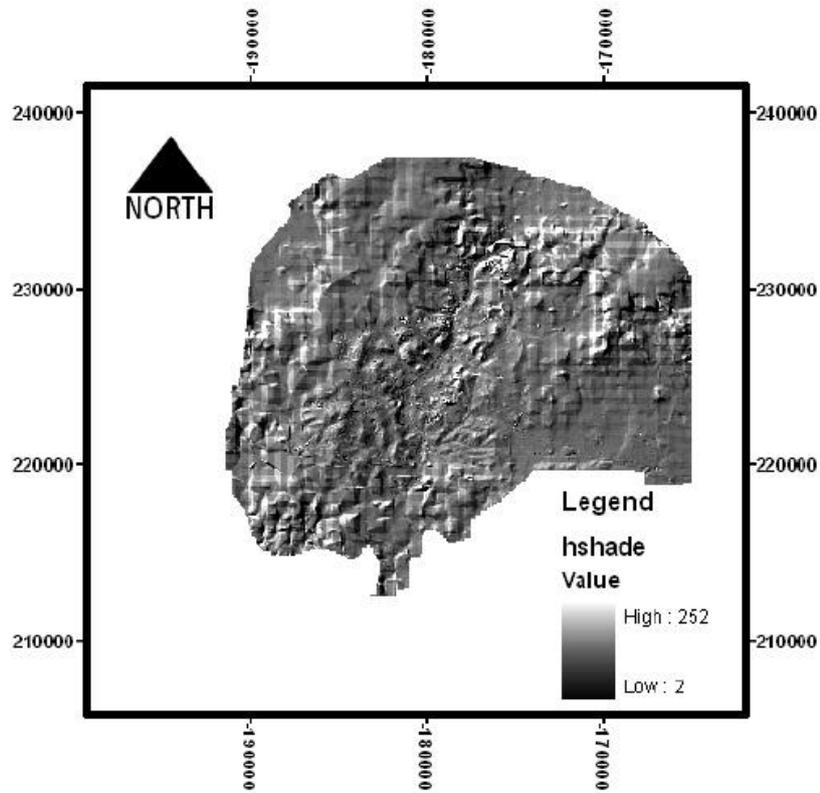
الشكل (81). خارطة خطوط التسوية CONTOURS



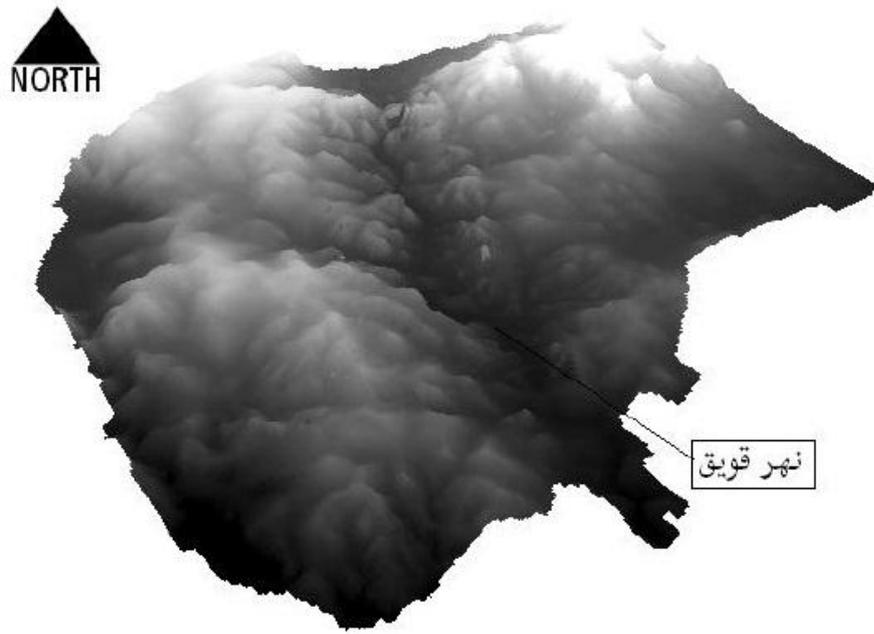
الشكل (82). خارطة الانحدار (الميل) SLOPE



الشكل (83). خارطة اتجاه الانحدار ASPECT



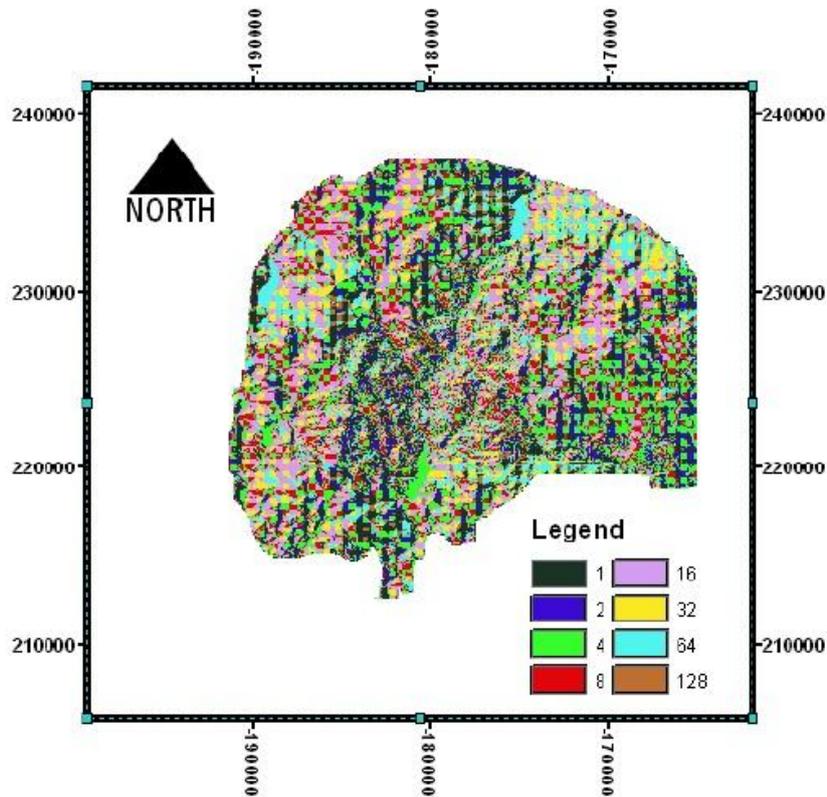
الشكل (84). خارطة الظلال HILL SHADES



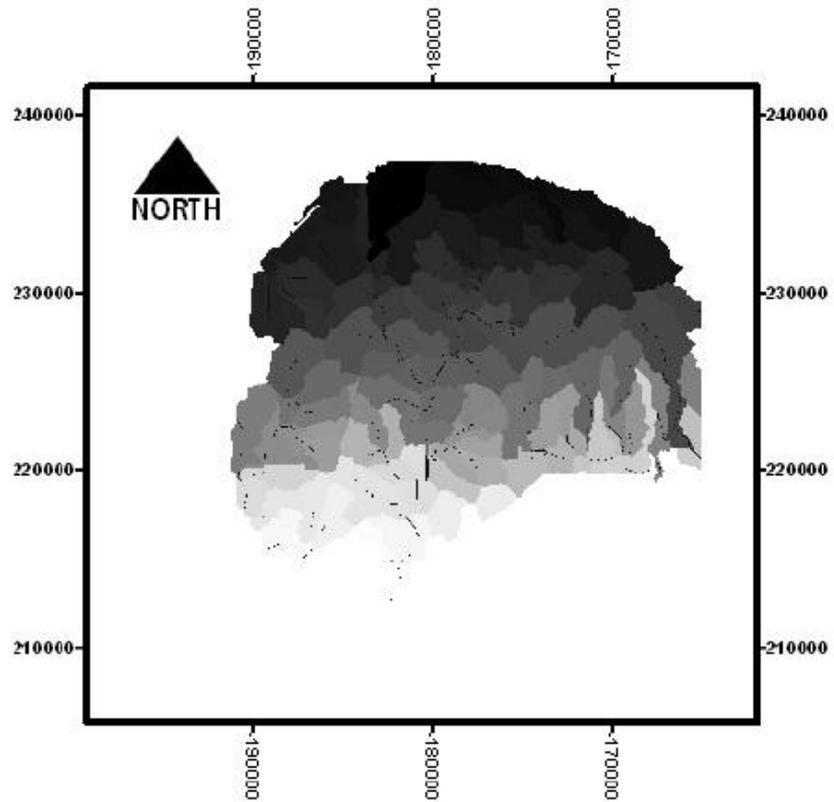
الشكل (85). النموذج الثلاثي الأبعاد في مدينة حلب

#### 4.6 استخراج شبكات الأودية والأحواض الساكنة [3]:

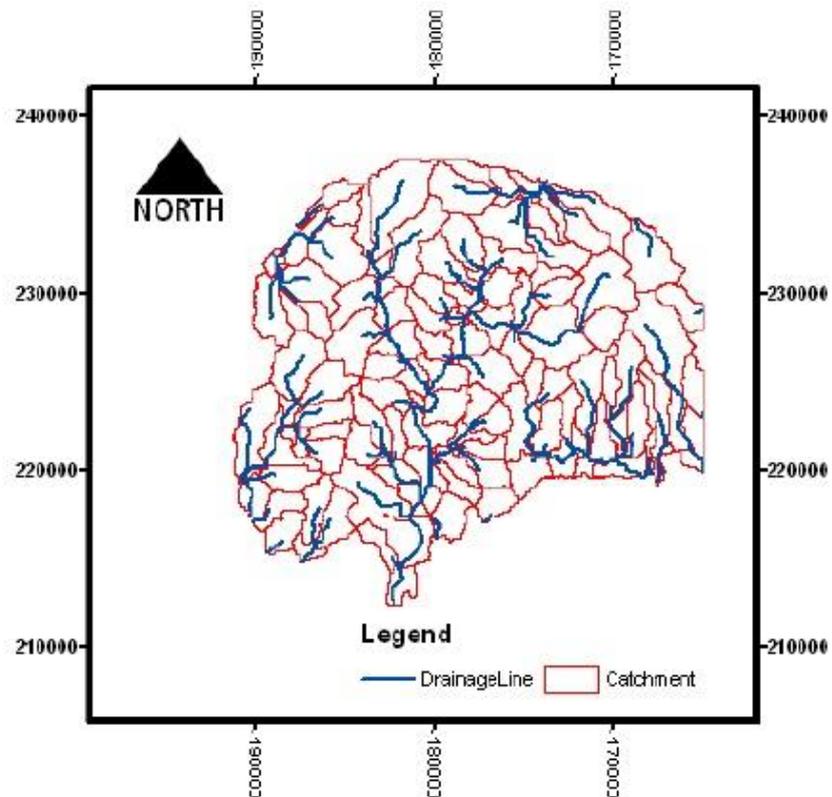
وتم ذلك عن طريق Arc Hydro وهو أحد الإضافات الهيدرولوجية الهامة ضمن ARCGIS، من نموذج المناسيب الرقمي DEM وفقاً لعدة مراحل، أهمها نعرضه في الخرائط التالية:



الشكل (86). خارطة اتجاه الجريان في الأودية FLOW DIRECTION

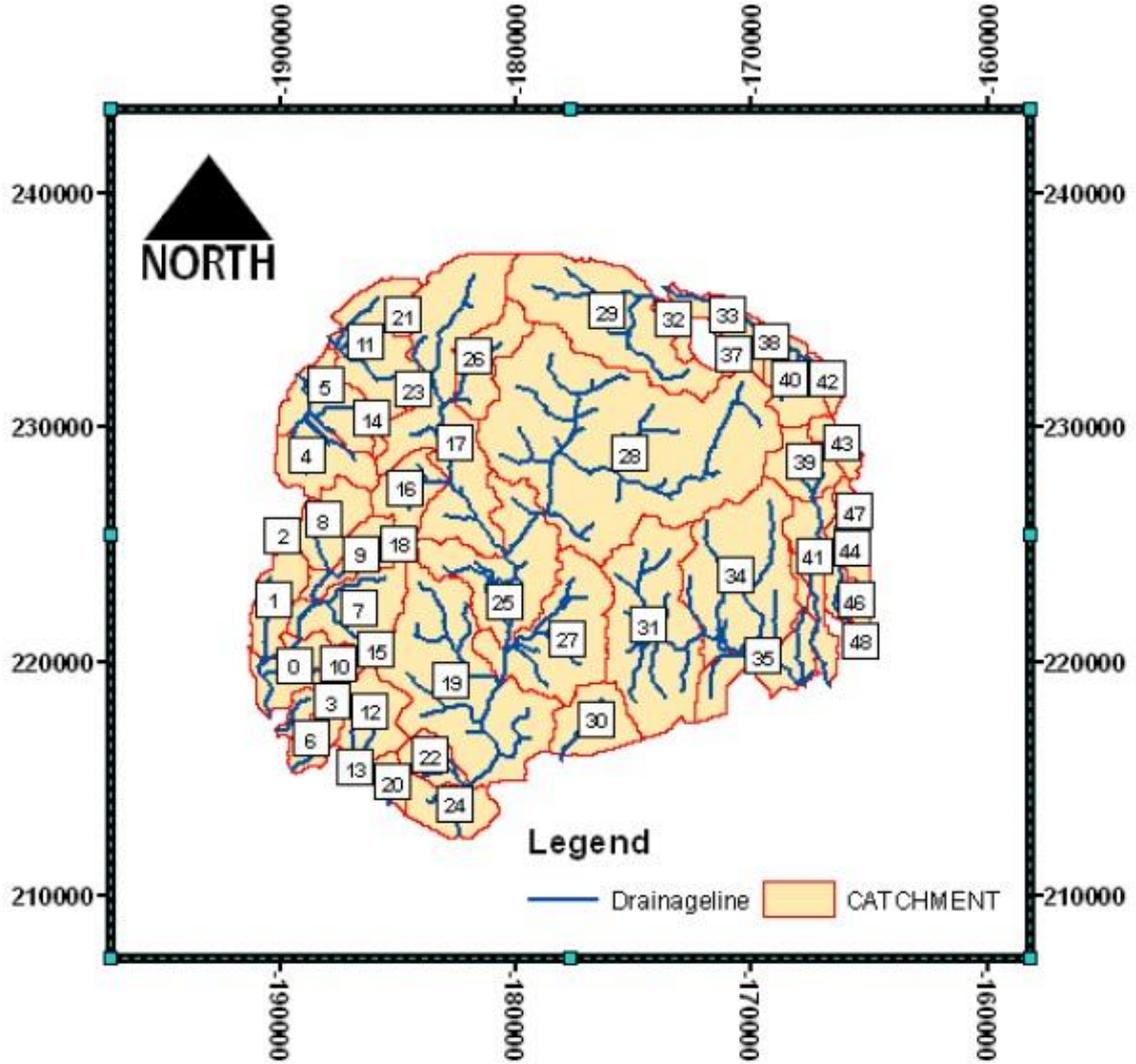


الشكل (87). خارطة مظهرية RASTER للأحواض الساقبة CATCHMENTS وللمسيلات STREAMS



الشكل (88). خارطة شعاعية VECTOR للأحواض الساقبة CATCHMENTS وللمسيلات STREAMS

ولحساب المواصفات الفيزيائية للأحواض الساكبة تم استخدام برنامج WMS 7.1:  
 (نظام نمذجة الأحواض الساكبة Watershed Modeling System) وهو من إصدار جامعة برجهام يونغ:  
 Environmental Modeling Research – Laboratory of Brigham Young University  
 حيث تم استنتاج الأحواض الساكبة والمسيلات المائية بالاعتماد على نموذج المناسيب الرقمي DEM كما في  
 الخرائط التالية:



الشكل (89). خارطة شعاعية VECTOR للأحواض الساكبة CATCHMENTS والمسيلات STREAMS وفق برنامج WMS موضحاً عليها أرقام الأحواض الساكبة

CENTROIDY	CENTROIDX	MEANELEV	PERIMETER	SINUOSITY	SHAPEFACT	BASINLEN	BASINID
219720	-189240	363.01	22827	1.028644	2.675756	4850.6	0
222570	-190130	370	16420	0.897771	3.025841	4718.3	1
225290	-189850	384.59	5572.2	0.315015	2.06682	1560.8	2
218010	-188720	378.72	11506	0.770465	3.307182	3245.2	3
228630	-188280	411.52	18019	0.782525	1.977928	4285	4
231020	-188060	391.52	21410	0.881122	2.377141	4586.2	5
216610	-188550	367.96	10906	0.764817	2.459495	3088.9	6
222320	-186840	411.86	22092	1.223585	1.754552	4569.6	7
225940	-187820	427.95	15515	0.880794	2.182154	4196.6	8
224500	-186870	424.49	19091	0.803413	4.525657	5087.1	9
219520	-187330	407.94	6670.8	0.09682	4.187767	2167.5	10
233540	-185970	418.62	25513	0.945909	1.471265	4596.7	11
217490	-186220	391.57	20459	0.848664	2.678946	5075.1	12
215470	-185880	380.36	6964.2	0.348741	2.99065	2047.1	13
230110	-186070	427.39	9412.4	0.195716	3.087766	2414.2	14
220440	-185890	419.19	5790.5	0.079313	1.083727	1206.8	15
227300	-184580	439.38	16411	0.816448	1.810715	3611.8	16
231210	-182740	442.32	57611	1.151511	4.819183	13053	17
224920	-185080	452.4	5864.2	0.027984	2.894067	1786.8	18
219080	-182300	390.93	44179	1.185944	3.059712	10763	19
214700	-185110	389.63	7213.6	0.290794	1.926391	1772	20
234710	-184750	457.96	6912.7	0.058137	2.55429	1898.2	21
215820	-183600	380.95	11834	0.75333	2.668718	3465.9	22
231540	-184310	433.79	5310.9	0.100523	1.466316	1303.8	23
213800	-182820	362.92	15129	1.29657	1.798924	3639.5	24
224240	-180510	394.26	38993	1.280596	2.956455	7901.8	25
232930	-181210	466.76	19162	0.76015	3.177179	5153	26
221170	-178150	390.06	32106	0.990475	2.109491	6585.3	27
229400	-175530	435.88	58050	1.463284	1.627471	11262	28
234710	-176190	449.09	34279	1.045703	1.467322	6291.9	29
217430	-176720	406.46	15615	0.864779	1.951403	4090.9	30
221440	-174170	407.75	34825	1.465673	1.140828	5802.6	31
234200	-173240	430.94	10364	0.174151	5.748281	3203.2	32
234760	-171270	434.7	15875	1.067268	5.058911	5029	33
223770	-170400	418.56	31011	1.056792	1.985471	7465.1	34
220120	-169470	392.32	33556	1.041767	3.912389	6512.5	35
233040	-170890	474.62	7182.6	0.109769	3.013697	2065.9	36
233040	-170890	474.62	7182.6	0.109769	3.013697	2065.9	37
233140	-169660	479.49	7263.6	0.121928	3.669807	2100.1	38
228420	-167810	496.7	14496	0.727495	1.70426	3450.1	39
231960	-168330	503.78	15932	0.924695	2.502454	4198.6	40
223940	-167310	422.94	25997	1.091171	8.455355	8551.8	41
231970	-167030	516.7	9068	0.153875	3.97933	2773.5	42
229280	-166400	516.07	11066	0.603875	2.679722	2705.7	43
224720	-166340	433.71	21587	0.935347	11.288237	7241.6	44
224230	-165590	414.41	6614.3	0.142355	3.636191	2311	45
222470	-165520	394.77	7881.4	0.248015	4.166005	2869.8	46
225530	-165540	438.2	6563.8	0.284445	3.273185	2158.3	47
224720	-166340	433.71	21587	0.935347	11.288237	7241.6	48

الشكل (90). جدول رقم (1) للمواصفات الفيزيائية للأحواض الساكنة

حيث:

BASIN\_ID رقم الحوض، BASINLEN طول الحوض، SHAPEFACT عامل الشكل، SINUOSITY التعرّج،  
 PERIMETER المحيط، MEANELEV المنسوب الوسطي،  
 CENTROIDX الإحداثي X لمركز الحوض، CENTROIDY الإحداثي Y لمركز الحوض.

MSTSLOPE	MSTDIST	CENTDIST	MFDSLOPE	MFDIST	BASINSLOP	BASINAREA	BASINID
0.013288	4989.5	125	0.013725	7921.62518	0.039355	8.793	0
0.006873	4236	525.59	0.012747	5680.93975	0.04784	7.357	1
0.015498	491.69	371.65	0.026725	1986.66619	0.072677	1.179	2
0.017599	2500.3	381.61	0.01989	4448.83297	0.046528	3.184	3
0.004747	3353.1	721.11	0.014219	5120.58441	0.039336	9.283	4
0.003378	4041	182	0.011357	5800.9145	0.019241	8.848	5
0.017981	2362.4	25	0.024987	3709.18831	0.056889	3.879	6
0.008652	5591.3	225	0.009538	6770.88924	0.038471	11.901	7
0.008654	3696.3	50	0.013077	5456.98052	0.035084	8.071	8
0.011366	4087	355.32	0.014608	6014.0873	0.031406	5.718	9
0.062927	209.86	1064.5	0.019892	2643.00592	0.027346	1.122	10
0.011047	4348.1	565.69	0.011826	5344.84848	0.033869	14.362	11
0.015482	4307	325	0.015232	6126.25865	0.042816	9.614	12
0.019243	713.91	626.5	0.024348	2649.5689	0.049859	1.401	13
0.011594	472.49	710.63	0.018413	3268.80772	0.037289	1.888	14
0.005948	95.711	485.41	0.020296	1964.21356	0.032692	1.344	15
0.012625	2948.8	160.08	0.013728	4572.36324	0.02966	7.204	16
0.006757	15031	90.139	0.007551	17278.47943	0.02997	35.355	17
0.023406	50	877.85	0.016913	2343.50288	0.02872	1.103	18
0.006991	12764	460.98	0.008564	14964.4004	0.039933	37.859	19
0.017764	515.29	406.97	0.027014	2157.75089	0.053075	1.63	20
0.038382	110.36	660.02	0.033673	2001.3456	0.036547	1.411	21
0.014236	2611	388.91	0.017585	4547.67039	0.035622	4.501	22
-0.001027	131.07	506.21	0.009456	1839.21356	0.013689	1.159	23
0.007577	4718.8	583.63	0.010858	6527.69119	0.043386	7.363	24
0.003702	10119	194.45	0.006833	11887.48917	0.051322	21.119	25
0.011261	3917	212.13	0.010906	6322.66594	0.021572	8.357	26
0.005428	6522.5	50	0.008485	8377.12806	0.035166	20.557	27
0.00779	16479	250	0.008231	18269.90078	0.047968	77.93	28
0.00912	6579.5	602.08	0.011581	8307.28535	0.038034	26.98	29
0.008445	3537.7	215.06	0.015444	5854.77272	0.028328	8.576	30
0.003717	8504.8	279.51	0.005958	10125.78823	0.023972	29.514	31
0.002951	557.84	1255.5	0.019287	3729.16306	0.026482	1.785	32
0.008668	5367.3	201.56	0.014062	5956.98052	0.021236	4.999	33
0.011311	7889.1	335.41	0.014475	10104.77272	0.026614	28.068	34
0.002686	6784.5	0	0.007794	8298.40187	0.025525	10.841	35
0.010863	226.78	1123.6	0.032771	2332.41161	0.058711	1.416	36
0.010863	226.78	1123.6	0.032771	2332.41161	0.058711	1.416	37
0.015058	256.07	728.01	0.022768	2358.88348	0.041038	1.202	38
0.012007	2509.9	360.56	0.018904	4524.87373	0.052126	6.984	39
0.014681	3882.4	200	0.017702	4964.5184	0.028567	7.044	40
0.008897	9331.5	103.08	0.014068	10355.72904	0.023152	8.649	41
0.011483	426.78	1040.7	0.021366	3304.89899	0.036165	1.933	42
0.026966	1633.9	35.355	0.021221	3328.85822	0.045798	2.732	43
0.011582	6773.4	275	0.017608	8580.50865	0.031814	4.646	44
0.009645	328.98	917.88	0.012943	2624.25922	0.016736	1.469	45
0.008256	711.75	970.82	0.009505	3278.47359	0.013912	1.977	46
0.015837	613.91	561.81	0.023846	2586.70094	0.035657	1.423	47
0.011582	6773.4	275	0.017608	8580.50865	0.031814	4.646	48

الشكل (91). جدول رقم (2) للمواصفات الفيزيائية للأحواض السابكة

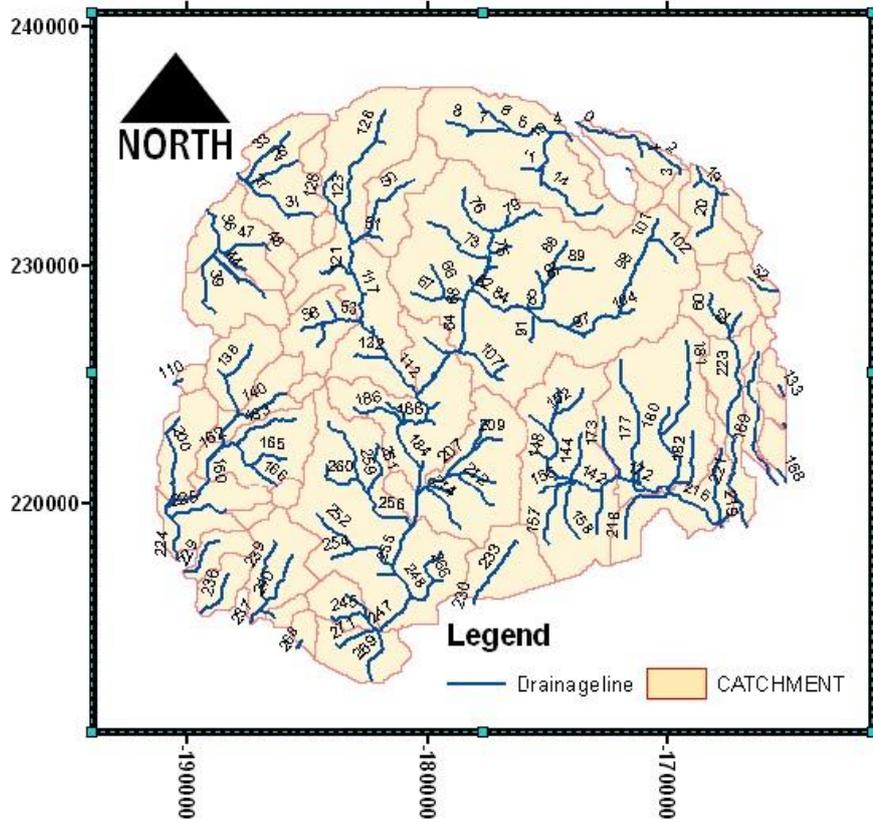
حيث:

‘MAX STREAM DISTANCE العظمى مسافة المسيل العظمى MSTDIST، BASIN\_AREA مساحة الحوض،

ميل الحوض BASIN\_SLOPE، ‘CENTER DISTANCE بعد المركز CENTDIST،

‘MAX FLOW DISTANCE SLOPE ميل مسافة الجريان العظمى

MAX FLOW DISTANCE مسافة الجريان العظمى MFDIST  
 .MEAN STREAM SLOPE ميل مسافة المسيل العظمى MSTSLOPE



الشكل (92). خارطة شعاعية Vector للمسيلات المائية STREAMS والأحواض السابكة CATCHMENTS وفق برنامج WMS موضحاً عليها أرقام المسيلات المائية

الشكل (93). جدول أطوال وميول المسيلات

SLOPE	LENGTH	FID
0.01196	1220	11
-0.00301	787	12
-0.0061	260	13
0.01773	3669	14
0.00295	558	15
0.03838	110	16
0.00678	598	17
0.02384	524	18
0.01119	847	19
0.01767	2464	20
0.01464	206	21

SLOPE	LENGTH	FID
0.00624	3191	0
0.00503	702	1
0.01209	2202	2
0.01506	256	3
-0.00263	531	4
0.00697	2105	5
0.02493	1992	6
0.01858	1814	7
0.01202	1306	8
0.00854	287	9
-0.00079	1594	10

SLOPE	LENGTH	FID
0.01875	1107	62
-0.00425	160	63
0.00438	2335	64
0.00442	1006	65
0.01368	1626	66
0.01704	1603	67
-0.00312	620	68
-0.00032	237	69
0.01652	533	70
0.00321	581	71
0.00133	718	72
0.01195	3755	73
0.00188	281	74
0.0034	1125	75
0.01986	2686	76
0.00008	679	77
0.02872	496	78
0.01546	1933	79
0.02005	1096	80
0.00883	910	81
0.00889	897	82
0.00777	100	83
0.0058	2003	84
0.00716	1768	85
-0.00084	845	86
0.00989	670	87
0.01008	1784	88
0.01212	2172	89
0.00269	589	90
0.0083	1239	91
0.00627	854	92
0.00144	50	93
0.00512	824	94
0.00907	786	95
0.00523	668	96
0.00719	2121	97
0.00883	3597	98
-0.01528	50	99
-0.00353	75	100
0.01123	252	106

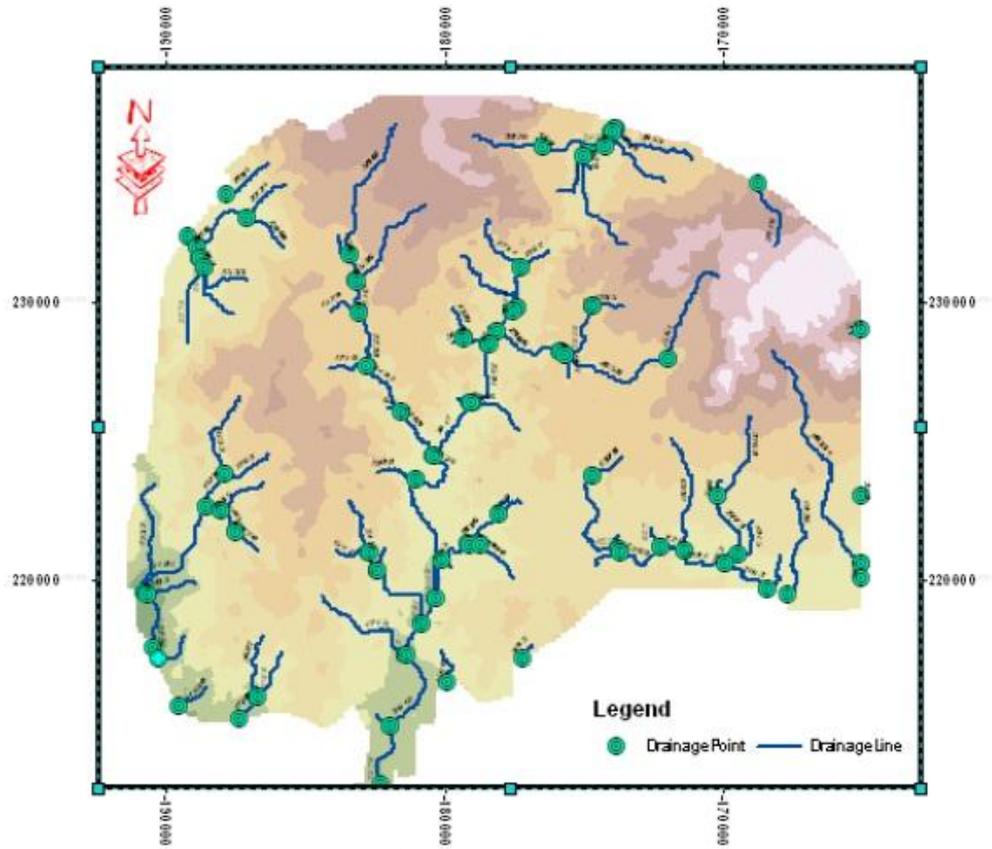
SLOPE	LENGTH	FID
0.01148	427	22
0.01086	227	23
0.00392	252	24
0.0013	549	25
0.01644	2475	26
0.00016	1272	27
0.00438	125	28
0.01026	872	29
0.01673	273	30
0.02594	1440	31
-0.00103	131	32
0.01878	3326	33
0.00014	362	34
-0.00051	266	35
-0.00089	1551	36
-0.00125	85	37
-0.00037	106	38
0.00092	2452	39
-0.02412	71	40
0.01725	795	41
-0.00076	146	42
0.00792	1714	43
0.01651	3038	44
0.00189	25	45
0.00827	1627	46
0.00716	2128	47
0.01159	473	48
0.00961	241	49
0.01137	3676	50
0.01604	833	51
0.02697	1635	52
0.01317	1076	53
0.00898	941	54
0.01363	427	55
0.01774	1270	56
0.01192	1447	57
0.00792	291	58
0.01125	1132	59
0.0139	1087	60
0.01991	60	61

SLOPE	LENGTH	FID
0.00515	1444	148
0.007	1375	149
0.0077	908	150
0.00839	1341	151
0.00521	1846	152
-0.0011	206	153
0.00558	71	154
0.00067	652	155
0.00607	1111	156
0.00975	3056	157
0.00248	3039	158
0.01111	2014	159
-0.0258	856	160
0.02121	1014	161
0.0151	1555	162
0.0147	3199	163
0.00471	1205	164
0.01804	1866	165
0.01024	1526	166
0.00595	96	167
0.00826	712	168
0.01158	6774	169
-0.00037	156	170
0.0002	1066	171
0.00236	1772	172
0.00922	2842	173
-0.00814	25	174
0.00372	454	175
0.00342	1124	176
0.00917	5991	177
0.00041	448	178
0.00631	2594	179
0.01137	1341	180
0.01551	4693	181
0.0058	3087	182
0.00233	1171	183
0.00241	2416	184
0.03566	86	185
0.02292	2652	186
0.01555	1426	187
0.00423	1340	188

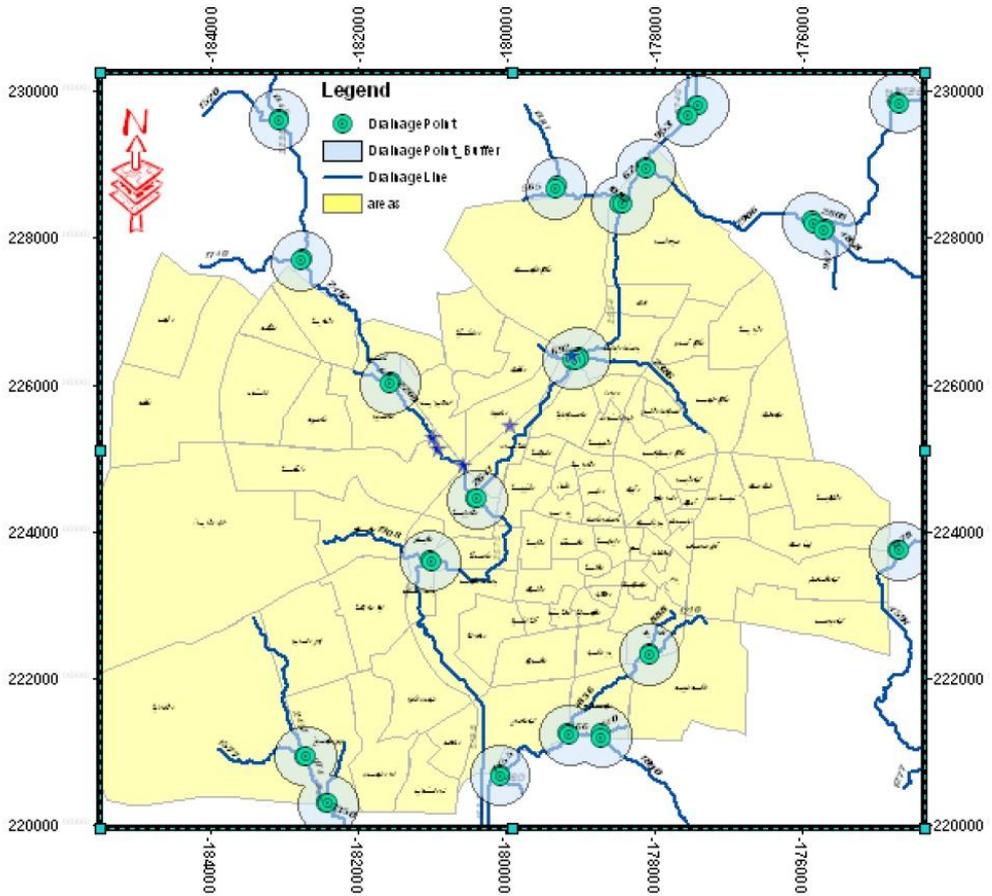
SLOPE	LENGTH	FID
0.00799	2107	107
0.01215	897	108
0.00967	577	109
0.0155	492	110
0.02341	50	111
0.00575	2159	112
0.00644	1272	113
0.00883	498	114
0.00672	951	115
0.007	1260	116
0.00423	949	117
0.00653	1438	118
-0.00429	527	119
-0.00114	227	120
0.00793	1563	121
0.00448	1060	122
0.007	3847	123
0.00648	25	124
0.00961	424	125
0.00878	1547	126
0.02083	537	127
0.00717	2908	128
0.00812	499	129
0.02551	231	130
-0.00134	35	131
0.01521	1647	132
0.01584	614	133
0.00451	1728	134
0.00092	479	135
0.0123	1969	136
0.00964	329	137
0.00889	1521	138
0.00013	156	139
0.01293	2591	140
0.00152	1022	141
0.00174	1382	142
0.00212	160	143
0.00583	2311	144
0.00077	729	145
0.00268	1016	146
0.00523	639	147

SLOPE	LENGTH	FID
0.00732	1118	232
0.00806	1833	233
0.00308	75	234
0.01924	714	235
0.01798	2363	236
0.02792	742	237
-0.00549	560	238
0.01632	3007	239
0.01469	1358	240
0.02418	1156	241
0.02354	60	242
-0.0381	100	243
0.01073	681	244
0.01548	1930	245
0.01808	1651	246
0.0038	2113	247
0.00042	1274	248
0.00037	327	249
0.00981	2155	250
0.00775	655	251
0.01259	1749	252
0.01182	196	253
0.01403	1220	254
0.00271	2036	255
0.00786	1606	256
0.0113	1346	257
0.01084	780	258
0.0118	3287	259
0.00287	2197	260
0.01055	2604	261
0.00979	25	262
-0.00122	102	263
0.01482	760	264
0.00944	1557	265
0.00734	1934	266
0.01496	491	267
0.01776	515	268
0.00405	1765	269
0.00429	748	270
0.01151	2207	271
0.00707	43	272
0.00035	25	273

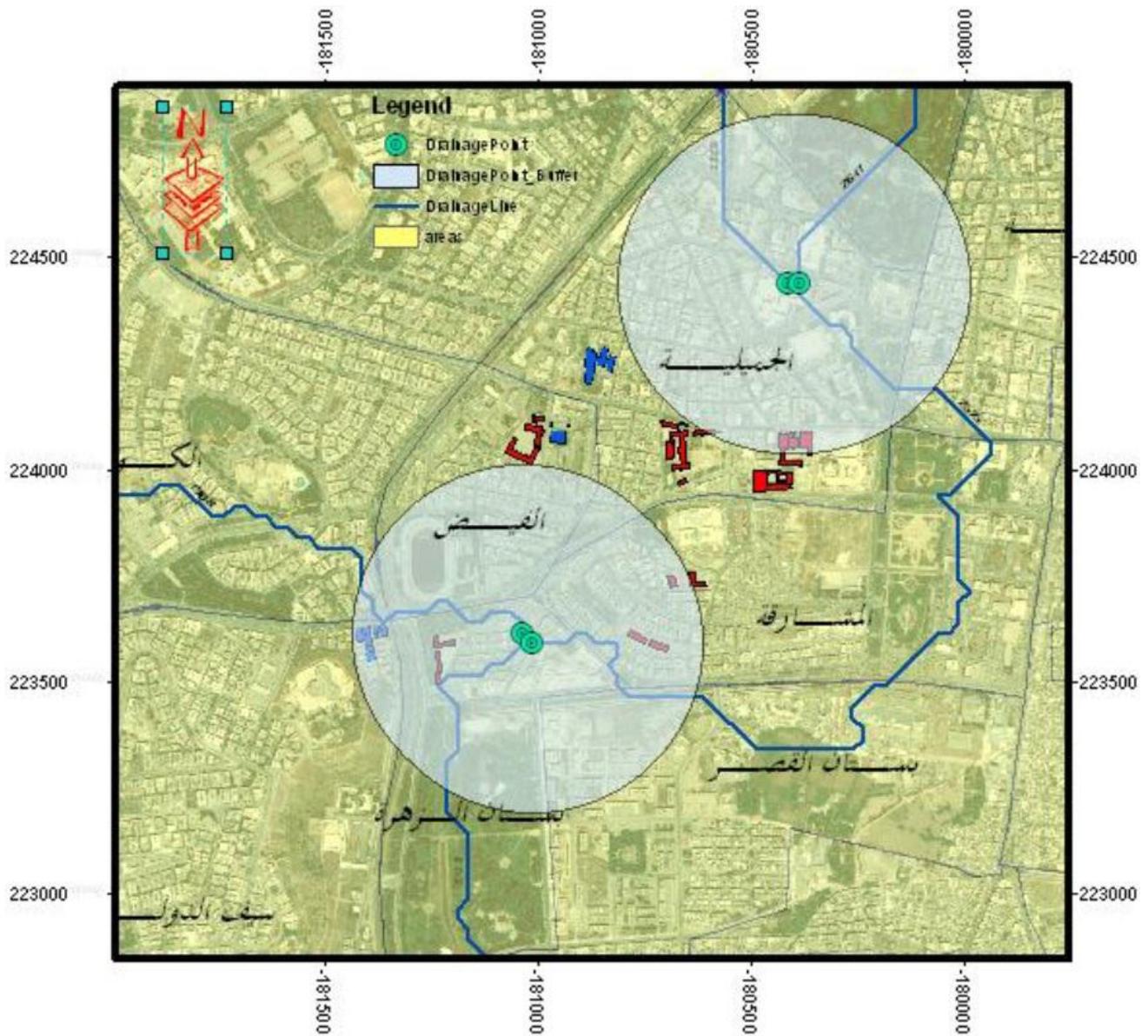
SLOPE	LENGTH	FID
0.00145	502	189
-0.00017	766	190
0.00157	35	191
0.00184	1174	192
0.00036	1369	193
0.0144	1390	194
0.00222	135	195
0.00281	191	196
0.01028	605	197
0.00951	498	198
0.01205	366	199
0.00722	4263	200
0.06293	211	201
0.00148	1383	202
0.00656	85	203
0.00779	496	204
-0.00958	135	205
0.00734	1212	206
0.00611	1738	207
0.00723	1564	208
0.0062	1497	209
0.00414	481	210
0.00804	1888	211
0.00822	2281	212
0.00959	1255	213
0.01395	2598	214
-0.00098	241	215
0.00234	2919	216
0.00131	35	217
0.00321	3627	218
0.00745	3671	219
-0.00353	626	220
0.00747	5473	221
0.01291	300	222
0.01089	3895	223
0.00368	2080	224
0.01865	2579	225
0.00449	583	226
0.00914	191	227
0.02391	2364	228
0.0176	2501	229
0.01179	587	230
0.00178	121	231



الشكل (94). خارطة المسيلات المائية STREAMS ومصباتها أو نقاط تصريفها DRAINAGE POINTS



الشكل (95). خارطة المسيلات المائية ومصباتها أو نقاط تصريفها موقعة على المخطط التنظيمي



الشكل (96). منطقتي الفيضان في الفيض وفي الجميلية عند شركة الكهرباء وشارع فيصل

## الفصل السابع

### تقصّي أسباب اختناق الصرف المطري في شارع فيصل

عبر عرض بعض نتائج أعمال شركة الدراسات والاستشارات الفنية في مدينة حلب، وخاصة ما يتعلق منها بدراسة شبكة الصرف والاختناقات المائية في المدينة. وتقييم هذه الأعمال.

#### 1.7 مشروع معالجة الاختناقات وتطوير المجمّعات الرئيسية لشبكة مدينة حلب:

فيما يلي عرض لمناقشة تقدّم سير العمل في بعض مشاريع دراسات الصرف الصحي الرئيسية في المدينة

وهي المشاريع المتعاقد عليها من قبل شركة الدراسات والاستشارات الفنية [6]:

#### المشروع الأول:

اسم المشروع: مشروع دراسة تطوير وتحديث المجمّعات الرئيسية لشبكة مجاري مدينة حلب بما فيها الخط K والهدارات على ضوء التنبؤات المستقبلية المتوقعة من المشاريع الحديثة

رقم العقد: /144/ تاريخ: 2007/4/25 – وتاريخ المباشرة 2007/11/15.



الشكل (97). الخط K وتفرعاته

مدة العقد: 24 شهراً مبيّنة أدناه.

#### مراحل المشروع

- المرحلة الأولى:
  - مدتها 2/ شهر
  - تتضمن القيام بجمع المعلومات والبيانات اللازمة عن المجمّعات الرئيسية لمدينة حلب والهدارات العائدة لها
- المرحلة الثانية:
  - مدتها 5 أشهر
  - تتضمن القيام بالأعمال الطبوغرافية لرفع المجمّعات الرئيسية والهدارات
- المرحلة الثالثة:
  - مدتها 6 أشهر
  - تتضمن القيام بقياس التنبؤات الحالية للمجمّعات الرئيسية وخاصة خلال العواصف المطرية في شهري آذار ونيسان وحصر أماكن الاختناقات المائية على المجمّعات الرئيسية
- المرحلة الرابعة:
  - مدتها 3 أشهر
  - تتضمن القيام بإعداد دراسة للتنبؤات المستقبلية المتوقعة حتى عام 2040
- المرحلة الخامسة:
  - مدتها 6 أشهر
  - تتضمن القيام بتقديم الاضبارة التنفيذية (مقاطع طولية - جداول كميات) اللازمة للمجمّعات الرئيسية والهدارات المقترحة المذكورة
- المرحلة السادسة:
  - مدتها 2 شهر
  - تتضمن القيام بتقديم التقرير النهائي لتطوير وتحديث المجمّعات والهدارات والمخططات

ورغم أن تاريخ المباشرة 2007/11/15 ومدة المرحلة الأولى /2/ شهراً، فقد تم اعتماد واستلام هذه المرحلة اعتباراً من تاريخ 2011/7/27.



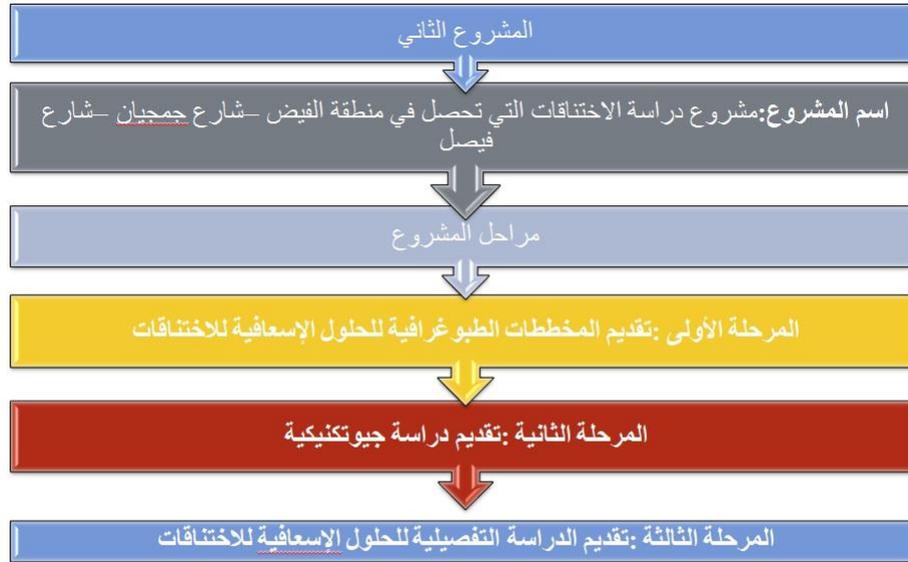
وقد تم رفض المرحلة الثانية من قبل الوزارة لوجود عدد كبير من حفر التفتيش مغطاة بالزفت.

**هذا ومن الضروري حل هذا الموضوع عبر:**

- قيام مجلس المدينة بكشف كافة حفر التفتيش المغطاة على مسار K وتفرعاته، من صرف صحي إلى كهرباء وهاتف ومياه. ورفع مناسيب رقباتها إلى منسوب زفت الشارع.
- هذا المشروع يستغرق تقديراً مدة ثلاثة أشهر، لكشف ما يقارب ثلاثمائة حفرة تفتيش على مسار الخط بالاستعانة بكواشف أعطية حفر التفتيش.
- يجب أن تكون أعطية حفر تفتيش الصرف الصحي مزودة بفتحة قياس لمنسوب القاع دون رفع الغطاء. وبالتالي فهذه الأغطية مختلفة عن أعطية حفر تفتيش خطوط الخدمات الأخرى التي ينبغي أن تكون مغلقة.

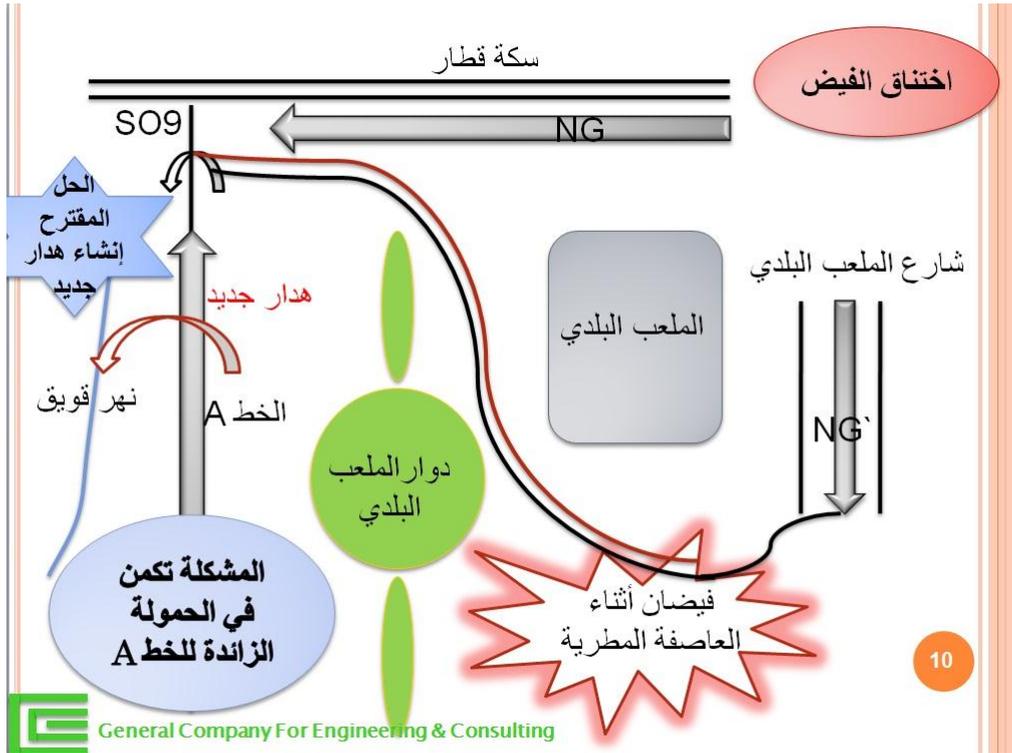
## المشروع الثاني:

تم عرض المشروع كما يلي:



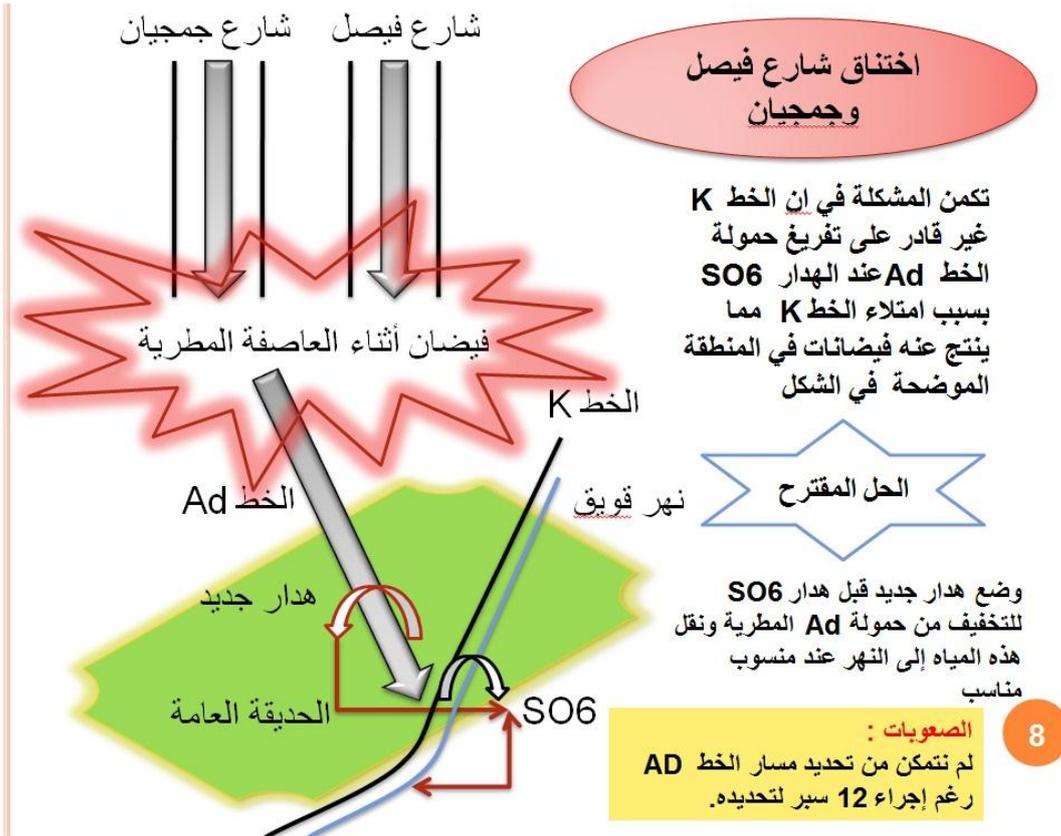
6





الشكل (98). الحل المقترح إنشاء هدار جديد قبل SO9 لإلقاء المياه الفائضة في مجرى النهر





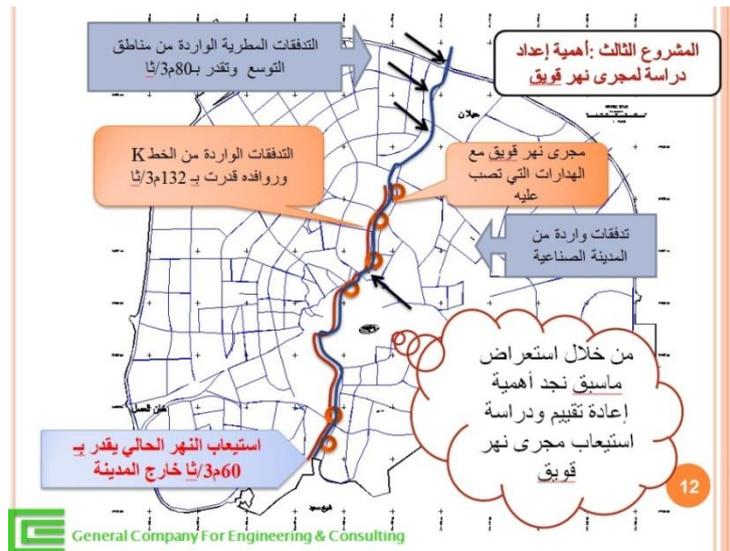
الشكل (99). الحل المقترح إنشاء هدّار جديد قبل SO6 لإلقاء المياه الفائضة في مجرى النهر





الشكل (100).

لقد تلمس الفريق الدارس وجود مشكلة، وبالتالي قام باقتراح التعاقد على مشروع سماه المشروع الثالث لتطوير مجرى النهر. دون التطرق لإمكانية واستراتيجية هذا التطوير.



## 2.7 أسس الدراسة التصميمية:

لمشروع: تقديم الدراسة اللازمة للاختناقات التي تحصل في منطقة الفيض - شارع جامبيان - شارع فيصل

### 1- الأسس التصميمية المعتمدة في شركة الدراسات والاستشارات الفنية لحساب الكميات المائية لمجمعات التصريف الرئيسية القادمة لمدينة حلب:

#### 1-1 - حساب الكميات المائية المنزلية:

##### - الدراسة السكانية:

تم تحديد الكثافة السكانية المقترحة لمناطق المخطط التنظيمي حيث تتراوح من (60 - 500 شخص/هكتار) مع التنويه إلى أن الكثافة السكانية المستقبلية المقترحة هي حتى نهاية العمر التصميمي للمخطط التنظيمي المعدل عام /2035/ وإن أي زيادة في السكان كما هو محدد في المخطط فسوف يتم إسكانها خارج المخطط التنظيمي المعدل لمدينة حلب حيث تم اعتماد العلاقات التالية وحسب الكثافة السكانية في حساب التدفق الأعظمي للمياه الناتجة عن السكان وفق ما يلي:

التدفق النوعي الأعظمي مقدر بـ L/s/ha	الكثافة السكانية المستقبلية المقترحة لعام 2035 مقدر بـ P/ha
$q_{\max} = 0.68 a + 0.02$	<b>60</b>
$q_{\max} = 1.06 a + 0.04$	<b>100</b>
$q_{\max} = 1.5 a + 0.06$	<b>150</b>
$q_{\max} = 1.92 a + 0.08$	<b>200</b>
$q_{\max} = 2.33 a + 0.10$	<b>250</b>
$q_{\max} = 2.72 a + 0.12$	<b>300</b>
$q_{\max} = 3.10 a + 0.14$	<b>350</b>

حيث:  $a$  أمثال الذروة  $a = 1/A^{0.142}$

$A$  مساحة الحوض الساكب بالهكتار (عدا المساحات الخضراء والخالية من السكان).

$q$  التدفق النوعي (ليتر/ثانية/هكتار)

ومعدل استهلاك الفرد اليومي من المياه العذبة:

(200 ل/يوم/ شخص: 165 ل/يوم/ شخص مناطق سكانية + 35 ل/يوم/ شخص تسرب).

وعامل استهلاك الصرف (0.7 - 0.8)

### 2-1- حساب الكميات المائية المطرية:

#### أ- الشدة المطرية:

تحدد علاقة الشدة المطرية لأي مدينة أو بلدة بناء على التحليل الإحصائي للعواصف المطرية الحاصلة في هذه المدينة معتمداً على جداول القياسات العددية لفترات زمنية مختلفة وعلى منحنيات التسجيل المطرية ولعدة سنوات وتتعلق الشدة المطرية بعدة عوامل منها: تأثير مدة المطرة، شدتها، طور تكرارها، وزمن تركيزها.

تمت دراسات هيدرولوجية متعددة لتحديد علاقة الشدة المطرية لمدينة حلب من قبل عدة جهات نذكر منها: العلاقة المقترحة من قبل مديرية هندسة المياه والصرف الصحي وذلك من أجل طور تكرار  $p = 2$  years .

$$q = \frac{638}{t^{0.7065}}$$

والتي استنتجت بناء على قياسات جديدة بعد معالجة البيانات الهيدرولوجية ولدى مقارنتها بالعلاقة المعدة من قبل المكتب الاستشاري الامريكي (E.S) بالتعاون مع د. نزار قازان والتي اعتمدت لدراسة شبكة الصرف الصحي لمدينة حلب عام 1982 تبين أنها متوافقة معها.

لذا تم اعتماد العلاقة المقترحة من قبل المكتب الاستشاري الامريكي (E.S) وهي:

$$I = \frac{120 \cdot p^{0.4}}{T^{0.6}}$$

حيث:  $I$  - الشدة المطرية باللملم/ساعة.

$P$  - طور التكرار بالسنوات.

$T$  - مدة المطرة بالدقائق.

وإذا أردنا التعبير عن الشدة المطرية بالمطر النوعي (ليتر في الثانية في الهكتار) لتصبح العلاقة:

$$q_p = \frac{333 \cdot p^{0.4}}{T^{0.6}}$$

### زمن التركيز ( t ) :

إن زمن التركيز يساوي إلى مدة الجريان من أبعد نقطة من الحوض الساكب للمجرور المدروس حتى النقطة المعتبرة والتي يراد تحديد كمية المياه الواصلة إليها . فبالنسبة للمناطق المأهولة والتي تحتوي على مجاري تلتقط مياه الأمطار بشكل منفصل عن المياه المنزلية أو بشكل مشترك معها.

يتألف زمن التركيز من :

- أ- مدة وصول المياه إلى مدخل المجرور  $t_n$  .  
 ب- مدة الجريان من مدخل المجرور حتى النقطة المعتبرة وتحدد حسب المسافات المقطوعة وسرعة الجريان، فيمكن على سبيل المثال حساب زمن التركيز لنقطة جديدة ( n+1 ) اعتباراً من زمن التركيز المحسوب لنقطة سابقة ( n ) من العلاقة :

$$t_{n+1} = t_n + \frac{\Delta L}{60 * V}$$

حيث:  $\Delta L$  : المسافة بين النقطتين ( n+1، n ) مقدر بالمتري  
 V : سرعة جريان المياه بين النقطتين ( n+1، n ) مقدر بالمتري/ ثانية

ملاحظة: إن التقسيم على ( 60 ) للتحويل من الثانية إلى الدقيقة.

### اختيار طور تكرار المطرة :

في أماكن عديدة في العالم يؤخذ عادة طور تكرار يساوي سنتين ( p = 2 ) على الأخص في المناطق السكنية . أما في المناطق التجارية والمناطق ذات الأهمية الاقتصادية والخدمية فيعتمد لطور التكرار القيمة ( p = 5 ) سنوات.

وبناءً على المعلومات المتوفرة يمكننا اعتماد طور تكرار سنتين ( p = 2 ) من أجل القسم الأكبر من مدينة حلب ويمكن للمناطق البعيدة عن مركز المدينة اعتماد طور تكرار سنة ( p = 1 ) وحيث توجد المراكز التجارية والفنادق السياحية الهامة يمكننا اعتبار طور تكرار خمسة سنوات ( p = 5 ) .

ب - حساب التدفقات المطرية:

### 1- أمثال عدم انتظام العواصف المطرية :

في حال تصميم شبكة تصريف مطرية تغطي مساحات كبيرة فإن المراجع المختصة تقترح تخفيض الشدة المطرية المعتبرة بنسبة تسمى أمثال عدم انتظام العواصف المطرية ويمكننا اعتماد العلاقة التالية المقترحة في المراجع الروسية:

$$\delta = \frac{1}{1 + 0.001A^{2/3}}$$

حيث  $\delta$  : عامل تصحيح للشدة المطرية ويضرب بالتدفق النوعي (  $q_p$  )  
A مساحة الحوض الساكب المصرف بالهكتار .

### 2- أمثال الجريان السطحي C:

يعبر أمثال الجريان السطحي (C) عن القسم المناسب من الهطول المطري حيث أن قسماً عن الهطول يتبخر والقسم الآخر يتسرب في التربة.

وبالتالي فهو يتعلق بنوعية السطح الذي يتسرب المطر من خلاله إلى التربة ( سطوح كتيمة - سطوح غير كتيمة ) وقد تم تحديد قيمة أمثال الجريان السطحي (C) وفق الجدول التالي:

C = 0.8	منطقة تجارية
C = 0.7	منطقة سكنية ذات كثافة عالية (300 شخص/هكتار فما فوق والمدينة القديمة)
C = 0.6	منطقة سكنية ذات كثافة منخفضة (250 شخص/هكتار وما تحت)
C = 0.5	منطقة الخدمات (مركز المدينة - سياحية - مواشي - استعمال خاص - بحوث علمية - جامعة )
C = 0.2	مساحات خضراء

في حال كون المنطقة المدروسة تشمل على عدة قيم مختلفة لعامل الجريان السطحي بسبب اختلاف طبيعة السطوح المغذية فإنه يتم حساب القيمة الوسطية الموزونة وفق العلاقة التالية:

$$C = \frac{c_1 A_1 + c_2 A_2 + \dots \dots c_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots \dots A_n}$$

C : عامل الجريان الموزون.  $A_i$  : مساحة المنطقة بالهكتار.  $C_i$  : عامل الجريان السطحي للمنطقة i .

### 3- كمية التصريف المطري:

نتيجة الفقرات السابقة يمكن حساب كمية التصريف المطري بالعلاقة :

$$Q = \delta \cdot q_p (\sum C_i \cdot A_i) = \delta \cdot q_{p2} \gamma (\sum C_i \cdot A_i)$$

حيث  $\delta$  : أمثال عدم انتظام العواصف المطرية وهو تابع للمساحة الكلية (A) المصرفة بالمجرور حتى النقطة المعتبرة.

$C_i$  أمثال الجريان السطحي حسب المنطقة ذات المساحة (A<sub>i</sub>)

$\gamma$  أمثال طور التكرار في حال كون المساحة المصرفة تخضع لأكثر من طور تكرر واحد تؤخذ القيمة الموزونة لها من العلاقة :

$$\gamma = \frac{\gamma_1 A_1 + \gamma_2 \cdot A_2 + \gamma_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$q p_2$  المطر النوعي (ليتر/ثانية/هكتار) من أجل مطر ذا طور تكرر سنتين ( $P = 2$ ) وهذه العلاقة اعتمدها الدكتور نزار قازان في حسابات تصميم مجاري حلب والمذكورة في الصفحة 129 أعلاه.

### 3-1 حساب الكميات المائية الإجمالية:

#### 1- نظام التصريف المنفصل:

أ- المجمعات التي تصرف المياه المنزلية فقط :

تحسب كميات المياه الواصلة للمجمعات على أساس المياه المنزلية فقط ووفق ما ذكر سابقاً.

ب- المجمعات التي تصرف المياه المطرية فقط :

تحسب كميات المياه المطرية الواصلة إلى المجمعات على أساس مياه مطرية فقط ووفق ما ذكر سابقاً.

#### 2- نظام التصريف المشترك:

تحسب كميات المياه الواصلة للمجمعات على أساس مجموع كميات المياه المنزلية وكميات المياه المطرية.

#### 3- نظام التصريف نصف المنفصل :

بالعودة إلى نظام البناء المتبع في مدينة حلب نجد أن المياه المطرية النازلة على أسطح المنازل والشرفات والحدائق الخاصة تصرف جميعها في مجرى واحد يصب مياهه في مجاري المياه المنزلية حيث يتعذر عزل المياه المطرية كلياً عن المياه المنزلية حتى في حال تنفيذ مصارف مطرية مستقلة عن مجاري المياه المنزلية في الشوارع وبالتالي فإن المصارف المطرية المستقلة تصرف فقط الشوارع والأرصفة والمساحات العامة أما المياه المطرية داخل الأبنية السكنية فتصرف مع مجاري المياه المنزلية لهذا نسمي هذا النظام نظام تصريف نصف منفصل وتحسب الكميات المائية حينئذ وفق ما يلي:

الكميات المائية لمجاري مياه نصف مشتركة = الكميات المائية المنزلية + 40 % من الكميات المائية المطرية.

الكميات المائية لمجاري تصريف المطر = 60 % من الكميات المائية المطرية.

## ثانياً: الأسس التصميمية الهيدروليكية لشبكة المجاري:

### أ - حساب استيعاب المجاري:

$$Q = (1/n) ( R^{2/3} \cdot S \cdot \sqrt{I} ) \quad \text{1-3 تستعمل علاقة مانينغ لحساب استيعاب المجرى:}$$

Q : استيعاب المجرى م<sup>3</sup>/ثا

n : أمثال الخشونة وتؤخذ n = 0.0165 في القساطل الخرسانية وتؤخذ n = 0.011 لأنابيب البولي إيثيلين.

S : المقطع المائي م<sup>2</sup>.

R : نصف القطر المائي م.

I : الميل الطولي للمجرى.

### ب - حدود السرعة:

تصمم المجاري بحيث لا تقل سرعة الجريان بشكل عام عن ( 0.6 م / ثا ) ويمكن القبول بأقل من ذلك في الحالات الخاصة وذلك لتجنب الانسداد الناتج عن ترسبات المواد الصلبة ولإقلال من تولد غاز الكبريت وما ينتج عنه من احتمال تآكل المجاري الخرسانية وأن لا تزيد السرعة عن ( 3.5 م / ثا ) لتجنب التآكل في الأنابيب الخرسانية و( 4 م/ثا ) لأنابيب البولي إيثيلين.

### ج - نسبة الامتلاء:

نظراً لأن شبكة الصرف الصحي منفصلة فيمكن القبول بنسب الامتلاء التالية:

- للحالة العامة 80 % ويمكن القبول بامتلاء كامل عند الضرورة وللأقطار الكبيرة .

- للأقطار الصغيرة يجب أن لا تتجاوز نسبة الامتلاء:

300 - 400 يجب أن لا تتجاوز نسبة الامتلاء 65 %

500 - 600 يجب أن لا تتجاوز نسبة الامتلاء 80 %.

### 3.7 المذكرة الحسابية:

لبعض روافد الخط K كما وردت لدى شركة الدراسات بعد تدقيقها وإصلاح بعضها من قبلي وخاصة

منسوب مصب AD عبر الهذار SO6 وبالتالي تمكنت الشركة من كشف المصب ..



## المجمع AD

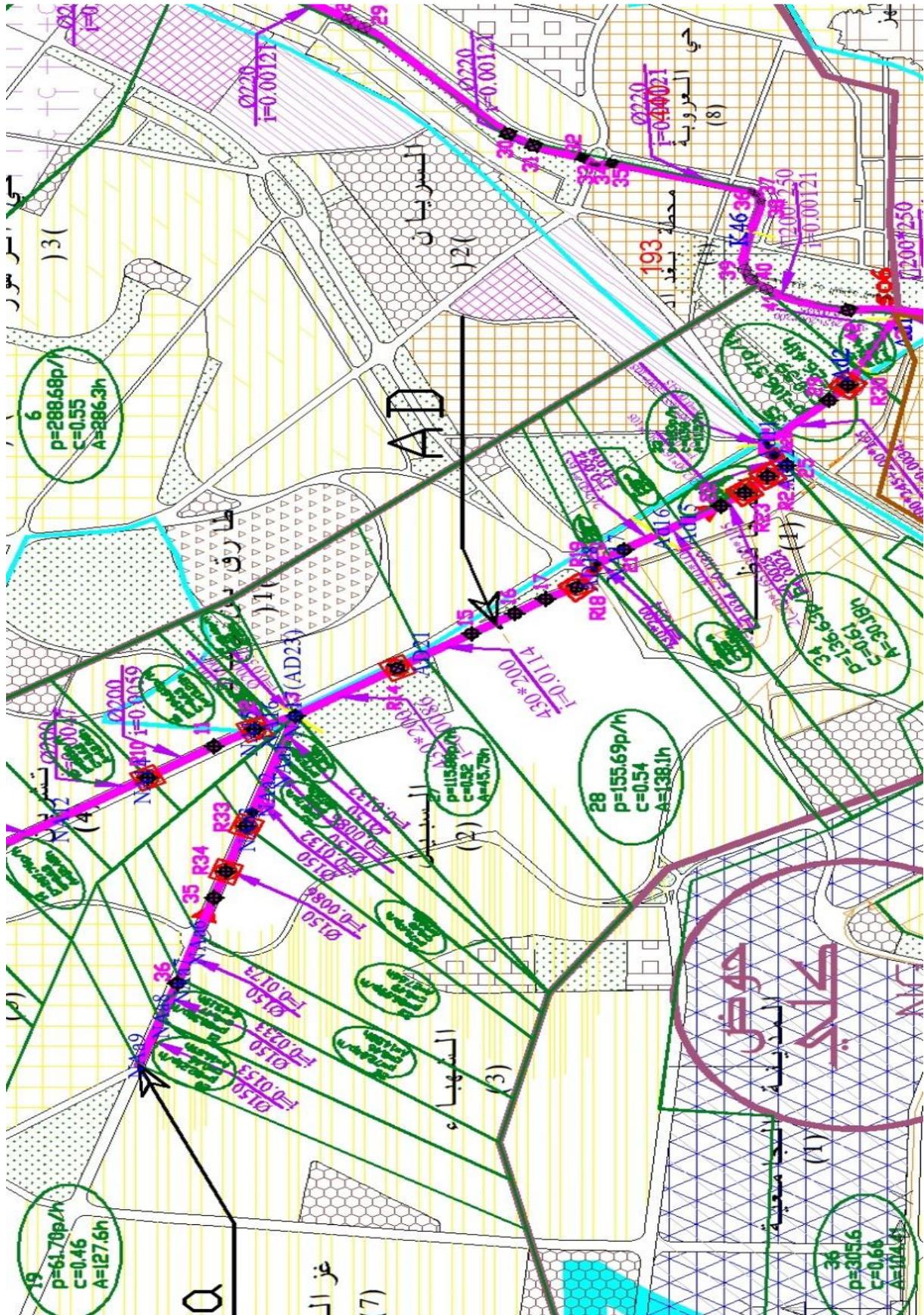
ويبدأ من نقطة التقاء شارع تشرين مع شارع النيل مروراً بشوارع فيصل وبنتهي في الحديقة العامة حيث يصب في الهدار SO6 الذي يفصل المياه المطرية فيقودها إلى النهر، أما المياه المالحة فتستمر بمجمع فويق K حيث يقع الهدار SO6 عليه وقد تم حساب التدفقات وفق الجدول التالي:

التيق المحلي p=2 m3/s	التيق المخرج p=2 m3/s	التيق المعري p=2 m3/s	زمن الترخيم min	السرعة الوسطية m/s	θ	المساحة الكلية ha	المساحة المظلمة ha	المساحة المظلمة ha	المساحة المظلمة ha	التيق m3/s	عمل الجريان الموزون	عمل الجريان c	المظهر mm		الميل i	الطول m	النقطة	اسم المساحة
													حديب	قنيط				
16.33	0.640	15.69	77.90	2.93	0.91	1065.72	45.75	1019.97	115.88	0.52	0.51	0.52	4300*2000	0.0086	344.85	AD23-AD21	27	
18.32	0.751	17.57	80.25	3.40	0.90	1203.82	138.1	1065.72	159.25	0.58	0.51	0.58	4300*2000	0.0114	480.00	AD21-AD18	28	
18.40	0.756	17.64	80.46	4.07	0.90	1210.62	6.8	1203.82	115.66	0.55	0.51	0.55	4300*2000	0.034	50.00	AD18-AD17	29	
18.54	0.772	17.77	81.14	3.15	0.90	1224.88	14.26	1210.62	122.72	0.58	0.51	0.58	2(2600*1650)	0.0034 0.0039	128.30	AD17-AD16	30	
18.56	0.777	17.78	81.48	3.16	0.90	1228.63	3.75	1224.88	145.44	0.57	0.52	0.57	3000*1050	0.0034 0.0039	65.00	AD16-AD15	31	
19.06	0.807	18.25	81.60	3.06	0.90	1258.81	30.18	1228.63	134.02	0.52	0.52	0.61	3000*1050	0.0028 0.0024	331.40	AD15-AD13	34	
18.90	0.810	18.09	83.10	3.69	0.90	1260.93	2.12	1258.81	165.00	0.52	0.52	0.60	3000*1050	0.0107 0.008	23.00	AD13-AD12	32	
19.05	0.826	18.23	83.37	3.40	0.89	1272.50	11.57	1260.93	183.15	0.52	0.52	0.58	2000*1650	0.00345	55.00	AD12-AD11	33	
19.24	0.845	18.39	85.06	3.35	0.89	1298.91	26.41	1272.50	233.07	0.52	0.52	0.57	2000*1650	0.00345	340.30	AD11-AD2	35	
19.22	0.849	18.37	85.87	3.60	0.89	1303.30	4.39	1298.91	104.43	0.52	0.52	0.70	2000*2000	0.00345	175.00	AD2-AD1	37	
18.34	0.834	18.34	86.10	3.67	0.89	1303.30	1303.30	1303.30	239	0.52	0.52	0.63	4000*1800	0.0081	49.00	AD1-SO6	37	
															2041.85			

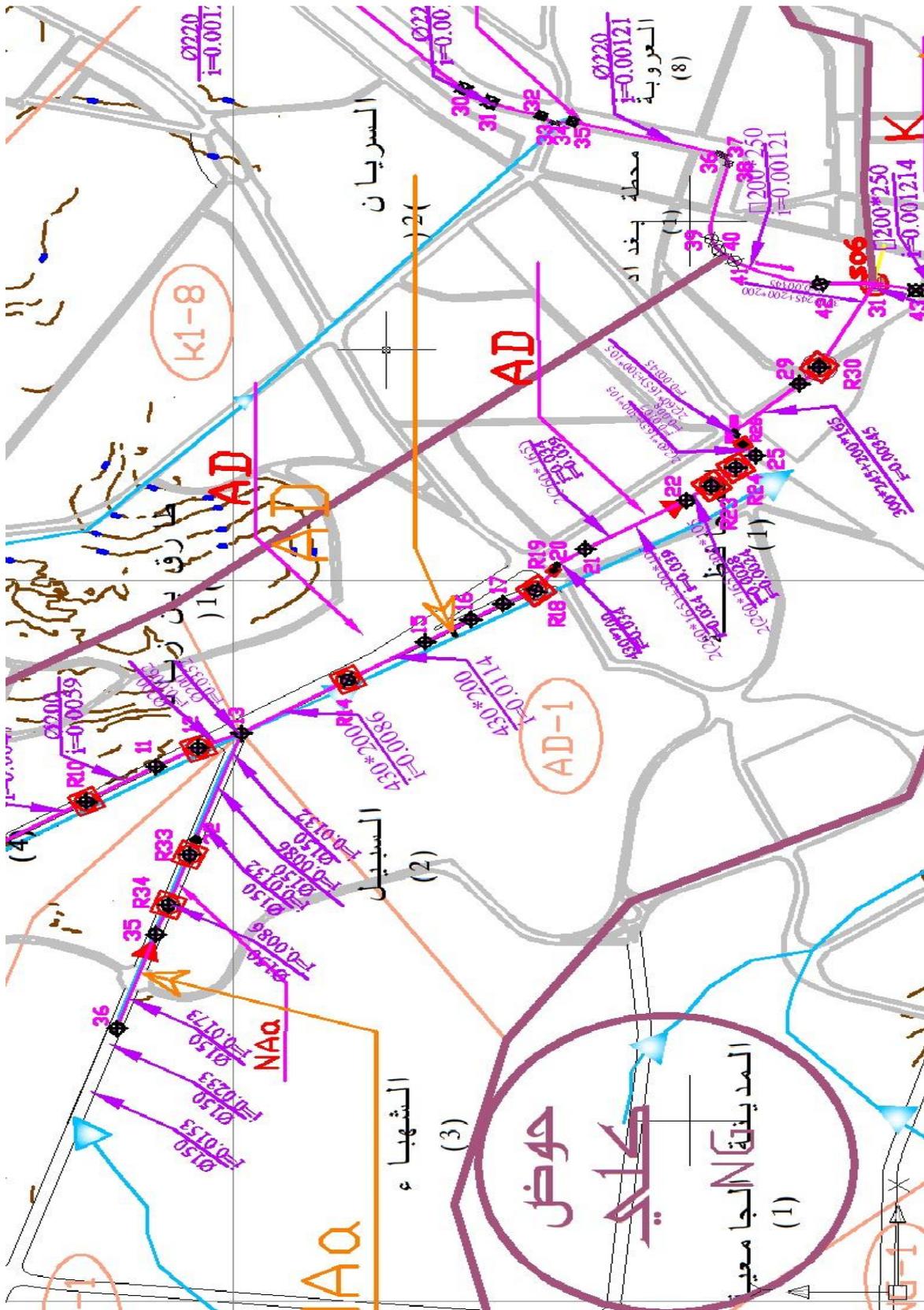
## المجمع NG

ويبدأ من جمعية الشرطة ويسير باتجاه معهد حلب العلمي ثم للكرة الارضية ويدها يتجه نزولاً باللاستمراد المحاذي للميريديان الى جسر سكة القطار ومنها حديقة الشهباء ليصب بالهدار SO9 وقد تم حساب التدفقات وفق الجدول التالي:

التيق المحلي p=2 m3/s	التيق المخرج p=2 m3/s	التيق المعري p=2 m3/s	زمن الترخيم min	السرعة الوسطية m/s	θ	المساحة الكلية ha	المساحة المظلمة ha	المساحة المظلمة ha	المساحة المظلمة ha	التيق m3/s	عمل الجريان الموزون	عمل الجريان c	المظهر mm		الميل i	الطول m	النقطة	اسم المساحة
													حديب	قنيط				
1.82	0.021	1.80	17.09	3.32	0.986	50.79	50.79	0	36	0.45	0.45	0.45	1000	600*1200	0.0144	226	NG17-NG15	38
2.16	0.027	2.13	17.85	3.10	0.985	62.29	11.5	50.79	35	0.45	0.45	0.43	1200	600*1200	0.01064	140.00	NG15-NG14	39
3.10	0.049	3.05	20.37	3.29	0.980	95.29	33	62.29	88	0.45	0.45	0.47	1200	600*1200	0.01054	497.20	NG14-NG10	40
3.10	0.053	3.05	21.72	3.74	0.979	98.46	3.17	95.29	133	0.46	0.46	0.51	1200	600*1200	0.01496	304.80	NG10-NG7	41
3.30	0.065	3.23	22.80	3.74	0.978	105.76	7.3	98.46	174	0.46	0.46	0.58	1000	600*1200	0.01713	241.20	NG7-NG6	42
3.47	0.074	3.39	23.39	3.85	0.977	111.56	5.80	105.76	196	0.47	0.47	0.56	1000	600*1200	0.0193	137.50	NG6-NG5	42-1
4.04	0.099	3.94	24.51	4.20	0.975	130.28	18.72	111.56	196	0.48	0.48	0.55	1000	600*1200	0.026	282.15	NG5-G0	44
8.69	0.317	8.37	24.67	3.83	0.959	281.04	7.98	273.06	165	0.48	0.48	0.58	1500	700*1200	0.02	35.00	G0-G1	36+43+45
8.66	0.324	8.33	25.53	3.55	0.958	285.34	4.3	281.04	263	0.48	0.48	0.54	1500	800*1200	0.0128	185.00	G1-G2'	46
8.70	0.330	8.37	25.73	3.75	0.958	287.74	2.4	285.34	276	0.49	0.49	0.54	1500	800*1200	0.017	45.00	G2'-G3	47
8.78	0.340	8.44	26.64	4.22	0.958	294.11	6.37	287.74	240	0.49	0.49	0.65	1500	800*1200	0.0237	229.00	G3-SO9	48
8.58	0.228	8.36	27.07	3.32	0.958	294.11		294.11	214	0.49	0.49	0.60	1500	800*1200	0.004	85.00		
															2407.85			



الشكل (101). أحواض الخط AD



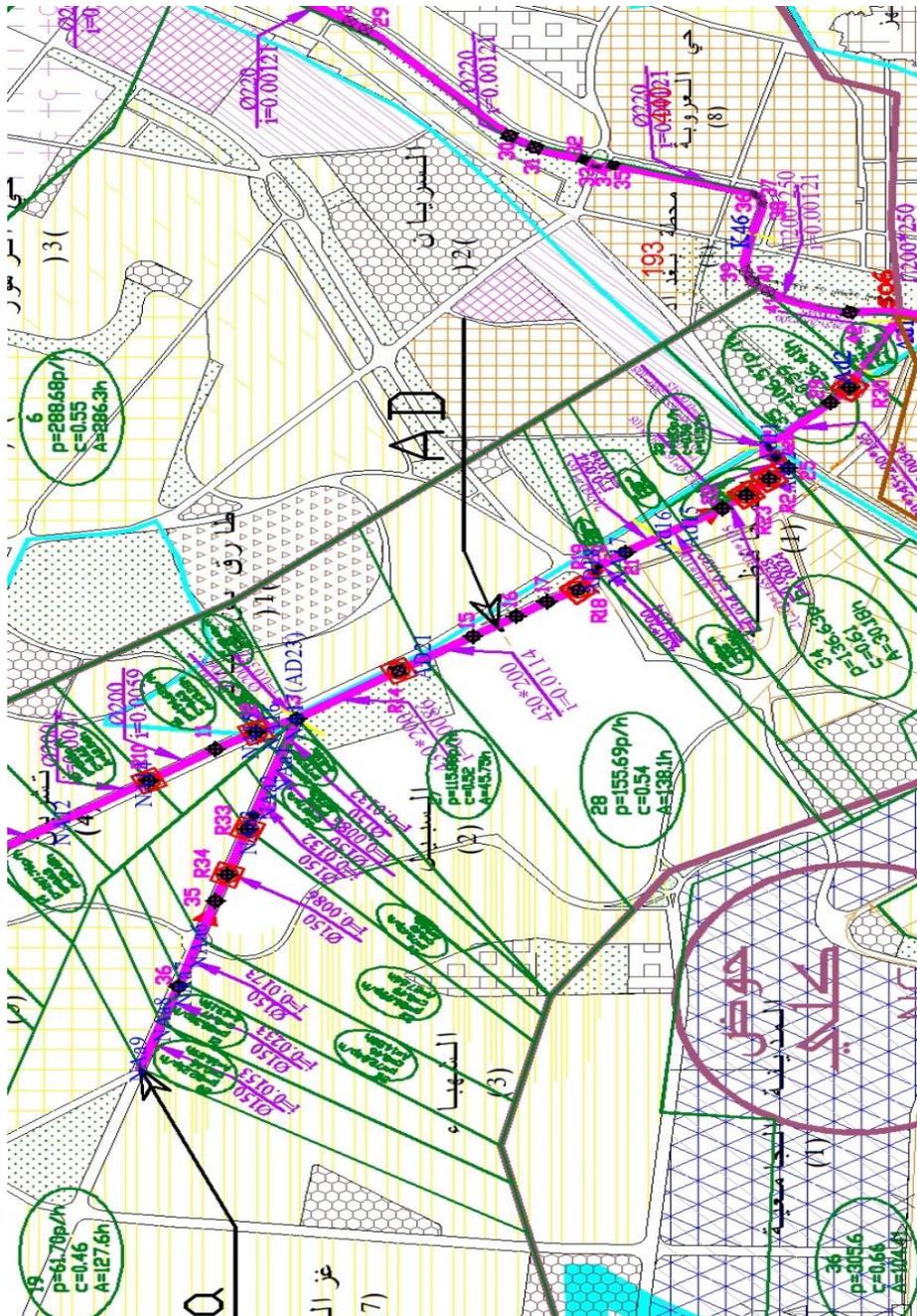
الشكل (102). الخط AD

#### 4.7 نمذجة حوض [7] المجرور AD حيث اختناق شارع فيصل

من الخرائط في الشكلين 95 و 96 من الفصل السابق أعلاه نجد أن منطقة الجميلية أو بداية شارع فيصل قرب شركة الكهرباء والحديقة العامة، وكذلك منطقة الفيض، هما منطقتي تصريف طبيعي وفيهما أخفض النقاط في حوضيهما الساكبين.

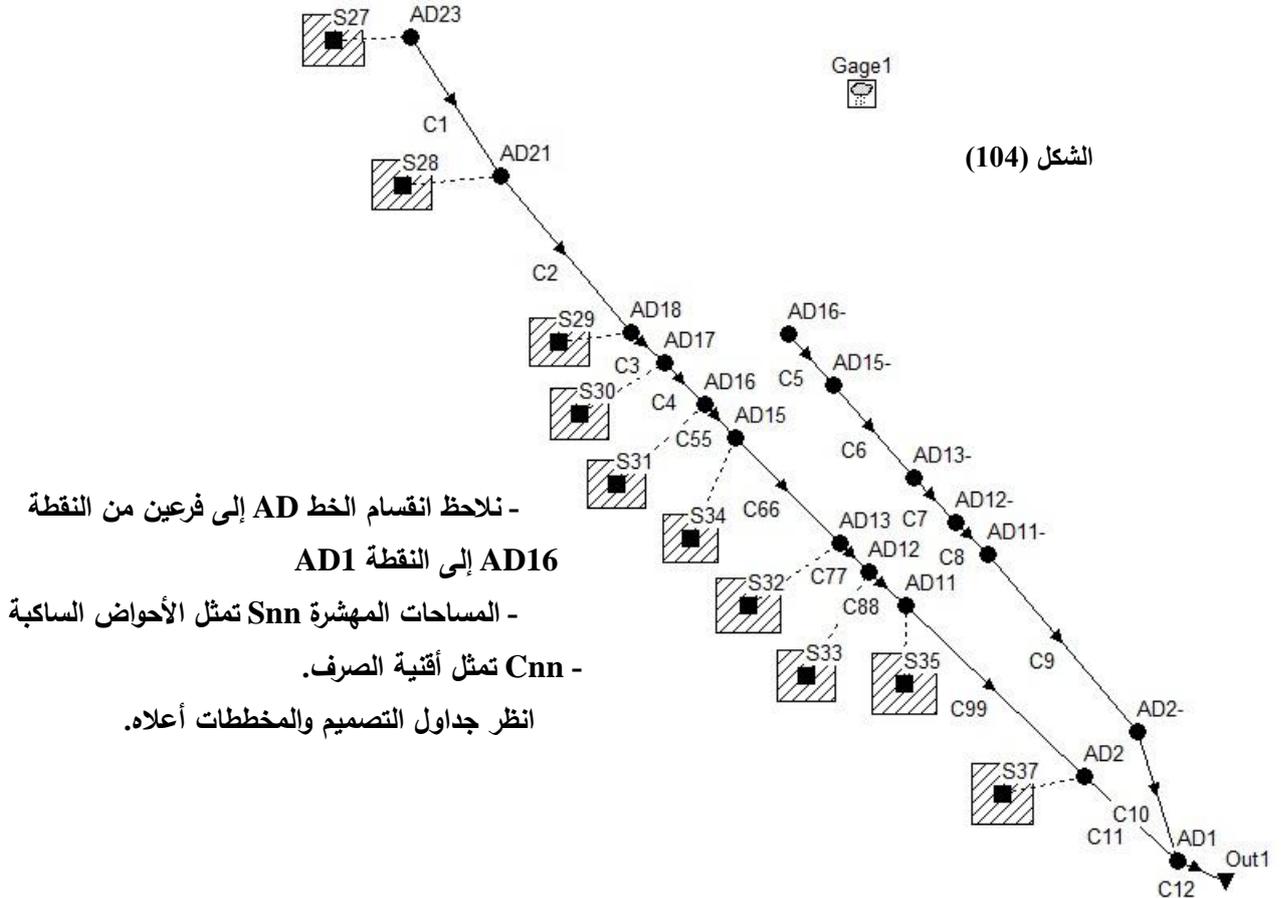
وفيما يلي الحوض الساكب للخط AD الذي ينتهي بالهدّار SO6، ونلاحظ تكوين بقعة منخفضة عند شارع فيصل تصب عليها الشوارع الرئيسية التالية:

- طلعة السريان - نزلة سوق الإنتاج - نزلة الفرنسيين من طرف نقابة المهندسين - نزلة جامع الرحمن - طريق دوار السلام - نزلة مساكن السبيل - شارع النيل - .. إلخ.



الشكل (103).  
أحواض الخط AD

تمت نمذجة المجمع AD وفق معطيات شركة الدراسات والاستشارات الفنية لتمريرها ضمن برنامج SWMM اعتباراً من النقطة AD23 الواقعة عند تلاقي شارعي تشرين والنيل عند دوار الدلة إلى المصب عند الهدار SO6 في الحديقة العامة مروراً بشوارع جبه جيان المجاور لشارع فيصل كما في النموذج التالي.



- نلاحظ انقسام الخط AD إلى فرعين من النقطة AD1 إلى النقطة AD16
- المساحات المهشمة Snn تمثل الأحواض الساكنة
- Cnn تمثل أبنية الصرف.
- انظر جداول التصميم والمخططات أعلاه.

تم تطبيق عاصفة مطرية 25 مم خلال ساعتين التي أدت للفيضان في السنوات السابقة، ونتيجة عدم وجود قياسات للتدفقات فوق الحوض الساكن قمنا باستخدام طريقة مكتب استصلاح الأراضي الأمريكي للحصول وحدة المخطط المائي الاصطناعي التالي:



الشكل (105). العاصفة المطرية

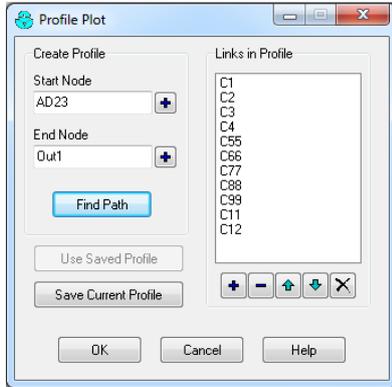
العاصفة السابقة تسببت بفيضانات حلب عام 2010، وارتفاع 25 مم ناتج عن وسطي ارتفاعات المطر في ثلاثة مراكز قياس هي: المسلمية (شمالاً)، النيرب (شرقاً)، إيكاردا (جنوباً).

إن قيم الأحواض الساكبة  $S_n$  وحفر التفتيش  $AD_n$  والمجاري  $C_n$  مأخوذة من المذكرة الحسابية لروافد الخط  $K$  كما وردت لدى شركة الدراسات بعد تدقيقها وإصلاح بعضها من قبلي وخاصة منسوب مصب  $AD$  عبر الهذار  $SO6$  وبالتالي تمكنت الشركة من كشف المصب.

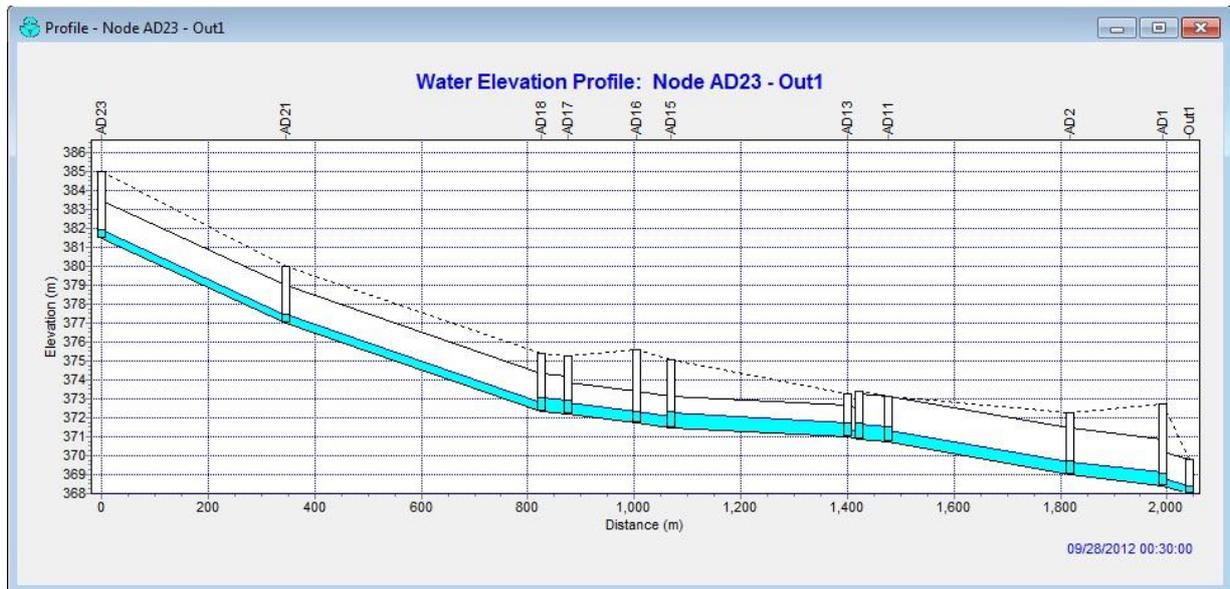
وفي التحليل والمحاكاة تم اعتماد سلوك الموجة الحركية.

وفي عرض نتائج التحليل الحركي يتم عرض حركة المياه كل 5 دقائق.

يتم عرض النتائج على طول مقطع الخط  $AD$ ، كما في الشكل 106. وفيما يلي مقطعاً توضيحياً في الجريان ضمن الخط  $AD$  بعد نصف ساعة من بدء العاصفة المطرية شكل 107.

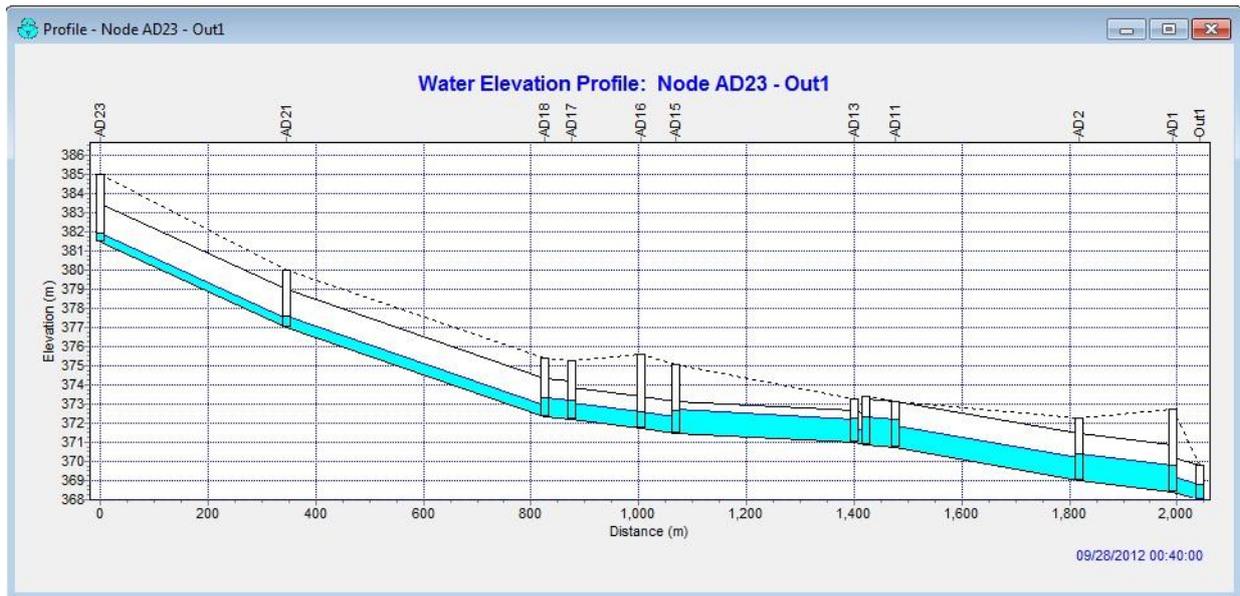
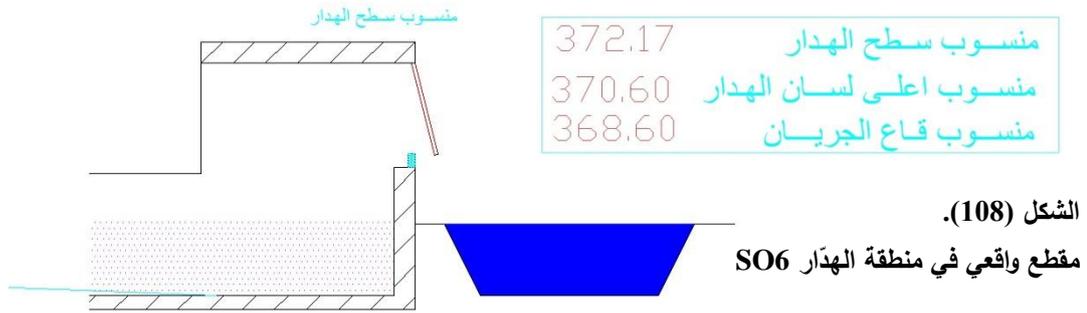


الشكل (106). مقطع في الخط  $AD$



الشكل (107). الجريان ضمن الخط  $AD$  بعد نصف ساعة من بدء العاصفة المطرية

أثناء النمذجة تم تصحيح العديد من المدخلات والمعطيات وإعادة أخذ قياسات واقعية، وأهم تصحيح كان تصحيح ارتفاع منسوب الهذار  $SO6$  إذ بالمنسوب السابق لم تتمكن شركة الدراسات من كشف  $AD$  عند الهذار، وكذلك كانت تفشل عملية المحاكاة وتفريغ  $AD$  كما توضح الأشكال التالية:

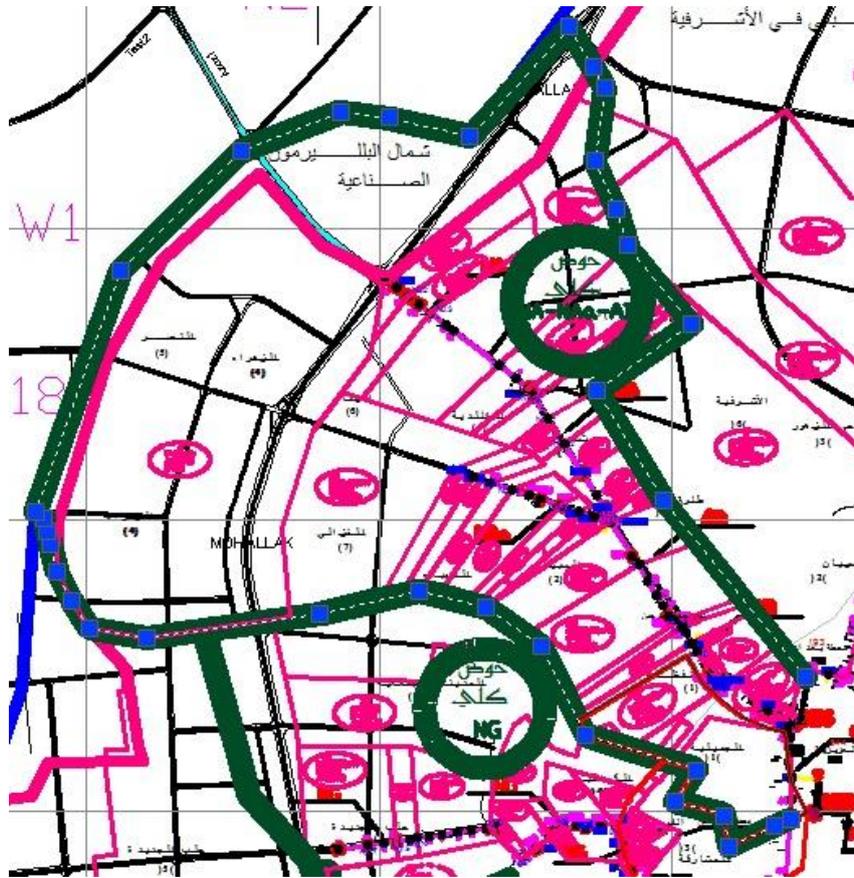


الشكل (110). مقطع في AD أثناء نروة العاصفة 25 مم.

من الملاحظ أن المجرى الحرج هو بين حفرتي التفتيش AD12 و AD15، أي في المجرور الذي يمر في شارع عمر بن أبي ربيعة الذي يمر من أمام مشفى جبه جيان. وبالتالي المقطع كافياً وفق معطيات المقطع المرفقة بالجدول التالي. ونلاحظ أن التدفق الأعظمي المحسوب وفق البرنامج وهو  $20.220 \text{ م}^3/\text{ثا}$  يقارب القيمة المحسوبة في شركة الدراسات وفق الأسس المعتمدة لديها ويساوي هذا التدفق وفق الجدول الحسابي للمجمّع AD وهو  $19.22 \text{ م}^3/\text{ثا}$ .

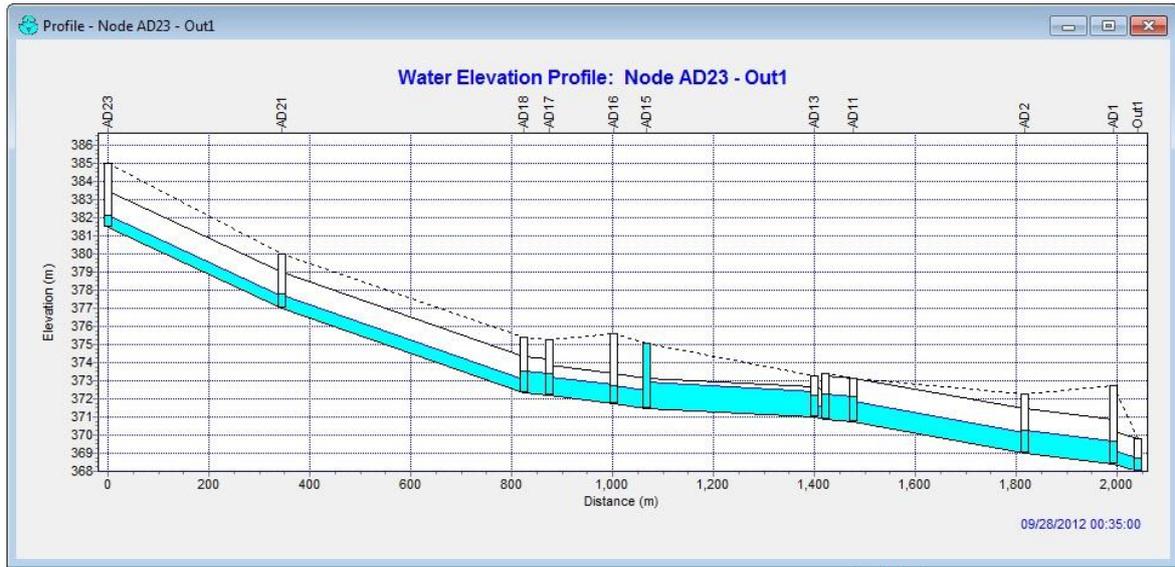
Max Flow (CMS)	Time of Max Occurrence Days hr:min	Max Full Veloc. m/sec	Max Full Flow	Max Full Depth
20.220	0 00:39	2.99	0.96	0.80

يُلاحظ أحياناً أنه تحدث فيضانات تبدأ من شارع مشفى جبه جيان عندما يكون وسطي ارتفاع الهطل للعاصفة على مستوى المدينة أقل من 25 مم لمدة الساعتين المذكورة أعلاه، وهذا يعود إلى هطول زخات مطرية رعدية وربيعية موضعية فوق الحوض الساكب للمجرور AD تفوق الوسطي 25 مم على مستوى المدينة.



الشكل (111). الحوض الساكب للحوض AD. بمساحة 1300 هكتار.

ولكن قد يطراً سؤال هنا، ما هو استيعاب المقطع؟  
بتمرير عاصفة مشابهة للعاصفة السابقة ولكن بارتفاع هطل يساوي 30 مم وإجراء محاكاة نحصل على المقطع التالي للجريان في ذروة العاصفة 30 مم:



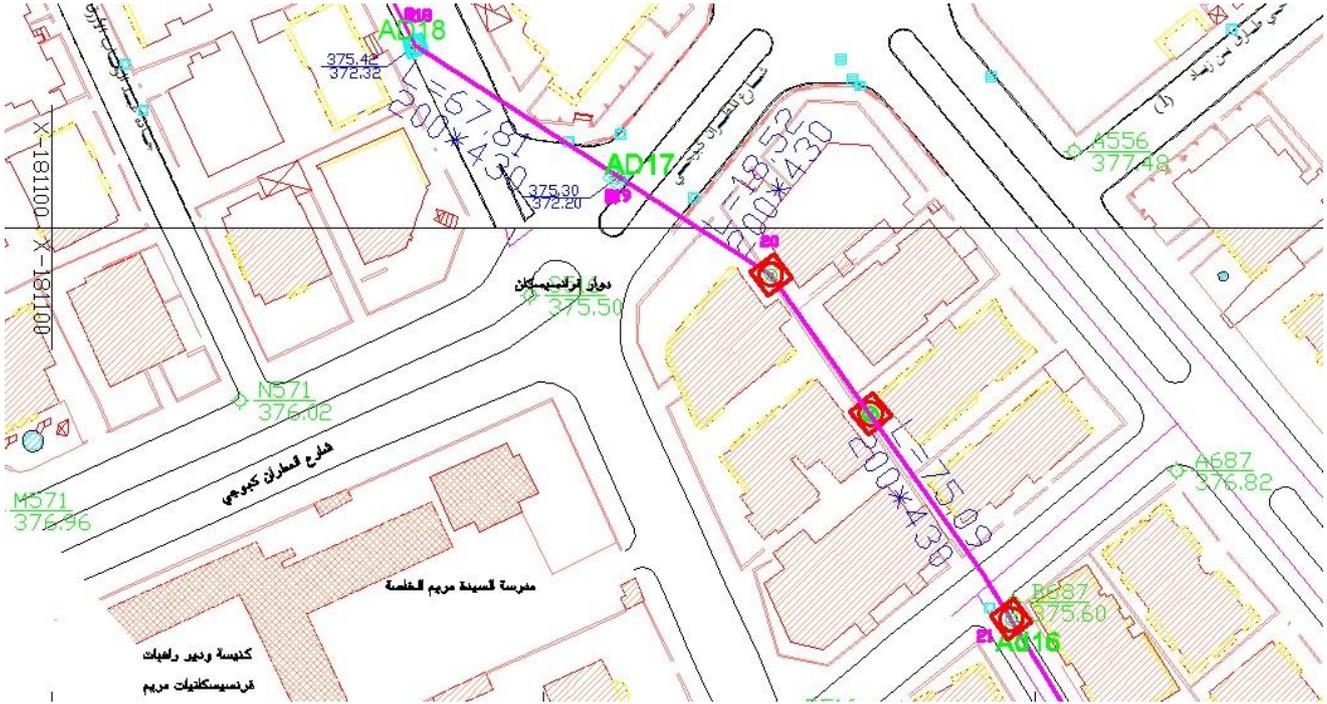
الشكل (112). مقطع في AD أثناء ذروة العاصفة 30 مم

وبالتالي المقطع كافٍ وفق معطيات المقطع المرفقة بالجدول التالي. مع حدوث فيضان لمدة 7.2 min كما

تشير مذكرة البرنامج في حفرة النفثيش AD<sub>15</sub>.

Max Flow (CMS)	Time of Max Occurrence Days hr:min	Max Full Veloc. m/sec	Max Full Flow	Max Full Depth
23.601	0 00:41	3.19	1.12	0.94

وبالتالي فإن أقصى عاصفة يتمكن المقطع من استيعابها هي 30 مم خلال ساعتين. ومنه فالمقطع يستوعب العاصفة المطرية 25 مم خلال ساعتين. كما هو موضح أعلاه. ويمكن الاستنتاج أن المقطع كافٍ تصميمياً، ولكن هناك مشكلة أخرى وهي عدم انتقال المياه ضمن المجرور في الحوض الساكب نتيجة الانسدادات لضعف الصيانة وعدم كفاية وفاعلية الفوهات المطرية الموجودة. وقد تم التنبيه إلى هذه الناحية.



الشكل (113). المناطق الحرجة عند فرنسايسكان

تم استحضار حوكلات قياس الهطول المطري فوق أحواض الاختناقات في الأعوام 2012 – 2013 - 2014 ولكن كانت هذه الأعوام أعوام جفاف نسبي ولم يزد ارتفاع الهطول المطري فيها عن 25 مم في ساعتين. في يومي 9 و 10 من شهر آذار 2014 وفي منطقة الفيض حصلت العاصفة التالية: الأحد هطل 48 مم من الساعة 3 عصراً حتى 12 ليلاً، أي خلال 9 ساعات. ويوم الاثنين هطل 65 مم من الساعة 12 ليلاً حتى 10 صباحاً، أي خلال 10 ساعات. الجمعة 2014/11/21 هطل 19 مم ولم يحدث أي فيضان بسبب الصيانة والنظافة والاستعداد للعاصفة.





الشكل (114). صور للقمامة التي تسد المجاري في الفيض أثناء الهطولات أعلاه 2014

- انسداد المصافي المطرية الموجودة ( عدم إجراء الصيانة اللازمة لها ).
- قلة المصافي المطرية المنتشرة على مساحة الحوض الساكب .
- عدم توزيعها بالشكل المناسب ( بما يلائم الميل العرضي للشارع عند التقاطعات الضرورية، لاسيما النزول الشديد ) .

### 5.7 الإجراءات:

بعد الدراسة أعلاه تم العمل على وضع مشروع من قبل شركة الدراسات والاستشارات الفنية لتنفيذ شوايات مطرية في الحوض الساكب للمجرور AD.

- 1- وتم التخطيط لوضع هذه الشوايات في الأماكن التالية:
  - بداية شارع النيل.
  - بداية طلعة حي طارق بن زياد أو ما يسمى آخر نزلة مساكن السبيل.
  - أول نزلة مقابل سوق الإنتاج.
  - آخر نزلة سوق الإنتاج تقاطعه مع شارع الرازي.
  - آخر نزلة جامع الرحمن.
  - نزلة الطريق المؤدية من شارع حطين إلى شارع الملك فيصل.
  - آخر نزلة المحافظة أمام نقابة المهندسين.
  - آخر نزلة الفرنسييكان.
  - نزلة السريان القديمة.
  - الزاوية الشمالية الشرقية لمبنى مديرية التربية.
  - مقابل باب الحديقة الشمالي بالقرب من صندوق سيرة.
  - الزاوية الشمالية الغربية لمبنى فرع الحزب.
- 2- تنفيذ قناة تنقل المياه المتجمعة أمام مبنى شركة الكهرباء وعند عنق الحوض الساكب التي تعبر المصائد المطرية لتنقل مياه المطر تحت سطح الحديقة العامة عبر مجرور سطحي لرميها في النهر من فوق المجرور k.



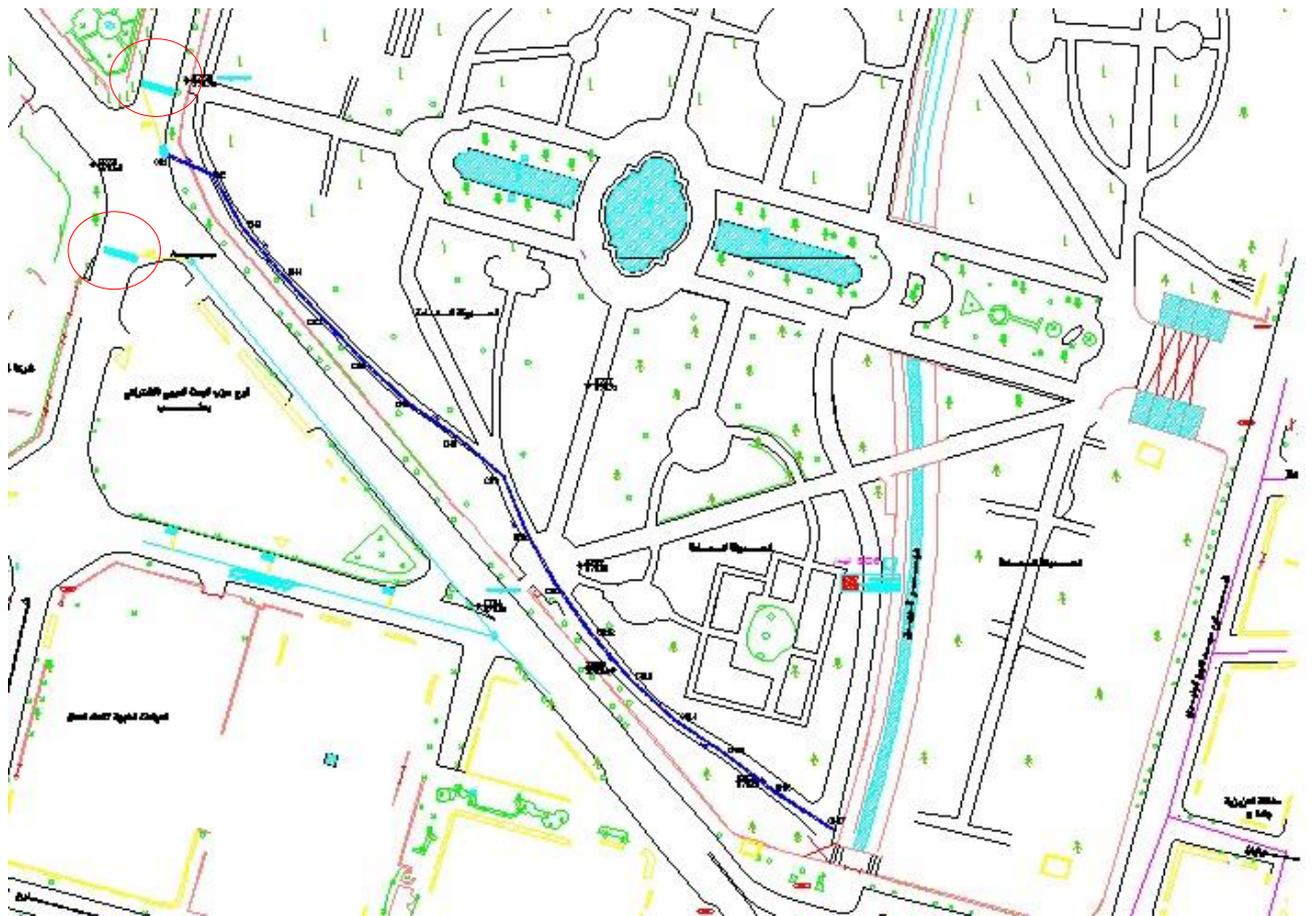
الشكل (115). شوايتان عند نزلة سوق الإنتاج - قبل السوق وعند زاوية مشفى الرازي



الشكل (116). شوايات عند الفرنسيسكان ونقابة المهندسين ونزلة جامع الرحمن وبداية الطريق إلى معمل العوارض



الشكل (117). شوابتان عند نزلة مساكن السبيل وفي بداية شارع النيل.



الشكل (118). شوابات عند شركة الكهرباء ومديرية التربية وضمن الحديقة العامة

## الفصل الثامن

### تطبيق افتراضي في مدينة حلب يتعلق بانتقال الملوثات في الهواء إلى المياه

#### 1.8 التلوث الهوائي:

باتت الملوثات الغازية وخاصة في المدن تعتبر من أهم الملوثات المؤثرة على الصحة البيئية في كوكبنا، كونها تنتقل عبر الهواء وتعود إلى الأرض عبر الأمطار، كما أنها تؤدي لظواهر الاحتباس الحراري، وتؤثر على طبقة الأوزون الجوية.

وتعاني مدينة حلب كغيرها من المدن الكبرى من ظاهرة التلوث الهوائي، نتيجة الغازات الصادرة عن عوادم السيارات، ومن المعامل، وغيرها..

وقد تم استحصال بعض نتائج محطات مراقبة جودة الهواء في مدينة حلب، وسنعرض مثلاً عن كيفية حساب تأثيرها على جودة المياه باستخدام برنامج SWMM (ملاحظة: تم التأكيد هنا على أن العمل يركز على عرض ونقل تكنولوجيا أداة البحث العلمي العالمية SWMM مع بعض الأمثلة التطبيقية في مدينة حلب، ولا يتم إجراء دراسة كاملة عن التلوث في المدينة). وتم استخلاص بعض النتائج من ذلك.

#### 2.8 نتائج من محطات مراقبة جودة الهواء في مدينة حلب:

عن مديرية البيئة في حلب [8] صدرت بعض نتائج قياس الملوثات الهوائية في المدينة [9] نعرضها فيما يلي، مع تحليل النتائج من قبل المديرية:

الشكل (119). جدول لقياس الملوثات في مدينة حلب

مقارنة بين الربع الأول في عامي ٢٠٠٩ و ٢٠١٠ وفقاً لنتائج محطات مراقبة جودة الهواء بمدينة حلب

البنزن	ثاني أكسيد الكبريت	الأوزون	ثاني أكسيد الأزوت	أول أكسيد الكربون	المحطة	التاريخ
1.58	0.047	0.06	0.105	8.6		→ الحد المسموح
ppb	ppm	ppm	ppm	ppm		↓ موقع المحطة
2.282875	0.014986	0.024768	0.01261	0.395501	1	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩
2.362844	0.266472	0.022045	0.010261	0.304597	1	متوسط الربع الأول ٢٠١٠
0.753967	0.055353	0.015517	0.016966	0.437019	2	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩
0.170937	0.044962	0.021863	0.031716	0.245862	2	متوسط الربع الأول ٢٠١٠
2.637807	0.038726	0.024386	0.018423	0.86243	3	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩
0.110118	0.020177	0.020943	0.002377	0.458097	3	متوسط الربع الأول ٢٠١٠
0.160713	0.015879	0.027177	0.011815	0.698323	4	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩
0	0.021046	0.012581	0.014862	0.422264	4	متوسط الربع الأول ٢٠١٠
1.2087	0.038726	0.024386	0.018423	0.86243	5	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩
2.751188	0.035545	0.012209	0.032957	1.512077	5	متوسط الربع الأول ٢٠١٠

## العناصر المناخية:

الشكل (120). جدول العناصر المناخية المصاحبة لقياس الملوثات في مدينة حلب

سرعة الرياح	اتجاه الرياح	درجة الحرارة	الهطول المطري	الإشعاع الشمسي	الرطوبة النسبية	الضغط الجوي	المحطة	التاريخ	موقع المحطة
m/s	degree	°C	mm	W/m2	%	hPa			
3.014051	238.9464	11.62026	0.257019	128.6329	75.05825	976.9639	1	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩	الشيخ سعيد (جنوب حلب)
0.012661	3.583524	12.53843	0.066484	120.6001	68.77225	972.4515	1	متوسط الربع الأول ٢٠١٠	
2.18925	195.4984	12.3239	0.729376	121.3756	80.39116	974.4778	2	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩	طريق المسلميه (شمال حلب)
1.648613	145.0819	12.10639	0.073969	102.3513	69.03033	970.7323	2	متوسط الربع الأول ٢٠١٠	
1.2087	23.24036	11.01373	0.226959	95.84955	71.45423	975.8591	3	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩	المطار المدني (شرق حلب)
1.78176	184.0053	11.26003	0.059121	72.82673	72.93286	969.8541	3	متوسط الربع الأول ٢٠١٠	
2.234681	248.0629	11.5935	2.198585	244.9732	71.06963	968.4341	4	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩	حلب الجديدة (غرب حلب)
1.778071	158.9435	11.389	0.057776	111.2776	64.6315	964.3776	4	متوسط الربع الأول ٢٠١٠	
2.026395	225.5919	11.01373	0.226959	95.84955	71.45423	975.8591	5	متوسط الربع الأول ٢٠٠٩	مركز المدينة (وسط حلب)
1.655593	220.4402	11.42428	0.293734	125.0712	71.25863	975.9365	5	متوسط الربع الأول ٢٠١٠	

جرى تحليل النتائج السابقة من قبل المديرية كما يلي:

## تحليل النتائج :

## المحطة الأولى:

أول أكسيد الكربون : نلاحظ أن القيم متقاربة في العامين و هي لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الآزوت : نلاحظ أن القيم متقاربة في العامين و هي لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

الأوزون : نلاحظ أن القيم متقاربة في العامين و هي لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الكبريت : نلاحظ أن قيمة متوسط الربع الأول خلال عام ٢٠١٠ تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية . و يعود السبب إلى وجود معامل الاسمنت التي تحرق الفيوول في عملياتها الإنتاجية و عدم كفاءة وحدات معالجة الغازات فيها و كذلك لوجود ورشات لصهر الرصاص في المنطقة .

نلاحظ زيادة كبيرة في تركيز ثاني أكسيد الكبريت خلال الربع الأول من عام ٢٠١٠ عنه في عام ٢٠٠٩ , و بالعودة إلى البيانات التفصيلية نجد أن هذه الزيادة كانت في جميع أشهر الربع الأول ( كانون الثاني – شباط – آذار ) و إذا لاحظنا العوامل المناخية المؤثرة على تركيز الملوثات نجد أن متوسط الهطول المطري في الربع الأول من عام ٢٠١٠ حوالي ( ٠.٠٦٦ مم ) بينما يساوي ( ٠.٢٥٧ مم ) خلال عام ٢٠٠٩ و نعلم أن نقص كمية المطر يؤدي لزيادة تركيز الملوث , و كذلك بالنسبة لسرعة الرياح فهي خلال عام ٢٠٠٩ أكبر بكثير منها خلال عام ٢٠١٠ و انخفاض سرعة الرياح يؤدي لبقاء هذا الملوث في المنطقة و يقلل انتشاره و تشتته .

البنزن : نلاحظ أن القيم متقاربة في العامين و هي تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية . و يعود السبب إلى وجود بعض المهن التي تعتمد على استخدام المذيبات و يدخل البنزن في تركيبها في منطقة الراموسة و كذلك إلى حرق البنزن في كراج البولمان الواقع بالمنطقة . و كذلك وجود مستودعات الشركة السورية لتخزين و توزيع المواد البترولية ( محروقات ) .

### المحطة الثانية :

أول أكسيد الكربون : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الأوزون : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

الأوزون : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الكبريت : خلال الربع الأول من عام ٢٠٠٩ يوجد تجاوز للحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية وذلك خلال شهر كانون الثاني وأواخر شهر شباط و يعود السبب إلى وقوع المحطة على طريق عام المسلمية و ما ينتج عن وسائل النقل إضافة لقرب معامل منطقة الشقيف الصناعية و التي تستخدم الفيويل .

لكن نلاحظ انخفاض تركيز ثاني أكسيد الكبريت خلال الربع الأول من عام ٢٠١٠ عنه في عام ٢٠٠٩ و بالعودة إلى قيم سرعة الرياح و درجات الحرارة نلاحظ أنها متقاربة في الربع الأول من العامين و بالتالي يعود انخفاض تركيز ثاني أكسيد الكبريت في عام ٢٠١٠ إلى نقص المصدر و قد يكون ذلك بالتزام بعض المنشآت الصناعية القريبة بالاشتراطات البيئية و تفعيل وحدات معالجة الغازات فيها .

البنزن : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

### المحطة الثالثة :

أول أكسيد الكربون : : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الأوزون : : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

الأوزون : : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الكبريت : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

البنزن : نلاحظ أن القيمة الوسطية للربع الأول خلال عام ٢٠٠٩ تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية و يعود السبب لوقوع المحطة في المطار و ما ينبعث من حركة الطائرات , و لكن خلال الربع الأول من عام ٢٠١٠ لم تتجاوز القيمة الحد المسموح و بالعودة إلى العوامل المناخية المؤثرة نجد أن سرعة الرياح و درجة الحرارة قريبة في الربعين و بالتالي فإن انخفاض تركيز البنزن يعود إلى نقص المصدر .

### المحطة الرابعة :

جميع تراكيز الملوثات لا تتجاوز الحدود المسموحة وفق المواصفة القياسية السورية .

### المحطة الخامسة :

أول أكسيد الكربون : : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الأوزون : : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

الأوزون : : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

ثاني أكسيد الكبريت : نلاحظ أن القيم في العامين لا تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية .

البنزن : نلاحظ أن القيمة الوسطية للربع الأول خلال عام ٢٠١٠ تتجاوز الحد المسموح وفق المواصفة القياسية السورية و يعود السبب إلى ضغط السير في منطقة مركز المدينة و إطلاق عوادم السيارات التي تستخدم وقود غير مطابق للمواصفات , و لكن خلال الربع الأول من عام ٢٠٠٩ لم تتجاوز القيمة الحد المسموح و لكنها كانت قريبة منه و بالعودة إلى العوامل المناخية المؤثرة نجد أن سرعة الرياح خلال الربع الأول من العام ٢٠٠٩ كانت أكبر منها في عام ٢٠١٠ و بالتالي كان تشتت الملوث أكبر مما يؤدي لنقص تركيزه اما خلال ٢٠١٠ كانت سرعة الرياح أقل و بالتالي ينخفض انتقال الملوث مع الرياح و يرتفع تركيزه في الهواء في المنطقة .

### المقترحات :

١-إلزام المنشآت الصناعية التي تستخدم الفيويل بتركيب وحدات معالجة فعالة للغازات و صيانتها دورياً .

٢-ضبط و معايرة السيارات بشكل دائم و استخدام وقود مطابق للمواصفات و إنتاج وقود صديق للبيئة .

٣-وضع قواعد لضبط السير و منع الازدحام المروري و قد يكون ذلك بإنشاء جسور و أنفاق لتسهيل حركة السير .

### 3.8 تتبع جودة مياه الأمطار الهائلة باستخدام SWMM:

بالإضافة لنمذجة توليد وانتقال التدفق السيلي، فإن SWMM يستطيع تقدير حمل الملوثات المرافقة لهذا السيل. ويمكن نمذجة العمليات التالية لأي عدد من مكونات جودة المياه المعرّفة من قبل المستخدم.

- تراكم الملوثات في الطقس الجاف فوق مختلف استعمالات الأراضي.
- إزالة الملوثات من استعمالات أراضٍ معيّنة أثناء فترات العاصفة المائية.
- التأثير المباشر للهطول المطري.
- انخفاض التراكم في الطقس الجاف نتيجة تنظيف الشوارع.
- انخفاض حمولة الإزالة Washup الناتج عن الخبرة الإدارية BMPs.
- إدخال تدفقات الصرف الصحي في الطقس الجاف، وكذلك التدفقات الخارجية المخصصة من قبل المستخدم عند أية نقطة في نظام الصرف.
- سلوك مكونات جودة المياه خلال نظام الصرف.
- انخفاض تركيز مكون ما خلال المعالجة في وحدات التخزين أو بواسطة العمليات الطبيعية في الأنابيب أو الأقنية.

### 4.8 تراكم الملوثات Pollutant buildup

يوصف تراكم الملوثات ضمن تصنيف ما لاستعمال الأرض، إما بوحدة الكتلة في واحدة المساحة للبقعة، أو بوحدة الطول للحاجز. ويتم التعبير عن الكتلة بالباوند (البيرة) في الواحدات الأمريكية، وبالكيلوغرام في الواحدات المترية. ومقدار التراكم يتبع عدد أيام الطقس الجاف السابقة، ويمكن حسابه باستخدام أحد التوابع التالية:

#### تابع القوة Power Function

تراكم الملوثات (B) يتزايد بالتناسب مع الزمن (t) المرفوع إلى قوة ما، حتى بلوغ الحد الأعظمي،

$$B = \text{Min}(C_1, C_2 t^{C_3})$$

حيث:  $C_1$  = التراكم الأعظمي الممكن (كتلة بوحدة المساحة أو بوحدة طول الحاجز)،

$C_2$  = ثابت معدّل التراكم،  $C_3$  = أسّ الزمن.

#### التابع الأسّي Exponential Function

التراكم يتبع منحنى النمو الأسّي الذي يبلغ خطأً مقارباً لحدود عظمي،

$$B = C_1(1 - e^{-C_2 t})$$

حيث:  $C_1 =$  التراكم الأعظمي المتوقع (كتلة بوحدة المساحة أو بوحدة طول الحاجز)،

$C_2 =$  ثابت معدّل التراكم (1/أيام days).

### تابع الإشباع Saturation Function

حيث يبدأ التراكم وفق معدّل خطي ويتناقص باستمرار مع الزمن حتى بلوغ قيمة الإشباع،

$$B = \frac{C_1 t}{C_2 + t}$$

حيث:  $C_1 =$  التراكم الأعظمي المتوقع (كتلة بوحدة المساحة أو بوحدة طول الحاجز)،

$C_2 =$  ثابت نصف الإشباع (بالأيام لبلوغ نصف التراكم الأعظمي).

### 5.8 كنس الشوارع Street Sweeping

ويمكن استخدامها في كل فئة استعمال للأرض للإتفاص الدوري للتراكم التجميعي لملوثات معينة. والمعايير التي تصف كنس الشوارع تتضمن:

- الأيام بين عمليات الكنس.
- الأيام منذ آخر عملية كنس قبل بدء المحاكاة.
- جزء التراكم من كل الملوثات المتوفر للإزالة بالكنس.
- جزء التراكم المتوفر من كل ملوثة مزالة بالكنس.

لاحظ أن هذه المعايير من الممكن أن تختلف لكل استعمال للأرض، والمعيار الأخير من الممكن أيضاً أن يتغير حسب الملوثة.

### 6.8 (إزالة) غسل الملوثات Pollutant Washoff

يحدث غسل الملوثات من فئة استعمال للأرض ضمن فترات الطقس الرطب، ويمكن أن يتم وصفه بإحدى الطرق التالية:

#### الإزالة الأسية Exponential Washoff

حمولة الإزالة ( $W$ ) بوحدات الكتلة في الساعة، تتناسب طردياً مع السيل (الجريان) مرفوعاً إلى قوة ما، ومع مقدار التراكم المتبقي. أي:

$$W = C_1 q^{C_2} B$$

حيث:  $C_1$  = معامل الإزالة،  $C_2$  = أس الإزالة.

$q$  = معدّل السيل (الجريان) runoff rate بوحدة المساحة (بوصة/ساعة أو مم/ساعة).

$B$  = تراكم الملوثة بوحدات الكتلة. والتراكم هنا هو الكتلة الكلية (وليس الكتلة بوحدة المساحة أو

بوحدة طول الحاجز). وكلا واحدي الكتلة للإزالة والتراكم هما نفسهما المستخدمتان للتعبير

عن تركيز الملوثات (مليغرام، ميكروغرام، مقدار).

### الإزالة وفق منحنى المعدّل Rating Curve Washoff

إن معدّل الإزالة ( $W$ ) بوحدات الكتلة في الثانية، يتناسب طردياً مع معدّل السيل (الجريان) مرفوعاً إلى قوة ما:

$$W = C_1 Q^{C_2}$$

حيث:  $C_1$  = معامل الإزالة،  $C_2$  = أس الإزالة،  $Q$  = معدّل السيل (الجريان) بوحدات التدفق المعرّفة من قبل

المستخدم.

### تركيز وسطي الحدث Event Mean Concentration

هذه حالة خاصة من الإزالة وفق المنحنى المعدّل، حيث الأس يساوي 1.0 و  $C_1$  يمثل إزالة تركيز الملوثة

بوحدة الكتلة في اللتر. (ملاحظة: التحويل بين وحدات التدفق المعرّفة من قبل المستخدم للسيل (الجريان) وبين

الليترات يتم التعامل معها داخلياً في (SWMM).

#### Water Quality Characteristics of Urban Runoff

Constituent	Event Mean Concentrations
TSS (mg/L)	180 - 548
BOD (mg/L)	12 - 19
COD (mg/L)	82 - 178
Total P (mg/L)	0.42 - 0.88
Soluble P (mg/L)	0.15 - 0.28
TKN (mg/L)	1.90 - 4.18
NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	0.86 - 2.2
Total Cu (ug/L)	43 - 118
Total Pb (ug/L)	182 - 443
Total Zn (ug/L)	202 - 633

الشكل (121).

قيم EMC's نمونجية لعناصر مختارة:

Source: U.S. Environmental Protection Agency. (1983). *Results of the Nationwide Urban Runoff Program (NURP)*, Vol. 1, NTIS PB 84-185552), Water Planning Division, Washington, DC.

نلاحظ أنه من أجل كل حالة تراكم هناك عملية استنزاف مستمرة كإجراء إزالة، وهذه الإزالة تتوقف عندما لا يتوفر المزيد من التراكم.

إن حمل الإزالة من أجل ملوثة معطاة وفئة استعمال للأرض يمكن إنقاصها بنسبة مئوية معينة بتخصيص فعالية إزالة مختبرة، تعكس الخبرة الإدارية بالتحكم الفعال المرافق لاستعمال الأرض. ومن الممكن أيضاً استخدام خيار تركيز وسطي الحدث، دون الحاجة لنمذجة تراكم أية ملوثة.

### 7.8 تحويل الوحدات [10] Units Conversion

نلاحظ أن قياسات مديرية البيئة للغازات في الهواء معطاة بوحدات (Parts Per Million) ppm وللبنزين بوحدات (Parts Per Billion) ppb، والوحدة الأخيرة هي جزء من ألف من ppm.

وفي نشرات تلوث الهواء تستخدم وحدات ppm للغازات أو بتعبير آخر مكافئ ppmv، وهي تعني دائماً أجزاء من المليون من الحجم أو المول. وهذا يُعتبر مثالياً للغاز المثالي، وهو مثالي عملياً لمعظم الغازات موضع الاهتمام في تلوث الهواء عند الضغط الجوي 1 atm.

إن جزء واحد من مليون (من الحجم) يساوي إلى حجم غاز معطى ممزوج في مليون حجم من الهواء:

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ gas volume}}{10^6 \text{ air volumes}}$$

وهكذا فإن حجم ميكرو ليتر من غاز ما في واحد ليتر من الهواء يساوي إلى 1 ppm أي:

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \mu\text{L gas}}{1 \text{ L air}}$$

يتزايد الاهتمام أكثر فأكثر هذه الأيام للتعبير عن تراكيز الغازات بالوحدات المترية، مثل  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . وبالرغم من كون التعبير عن تراكيز الغازات بوحدات  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ، يتمتع بميزة التعبير المترية، إلا أنه يُؤخذ عليه تأثيره الكبير بتغيرات درجة الحرارة والضغط. بالإضافة إلى ذلك ونتيجة الفرق في الوزن الجزيئي، فإن المقارنة بين تراكيز غازات مختلفة يكون صعباً.

ولتحويل ppmv إلى تعبير مترية مثل  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ، نحتاج إلى كثافة الغاز صاحب العلاقة. وكثافة الغاز يمكن حسابها بواسطة قانون أفوكادرو، الذي يقول: الحجم المتساوية للغازات تحوي نفس العدد من الجزيئات عند نفس درجة الحرارة والضغط. وهذا القانون يؤدي إلى كون 1 مول عند STP (درجة الحرارة والضغط النظاميين) ذو حجم 22.71108 ليتر ( $\text{dm}^3$ )، وهو الحجم المولي للغاز المثالي.

أما درجة الحرارة والضغط النظاميين (STP) Standard Temperature and Pressure فيتم تعريفهما بالشروط (0 C°) 273.15 k و (1 bar) 100.00 kpa واحد ضغط جوي، وهي قياسية من IUPAC.

STAND. 92 (1987) 85-95.

([International Union of Pure and Applied Chemistry \(IUPAC\)](http://www.iupac.org))

ومقدار المولات للغاز المعني يمكن حسابه مع الوزن الجزيئي.

$$1 \text{ ppm} = \frac{V_m \frac{1 \mu\text{g gas}}{M}}{1 \text{ L air}}$$

حيث:  $V_m$  = الحجم المولي النظامي للغاز المثالي (at 1 bar and 273.15 k). وهو:

$$(22.71108 \text{ L/mol})$$

$M$  = الوزن الجزيئي للغاز. وهو: (g/mol).

ولنحسب كمثال مقدار متوسط الربع الأول لعام 2010 في موقع محطة الشيخ سعيد جنوب حلب بالوحدات

المترية  $\text{mg/m}^3$  للغازين:

ثاني أكسيد الكبريت  $\text{SO}_2$  وقيمته الواردة في الجدول 0.266472 ppm (وزنه الجزيئي 64.06 g/mol)

$$0.266472 \text{ ppm} \times \frac{64.06}{22.71108} = 0.751624 \text{ mg/m}^3 (\mu\text{g}/\ell) \quad \text{مقدار } \text{SO}_2 \text{ هو}$$

وأول أكسيد الكربون CO وقيمته الواردة في الجدول 0.304597 ppm (وزنه الجزيئي 28.01 g/mol)

$$0.304597 \text{ ppm} \times \frac{28.01}{22.71108} = 0.375665 \text{ mg/m}^3 (\mu\text{g}/\ell) \quad \text{مقدار CO هو}$$

### 8.8 تجهيز القيم للحساب

إن SWMM هو برنامج عالمي يعكس أسلوب التفكير السائد عالمياً حالياً للتعاطي مع مشاكل التلوث

البيئي، والبرنامج يتطلب الاستحصال على المعطيات الخاصة بالملوثات بوحدات الكتلة في واحدة المساحة، وبما

أن القياسات في جداول مديرية البيئة لا تعبر عن ذلك، سنقوم بإجراء بعض الافتراضات للحصول على

المعطيات المطلوبة.

مبدئياً بافتراض، ولعدم وجود قياس لارتفاع غيمة الملوثات، أن الملوثات تتواجد ضمن ارتفاع مقداره 30 m،

وبالتالي يكون لدينا:

$$0.751624 \text{ mg/m}^3 \times 30 \text{ m} = 22.54872 \text{ mg/m}^2 \quad \text{مقدار } \text{SO}_2 \text{ هو:}$$

$$0.375665 \text{ mg/m}^3 \times 30 \text{ m} = 11.26995 \text{ mg/m}^2 \quad \text{مقدار CO هو:}$$

ومنه تم الاقتراح مستقبلاً لأخذ القياسات لمراقبة جودة الهواء، على ثلاثة ارتفاعات في النقطة الواحدة، وهي: 5 m، 15 m، 25 m حتى يتم التمكن من حساب ارتفاع غيمة الملوثات بالمقارنة وبالتوسط الخارجي.

ونتيجة لعدم وجود قياس لشبكية من النقاط فوق المدينة لنتمكن من الاستحصال على مساحة غيمة الملوثات، فسنفترض انتشاراً لها مقداره واحد هكتار 1.1 hec. وبالتالي يكون:

$$22.54872 \text{ mg/m}^2 \times 10000 \text{ m} = 225.4872 \text{ g/hec} \quad \text{مقدار SO}_2 \text{ هو:}$$

$$11.26995 \text{ mg/m}^2 \times 10000 \text{ m} = 112.6995 \text{ g/hec} \quad \text{مقدار CO هو:}$$

### 9.8 حساب جودة مياه السيل [11] الناتج عن الأمطار باستخدام SWMM

الملوثات الموجودة في الهواء لن تبقى فيه، بل ستعود إلى الأرض، في منطقة انبعاثها أو في منطقة أخرى عبر الغسل بالأمطار، ويساعد SWMM في تتبع أثر هذه الملوثات المنقولة إلى المياه، وبالتالي تقدير التلوث الحاصل فيها.

يمكنك SWMM الإمكانية لتحليل تراكم buildup وإزالة washoff ونقل transport ومعالجة treatment

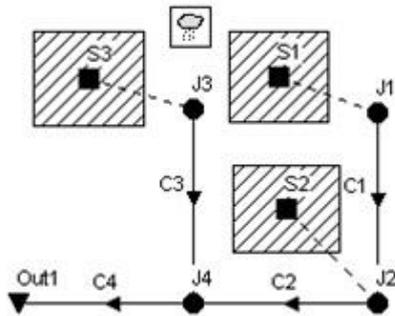
أي عدد من مكونات جودة المياه، والخطوات المطلوبة لتحقيق ذلك هي:

- 1- تعريف الملوثات التي سيجري تحليلها.
- 2- تعريف فئات استعمالات الأراضي land uses التي تولد هذه الملوثات.
- 3- إعداد معايير توابع التراكم والإزالة التي تحدد جودة المياه في السيل، من كل استعمال للأرض.
- 4- تخصيص مزيج من استعمالات الأراضي لكل حوض Subcatchment.
- 5- تعريف توابع إزالة الملوثات في العقد ضمن نظام الصرف الذي يحوي فعاليات المعالجة.

جرى تطبيق الخطوات أعلاه باستثناء الخطوة 5 على المعطيات الخاصة بثاني أكسيد الكبريت SO<sub>2</sub> وأول

أكسيد الكربون CO في الربع الأول لعام 2010 في المحطة الأولى في الشيخ سعيد شرقي حلب.

تم أخذ ثلاثة أحواض افتراضية S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> في منطقة الدراسة ميلها 0.5، وعرضها 120 m، ومساحة كل منها واحد هكتار، ومصارفها هي العقد: J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub>, J<sub>3</sub>، على الترتيب. مع وضع نظام صرف بسيط لها ينتهي بمصبّ Out<sub>1</sub> كما في الشكل التالي:



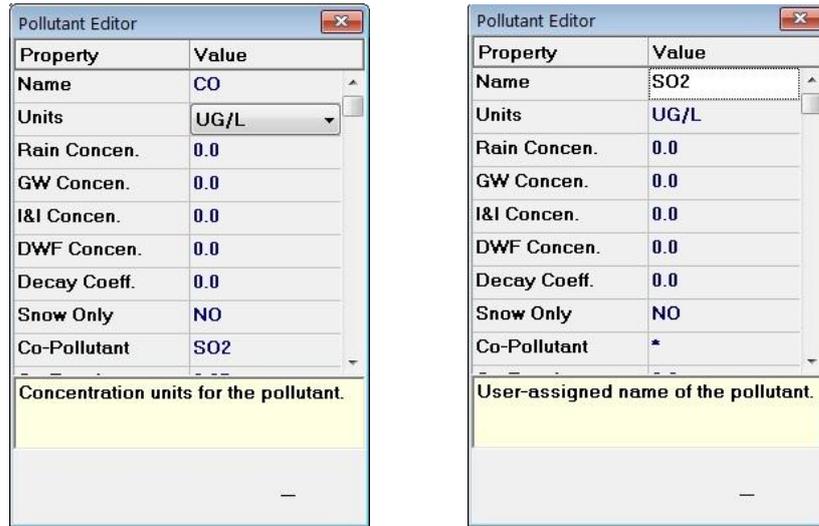
الشكل (122).

الأقنية C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> هي أنابيب بطول 160 m

وبأقطار 30 cm باستثناء C<sub>4</sub> فهو بقطر 45 cm.

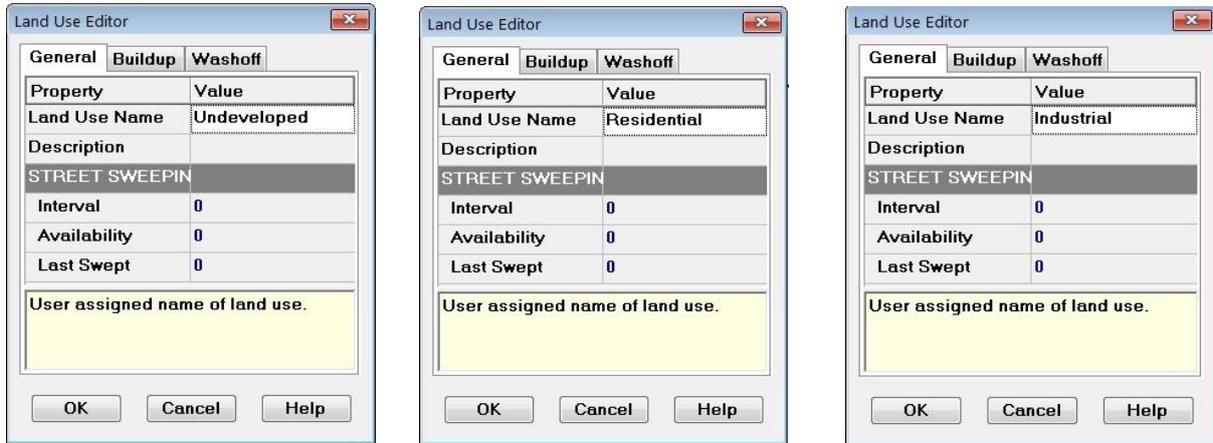
وفي هذا المثال سنعرّف الملوثتين SO<sub>2</sub>، CO أعلاه،

على مرحلتين بواحدات  $\mu\text{g}/\ell$  في محرر الملوثات:



الشكل (123). مربع حوار محرر الملوثات

والآن في الخطوة الثانية، سنقوم بتعريف استعمالات الأراضي، وهي ثلاثة استعمالات في المثال المعروض هنا: صناعية Industrial، سكنية Residential، وأراض غير مطورة Undeveloped، وذلك على ثلاث مراحل في محرر استعمالات الأراضي.

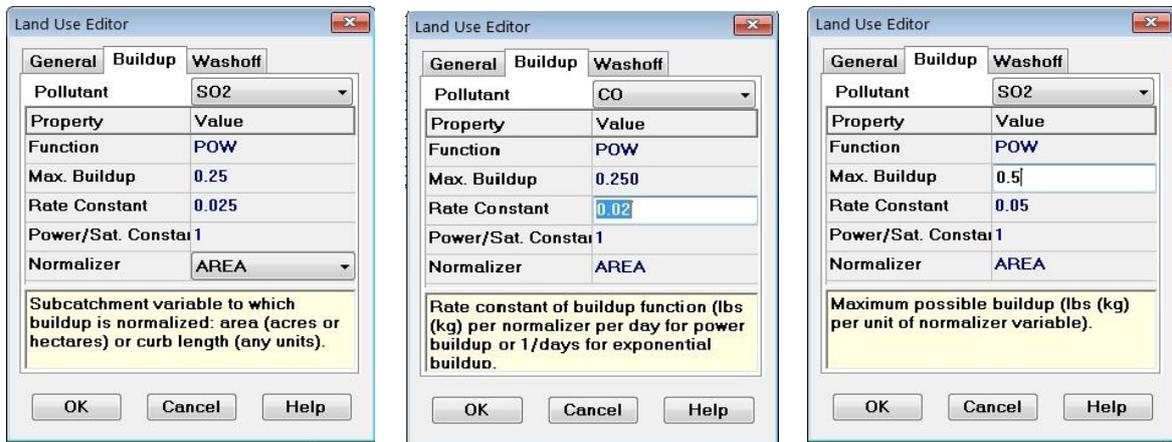


الشكل (124). مربع حوار محرر استعمالات الأراضي

الآن ينبغي تعريف توابع التراكم والإزالة لكل من  $CO$  و  $SO_2$  في كل فئة من استعمالات الأراضي، وطبعاً فإن تعريف هذه التوابع يتطلب المعايرة في المواقع.

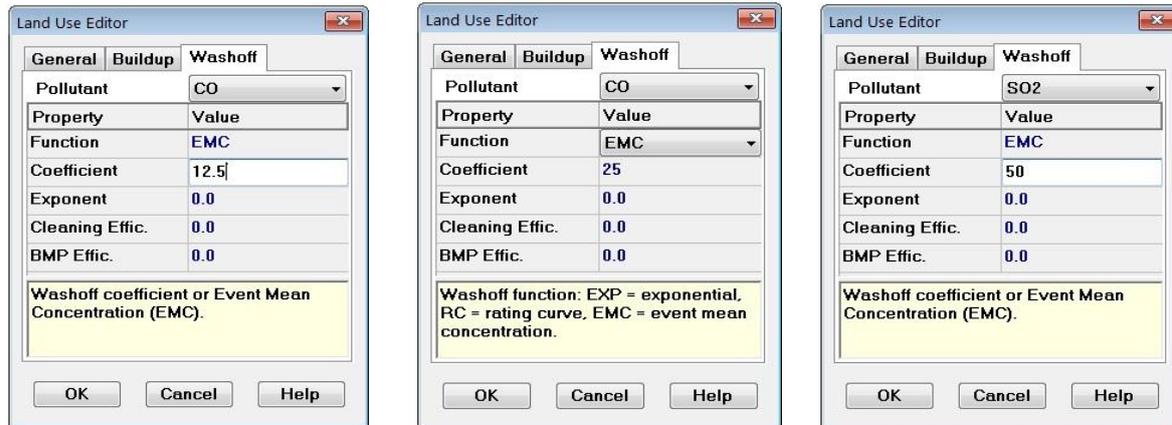
وبما أن القيم المقاسة هي وسطي ثلاثة أشهر، فمن المنطقي أن نفترض أن:  
القيمة العظمى لكمية  $SO_2$  في منطقة الاستعمالات الصناعية هي:  $0.500 \text{ kg/hectare}$  بتزايد ذو معدل ثابت مقداره  $0.05$  كيلوغرام في الهكتار في اليوم. وفي المنطقة غير المطورة نفترض نصف القيم السابقة.  
والقيمة العظمى لكمية  $CO$  في منطقة الاستعمالات السكنية هي:  $0.250 \text{ kg/hectare}$  بتزايد ذو معدل ثابت مقداره  $0.02$  كيلوغرام في الهكتار في اليوم. وفي المنطقة غير المطورة نفترض نصف القيم السابقة.

ومن المنطقي أيضاً أن نفترض أن التراكم يخضع لتابع القوة المرفوع للأس 1. ولسنا هنا بصدد التابع الأسّي أو تابع الإشباع.



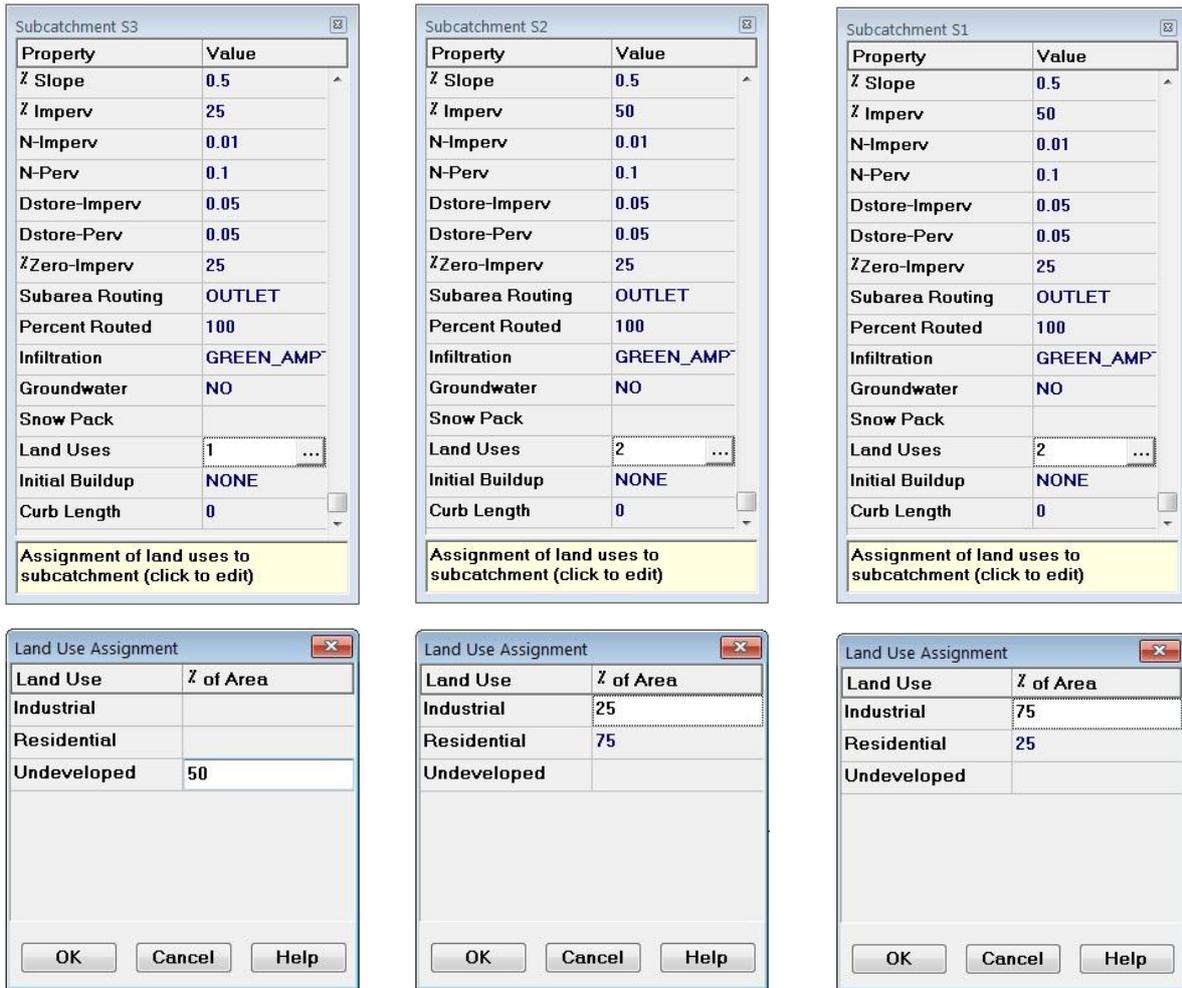
الشكل (125). تعريف تراكم الملوثات في مربع حوار محرر استعمالات الأراضي

أما بالنسبة لتتابع الإزالة (الغسل)، سنفترض قيمة ثابتة لتركيز وسطي الحدث  $EMC = 50 \text{ mg/l}$  لغسل الغازات في المناطق الصناعية و  $EMC = 25 \text{ mg/l}$  في المناطق السكنية، ونصف المقدار في المناطق غير المطوّرة.



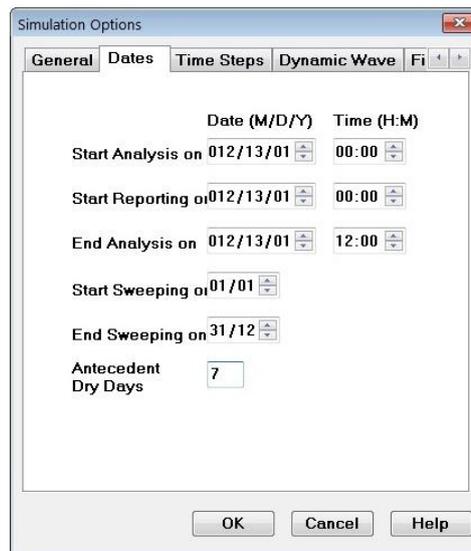
الشكل (126). تعريف إزالة (غسل) الملوثات في مربع حوار محرر استعمالات الأراضي

الخطوة الأخيرة تخصيص مزيج من استخدامات الأراضي إلى الأحواض. في  $S_1$  تم افتراض 75% استعمال صناعي للأراضي و 25% استعمال سكني للأراضي، وفي  $S_2$  فرض العكس.



الشكل (127). تخصيص مزيج من استخدامات الأراضي إلى الأحواض السابئة

أما في  $S_3$  سنفترض 50% غير مطور فقط كما في مربعات الحوار أعلاه. أخيراً سنضيف عدد الأيام الجافة (التي لم تهطل فيها الأمطار) قبل الهطل والمحاكاة، ولتكن 7 أيام.



الشكل (128). مربع حوار محرر خيارات المحاكاة

وسنستخدم العاصفة المطرية التالية وهي لستة ساعات:

Time Series Editor

Time Series Name  
TS1

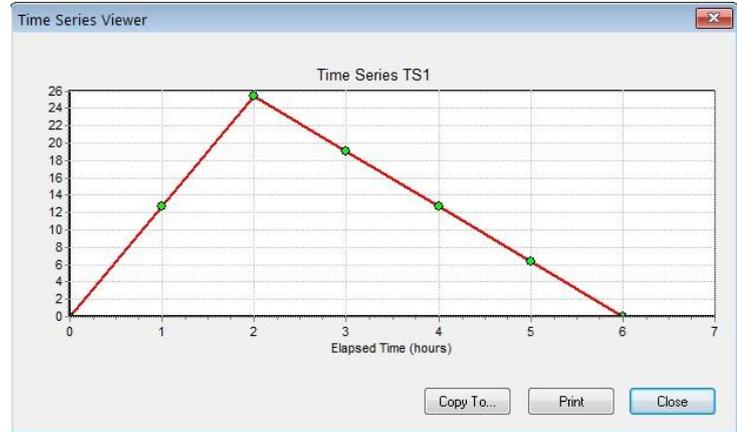
Description  
عاصفة مطرية بارتفاع 75 مم لمدة 6 ساعات

Use external data file named below

Enter time series data in the table below  
No dates means times are relative to start of simulation

Date (M/D/Y)	Time (H:M)	Value
	0	0
	1	12.7
	2	25.4
	3	19.05
	4	12.7
	5	6.35
	6	0

View... OK Cancel Help



الشكل (129). مربع حوار محرر السلسلة الزمنية للعاصفة وبياناتها

وبعد تشغيل SWMM سيتم تحليل نتائج جودة المياه، ويمكن عرضها من تقرير الحالة، وهي في حالتنا ولكل

حوض كما يلي:

	SO <sub>2</sub> kg	CO kg
Runoff Quality Continuity		
Initial Buildup	0.438	0.175
Surface Buildup	0.015	0.006
Wet Deposition	0.000	0.000
Sweeping Removal	0.000	0.000
Infiltration Loss	0.000	0.000
BMP Removal	0.000	0.000
Surface Runoff	0.022	0.011
Remaining Buildup	0.431	0.170
Continuity Error (%)	0.000	0.000

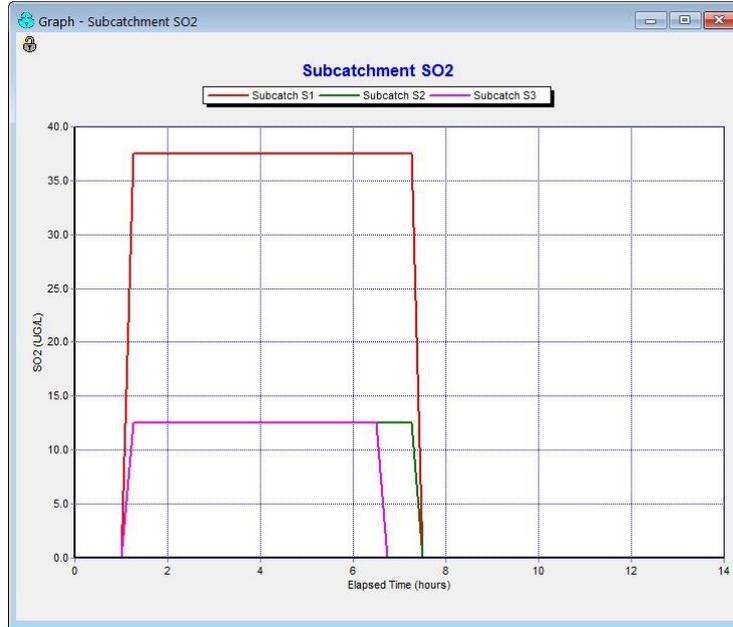
ومنه نرى توضع مجموع مقداره g 431 من SO<sub>2</sub> ومقداره g 170 من CO في التربة، وانتقال مجموع مقداره

g 22 من SO<sub>2</sub> ومقداره g 11 من CO إلى السيل المائي، عبر عملية الإزالة في كل حوض كما في الجدول:

Subcatchment Washoff Summary

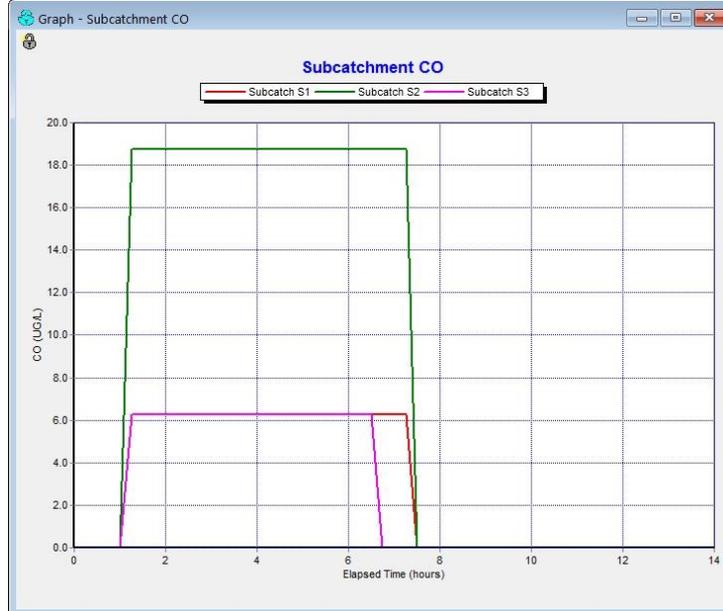
Subcatchment	SO <sub>2</sub> kg	CO kg
S1	0.014	0.002
S2	0.005	0.007
S3	0.002	0.001
System	0.022	0.011

وتوزيع التركيز لغاز  $SO_2$  في مياه الهطل فوق مختلف الأحواض هو:



الشكل (130). توزيع تركيز غاز  $SO_2$  في مياه الهطل فوق مختلف الأحواض

بينما توزيع التركيز لغاز  $CO$  في مياه الهطل فوق مختلف الأحواض هو:



الشكل (131). توزيع تركيز غاز  $CO$  فوق مختلف الأحواض

ويتبين بوضوح من الجداول والمخططات أعلاه مقدار تلوث المياه وسطح الأرض بالملوثات المذكورة.

علماً أن جزءاً من الملوثات المتبقية في التربة تنتقل إلى المياه الجوفية عبر الارتشاح.

## المقترحات والتوصيات

- 1- ضرورة إجراء الدراسات الجيدة لتوزيع وأعداد وأشكال الفوهات المطرية في الشوارع لالتقاط الهطولات.
- 2- ضرورة إجراء الصيانة المستمرة والمراقبة للفوهات المطرية، ووضع الملاحظات حول كل فوهة في فصل الهطول.
- 3- تعميم الدراسة أعلاه لوضع محاكاة لكافة مجاري المدينة، وإيجاد المقاطع التصميمية الحرجة فيها.
- 4- ضرورة قياس الهطول المطري فوق كل حوض من الأحواض السائبة في المدينة.
- 5- قيام مجلس المدينة بكشف كافة حفر التفتيش المغطاة على مسار K وتفرعاته، من صرف صحي إلى كهرباء وهاتف ومياه. ورفع مناسيب رقباتها إلى منسوب زفت الشارع.
- 6- يجب أن تكون **أغطية حفر تفتيش الصرف الصحي مزودة بفتحة** قياس لمنسوب القاع دون رفع الغطاء. وبالتالي فهذه الأغطية مختلفة عن أغطية حفر تفتيش خطوط الخدمات الأخرى التي ينبغي أن تكون مغلقة.
- 7- عند اكتشاف ملوثات غازية أو معلقة في الهواء تتجاوز القيم المسموحة في المواصفات القياسية السورية، ينبغي تحديد حجم غيمة هذه الملوثات، عبر أخذ شبكية قياسات، على ثلاثة مستويات ارتفاع عند كل نقطة في الشبكية.
- 8- ينبغي معايرة توابع التراكم لهذه الانبعاثات، والكتلة الكلية العظمى المتواجدة بوحدة الكيلوغرام لكل هكتار فوق كل مساحة مدروسة.
- 9- إعداد معايير توابع التراكم والإزالة التي تحدد جودة المياه في السيل، من كل استعمال للأرض.

## المراجع

- 1- **STORM WATER MANAGEMENT MODEL – USER'S MANUAL, Version 5, EPA (Environmental Protection Agency) – 2010 (Software)**
- 2- **Introduction to SWMM, Lecture 8-B, Youngstown state University, Department of Civil / Environmental & Chemical Engineering**
- 3- نجم محمد واصل، مراد آغا محمد أمجد، أبو صالح باسل 2011 - "استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الكوارث في مدينة حلب"، رسالة ماجستير - جامعة حلب - كلية الهندسة المدنية - قسم الهندسة الطبوغرافية.
- 4- الشركة العامة للصرف الصحي في حلب.
- 5- شغالة محمد أمين، جعارة عبد الناصر 2007 - الهيدرولوجيا (1)، منشورات جامعة حلب - كلية الهندسة المدنية.
- 6- الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية في حلب.
- 7- **STORMWATER COLLECTION SYSTEMS DESIGN HANDBOOK, MicGraw-Hill, Larry W. Mays, PH.D., PE., P.h. - 2004**
- 8- مديرية البيئة في حلب.
- 9- من قياسات مراقبة تلوث الهواء من قبل مديرية البيئة في مدينة حلب.
- 10- **Method Statement for Storm Water and Drainage Earthwork (Documents)**
- 11- **U.S. Environmental Protection Agency. (1983). Results of the Nationwide Urban Runoff Program (NURP), Vol. 1, NTIS (PB 84-185552). Water Planning Division, Washington, DC.**
- 12- **ENGINEERING DESIGN CRITERIA MANUAL, June 2007 (e. Documents)**
- 13- **Urban Stormwater Management Manual (e. Documents)**

## الملاحق [12][13]

### الوحدات الدولية

#### SI Metric Units

Area (Subcatchment)	hectares
Area (Storage Unit)	square meters
Area (Ponding)	square meters
Capillary Suction	millimeters
Concentration	milligrams / liter (mg/L) micrograms / liter (ug/L) Counts / liter (#/L)
Decay Constant (Infiltration)	1 / hours
Decay Constant (Pollutants)	1 / days
Depression Storage	millimeters
Depth	meters
Diameter	meters
Discharge Coefficient Orifice Weir	dimensionless cubic meters / second / meter <sup>n</sup> (CMS/meter <sup>n</sup> )
Elevation	meters
Evaporation	millimeters / day
Flow	cubic meters / second (CMS) liters per second (LPS) million liters / day (MLD)
Head	meters
Hydraulic Conductivity	millimeters / hour
Infiltration Rate	millimeters / hour
Length	meters
Manning's n	seconds / meter <sup>1/3</sup>
Pollutant Buildup	mass / hectare mass / length
Rainfall Intensity	millimeters / hour
Rainfall Volume	millimeters
Slope (Subcatchment)	percent
Slope (Cross Section)	rise / run
Street Cleaning Interval	days
Volume	cubic meters
Width	meters

**US Standard Units**

Area (Subcatchment)	acres
Area (Storage Unit)	square feet
Area (Ponding)	square feet
Capillary Suction	inches
Concentration	milligrams / liter (mg/L) micrograms / liter (ug/L) counts / liter (#/L)
Decay Constant (Infiltration)	1 / hours
Decay Constant (Pollutants)	1 / days
Depression Storage	inches
Depth	feet
Diameter	feet
Discharge Coefficient Orifice Weir	dimensionless cubic feet / second / feet <sup>n</sup> (CFS/ft <sup>n</sup> )
Elevation	feet
Evaporation	inches / day
Flow	cubic feet /second (CFS) gallons / minute (GPM) million gallons / day (MGD)
Head	feet
Hydraulic Conductivity	inches / hour
Infiltration Rate	inches / hour
Length	feet
Manning's n	seconds / meter <sup>1/3</sup>
Pollutant Buildup	mass / acre mass / length
Rainfall Intensity	inches / hour
Rainfall Volume	inches
Slope (Subcatchments)	percent
Slope (Cross Section)	rise / run
Street Cleaning Interval	days
Volume	cubic feet
Width	feet

## التعريف الهيدرولوجي لفئات التربة

NRCS Hydrologic Soil Group Definitions

Group	Meaning	Saturated Conductivity (in/hr)
A	Low runoff potential. Soils having high infiltration rates even when thoroughly wetted and consisting chiefly of deep, well to excessively drained sands or gravels.	$\geq 0.45$
B	Soils having moderate infiltration rates when thoroughly wetted and consisting chiefly of moderately deep to deep, moderately well to well-drained soils with moderately fine to moderately coarse textures. E.g., shallow loess, sandy loam.	0.30 - 0.15
C	Soils having slow infiltration rates when thoroughly wetted and consisting chiefly of soils with a layer that impedes downward movement of water, or soils with moderately fine to fine textures. E.g., clay loams, shallow sandy loam.	0.15 - 0.05
D	High runoff potential. Soils having very slow infiltration rates when thoroughly wetted and consisting chiefly of clay soils with a high swelling potential, soils with a permanent high water table, soils with a clay-pan or clay layer at or near the surface, and shallow soils over nearly impervious material.	0.05 - 0.00

SCS Runoff Curve Numbers (Antecedent moisture condition II)<sup>1</sup>

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land				
Poor condition	68	79	86	89
Good condition	39	61	74	80
Meadow				
Good condition	30	58	71	78
Wood or forest land				
Thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
Good cover <sup>2</sup>	25	55	70	77
Open spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
Good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50 - 75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential <sup>3</sup>				
Average lot size (% Impervious <sup>4</sup> )				
1/8 ac or less (65)	77	85	90	92
1/4 ac (38)	61	75	83	87
1/3 ac (30)	57	72	81	86
1/2 ac (25)	54	70	80	85
1 ac (20)	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Streets and roads				
Paved with curbs and storm sewers <sup>5</sup>	98	98	98	98

1. Source: *SCS Urban Hydrology for Small Watersheds*, 2nd Ed., (TR-55), June 1986.
2. Good cover is protected from grazing and litter and brush cover soil.
3. Curve numbers are computed assuming that the runoff from the house and driveway is directed toward the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.
4. The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.
5. In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

**Characteristics of Various Soils**

Soil Texture Class	K	$\Psi$	$\phi$	FC	WP
Sand	4.74	1.93	0.437	0.062	0.024
Loamy Sand	1.18	2.40	0.437	0.105	0.047
Sandy Loam	0.43	4.33	0.453	0.190	0.085
Loam	0.13	3.50	0.463	0.232	0.116
Silt Loam	0.26	6.69	0.501	0.284	0.135
Sandy Clay Loam	0.06	8.66	0.398	0.244	0.136
Clay Loam	0.04	8.27	0.464	0.310	0.187
Silty Clay Loam	0.04	10.63	0.471	0.342	0.210
Sandy Clay	0.02	9.45	0.430	0.321	0.221
Silty Clay	0.02	11.42	0.479	0.371	0.251
Clay	0.01	12.60	0.475	0.378	0.265

**K** = hydraulic conductivity, in/hr

**$\Psi$**  = suction head, in.

**$\phi$**  = porosity, fraction

**FC** = field capacity, fraction

**WP**= wilting point, fraction

Source: Rawls, W.J. et al., (1983). *J. Hyd. Engr.*, 109:1316.

## قيم الخزن الاحتجازي النموذجي

### Typical Depression Storage Values

Impervious surfaces	0.05 - 0.10 inches
Lawns	0.10 - 0.20 inches
Pasture	0.20 inches
Forest litter	0.30 inches

(Source: ASCE,(1992), *Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems*, New York, NY)

## عامل الخشونة للجريان السطحي

### Manning's Roughness n for Overland Flow

Surface	n
Smooth asphalt	0.011
Smooth concrete	0.012
Ordinary concrete lining	0.013
Good wood	0.014
Brick with cement mortar	0.014
Vitrified clay	0.015
Cast iron	0.015
Corrugated metal pipes	0.024
Cement rubble surface	0.024
Fallow soils (no residue)	0.05
Cultivated soils	
Residue cover < 20%	0.06
Residue cover > 20%	0.17
Range (natural)	0.13
Grass	
Short, prairie	0.15
Dense	0.24
Bermuda grass	0.41
Woods	
Light underbrush	0.40
Dense underbrush	0.80

Source: McCuen, R. et al. (1996), *Hydrology*, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

## عامل الخشونة للمجاري المغلقة

### Manning's Roughness n for Closed Conduits

Conduit Material	Manning n
Asbestos-cement pipe	0.011 - 0.015
Brick	0.013 - 0.017
Cast iron pipe	
- Cement-lined & seal coated	0.011 - 0.015
Concrete (monolithic)	
- Smooth forms	0.012 - 0.014
- Rough forms	0.015 - 0.017
Concrete pipe	0.011 - 0.015
Corrugated-metal pipe (1/2-in. x 2-2/3-in. corrugations)	
- Plain	0.022 - 0.026
- Paved invert	0.018 - 0.022
- Spun asphalt lined	0.011 - 0.015
Plastic pipe (smooth)	0.011 - 0.015
Vitrified clay	
- Pipes	0.011 - 0.015
- Liner plates	0.013 - 0.017

Source: ASCE (1982). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

## عامل الخشونة للأقنية المكشوفة

### Manning's Roughness n for Open Channels

Channel Type	Manning n
Lined Channels	
- Asphalt	0.013 - 0.017
- Brick	0.012 - 0.018
- Concrete	0.011 - 0.020
- Rubble or riprap	0.020 - 0.035
- Vegetal	0.030 - 0.40
Excavated or dredged	
- Earth, straight and uniform	0.020 - 0.030
- Earth, winding, fairly uniform	0.025 - 0.040
- Rock	0.030 - 0.045
- Unmaintained	0.050 - 0.140
Natural channels (minor streams, top width at flood stage < 100 ft)	
- Fairly regular section	0.030 - 0.070
- Irregular section with pools	0.040 - 0.100

Source: ASCE (1982). *Gravity Sanitary Sewer Design and Construction*, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

## مميزات نوعية المياه في سيول المناطق الحضرية

### Water Quality Characteristics of Urban Runoff

Constituent	Event Mean Concentrations
TSS (mg/L)	180 - 548
BOD (mg/L)	12 - 19
COD (mg/L)	82 - 178
Total P (mg/L)	0.42 - 0.88
Soluble P (mg/L)	0.15 - 0.28
TKN (mg/L)	1.90 - 4.18
NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	0.86 - 2.2
Total Cu (ug/L)	43 - 118
Total Pb (ug/L)	182 - 443
Total Zn (ug/L)	202 - 633

Source: U.S. Environmental Protection Agency. (1983). *Results of the Nationwide Urban Runoff Program (NURP)*, Vol. 1, NTIS PB 84-185552), Water Planning Division, Washington, DC.

**Circular Concrete**

- 1 Square edge with headwall
- 2 Groove end with headwall
- 3 Groove end projecting

**Circular Corrugated Metal Pipe**

- 4 Headwall
- 5 Mitered to slope
- 6 Projecting

**Circular Pipe, Beveled Ring Entrance**

- 7 45 deg. bevels
- 8 33.7 deg. bevels

**Rectangular Box; Flared Wingwalls**

- 9 30-75 deg. wingwall flares
- 10 90 or 15 deg. wingwall flares
- 11 0 deg. wingwall flares (straight sides)

**Rectangular Box; Flared Wingwalls and Top Edge Bevel:**

- 12 45 deg flare; 0.43D top edge bevel
- 13 18-33.7 deg. flare; 0.083D top edge bevel

**Rectangular Box, 90-deg Headwall, Chamfered / Beveled Inlet Edges**

- 14 chamfered 3/4-in.
- 15 beveled 1/2-in/ft at 45 deg (1:1)
- 16 beveled 1-in/ft at 33.7 deg (1:1.5)

**Rectangular Box, Skewed Headwall, Chamfered / Beveled Inlet Edges**

- 17 3/4" chamfered edge, 45 deg skewed headwall
- 18 3/4" chamfered edge, 30 deg skewed headwall
- 19 3/4" chamfered edge, 15 deg skewed headwall
- 20 45 deg beveled edge, 10-45 deg skewed headwall

**Rectangular Box, Non-offset Flared Wingwalls, 3/4" Chamfer at Top of Inlet**

- 21 45 deg (1:1) wingwall flare
- 22 8.4 deg (3:1) wingwall flare
- 23 18.4 deg (3:1) wingwall flare, 30 deg inlet skew

**Rectangular Box, Offset Flared Wingwalls, Beveled Edge at Inlet Top**

- 24 45 deg (1:1) flare, 0.042D top edge bevel
- 25 33.7 deg (1.5:1) flare, 0.083D top edge bevel
- 26 18.4 deg (3:1) flare, 0.083D top edge bevel

**Corrugated Metal Box**

- 27 90 deg headwall
- 28 Thick wall projecting
- 29 Thin wall projecting

**Horizontal Ellipse Concrete**

- 30 Square edge with headwall
- 31 Grooved end with headwall
- 32 Grooved end projecting

**Vertical Ellipse Concrete**

- 33 Square edge with headwall
- 34 Grooved end with headwall
- 35 Grooved end projecting

**Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal**

- 36 90 deg headwall
- 37 Mitered to slope
- 38 Projecting

**Pipe Arch, 18" Corner Radius, Corrugated Metal**

- 39 Projecting
- 40 No bevels
- 41 33.7 deg bevels

**Pipe Arch, 31" Corner Radius, Corrugated Metal**

- 42 Projecting
- 43 No bevels
- 44 33.7 deg. bevels

**Arch, Corrugated Metal**

- 45 90 deg headwall
- 46 Mitered to slope
- 47 Thin wall projecting

**Circular Culvert**

- 48 Smooth tapered inlet throat
- 49 Rough tapered inlet throat

**Elliptical Inlet Face**

- 50 Tapered inlet, beveled edges
- 51 Tapered inlet, square edges
- 52 Tapered inlet, thin edge projecting

**Rectangular**

- 53 Tapered inlet throat

**Rectangular Concrete**

- 54 Side tapered, less favorable edges
- 55 Side tapered, more favorable edges
- 56 Slope tapered, less favorable edges
- 57 Slope tapered, more favorable edges

<u>Type of Structure and Design of Entrance</u>	<u>Coefficient</u>
<b>• Pipe, Concrete</b>	
Projecting from fill, socket end (groove-end)	0.2
Projecting from fill, sq. cut end	0.5
Headwall or headwall and wingwalls:	
Socket end of pipe (groove-end)	0.2
Square-edge	0.5
Rounded (radius = D/12)	0.2
Mitered to conform to fill slope	0.7
*End-Section conforming to fill slope	0.5
Beveled edges, 33.7 deg or 45 deg bevels	0.2
Side- or slope-tapered inlet	0.2
<b>• Pipe or Pipe-Arch, Corrugated Metal</b>	
Projecting from fill (no headwall)	0.9
Headwall or headwall and wingwalls square-edge	0.5
Mitered to conform to fill slope, paved or unpaved slope	0.7
*End-Section conforming to fill slope	0.5
Beveled edges, 33.7 or 45 bevels	0.2
Side- or slope-tapered inlet	0.2
<b>• Box, Reinforced Concrete</b>	
Headwall parallel to embankment (no wingwalls):	
Square-edged on 3 edges	0.5
Rounded on 3 edges to radius of D/12 or B/12 or beveled edges on 3 sides	0.2
Wingwalls at 30 deg to 75 deg to barrel:	
Square-edged at crown	0.4
Crown edge rounded to radius of D/12 or beveled top edge	0.2
Wingwall at 10 deg to 25 deg to barrel:	
Square-edged at crown	0.5
Wingwalls parallel (extension of sides):	
Square-edged at crown	0.7
Side- or slope-tapered inlet	0.2

\*Note: "End Sections conforming to fill slope," made of either metal or concrete, are the sections commonly available from manufacturers. From limited hydraulic tests they are equivalent in operation to a headwall in both inlet and outlet control. Some end sections, incorporating a closed taper in their design have a superior hydraulic performance. These latter sections can be designed using the information given for the beveled inlet.

Source: Federal Highway Administration (2005). *Hydraulic Design of Highway Culverts*, Publication No. FHWA-NHI-01-020.

# STORM WATER MANAGEMENT MODELING

(With Applications Into Aleppo)

## Abstract

Recent years successive technical revolutions dealt with various aspects of human activity, and contributed to human well-being and progress of societies. These revolutions sometimes led to deterioration in ecosystems, including groundwater and surface water, As a result of the large increase in populations and the high rates of economic development, the increasing amount of residues and waste, which flow into watercourses and wastewater systems .

Aleppo, like other cities in the world, exposed to flood incidents resulted from heavy precipitations during frequent intervals, in different areas of the city .

The gaseous pollutants, especially in cities have become one of the most important pollutants affecting the environmental health of our planet, being transmitted through the air and back down to earth with the rain.

This thesis displays ,presents a applies a global experience in the "Storm Water Management Model" SWMM.

SWMM is a computer system, in which information and data processing take place.

It is issued by the “United States Environmental Protection Agency” USEPA. It determines the massive impact of the waste, and evaluates mitigation strategies to the problem. It is a global program that reflects the globally prevailing style of thinking to deal with the environmental pollution problems.

Integrated water management is one of the difficult tasks faced all over the world.

Two applications have been made in the city of Aleppo using the technique SWMM.

The first application Has looked for reasons of not draining the flood waters, which resulted in bottlenecks formation , and to develop appropriate engineering solutions to avoid them in the future, This application benefit from the results of the applied approach to deal with the rest of the bottlenecks, using a computer to simulate water flows. This research put a set of recommendations which are useful for addressing the flooding problem in Faisal Street and to avoid the problem occurs in other parts of Aleppo in the future.

In the second application , results from Air Qquality Monitoring Stations in the city of Aleppo has been used to present an example of how the air pollutants affect the water quality precipitating on on a Virtual part of the Sheikh Saeed area, south of Aleppo City.

## **DECLARATION**

It is hereby declared that this work:

### **STORM WATER MANAGEMENT MODELING**

(With Applications Into Aleppo)

Not already been accepted for any degree, and it is not being submitted concurrently for any other degree.

**Candidate**

Eng. M. Yahia Kaadan

## CERTIFICATE

It is hereby certified that the work described in this thesis is the result of the author's own investigations under the supervision of **Prof. Fatimeh JaarA** and **Prof. M. Amin Chaghale**, in the department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo, and any references to other research work has been acknowledged in the text.

### **Candidate**

Eng. M. Yahia kaadan

Main Supervisor: Prof. **Fatimeh JaarA**

Supervisor: Prof. **M. Amin Chaghale**

Date 2/4/2015

**University of Aleppo**  
**Faculty Of Civil Engineering**  
**Department Of Environmental Engineering**



**This Is For Master's Degree**

## **STORM WATER MANAGEMENT MODELING**

**(With Applications Into Aleppo)**

**Prepared By**

Eng. M. Yahia Kaadan

**Supervised By**

**Prof. Fatimeh JaarA**

Dept. of Environmental Engineering  
Faculty of Civil Engineering  
University of Aleppo

**Prof. Mohammed Amin Chaghale**

Dept. of Hydraulic Engineering  
Faculty of Civil Engineering  
University of Aleppo

**University of Aleppo**  
**Faculty Of Civil Engineering**  
**Department Of Environmental Engineering**



**This Is For Master's Degree**

## **STORM WATER MANAGEMENT MODELING**

**(With Applications Into Aleppo)**

**Prepared By**

Eng. M. Yahia Kaadan