هندسة الصرف الصحي

مقدمة

قامت التجمعات البشرية الأولى حول المصادر المائية

يستخدم الناس مياه المصدر مباشرة لأغراضهم المختلفة

يرمون فضلاتهم في نفس المصدر

كمية المياه الناتجة قليلة بالنسبة لحجم المصدر

قوى التمديد تسمح بتخفيف تراكيز الملوثات المختلفة

قوى التنقية الذاتية تزيل المواد المنحلة بفضل الهرم الغذائي

نشوء المدن كمراكز حضارية

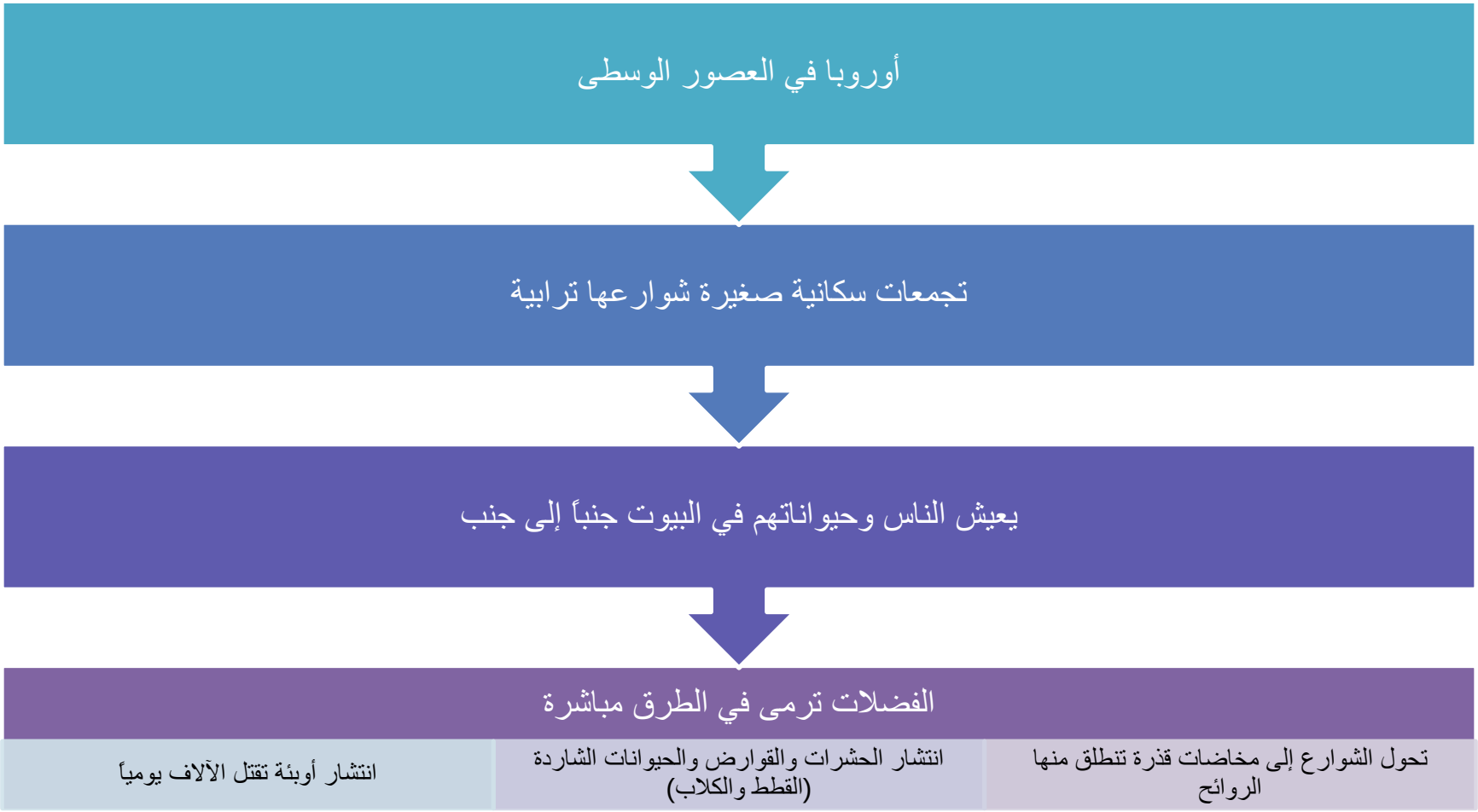
توجد بيوت بعيدة عن المصدر المائي

نشأت الحاجة لبناء قنوات لنقل مياه الصرف إلى المصدر المائي

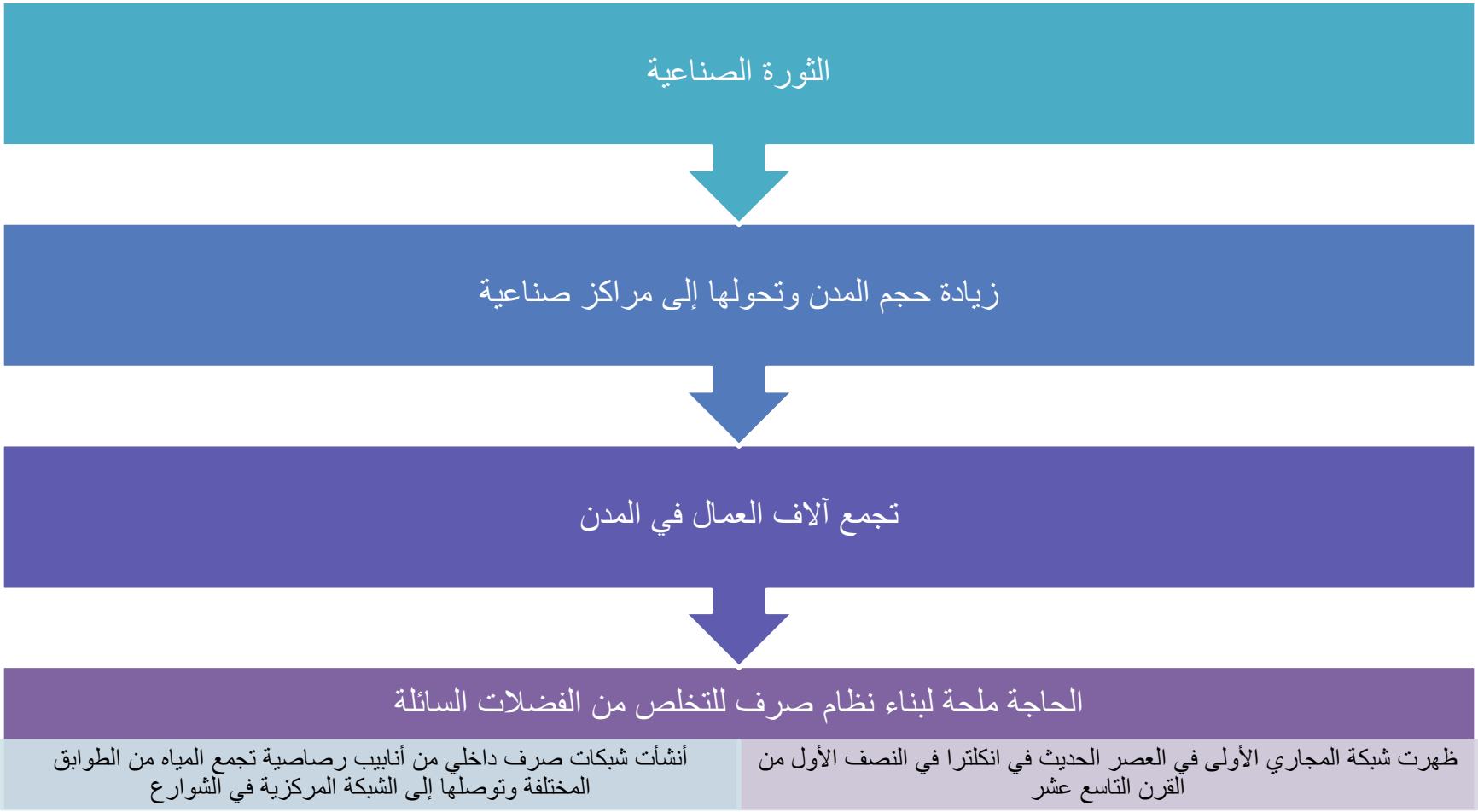
أنشأت أولى شبكات الصرف الصحي في روما القديمة بحدود 500 ق.م.

كانت الشبكات تخدم الطوابق الأولى فقط

مياه الصرف من الطوابق العليا ترمى من النوافذ مباشرة


أوروبا في العصور الوسطى
تجمعات سكانية صغيرة شوارعها ترابية
يعيش الناس وحيواناتهم في البيوت جنباً إلى جنب
الفضلات ترمى في الطرق مباشرة
تحول الشوارع إلى مخاضات قذرة تنطلق منها الروائح
انتشار الحشرات والقوارض والحيوانات الشاردة (القطط والكلاب)
انتشار أوبئة تقتل الآلاف يومياً

- المدن العربية كانت أكثر تنظيماً
  - الخدمات الصحية في الطوابق الأرضية
  - توجد شبكات صرف حجرية تصل المنازل إلى المصادر المائية
  - انتشر استخدام المياه الرمادية في ري مساحات زراعية صغيرة ملحقة بالمنازل


الثورة الصناعية
زيادة حجم المدن وتحولها إلى مراكز صناعية
تجمع آلاف العمال في المدن
الحاجة ملحة لبناء نظام صرف للتخلص من الفضلات السائلة
ظهرت شبكة المجاري الأولى في العصر الحديث في انكلترا في النصف الأول من القرن التاسع عشر
أنشأت شبكات صرف داخلي من أنابيب رصاصية تجمع المياه من الطوابق المختلفة وتوصلها إلى الشبكة المركزية في الشوارع

وجود شبكات الصرف الصحي المركزية أدى إلى

- وصول كمية تلوث كبيرة إلى مقطع صغير من المصدر المائي
- تجاوز حدود قدرة قوى التنقية الذاتية
- تحول لون المياه إلى الأسود تدريجياً
- انتشار الروائح المزعجة
- اختفاء أشكال الحياة العليا والأسماك في المياه

ظهور الحاجة لمعالجة مياه الصرف قبل رميها في المصادر المائية

- ظهرت محطات معالجة مياه الصرف الصحي الأولى في بريطانيا وألمانيا في النصف الثاني من القرن التاسع عشر وبدايات القرن العشرين

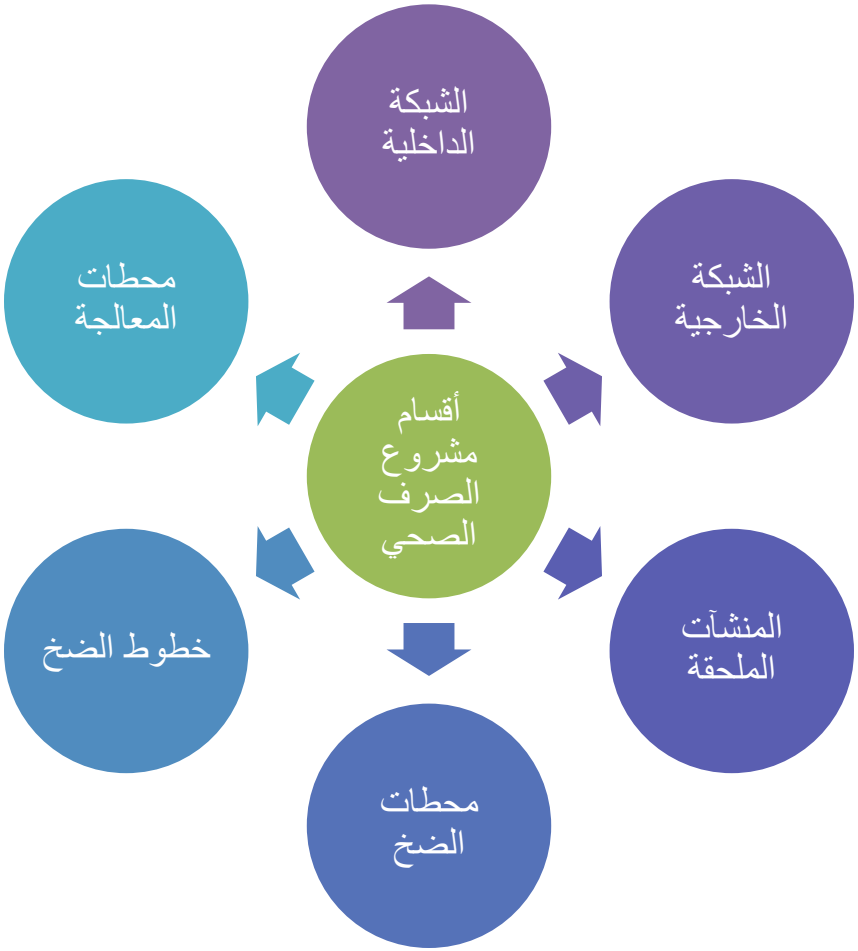
في المنطقة العربية توجد المشاكل التالية

نقص المياه اللازمة لأغراض الشرب	تناقض واضح بين حاجة السكان للمياه والحاجة إليها لأغراض الزراعة	مشاكل تلوث ناتجة عن مصبات مياه المجاري تهدد الوديان والمصادر المائية

جمع مياه الصرف ومعالجتها واستخدامها لأغراض الري ضرورة

لتخفيف التلوث ومنع الإضرار بمصادر المياه العذبة	بديل عن المياه العذبة لأغراض الري

أقسام مشروع الصرف الصحي



الشبكة الداخلية

- جمع مياه الصرف ضمن الأبنية
- نقلها خارج حدود البناء
- منع انتشار الروائح والتلوث ضمن المبنى

الشبكة الخارجية

- مجموعة أنابيب مغلقة تجري المياه ضمنها بالراحة
- تعمل هيدروليكياً كأقنية مكشوفة
- تجمع المياه من الأبنية المختلفة
- تنقلها خارج حدود التجمع السكاني

المنشآت الملحقة

منشآت تركب على الشبكة الخارجية

تهدف إلى

- تسهيل عمل الشبكة
- مراقبتها
- تنظيفها
- اختراق الشبكة للعوائق الطبيعية والإنشائية

مثالها:

- غرف التفتيش، المفيضات، أحواض الدفق، السيفونات المقلوبة، الجسور المائية

محطات الضخ

- منشآت تحوي على مضخات ترفع المياه من منسوب منخفض إلى منسوب أعلى منه
- تحوي على تجهيزات ملحقة بالمضخات
  - لوحات التحكم، صمامات، أنابيب، ...
- يقتصر استخدامها على حالات خاصة

خطوط الضخ

- أنابيب مضغوطة
- تصل محطات الضخ إلى الأجزاء التالية لها من الشبكة

محطات المعالجة

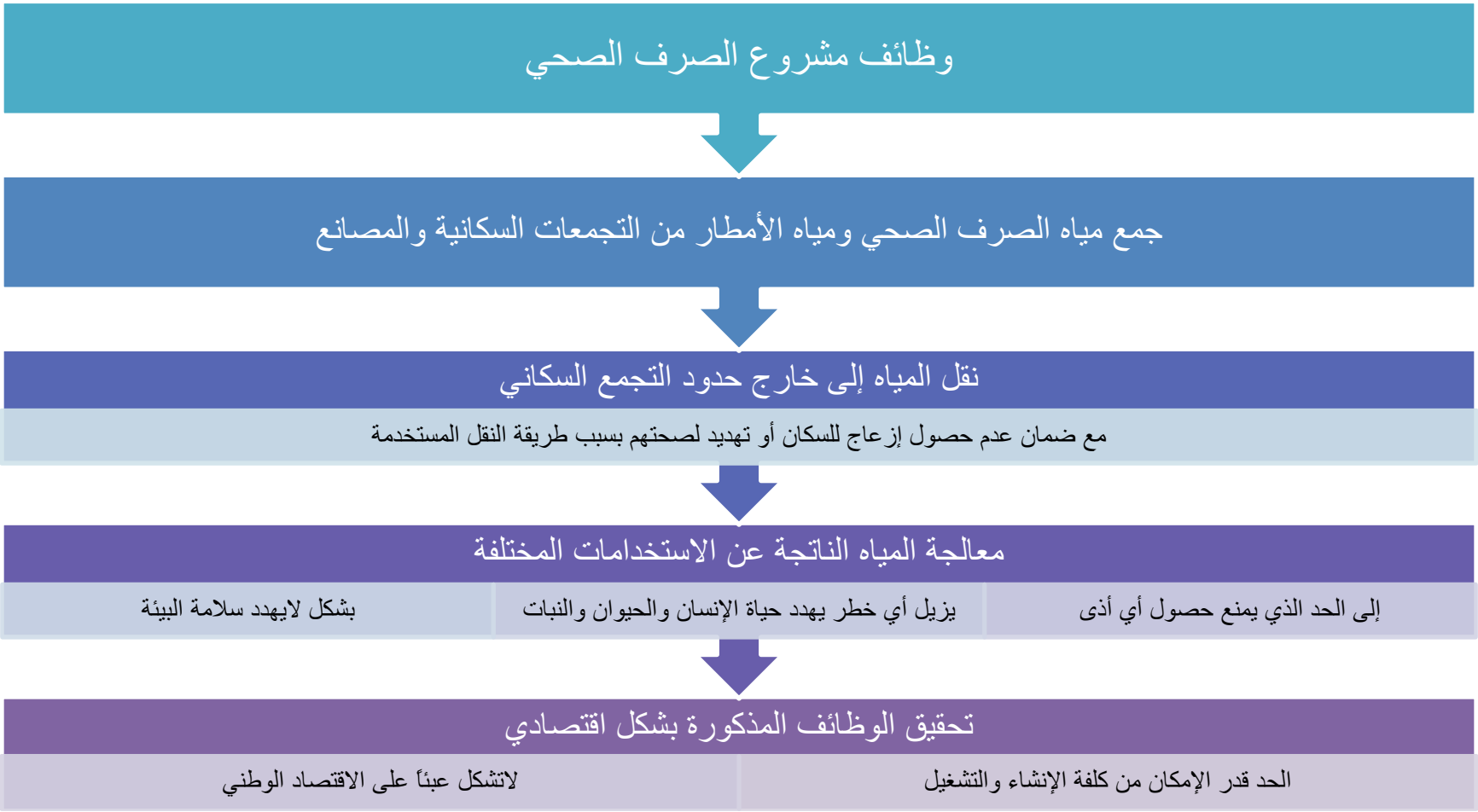
تهدف إلى

- تخليص مياه الصرف من خواصها السلبية
- تحويلها إلى مياه نظيفة نسبياً

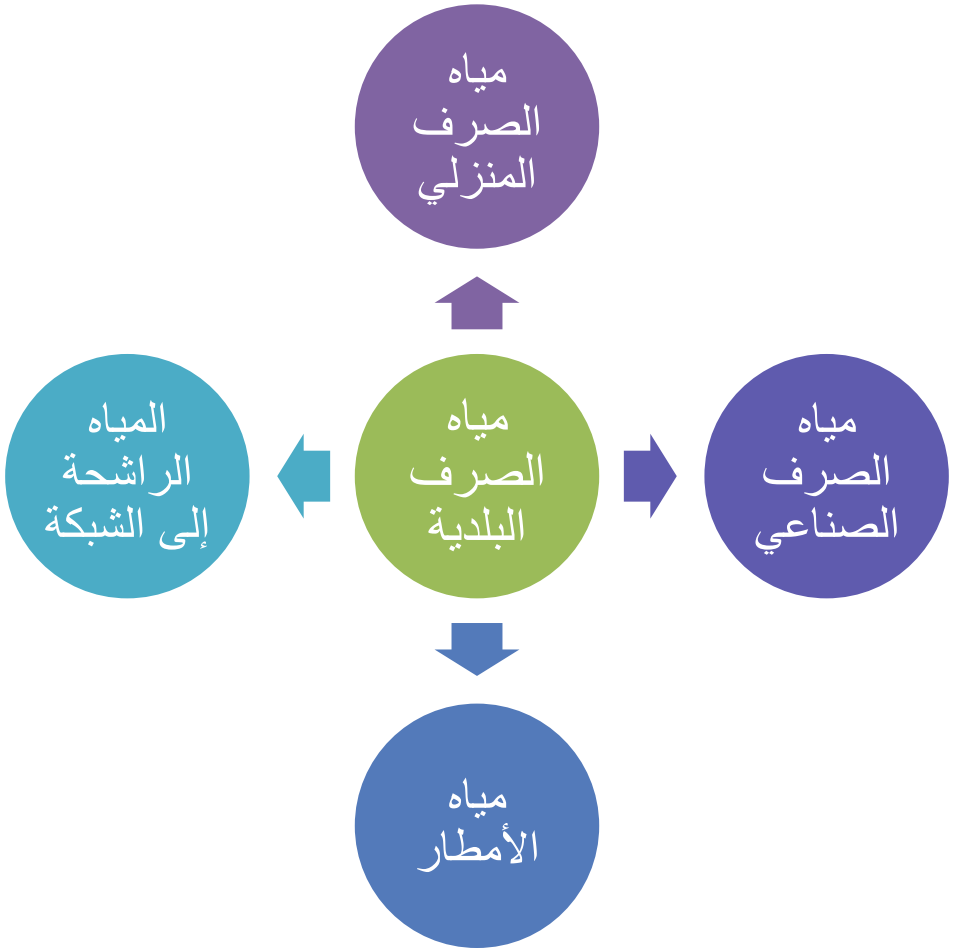
المياه المعالجة تصلح للري أو لإعادتها إلى المصادر المائية دون التأثير سلباً على

- التربة
- خواص مياه المصادر المائية
- التوازن البيئي المسيطر في المصادر المائية

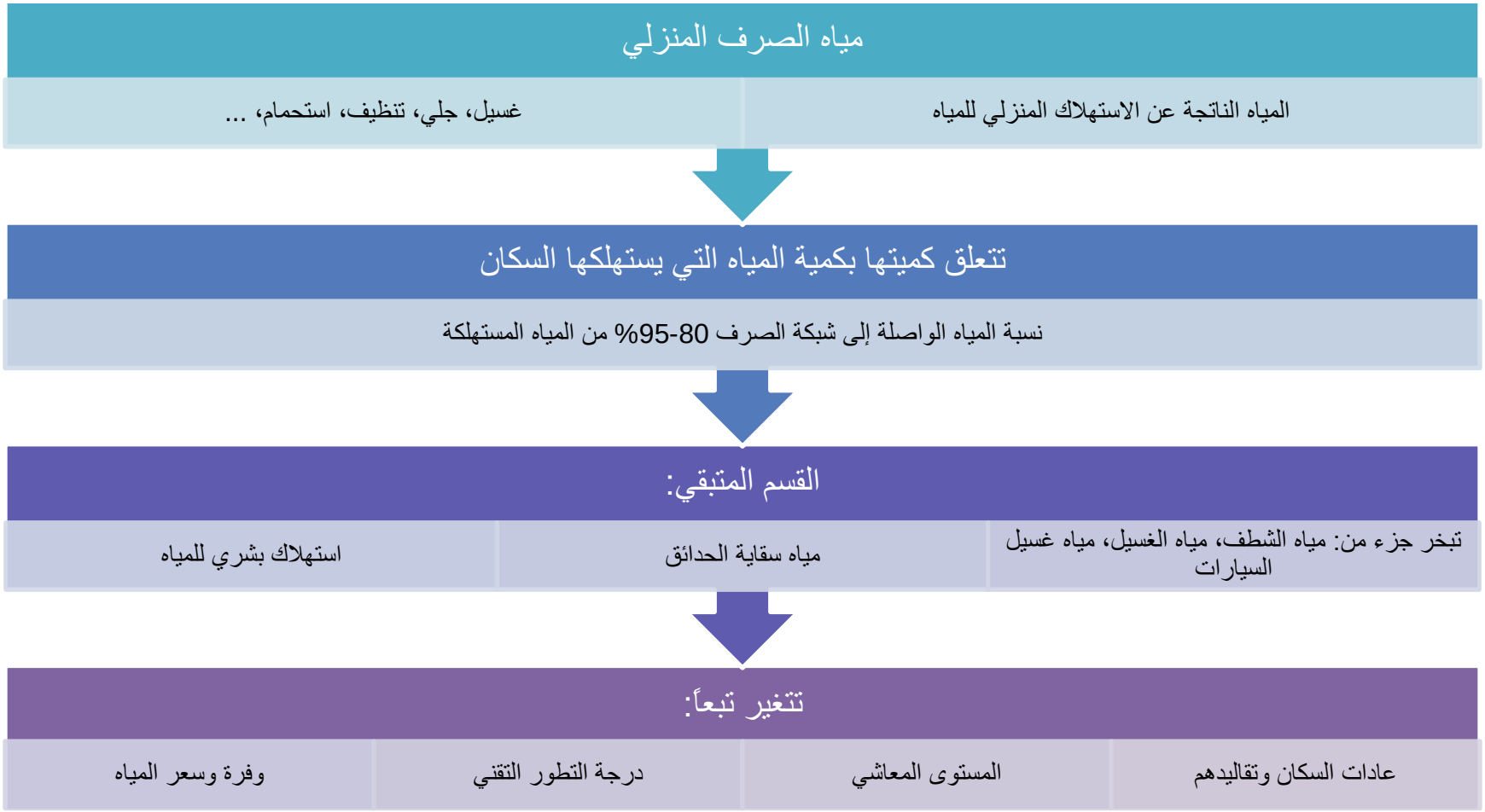
وظائف مشروع الصرف الصحي

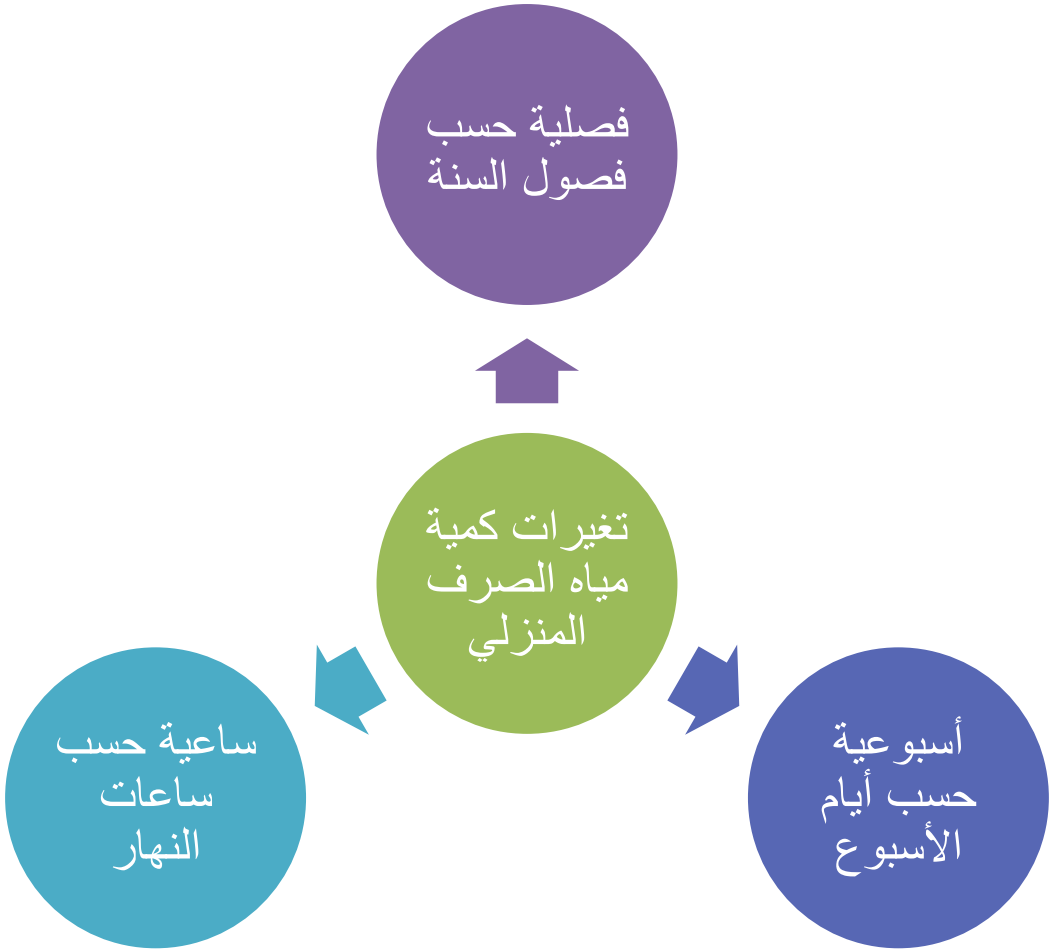


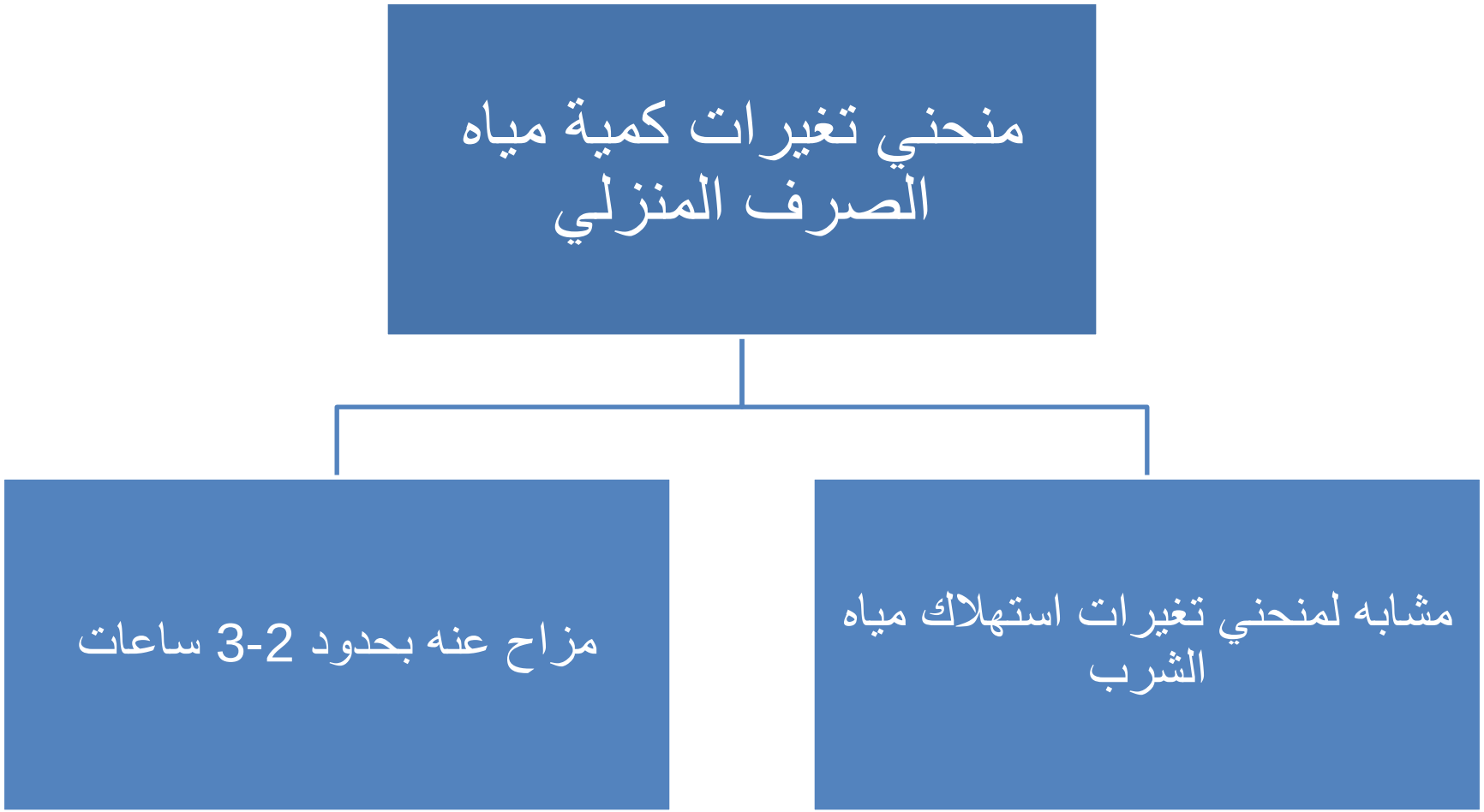
كمية مياه الصرف البلدية

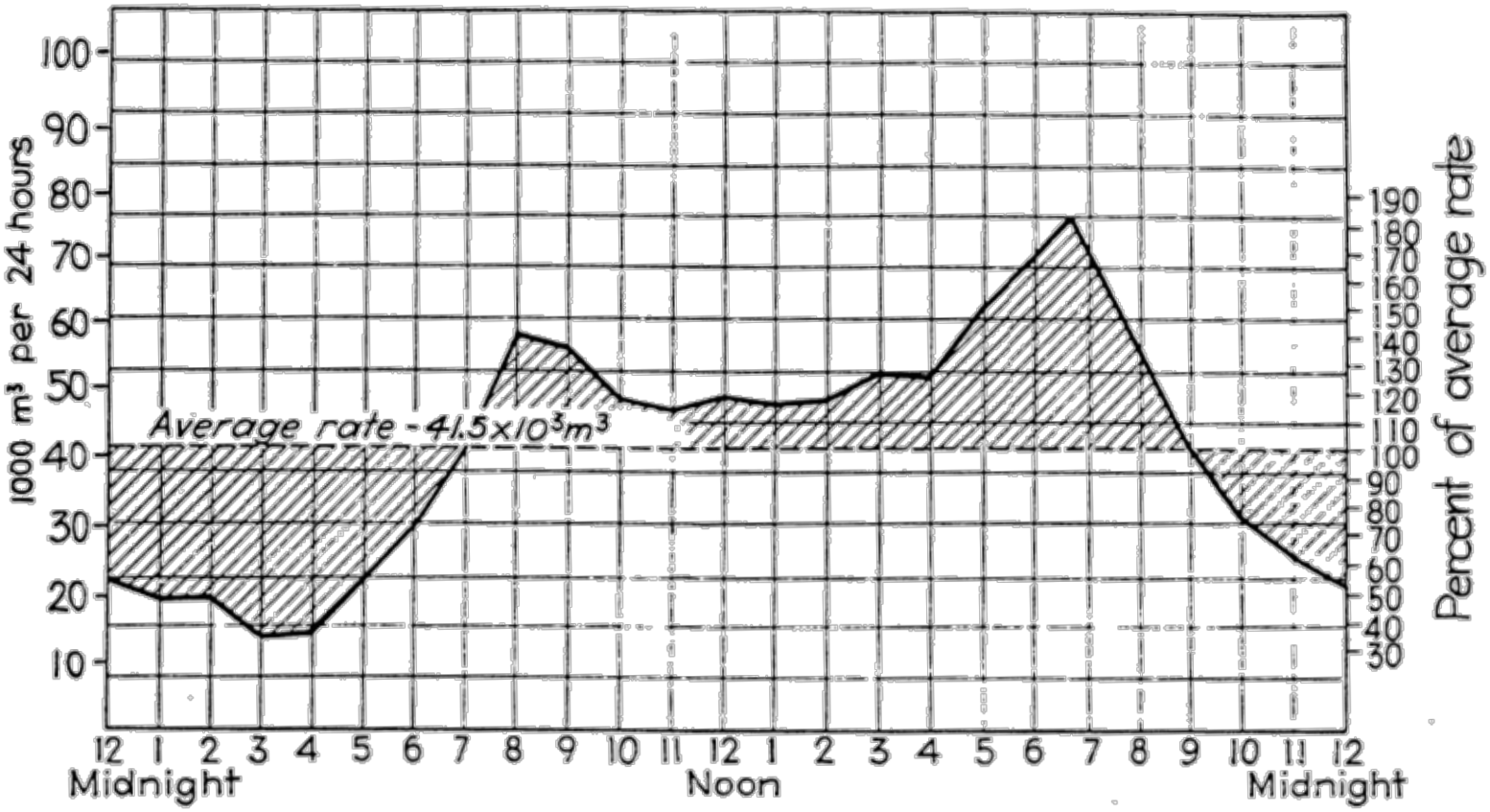


مياه الصرف المنزلي




فصلية حسب فصول السنة
تغيرات كمية مياه الصرف المنزلي
أسبوعية حسب أيام الأسبوع
ساعية حسب ساعات النهار


منحني تغيرات كمية مياه الصرف المنزلي
مشابه لمنحني تغيرات استهلاك مياه الشرب
مزاح عنه بحدود 2-3 ساعات



تغيرات استهلاك المياه مع الزمن

- توجد عدة طرائق للتعبير عن تغيرات مياه الصرف تتعلق بالكود المستخدم
- تحسب الغزارة الوسطية بالعلاقة

$$Q_{av,d} = \frac{n \times q}{1000} \left(m^3 / d \right)$$

n: عدد السكان

q: كمية المياه المصروفة من الشخص الواحد (l/p.d)

- تصمم شبكة الصرف على أساس الغزارة الساعية الأعظمية

$$Q_{\max,h} = \frac{Q_{d,av}}{f_1}(m^3/h)$$

- تصمم محطات المعالجة على الغزارة الساعية الوسطية

$$Q_{av,h} = \frac{Q_{d,av}}{f_2}(m^3/h)$$

n>250000	50000-250000	10000-50000	5000-10000	N<5000	عدد السكان n
16	14	12	10	8	f_1
20	18	16	14	12	f_2

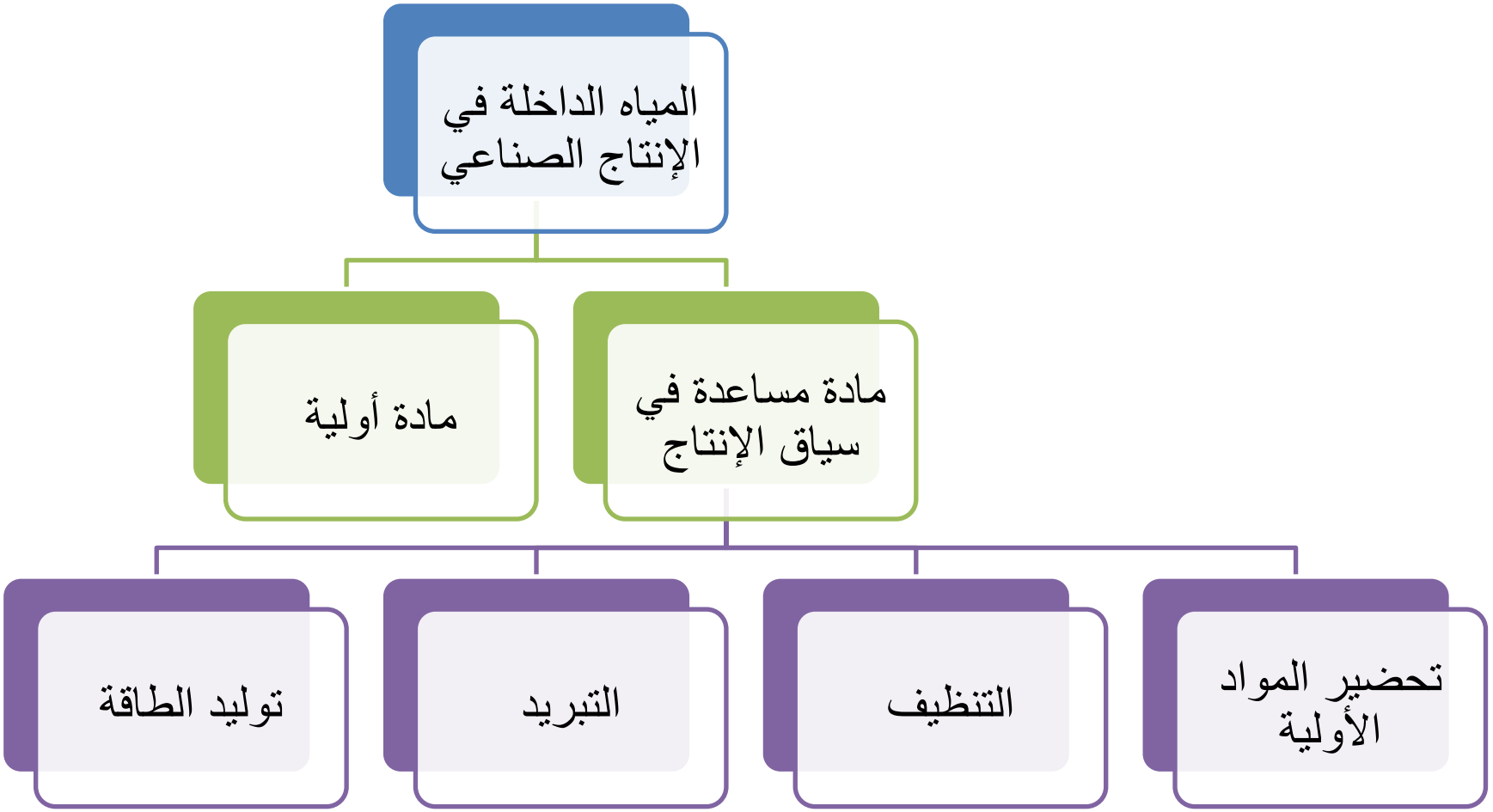
(الجدول-1) قيم f_1, f_2

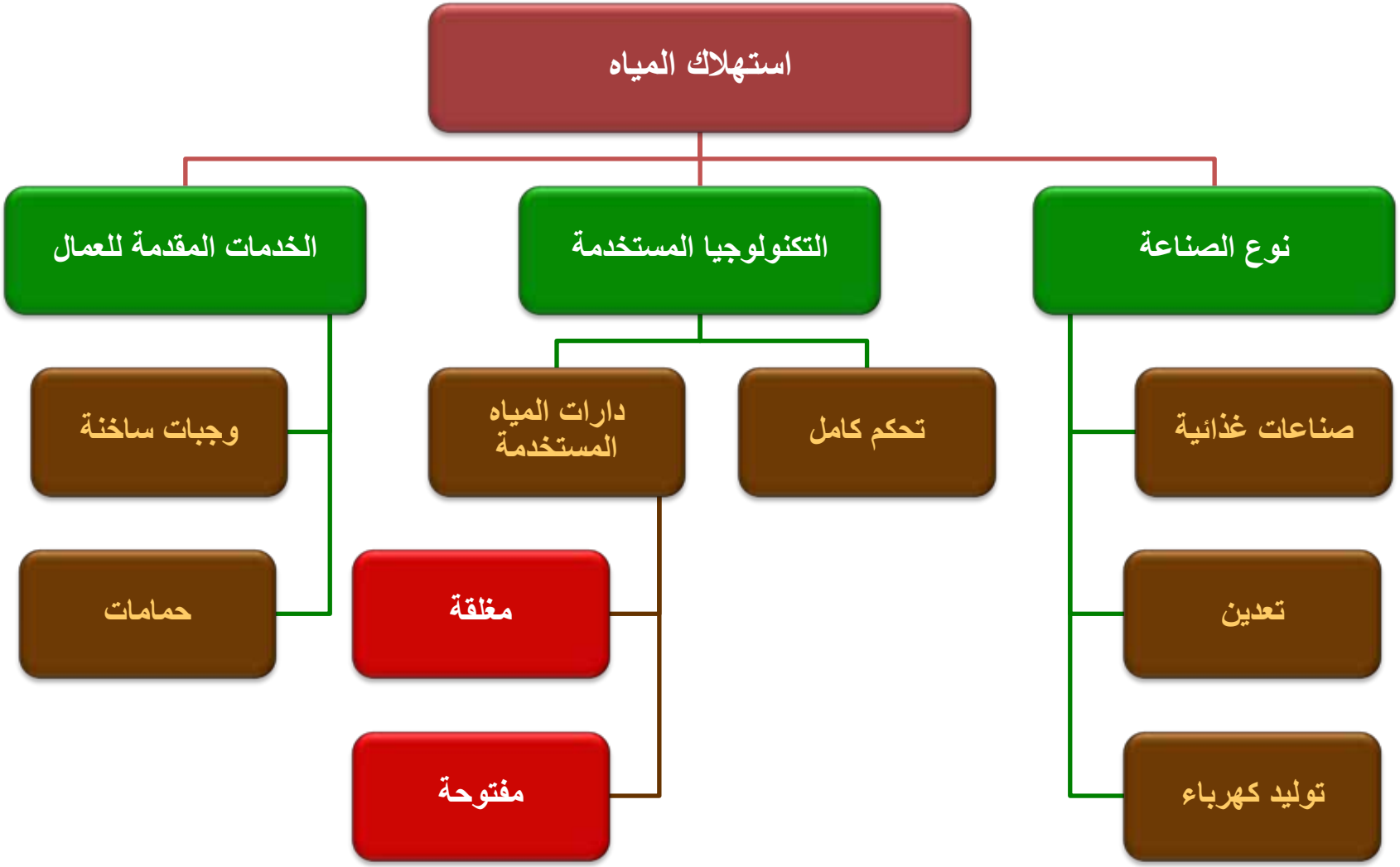
مياه الصرف الصناعي

مياه الصرف الصناعي

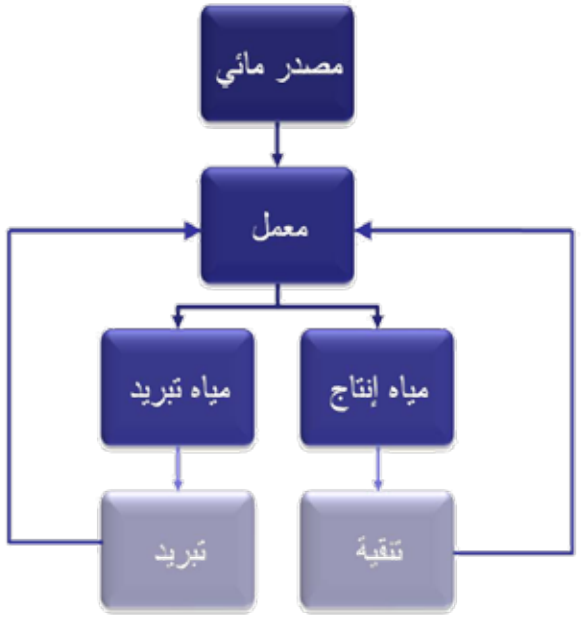
المياه الناتجة عن استخراج وتصنيع المواد المختلفة العضوية وغير العضوية

لاتعتبر مياه الأمطار المتجمعة على سطوح المنشآت الصناعية وفي ساحاتها مياهاً صناعية

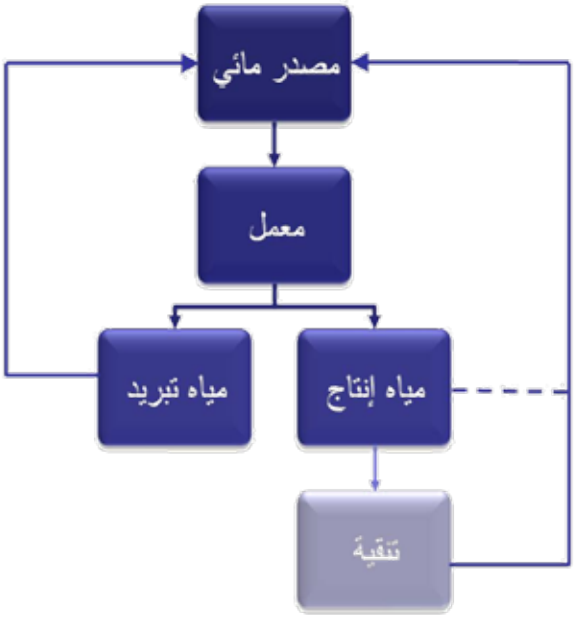

المياه الداخلة في الإنتاج الصناعي
مادة أولية
مادة مساعدة في سياق الإنتاج
توليد الطاقة
التبريد
التنظيف
تحضير المواد الأولية

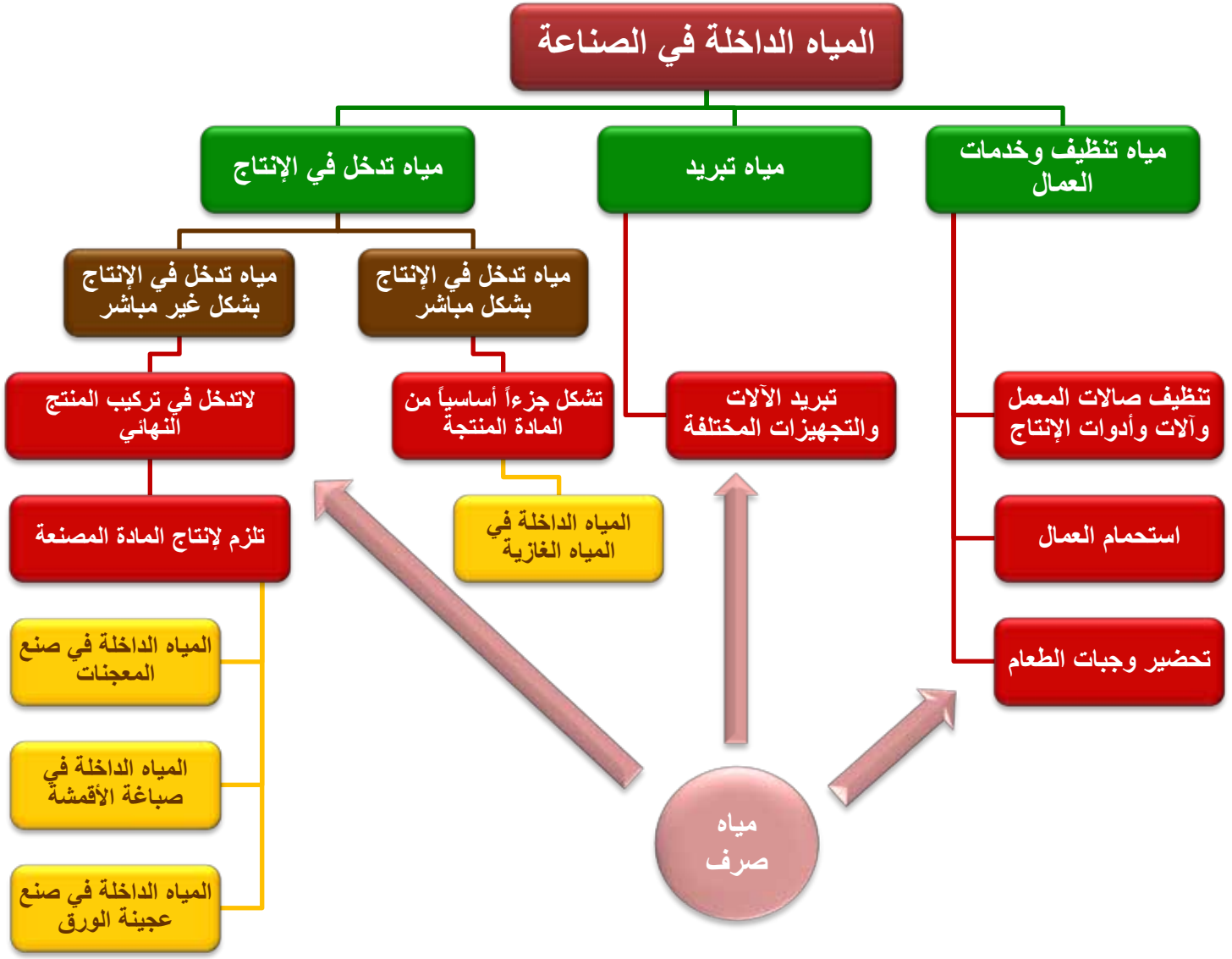

استهلاك المياه
الخدمات المقدمة للعمال
التكنولوجيا المستخدمة
نوع الصناعة
وجبات ساخنة
حمامات
دارات المياه المستخدمة
تحكم كامل
مغلقة
مفتوحة
صناعات غذائية
تعدين
توليد كهرباء

دارة مياه مغلقة

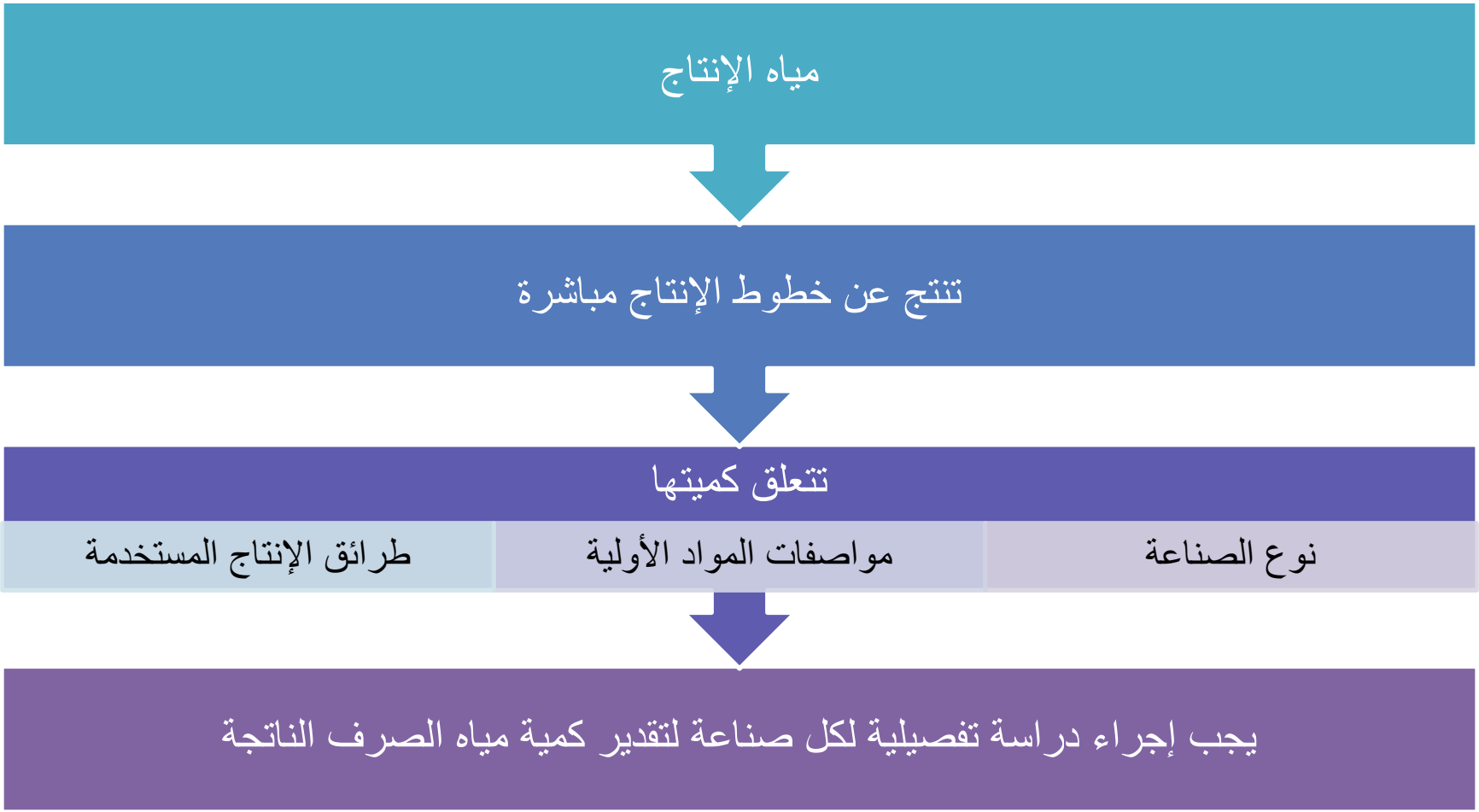


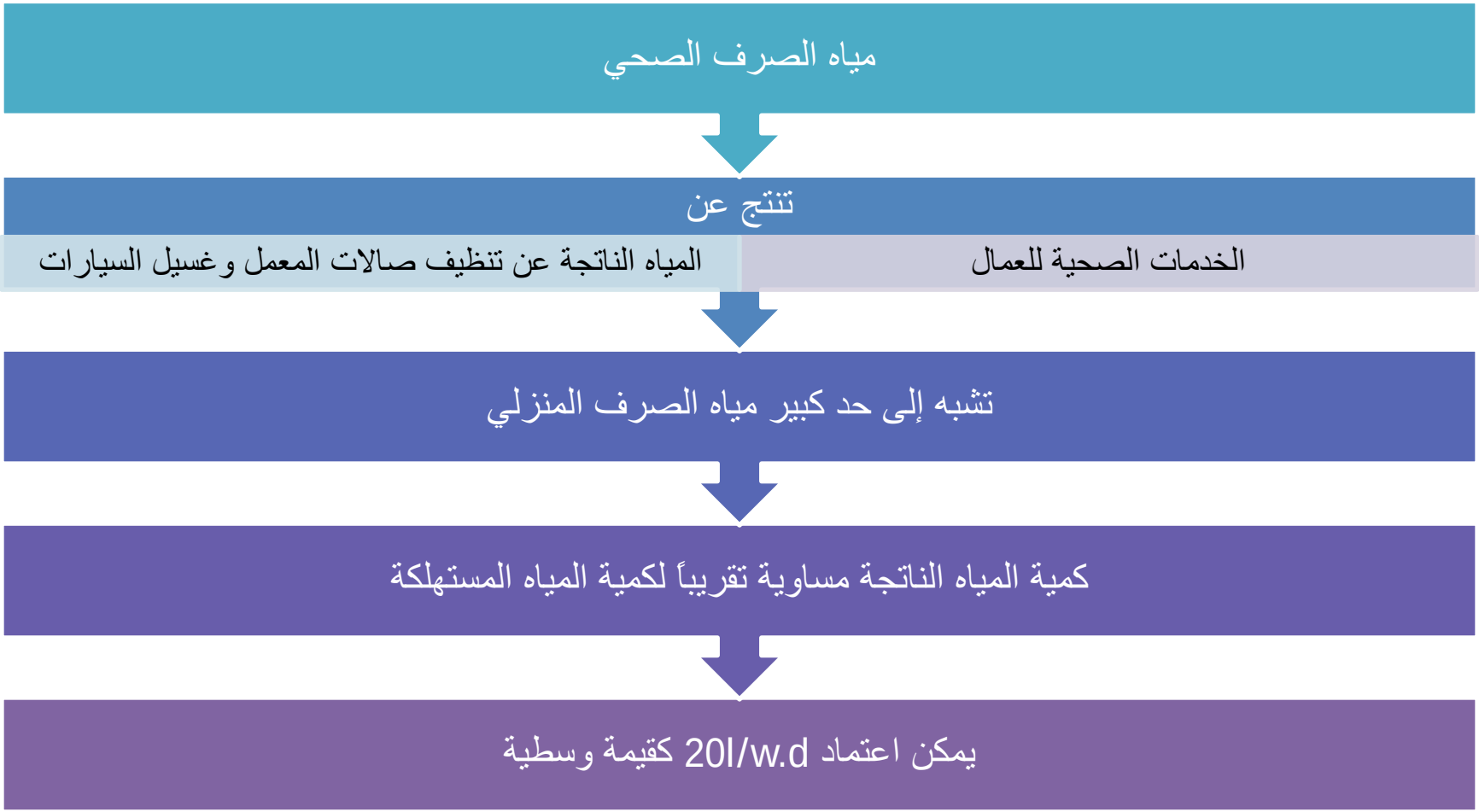
دارة مياه مفتوحة

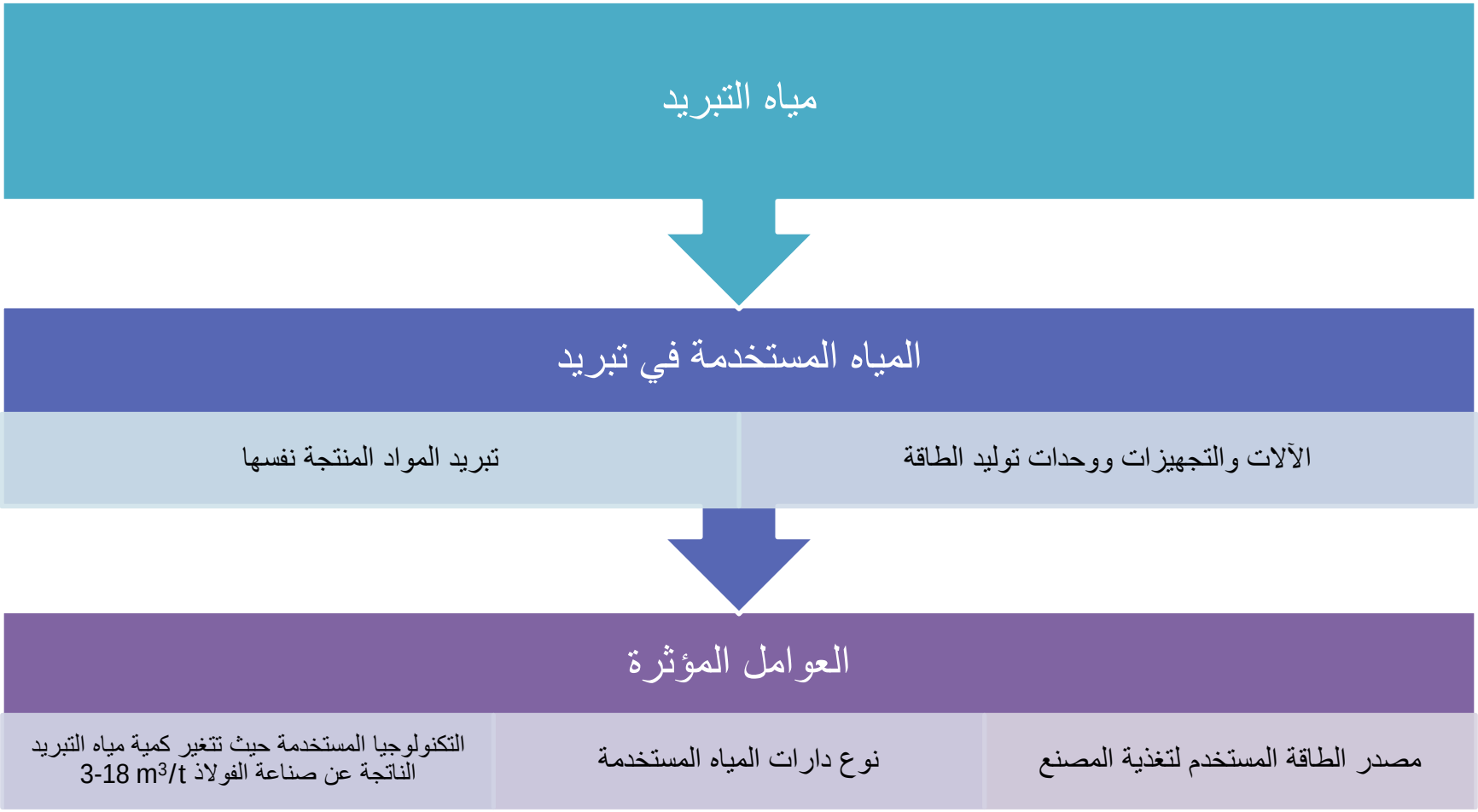



المياه الداخلة في الصناعة
مياه تدخل في الإنتاج
مياه تبريد
مياه تنظيف وخدمات العمال
مياه تدخل في الإنتاج بشكل غير مباشر
مياه تدخل في الإنتاج بشكل مباشر
لاتدخل في تركيب المنتج النهائي
تشكل جزءاً أساسياً من المادة المنتجة
تبريد الآلات والتجهيزات المختلفة
تنظيف صالات المعمل وآلات وأدوات الإنتاج
استحمام العمال
تحضير وجبات الطعام
تلزم لإنتاج المادة المصنعة
المياه الداخلة في المياه الغازية
المياه الداخلة في صنع المعجنات
المياه الداخلة في صباغة الأقمشة
المياه الداخلة في صنع عجينة الورق
مياه صرف

مياه الصرف الناتجة عن الصناعة
حسب مصدرها
مياه إنتاج
مياه صرف صحي
مياه تبريد


مياه الإنتاج
تنتج عن خطوط الإنتاج مباشرة
تتعلق كميتها
نوع الصناعة
مواصفات المواد الأولية
طرائق الإنتاج المستخدمة
يجب إجراء دراسة تفصيلية لكل صناعة لتقدير كمية مياه الصرف الناتجة


مياه الصرف الصحي
تنتج عن
الخدمات الصحية للعمال
المياه الناتجة عن تنظيف صالات المعمل وغسيل السيارات
تشبه إلى حد كبير مياه الصرف المنزلي
كمية المياه الناتجة مساوية تقريباً لكمية المياه المستهلكة
يمكن اعتماد 20l/w.d كقيمة وسطية


مياه التبريد
المياه المستخدمة في تبريد
الآلات والتجهيزات ووحدات توليد الطاقة
تبريد المواد المنتجة نفسها
العوامل المؤثرة
مصدر الطاقة المستخدم لتغذية المصنع
نوع دارات المياه المستخدمة
التكنولوجيا المستخدمة حيث تتغير كمية مياه التبريد الناتجة عن صناعة الفولاذ 3-18 m³/t

- تغيرات مياه الصرف الصناعي تتعلق:
  - نوع الصناعة
    - تجهيز مواد أولية
    - إنتاج مواد نصف مصنعة
    - إنتاج مواد جاهزة للاستهلاك
  - نوعية المواد الأولية المستخدمة
    - مادة خام
    - نظيفة
    - نصف مصنعة
  - طريقة الإنتاج
    - جافة
    - رطبة

- حجم المعمل
  - عدد أيام العمل
  - عدد ورديات الإنتاج
- زمن الإنتاج
  - فصلي
  - مستمر
- مصدر الطاقة المغذي للمعمل
  - الشبكة العامة
  - مصدر خارجي
  - محطة توليد خاصة
- الظروف المحلية
  - وفرة المياه
  - سعر المياه
  - قوانين تتعلق بطريقة صرف المياه

- لايمكن التنبؤ بها في أغلب الحالات، يفضل إجراء دراسة لكل حالة

مياه الأمطار

تقدير كمية مياه الأمطار

عملية هندسية بحتة

تهدف إلى تحديد كمية المياه التي يحتمل أن تمر عبر شبكة الأقنية المنوي إنشاؤها

- تعاريف
  - ارتفاع الهطول h
    - ارتفاع طبقة المياه الهاطلة (mm)
    - يقدر باستخدام أجهزة قياس الهطول
  - حجم الهطول W
    - حجم الماء الهاطل على مساحة A

$$W = A \times h$$

– الشدة المطرية (i)

- نسبة ارتفاع الهطول إلى زمن العاصفة

$$i = \frac{h}{t}(mm/\min),(mm/hr)$$

t: زمن الهطول *min* or *hr*

- تتناسب عكساً مع زمن الهطول
- تصنف العواصف المطرية المختلفة حسب زمن الهطول (5، 10، 15، 30، 60، ...)
- تتغير شدة هطول العاصفة نفسها
- مع الزمن
  - تؤخذ الشدة الوسطية من أجل تبسيط الحسابات

- الغزارة الحسابية r

– كمية المياه الهاطلة على هكتار واحد خلال ثانية واحدة

$$r = 166.7 \times i(l/\sec/ha)$$

i: الشدة المطرية (mm/min)

166.7: ثابت تحويل واحدات

- منحنيات الشدة المطرية- التكرار- فترة الهطول
  - تتعلق شدة العاصفة المطرية بواحدة التكرار T (فترة التكرار)
  - واحدة التكرار: الفترة الزمنية (سنة) الفاصلة بين هطولين متتاليين لعاصفة شدتها i تهطل خلال زمن t
  - تزداد شدة العاصفة مع زيادة واحدة التكرار
  - تتعلق واحدة التكرار المختارة
    - بأهمية المنطقة المدروسة
    - الظروف الاقتصادية للدولة

T=2 الفيضانات تؤدي إلى أضرار مادية كبيرة

T=1 المدن والبلديات الكبيرة

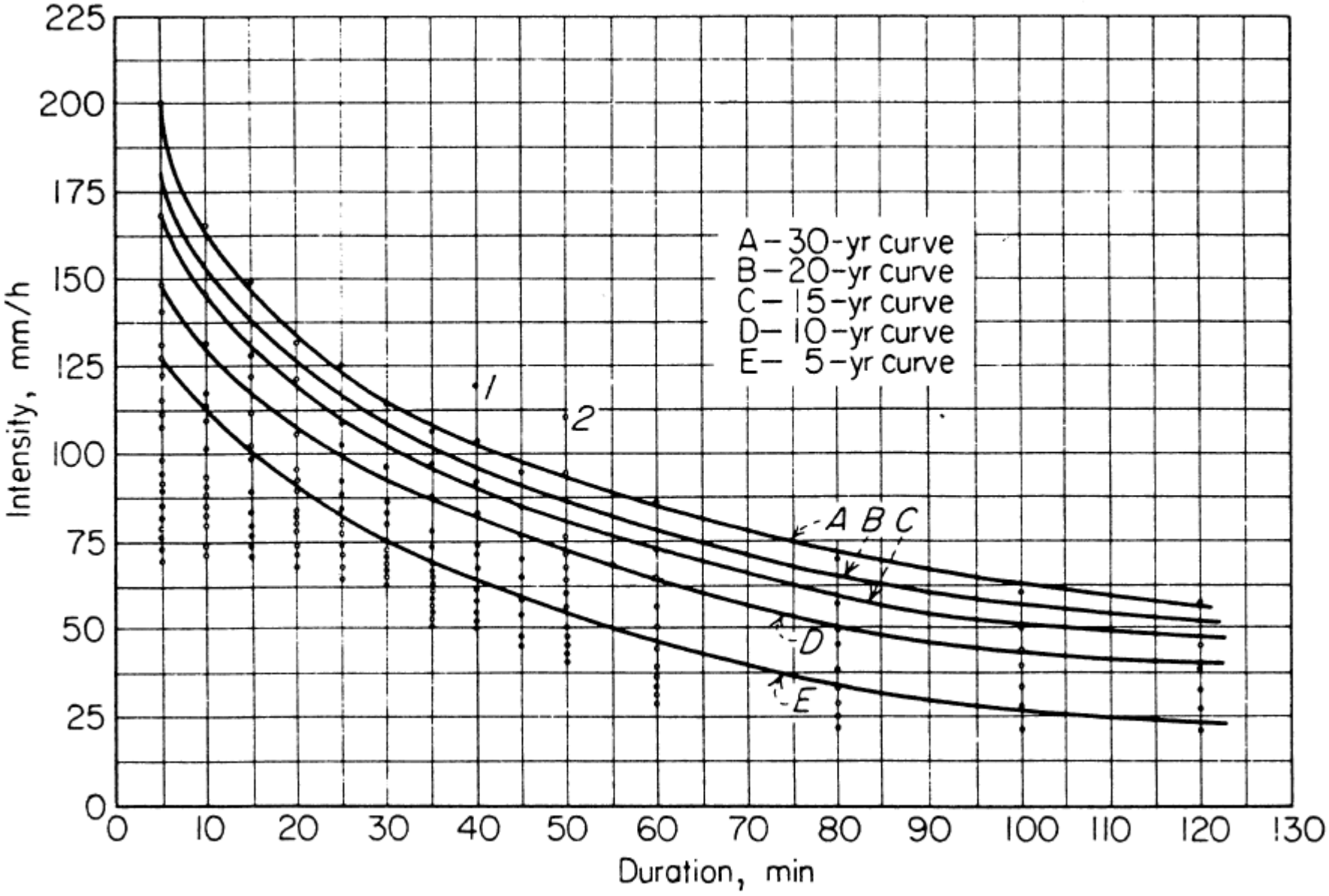
T=0.5 في القرى الصغيرة

T=5 الفيضانات تسبب أضراراً كبيرة جداً (حالة خاصة)

– من معالجة القياسات المطرية يمكن رسم منحنيات تربط الشدة المطرية i بفترة الهطول t من أجل واحدة تكرار T

– اتفق على اعتبار العاصفة المطرية التصميمية

- ذات مدة الهطول t=15 min في المناطق السهلية
- ذات مدة الهطول t=10 min في المناطق الجبلية


A – 30-yr curve
B – 20-yr curve
C – 15-yr curve
D – 10-yr curve
E – 5-yr curve
1
2
A B C
D
E
Intensity, mm/h
Duration, min
0
25
50
75
100
125
150
175
200
225
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130

- حساب كمية مياه الأمطار الهاطلة
  - تحسب من العلاقة

$$Q = q_t \times C \times j \times F\ (l/\sec)$$

F: مساحة السطح الذي تتجمع عليه المياه (هكتار)

q_t: الغزارة الحسابية، كمية الأمطار الهاطلة على هكتار واحد خلال ثانية واحدة، تعطى بالعلاقة مع زمن الهطول t بالعلاقة:

$$q_t = \frac{A}{t^n}$$

A,n: تعطى في (الجدول -2)

اسم المدينة	P=2		P=1		P=0.5	
	A	n	A	n	A	n
دمشق	48.4	0.173	45.8	0.219	38.4	0.233
حلب	345.8	0.553	266.2	0.563	205	0.533
حمص	104.4	0.325	80.1	0.309	69.3	0.333
حماة	170.7	0.514	120.9	0.450	76.8	0.372
اللاذقية	288.3	0.403	245.9	0.382	190.2	0.353
طرطوس	207	0.308	149.7	0.251	108.0	0.204
دير الزور	273.6	0.564	218.6	0.558	189.0	0.605
الحسكة	110.1	0.328	90.6	0.340	66.4	0.318

(الجدول-2)

C: معامل الجريان

- يأخذ بالاعتبار نوع السطح الذي تتجمع عليه المياه
- لاتصل المياه الهاطلة بكاملها إلى الشبكة
  - يرشح جزء في التربة
  - يتبخر جزء
- تؤخذ قيمه من (الجدول-3)
- في السطوح المركبة من عدة مواد

$$C = \frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i}$$

C_i معامل الجريان للسطح الذي مساحته A_i

Type of surface	C
Watertight roofs	0.70–0.95
Asphaltic cement streets	0.85–0.90
Portland cement streets	0.80–0.95
Paved driveways and walks	0.75–0.85
Gravel driveways and walks	0.15–0.30
Lawns, sandy soil	
2% slope	0.05–0.10
2–7% slope	0.10–0.15
> 7% slope	0.15–0.20
Lawns, heavy soil	
2% slope	0.13–0.17
2–7% slope	0.18–0.22
> 7% slope	0.25–0.35

(الجدول-3) قيم معامل الجريان حسب نوع طبقة غطاء التربة

j: عامل التأخير

- يأخذ تأخر الجريان في الشبكة بالاعتبار
- المياه الهاطلة لاتصل إلى الشبكة في وقت واحد
- يؤخذ بالاعتبار عندما يكون زمن جريان المياه في الشبكة أطول من زمن الهطول
- يعطى بالعلاقة:

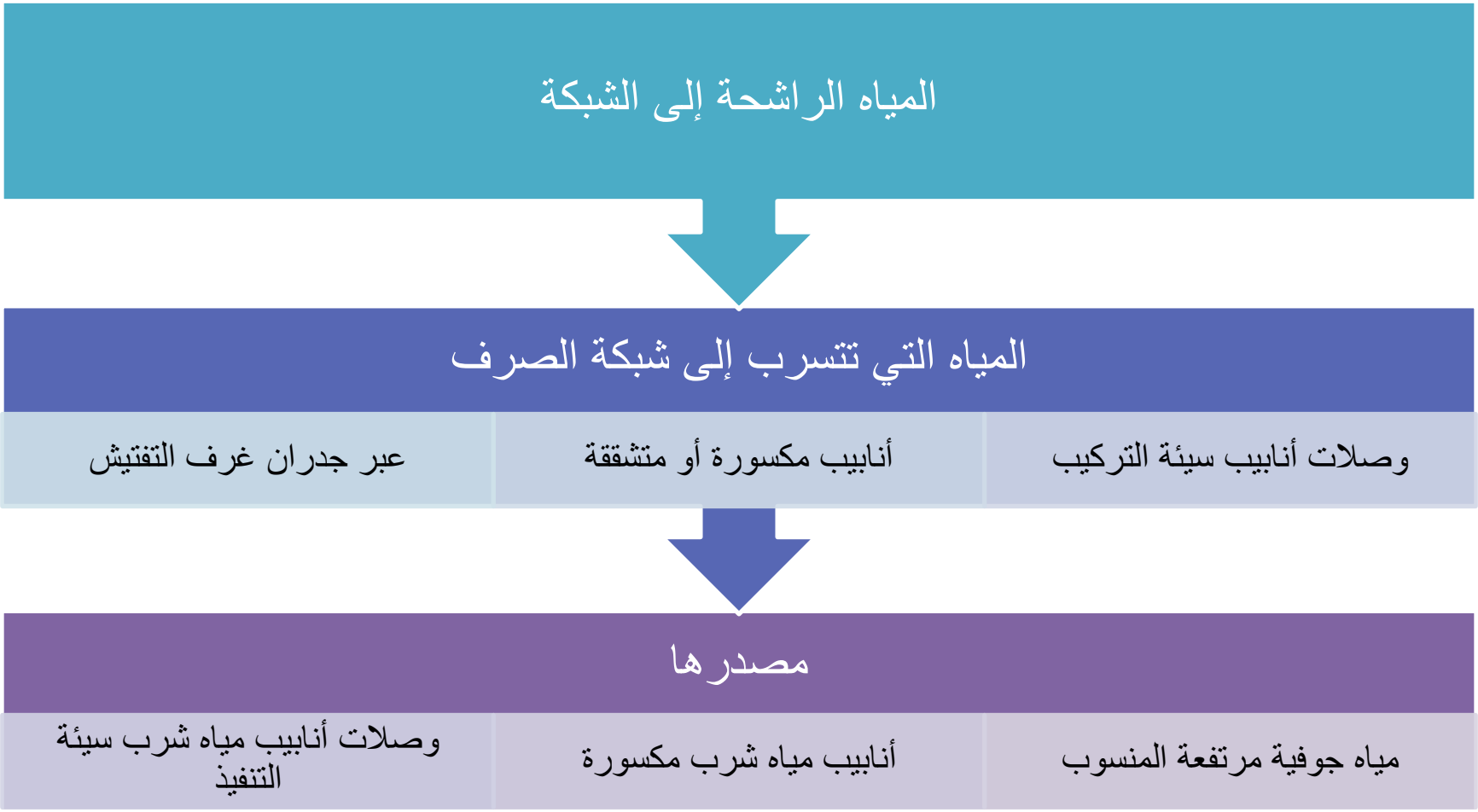
$$t_C = \frac{\sum L}{v} \qquad j = \left(\frac{15}{t_C + 10}\right)^n$$

t_C: زمن جريان المياه في الشبكة

v: سرعة جريان المياه في الشبكة 0.9-1 m/sec

n: عامل يؤخذ من (الجدول -2)

المياه الراشحة إلى الشبكة



- تتعلق كمية المياه الراشحة
  - عمر شبكة الصرف
  - جودة تنفيذ شبكة الصرف
  - منسوب المياه الجوفية
  - نوعية التربة (انتفاخية، حبيبية)
  - أقطار أنابيب الشبكة
- تقدر كميتها بحدود 35-115 $m^3/km.d$ من طول الأنابيب حسب عمر الشبكة وجودة التنفيذ
- يمكن إهمال المياه الراشحة في الشبكات المشتركة
- يؤخذ احتياطي 100% من كمية المياه المصروفة في شبكات مياه الصرف عند استخدام النظام المنفصل