EP

برنامج الأمم المتحدة للبيئة

UNEP(DEC)/MED/GEF WG.257/2

15 July 2004

Arabic
Original: ENGLISH

خطة عمل المتوسط

الدورة التدريبية الإقليمية بشأن رصد أنهار المتوسط

المعهد الفرنسي للبيئة

أورليانز (فرنسا)، 14-15كانون الأول/ديسمبر 2004

برنامج العمل الاستراتيجي

خطوط توجيهية
لبرنامج رصد تلوث الأنهار (بما في ذلك المصبات)
في إقليم المتوسط

بالتعاون مع

GEF
و

برنامج الأمم المتحدة للبيئة
أثينا، 2004

جدول المحتويات

تمهيد

تمس الحاجة أكثر من أي وقت مضى إلى رصد ظاهرة تلوث الأنهار الناجمة عن المصادر النقطية أو المنتشرة. ويمكن تحقيق ذلك في ظل خطة رئيسية عريضة، تحظى بالقبول العام، وتُنفذ تدريجياً، وتخضع لمعايير فئات المواد الخطرة ومقاديرها، وكذلك حجم كل نهر.

ومن جهة أخرى فإن رصد تلوث الأنهار يجب أن يتضمن خطة رئيسية أوسع للإدارة المتكاملة للموارد المائية لكل نهر على مستوى الحوض الهيدرولوجي.

وتتسم مشكلة الإدارة المتكاملة للموارد المائية على مستوى الحوض الهيدرولوجي بالتعقيد الشديد حيث أنها تتضمن جوانب عديدة مثل الجوانب التقنية، والاقتصادية، والمؤسسية، والقانونية، والبيئية، والاجتماعية، وغير ذلك.

وتتضخم هذه المشكلة حينما يتعلق الأمر بالأنهار العابرة للحدود وتدعو الحاجة إلى التعاون بين البلدان المتشاطئة للاتفاق على خطة رئيسية عريضة مشتركة.

وفي هذا السياق فإن التصور الاستراتيجي لكل خطة من خطط الإدارة المتكاملة للأحواض النهرية يجب أن ينبثق من الأهداف التالية ذات الأجل الطويل:

- مساعدة البلدان المشاركة في تنمية مياه أنهارها العابرة للحدود، وصونها، واستخدامها الرشيد بطريقة متكاملة ومستدامة عبر التعاون الحوضي لصالح جميع الأطراف.
- مساعدة البلدان المشاركة في تحديد الحقوق والواجبات المتساوية لكل بلد متشاطئ فيما يتعلق باستخدام وحماية مياه كل نهر عابر للحدود.

الأهداف قصيرة الأجل:

- مساعدة البلدان المتشاطئة المشاركة على استحداث برامج عمل قصيرة الأجل بشأن كل نهر عابر للحدود وإدماج هذه البرامج بالخطط الرئيسية الوطنية.
- مساعدة البلدان المتشاطئة المشاركة في استحداث المرافق الأساسية المناسبة، وبناء القدرات، والتقنيات اللازمة لإدارة الموارد المائية لأحواض الأنهار العابرة للحدود.

ومن الواجب أن يتم وضع دراسات كاملة للإدارة المتكاملة للموارد المائية على مستوى الحوض الهيدرولوجي بناء على اختصاصات محددة تقرها كل البلدان المعنية لكل نهر عابر للحدود.

ويعتبر إدراج نظم دعم القرارات (DSS) في العملية الشاملة وسيلة ضرورية لكلتا فئتي خيارات الإدارة، كما أنه يعتبر، تعريفاً، عنصراً أساسياً في أي نهج للإدارة المتكاملة للموارد المائية.

ويمكن أن تشكل هذه الوثيقة عاملاً في التقارب البناء للأفكار المتبادلة بين بلدان البحر المتوسط بغية تطوير مفهوم إدارة الأحواض النهرية في مختلف أنحاء الإقليم.

1. مقدمة

يعاني البحر المتوسط من التلوث (بما في ذلك التلويث الكيميائي والبكتيري وانتشار الأحياء الدقيقة المُمرضة)، ومن التأجن، وذلك أساساً بفعل المدخلات الواردة من الأنهار، ولاسيما على طول شواطئ جنوب أوربا وشمال أفريقيا. وتتركز المشكلات أساساً في الأحواض شبه المغلقة (مثل شمال البحر الأدرياتيكي) التي ما يزال بعضها يتلقى مقادير ضخمة من مياه المجارير غير المعالجة. وعلى الأرجح فإن تصريف النتروجين والفوسفور هو السبب في فورات العوالق النباتية التي تُعرف باسم 'المد الأحمر' والتي يتكرر ظهورها الآن في أنحاء معينة من المتوسط(UNEP/MAP 1996). ويعتبر التوسع السريع في الأنشطة البشرية في منطقة البحر المتوسط، ولاسيما في ميداني التصنيع والعمران، وكذلك الزيادة الموسمية في عدد سكان الشواطئ نتيجة السياحة من بين التهديدات البارزة التي تتعرض لها البيئة والتنوع البيولوجي في الكثير من أنحاء تلك المنطقة.

2. صورة عامة لوضع الأنهار والمصبات الرئيسية في المتوسط

يعاني البحر المتوسط من التلوث أساساً بفعل نظمه النهرية الرئيسية وهي أنهار البو، والإيبرو، والنيل، والرون التي تحمل مقادير ضخمة من **المخلفات الزراعية والصناعية**. وبما أن حوض المتوسط مغلق بصورة شبه كاملة فإن **معدل تجدد مياهه منخفض للغاية (80 إلى 90 سنة)** ومن ثم فإن هذه المياه ذات حساسية مفرطة إزاء التلوث.

وقد تم تحديد نحو 80 نهراً تُسهم إسهاماً كبيراً في تلويث البحر المتوسط. ويعرض الجدول 2-1 الأنهار الأربعين الرئيسية منها.

وثمة إقرار واسع الآن بالخطر الجسيم الذي تتعرض له البيئة البحرية والصحة البشرية بفعل التلوث الناجم عن المصادر البرية والمشكلات الخطيرة النابعة أساساً من إطلاق النفايات ذات المعالجة القاصرة أو المنعدمة في إطار عمليات التصريف المنزلية أو الصناعية.

2-1 السمات الهيدورولوجية

يتسم الوضع الهيدرولوجي لحوض المتوسط بتنوع بالغ في الواقع إذ أنه يتراوح بين النظام الألبي ذي المستوى الأقصى في أوائل الصيف إلى النظام المتوسطي التقليدي ذي التدفقات العالية الشتوية والتدفقات المنخفضة الصيفية، وحتى النظام شبه القاحل للساحل الجنوبي الذي يتميز بزيادة تدريجية للجفاف الصيفي ونشوء الفيضانات العَرَضية. وباستثناء الأنهار الألبية ونهر النيل، في وضعه الطبيعي، فإن نظام أنهار المتوسط يتسم عادة بتباين شديد للغاية في التصريفات من يوم إلى يوم ومن سنة إلى أخرى.

وقد انخفضت المدخلات المائية إلى البحر المتوسط انخفاضاً شديداً على مدى السنوات الأربعين الماضية. وسُجل أكبر انخفاض حاد في مدخلات النيل. وقبل بناء السد العالي في أسوان كان تصريف المياه يُقدر بأكثر من 83 كيلومتراً مكعباً في السنة. وأدى بناء السد المذكور إلى انخفاض هذا الرقم بفعل التبخر في الخزانات. وبالإضافة إلى هذه الخسائر فإن الاستخدام الرئيسي للمياه في مصر هو الري بدون منازع، ومن ثم فإن المياه لا تعود إلى فرعي النهر

الرئيسيين، وهما فرع دمياط وفرع رشيد، بل إلى القنوات التي تصل إلى البحر المتوسط أو بحيرات الدلتا. ونتيجة لذلك فإن تصريف نهر النيل في المتوسط بلغ نحو 2 كليومتر مكعب في السنة وسطياً خلال العقد الماضي.

ولوحظت حالات خفض أخرى في تصريف المياه في العديد من الأنهار الرئيسية في المتوسط مثل نهر الرون (تحويل الديورانس أحد روافده الأساسية)، والأنهار الإسبانية (سيغورا، هوكار، ميخاريس، يوبريغات، تونا). وعلى الأرجح فإن هناك انخفاضات مماثلة بالنسبة لأنهار جنوب إيطاليا، واليونان، وتركيا، وشمال أفريقيا بفعل البخر في الخزانات، والتحويل، والتوسع في استخدام المياه في الري.

ووفقاً للتقديرات فإن نسبة الانخفاض الراهن في تصريف مياه الأنهار في حوض المتوسط بأكمله تتراوح، بعد مراعاة الانخفاض شبه الكامل لمدخلات النيل، ما بين 30 و40%. وعلى الأرجح فإن الحوض الشرقي الجنوبي، وآلبوران، وجنوب غرب إيجه، والحوضين الشرقي الأوسط والشمالي، هي الأكثر تأثراً بهذا الانخفاض.

وما تزال هناك بضعة أنهار متوسطية تحتفظ بظروفها الأصلية: أي أن مستويات العناصر المغذية، أو البكتريا البرازية، أو المعادن تماثل من الناحية العملية ما هو قائم في أنهار القارات الأخرى التي لا تشهد أي أنشطة بشرية. ويرجع ذلك إلى الضعف الشديد للكثافة السكانية، وقلة الأنشطة الزراعية، وانعدام الصناعة. ومن الأمثلة على هذه الظروف نهرا كركا ونيريتفا (كرواتيا)، وفار، وأرجنت، وتافينيانو (فرنسا). وتجدر الإشارة إلى أن السدود تنعدم أو تكاد في مثل هذه الأحواض وأنها لهذا السبب تتمتع بقيم إيكولوجية بالغة.

الجدول 2-1: الأنهار المتوسطية الرئيسية بحسب الترتيب الانخفاضي للتصريف الحالي للمياه في البحر

بلد المصب	عبور في بلدان	المساحة 10 3 كم2	الكمية كم3/سنة	الأنهار
إيطاليا	إيطاليا	70.00	48.90	بو
فرنسا	فرنسا، سويسرا	95.60	48.07	رون
ألبانيا	ألبانيا	14.17	11.39	دريني
كرواتيا		10.02	11.01	نريتفا
ألبانيا	ألبانيا	5.19	10.09	بونا
إسبانيا	إسبانيا	84.00	9.24	إيبرو
إيطاليا	إيطاليا	16.55	7.38	تيفيري
إيطاليا	إيطاليا	11.95	7.29	إديجي
تركيا	تركيا	20.00	7.20	سيحان
تركيا	تركيا	20.50	7.10	جيحان
اليونان/ تركيا	بلغاريا، اليونان، تركيا	55.00	6.80	إيفروس
ألبانيا	اليونان، ألبانيا	6.71	6.15	فيوسي/آوس

بلاد المصب	عبور في بلدان	المساحة 10 3 كم2	الكمية كم3/سنة	الأنهار
الجزائر		31.60	6.12	إسر
اليونان	اليونان	5.54	5.67	آخيلوس
تركيا	تركيا	1.32	4.99	منفغات
اليونان	جمهورية مقدونيا اليوغسلافية السابقة، اليونان	24.70	4.90	أكسيوس
تركيا	تركيا	19.60	4.70	بوفوك مندريس
ألبانيا	ألبانيا	2.44	3.25	ماتي
ألبانيا	ألبانيا	5.50	3.10	فولتورنو
ألبانيا	ألبانيا	5.65	3.02	سيماني
تركيا	تركيا	22.60	2.70	نهرإيلاس
اليونان	بلغاريا، يوغسلافيا، جمهورية مقدونيا اليوغسلافية السابقة، اليونان	16.50	2.59	ستريمون
تركيا	تركيا	10.10	2.50	غوكسو
إيطاليا	إيطاليا	1.56	2.32	برنتا
تركيا	تركيا		2.20	لاماس
إيطاليا	إيطاليا	8,228	2.10	آرنو
ألبانيا	ألبانيا	2.45	1.94	شكمبيني
تركيا	تركيا	15.62	1.87	غيديز
إيطاليا	إيطاليا	3.10	1.70	بسكارا
كرواتيا		1.98	1.61	كركا
المغرب		51.00	1.58	مولوفا
فرنسا	فرنسا	1.83	1.51	فار
إيطاليا	إيطاليا	3.40	1.40	رينو
فرنسا	فرنسا	1,794	1.31	أودي
الجزائر		43.70	1.26	شلف
إسبانيا	إسبانيا	21.60	1.26	هوكار
اليونان	اليونان	9.50	1.17	ألياكمون
اليونان	بلغاريا، اليونان	5.74	1.03	نستوس
مصر	بوروندي، الكونغو، كينيا، رواندا، السودان، تنزانيا، أوغندا، أريتريا،	28.70	0.30	النيل

الأنهار	الكمية كم3/سنة	المساحة 10 3 كم2	عبور في بلدان	بلد المصب
			أثيوبيا، مصر	
الليطاني			لبنان	لبنان
العاصي			لبنان، سورية، تركيا	سورية / تركيا

2.2 السمات الكيميائية

1.2.2 التلوث العضوي

لا يشكل التلوث العضوي مشكلة رئيسية في أنهار المتوسط المدروسة، ولو أن الأمر غير موثق توثيقاً كاملا. ويشهد نهرا البو والرون تحسناً ملحوظاً على مدى السنوات الخمس عشرة الماضية، ولكن ما تزال هناك بضعة أنهار صغيرة تعاني من تلوث شديد عندما يؤخذ الطلب الأوكسجيني البيولوجي$_5$ (BOD_5) في الحسبان. وفي العادة فإن مستويات الكربون العضوي المُذاب (DOC) منخفضة للغاية عموماً، وذلك بسبب قلة مساهمة المواد الدُبالية، غير أن مستوى الكربون العضوي الدقائقي (POC) يمكن أن يصل إلى 25 مغ/لتر وأكثر أثناء الفيضانات، ولو أن هذه المواد ناجمة عن التعرية الطبيعية.

وما يزال هناك العديد من الأنهار الصغيرة التي يمكن اعتبارها شديدة التلوث والتي ينبغي ضبط مصادر تلوثها مثل كي مارتل، أما أنهار البيسوس، وكيشون، والبو، وسيحان، وجيحان فتظل ملوثة إلى حد ما. وقد انخفضت معدلات التلوث في نهر البو كثيراً عن مستوى الذورة الذي بلغته في الفترة 1977-1978.

2.2.2 العناصر المغذية

يقل مستوى العناصر المغذية في أنهار المتوسط عما هو عليه في أنهار أوربا الغربية بنحو 4 مرات. وما تزال هناك بعض الأنهار النادرة في حالتها الأصلية في الساحل الدولماتي وفي بعض الجزر، غير أن ظاهرة التلوث قد أصابت معظم الأنهار. وتزداد معدلات النترات في كل الحالات الموثقة. وقد يزداد الفوسفات بصورة حادة (اليونان)، أو مطردة (فرنسا). وفي إيطاليا لوحظ انخفاض محسوس نتيجة التدابير الكفوءة لتقييد استخدام الفوسفور (حظر استخدام الفوسفور في المنظفات). ورغم أنه يمكن حدوث بعض التأجن الساحلي المحلي فإن الكتلة الأساسية للبحر المتوسط لم تتعرض لتهديد خطير من هذه الظاهرة خلال العقود الماضية (Vollenweider, 1996). وقد انخفضت مستويات الأمونيا نتيجة عمليات جمع النفايات المنزلية والصناعية ومعالجتها.

ويتسم نطاق التركيز ذو الرتب القيمية باتساع هائل بالنسبة لمادة NO_3 بل وبأكثر من ذلك بالنسبة لمادتي NH_4 و$P0_4$. وتعتبر العناصر المغذية من عوامل تحديد نوعية المياه المتميزة بحساسية شديدة إزاء التأثيرات البشرية. وما تزال معدلات الأمونيا عالية جداً في بعض الأنهار (يوبريغات، تير، تيت، تيفيتي) كما أن هذه المعدلات مفرطة جداً في نهر البيسوس، أي أنها تماثل ما هو قائم في دفيق المجارير. وتقل مستويات النترات كثيراً (من مرتين إلى عشر مرات) عما هو شائع في أنهار أوربا الغربية.

3.2.2 المعادن الثقيلة

كما أن معدلات تلوث الأنهار المتوسطية بالمعادن الثقيلة أقل أيضاً عما هو قائم في معظم أنهار أوربا الغربية الأخرى. إلا أن ذلك قد يكون نتيجة تخفيف المصادر الحضرية والصناعية بسبب ارتفاع معدلات المواد الصلبة المعلقة في بيئة شديدة الحت. وترتبط المعادن ارتباطاً وثيقاً بالمواد الدقائقية التي تشكل وسيطاً مناسباً يستحق الدراسة. وعندما يؤخذ تزايد تخزين هذه المواد في الخزانات في الحسبان يمكن القول أن صافي التدفقات المعدنية في البحر آخذ بالتناقص في الواقع حتى عند ثبات اتجاهات تلوث أحواض الأنهار أو تدهورها.

ومن العسير للغاية وضع ميزانيات لمدخلات المعادن الثقيلة من الأنهار إلى البحر المتوسط. فالكثير من الأنهار ما تزال غير خاضعة للرصد فيما يتصل بالمعادن الدقائقية، أو أن مثل هذا الرصد غير كاف. وقد تغيرت المدخلات المائية، وبصورة شديدة أحياناً كما هو الحال بالنسبة لنهر النيل، وتُحتجز الرُسابات النهرية بما في ذلك حملها المرفق من المعادن الآن وراء جدران الخزانات.

ويمكن الإدلاء ببعض النقاط البارزة: (1) ما تزال معظم التدفقات المعدنية مرتبطة بالمواد الدقائقية. (2) إن الخزانات تحتجز على الأرجح قسماً كبيراً من المعادن الناشئة عن الأنشطة البشرية. (3) ونتيجة gوهذا الاحتجاز فإن صافي المدخلات إلى البحر المتوسط ثابت بالنسبة للكادميوم، أو أنه سينخفض (النحاس، الرصاص، الزنك). غير أن مدخلات الزئبق آخذة بالتزايد نتيجة تلوث واسع بدقائقيات هذا المعدن.

4.2.2 المواد الملوثة الدقيقة العضوية

لا تخضع المواد الملوثة الدقيقة العضوية المصرفة في الأنهار لرصد سليم يتيح تقدير الأحمال، حتى في إطار الرتب القيمية. ولا يعتبر هذا النوع من الاستنتاجات خاصاً بحوض المتوسط وحده. وثمة توثيق للتلوث بالمنتجات الصناعية في الأنهار الكبرى (البو، الإيبرو، الرون) فيما يتعلق بمواد البفينيل متعددة الكلورة، والهيدروكربونات العطرية المتعددة، والمذيبات. وتم العثور على أدلة بوجود تركيزات عالية من المبيدات (تركيزات تزيد على 1 مغ/لتر) في بعض الدراسات المخصوصة، مثل ما حدث في اليونان، ومن المعتقد أن مثل هذه التركيزات موجودة أيضاً في الكثير من الأنهار الصغيرة في مناطق الزراعة الكثيفة، غير أنها لم يُعثر عليها في دراسة الرون الرائدة. وقد تتباين أنواع المبيدات المكتشفة في الأنهار تبايناً كبيراً من بلد إلى آخر وعلى الأرجح من نهر إلى نهر. ولا تنقل الأنهار معدلات كبيرة من الجيل الجديد من المبيدات (الأترازين وأنواع أخرى) حيث أنها تنقل فحسب ما بين 0.2 إلى 3% فقط من المنتجات المستخدمة في الأراضي المزروعة.

3.2 السمات الميكروبيولوجية

يعتبر التلوث البكتيري مشكلة في الخلجان شبه المغلقة أساساً التي ما يزال بعضها يتلقى مقادير ضخمة من مياه المجارير غير المعالجة. ورغم أن هناك القليل من التوثيق فيما يتعلق بحوض المتوسط بأسره، فإنه يمكن القول أن هذا التلوث ينعدم في بضعة أحواض ذات كثافة سكانية قليلة، ويصل إلى معدلات شديدة في بعض الأنهار الجنوبية. وفي الأنهار اليونانية والإيطالية الكبرى فإن هذا التلوث حقيقي ولو أنه ليس بالحاد عموما. وفي حال افتراض انطباق التحسن الملحوظ في نهر البو، ذي المستويات المتباينة من التلوث على طول مجراه، على الأنهار الشمالية الأخرى، التي تشير المعلومات إلى تنفيذ عمليات فيها لجمع مياه المجارير ومعالجتها خلال العقدين الأخيرين، فإن من المفروض

أن يكف التلوث الميكروبولوجي عن أن يكون مشكلة بارزة في الجزء الشمالي من حوض المتوسط؛ أما في الجزء الجنوبي فإن من الواجب تحديد وضعه الفعلي.

4.2 السمات الفيزيائية

لا يبدو أن السمات الفيزيائية لأنهار المتوسط تخلف آثاراً مهمة في الكثير من أرجاء منطقة البيئة البحرية. وفي الخلجان المغلقة أو المصبات فإن التصريفات الحرارية قد تلحق ضرراً خطيراً بالنظام الإيكولوجي في حين أن التعكر يمكن أن يؤثر على عشائر الأسماك.

ويحدث التلوث الحراري عند استخدام مياه النهر كعامل تبريد في محطات الطاقة أو الصناعة. وبفعل المقادير المتزايدة من الطاقة التي تنتجها محطات الطاقة العاملة بالوقود الأحفوري والذرة فإن الحاجة تمس إلى تحديد الأثر الحقيقي لصرف الدُفق المسخنة من تلك المحطات إلى البيئة البحرية. ويتيح رصد درجة الحرارة النهرية على طول مجرى النهر اكتشاف ذلك الجزء من الحمل الحراري الأصلي الذي يصل إلى البحر وكيفية تأثير ذلك على الوضع الحراري البحري. ومن المهم للغاية أيضاً التعرف على محطات الطاقة الحرارية المحاذية للأنهار بغية تحديد الأنهار الرئيسية التي تتلقى التصريفات الحرارية.

ويمكن لتصريفات النفايات المنزلية أن تتسبب في إحداث التعكر في حين أن السبب الرئيسي في ذلك هو الحت. ويعتبر الكشف عن التغييرات في الغطاء الأرضي، مثل إزالة الغابات، من بين الوسائل الممكنة لقياس زيادة التعكر. كما يندرج الكشف عن أنواع النفايات التي تصل إلى كل نهر وكذلك رصد التعكر في مصبات الأنهار الرئيسية في عداد المهام البارزة لتقييم الآثار اللاحقة بالبيئة البحرية.

وتؤدي النفايات الصناعية إلى تلوين مياه الأنهار، وهو ما يؤثر في المقام الأول على المصبات، كما أنه يتسبب في التقليل من القيمة الجمالية. وليس هناك من تقديرات صحيحة لأثر تلون المياه على البيئة البحرية. وبغية تقدير هذه الآثار حتى بصورة تقريبية فإن من الواجب القيام برصد لألوان المياه وكذلك تسجيل مصادر النفايات الصناعية.

3. تنظيم تقنيات الرصد والمعاينة في برامج جمع العينات

1.3 إستراتيجية رصد الأنهار

تعاني أنشطة رصد الأنهار، باعتبارها جهداً لاستخلاص المعلومات عن نوعية المياه والرُسابات، على الدوام من الافتقار إلى هدف معلوماتي واضح. فالرصد يجب ألا يقتصر على التحقق من نوعية المياه والرُسابات بالمقارنة مع معايير معينة، بل إن من الواجب استخلاص معلومات عن حالة الحوض المائي بأسره وما يشهده من اتجاهات. ولذلك، ولأغراض هذه الخطوط التوجيهية، فإنه يمكن النظر إلى الرصد على انه سلسلة من الأنشطة المترابطة (نظام) التي تسفر، في حال تنفيذها جميعاً وبطريقة متكاملة، عن إنتاج التفهم المطلوب لظاهرة التلوث في المستجمع المائي النهري بأكمله. وترد أدناه هذه الأنشطة المترابطة وفقاً لتسلسلها:

- معاينة المياه والعوامل المرتبطة لقياس السمات الفيزيائية، والكيميائية، والميكروبولوجية للرُسابات والمياه السطحية في مستجمع المياه

- قياس السمات المخصوصة للعينات الفيزيائية، والكيميائية، والميكروبيولوجية في الميدان وفي المختبر
- إدراج وتخزين البيانات المستخلصة في قاعدة بيانات حاسوبية لاسترجاعها لاحقاً عند جمع ما يكفي من المشاهدات لدعم تحليل البيانات
- تحليل البيانات المخزنة باستخدام النُهج الإحصائية و/أو النماذجية
- كتابة تقرير (أو إعداد عرض شفوي) تُقدم فيه المعلومات المستخلصة من التحليل بصيغ مفهومة
- الاستفادة من معلومات التقرير أو العرض الشفوي للأغراض والقرارات الإدارية

وفي حالة اعتبار شبكة المعاينة النهرية القائمة ضرورية للاستعراض، فإن من الواجب اتباع الخطوات التالية:

- البدء بالبرنامج القائم
- تحديد المواقع اللازمة للأغراض التشريعية
- دراسة المواقع المتبقية وحذف المواضع التي تبدو بوضوح زائدة وشاذة
- تفحص المواقع المتبقية باستخدام *أداة إحصائية* وحذف ما لا يُسهم منها إسهاماً هاماً في المعلومات الشاملة
- ادخال تعديلات إضافية وفقاً للحاجة ذات الأولوية في تحقيق التغيير المستهدف الذي تنص عليه الخطوط التوجيهية على مستوى الإقليم
- التأكيد على برنامج الرصد الوطني ووضع قائمة جرد بالمواقع والتكاليف

وترمي الإستراتيجية المخصوصة لجمع عينات المياه، والرُسابات، ومياه الصرف إلى تحقيق ما يلي:

- ضبط النوعية
- إعداد التوقعات
- تحديد مدى الضرر الناجم عن التلوث

وتندرج معظم الاختبارات ضمن إطار ضبط النوعية، وهي محددة في غالبية الحالات وفقاً لتشريعات قانونية. وبالنسبة للتوقعات فإن البيانات تحدد للأغراض التخطيطية وللتعرف على الاتجاهات. ويتسم ذلك بالأهمية بالنسبة لبناء محطات معالجة مياه المجارير، وذلك مثلاً حينما يتطلب الأمر تقدير التصريفات المقبلة لمياه الصرف في أحواض المياه السطحية. وعند تقدير الأضرار فإن أسباب الأضرار الناجمة عن التلوث وأمديتها تعتبر مهمة.

وأبرز الشروط الضرورية للمعاينة المناسبة هو توافر التأهيل والتدريب المرضيين للعاملين في الرقابة، بالتوازي مع دقة تمثيل العينات وصحتها بالنسبة للمجتمع الإحصائي المراد اختباره. ويعني ذلك أن من الواجب جمع هذه العنيات وتخزينها على نحو تتناظر فيه البارامترات المحددة في العينة النهائية مع القيم الحقيقية على امتداد المجتمع الإحصائي للمياه، والرُسابات، ومياه الصرف. وينبغي اختيار مكان المعاينة وزمانها بشكل تعكس فيه العينات التباين الزمني والموضعي خلال فترة التحقيق.

وتعتمد كل حملة من حملات جمع العينات إلى حد ما على الصدفة ومن ثم فإنها تخضع لخطأ متأصل. وكلما صَغُرت العينة ضعُفت صفتها التمثيلية للمجتمع الإحصائي. وبالإضافة إلى ذلك فإن المعلومات المدرجة في نتائج عينة

عشوائية تعتمد على تغاير البارامتر المعين المقاس. وبغية التمكن من تعميم النتائج الاعتبارية، فإن من الواجب أن يكون حجم خطأ العينة العشوائية معروفا. وهذا الخطأ هو الفارق بين بارامتر العينة العشوائية (مثل المتوسط الحسابي) والقيمة الحقيقية للمجتمع الإحصائي بأكمله. وفوق عدد معين فإن خطأ العينات يغدو ضئيلاً بحيث لا يمكن بعدها تبرير زيادة عدد العينات.

وينشأ التباين في إجراء التحليل الشامل (S_{total})، المؤلف من المعاينة (sampling)، ومعالجة العينات (sample processing)، والتحليل (analysis) بجمع التباينات المنفردة وفقاً لقانون انتشار الخطأ:

$$S^2_{total} = S^2_{sampling} + S^2_{sample\ processing} + S^2_{analysis} \quad (1.3)$$

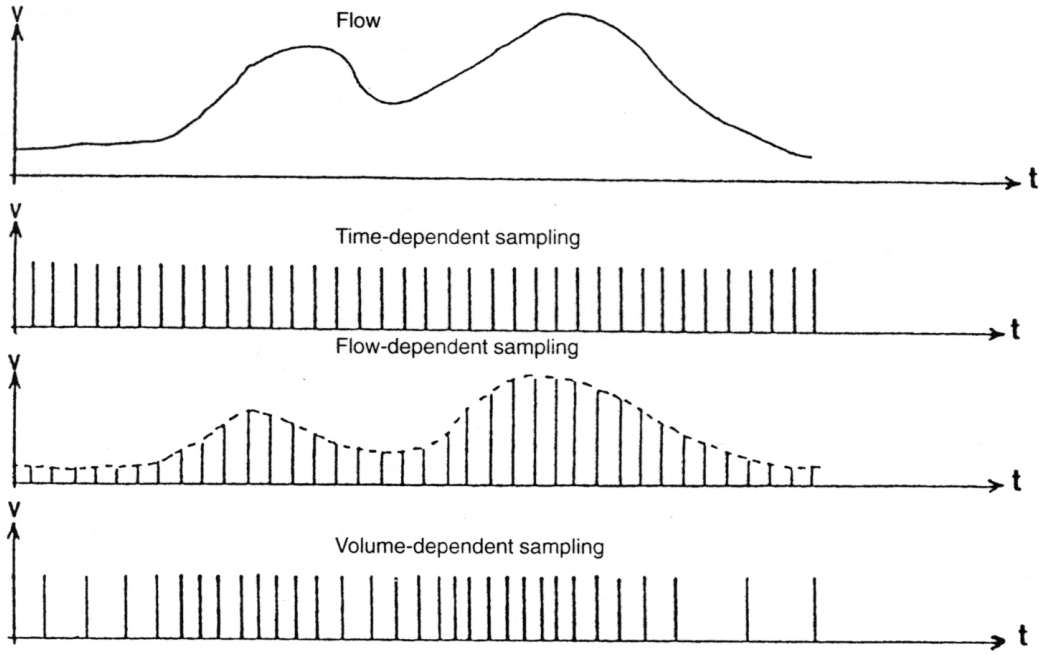
وبخطأ معاينة بنسبة 25%، وخطأ معالجة بنسبة 10%، وخطأ تحليل بنسبة 5% فإن قيمة الخطأ الشامل تصل إلى 27%. وفي حال خفض أخطاء المعالجة والتحليل بمعدل النصف فإن الخطأ الشامل ينخفض بمقدار 2% فقط. ولذلك فإنه عند النظر في مدى تمتع نتائج التحليلات بالصفة التمثيلية يتبين أن دقة القياس المخبري تتسم بأهمية ضئيلة حينما تكون أخطاء المعاينة والمعالجة أكبر كثيراً من أخطاء القياس. ويوضح ذلك مدى أهمية وحساسية إجراء المعاينة. ولضمان فعالية إستراتيجية المعاينة فإن من الواجب مراعاة ما يلي:

- الجوانب الإحصائية للعمل
- إرشادات موحدة للمعاينة، ووضع البطاقات، والنقل، والتخزين
- تدريب العاملين على تقنيات المعاينة

ويمكن استخلاص عينات تمثيلية وصحيحة وفقاً للمخطط المدرج في الجدول 3-1. ومن الواجب استخدام إجراءات المعاينة التالية:

- *العينة العشوائية*: عينة منفردة مستخلصة يدوياً في وقت معين، وبالتالي فإنها تصف وضع الماء في تلك اللحظة بالضبط فقط.
- *العينة العشوائية المشروطة*: وهي شكل مغاير للعينة العشوائية حيث يتم استخلاص خمس عينات عشوائية على الأقل بفواصل زمنية لا تقل عن دقيقتين، وعلى امتداد فترة إجمالية قصوى قدرها ساعتان، ثم تُجمع العينات لتنتج *العينة المجمعة*.
- *العينة الزمنية*: يتم خلال فترة المعاينة المختارة استخلاص عينات من الحجم ذاته وبالفواصل الزمنية نفسها ثم تُجمع لتنتج عينة مجمعة. وهكذا فإن النتيجة المحصلة تعتمد اعتماداً شديداً على التغيرات في تدفق المياه ومستوى تلوثها.
- *العينة الحجمية*: في هذه الحالة تُستخاص أحجام ثابتة بفواصل زمنية متباينة يحددها حجم التدفق ثم تُجمع لتنتج عينة مجمعة. وإذا كانت هناك تباينات واسعة في مستوى التلوث والتدفق (تصريفات صغيرة)، فإن من الواجب تجنب اختيار إجراء المعاينة هذا.
- *العينة التدفقية*: تُستخاص العينات بفواصل زمنية موحدة، وتكون ذات أحجام مختلفة تبعاً للتدفق في تلك اللحظة المحددة، وتُجمع العينات لخلق عينة مجمعة. ويُثمر هذا النوع من المعاينة نتائج دقيقة حتى في حال ملاحظة تباينات شديدة في مستويات التدفق والتلوث.

- *العينة الحَدَثية*: ينبغي استخدام هذا النوع من المعاينة كلما دعت الحاجة إلى أن يوثق تجاوز القيم الحدية. وتتم عملية المعاينة فحسب حينما يقع حادث؛ وبخلاف ذلك فإن جهاز المعاينة يكون في وضع تأهب فحسب. ويمكن استخدام كل البارامترات القابلة للقياس على الدوام للبدء بالمعاينة في حال تجاوز إشارة قياس محددة.
- *العينة الزمنية، والتدفقية، والحدثية*: يعتبر هذا النوع من المعاينة أفضل مزيج مرن من التقنيات المختلفة. وبالمستطاع تحديد الأولويات، وذلك مثلاً فيما يتعلق بالتالي: الأحداث، والنوعية، والزمن. وتؤدي هذه العملية إلى خلق ضغوط كبيرة على أدوات المعاينة وتدابير ضبطها. ويمكن لأداة منفردة أن تضطلع بعدة مهام في آن واحد، مثل الرصد المتواصل للحوض المائي (المعاينة الزمنية والحجمية) في الوقت الذي



تستجيب فيه للأحداث أو الأخطاء (المعاينة الحدثية).

الشكل 3-1: عرض بياني للتقنيات المحتملة لمعاينة الماء ومياه الصرف

الجدول 3-1: إجراء أولي لاختيار طريقة معاينة للماء ومياه الصرف

تباين التدفق واسع	تباين التدفق صغير	تقلب التركيز
عينة عشوائية (مشروطة)	عينة عشوائية (مشروطة)	صغير
عينة تجميعية حجمية أو تدفقية	عينة تجميعية زمنية	واسع

وبالمستطاع أيضاً إعداد عينات تجميعية حجمية أو تدفقية بعد ذلك، وذلك بجمع عدة عينات عشوائية مؤلفة من مختلف كميات المياه (قياسات التدفق ضرورية). ويعرض الجدول 3-2 مثالاً على ذلك.

الجدول 3-2: مثال لحساب عينة تجميعية كمية مستخلصة يدويا

الوقت	التدفق اللحظي (م3/ثانية)	نسبة العينة العشوائية في العينية التجميعية (لتر)
8	1	0.1
9	2	0.2
10	1.5	0.15
11	4	0.4
12	0.5	0.05
13	1	0.1
14	2	0.2
15	1.5	0.15
16	0.5	0.05
Σ		1,41

وبالنسبة للرُسابات فإنه بفعل الطبيعة الحبيبية للأجزاء المنفردة فإن هناك خطراً من أن تتحدد نسب مفرطة الضخامة أو مفرطة الضآلة. ويُعطى خطأ العينة Ss بالنسبة إلى بارامتر مقاس على النحو التالي:

$$Ss = [(1-x)/x].(m/ms) \qquad (2.3)$$

حيث: x = محتوى العنصر 1، وm = متوسط كتلة الجُسيم، وms = كتلة العينة.

ويزداد خطأ المعاينة مع تناقص محتوى x، إلى جانب انكماش مساحة المعاينة وزيادة متوسط كتلة الجُسيم. وبزيادة عدد العينات فإن الخطأ الشامل سينخفض بشدة أكبر مما يحدث عند زيادة عدد القياسات الموازية. وتتزايد الظروف تعقيداً بالنسبة لخلائط العناصر المحتوية على أكثر من نوعين حجميين من الجُسيمات.

2.3 تنظيم شبكات المعاينة

يتسم التخطيط بأهمية بالغة بالنسبة لتنظيم شبكات المعاينة، بما في ذلك الاختبارات الأولية. ومن الواجب أن يتم التخطيط بعناية شديدة، إذ أن الشبكة ستُستخدم لفترة طويلة وستؤدي التعديلات اللاحقة المقبلة إلى خلق صعوبات في مقارنة البيانات التحليلية. وبما أن مناطق المستجمعات أو نظم الصرف الضخمة في المدن الكبيرة تتكون من نظم فرعية منفردة، ومختلفة في معظم الحالات، فإن من الواجب التخطيط لشبكات القياس ونقاط المعاينة على نحو يأخذ ذلك في الاعتبار. وينبغي إبداء اهتمام خاص أيضاً بوصلات النقل المواتية وسهولة الوصول إلى نقاط المعاينة في ظل مختلف الظروف الجوية. ويتعين استخدام الصور الجهوية، والخرائط الطبوغرافية، والخرائط المواضيعية في كل معاينة ميدانية.

1.2.3 رصد المصادر النقطية

عند الحاجة إلى استخلاص عينات من المياه الجوفية الملوثة (جدول الدفيق)، فإن من الواجب أن تكون هناك نقطتا قياس على الأقل. وينبغي أن تكون النقطة الأولى في الجدول الخارج للمياه الجوفية للمصدر الملوث. ويتعين أن يكون بعد هذه النقطة عن التلوث أقل من 10% من مسافة تدفق المياه الجوفية تحت السطح. أما النقطة الثانية فعند قناة تغذية التلوث. ومن الواجب أن يكون بعد هذه النقطة عن التلوث نحو 50% في المائة من مسافة تدفق المياه الجوفية تحت مصدر التلوث. وينبغي أن يكون الخط الواصل بين نقطتي القياس هاتين متعامداً مع المستوى الفعلي للمياه الجوفية. وبغية فحص مدى التلوث الناجم عن رواسب النفايات القديمة بدقة أكبر، فإنه يتعين إنشاء شبكة معاينة مغلقة في أسفل النهر. ويُستحسن إقامة نقاط قياس متعامدة مع اتجاه تدفق المياه الجوفية بفواصل منتظمة لا تزيد على 50 مترا.

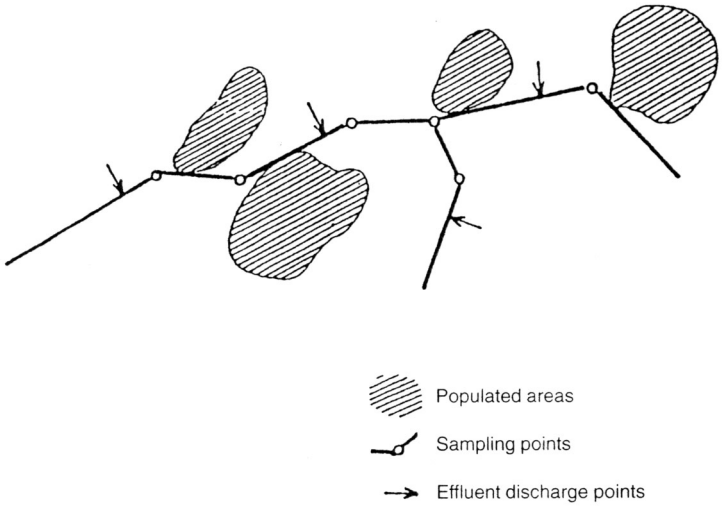
2.2.3 رصد المياه غير النقطية والمياه الهاطلة

وفيما يتعلق بالمياه غير النقطية (النظم النهرية) والمياه الهاطلة فإن من الواجب أحياناً أن تؤخذ في الحسبان مناطق المستجمعات الجزئية عند تخطيط شبكات المعاينة (الشكل 3-2).

الشكل 3-2: منطقة مستجمعات النظام النهري لإجراء الرصد غير النقطي

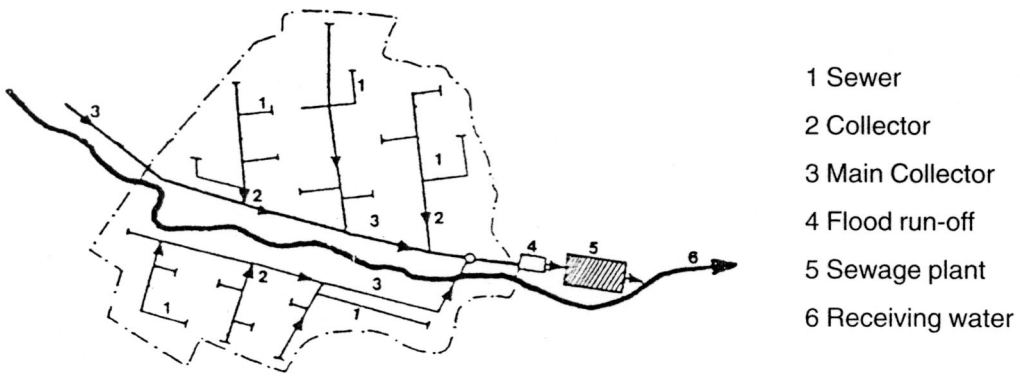
ويمكن هنا تقسيم المنطقة الإجمالية إلى خمسة أقسام تتحدد نوعية المياه فيها عند نقطة قياس معينة. وبالمستطاع القيام بمزيد من التقسيم حسب الاقتضاء. وتقع المناطق المهمة في النظم النهرية الضخمة أسفل التقاطعات مع الروافد شديدة التلوث ونقاط التدفقات الداخلة الضخمة لمياه الصرف. وبالإضافة إلى ذلك فإنه يتعين إدراج الأماكن الأقل تلوثاً بغية تحديد التركيب الطبيعي للمياه. وفي غالب الأحيان تُقام نقاط القياس في الأنهار على كلا جانبي الحدود السياسية لتسوية النزاعات المتصلة باستخدام المياه. وبصفة عامة فإن من الكافي إقامة نقطة معاينة واحدة لكل منطقة تتراوح مساحتها بين 100 و200 كيلومتر مربع، باستثناء المناطق الصناعية التي تتطلب عدداً أكبر من النقاط. ويبين

الشكل 3-3 مقطعاً من منطقة مستجمعات حوض مائي. وتمثل الدوائر المعروضة في الشكل نقاط القياس التي يُنتظر عندها حدوث تغيرات محتملة في نوعية المياه. وجرى تظليل المناطق المأهولة، أما نقاط دخول مياه الصرف (بما في ذلك مداخل المياه الهاطلة) فقد أشير إليها بأسهم. وبالإضافة إلى نقاط القياس الرئيسية، فإن بالإمكان أيضاً القيام بعمليات تدقيق منتظمة عند نقاط الدخول تلك.

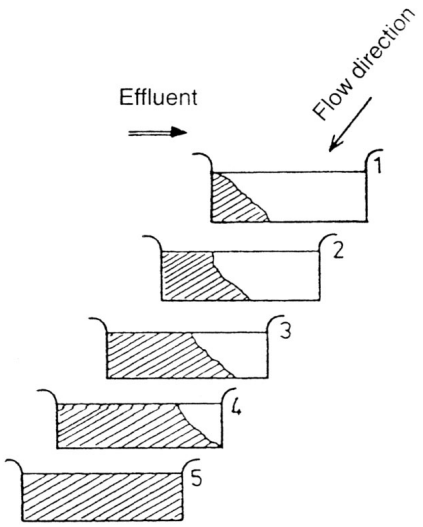


الشكل 3-3: رسم بياني لجزء من نظام نهري ذي نقاط صرف للدفق بما في ذلك المياه الهاطلة

ويمثل الشكل 3-4 رسماً بيانياً لشبكة للتخلص من مياه الصرف في المدن. وتحتوي الشبكة على قنوات شارعية، ومُجمعات، ومُجمع رئيسي، وممر تجميع، وحجرة طفح، وقنوات طفح، وكذلك وحدة لمعالجة مياه المجارير بمخرج إلى الحوض المائي. ومن الواجب إقامة نقاط قياس في نظام الصرف عند مواقع تصريف المصانع المنفردة لمياه الصرف في الشبكة، وعند مواضع التقاء المجمعات الرئيسية، وعند منافذ وحدات معالجة مياه المجارير. وفي حال الاشتباه في تصريف مواد ملوثة، فإن بالمستطاع تتبع الطرف المذنب على طول فرعه من الشبكة. ومن الواجب موضعة نقاط المعاينة في الأنهار أو القنوات المائية الضخمة بحيث تكون المياه التي تدخل فوق نقاط المعاينة مخلوطة تماما. وإذا لم يكن الحال كذلك فإن بالمستطاع إقامة نقطتي معاينة تقع كل واحدة منها على جانب من جانبي الممر المائي. ويوضح الشكل 3-5 كيف أن عملية امتزاج المياه من الروافد ومداخل مياه الصرف بطيئة جداً حينما يكون هناك تدفق طبقي. وهنا فإنه لا يجوز إقامة نقطة معاينة دائمة قبل الموضع 5.

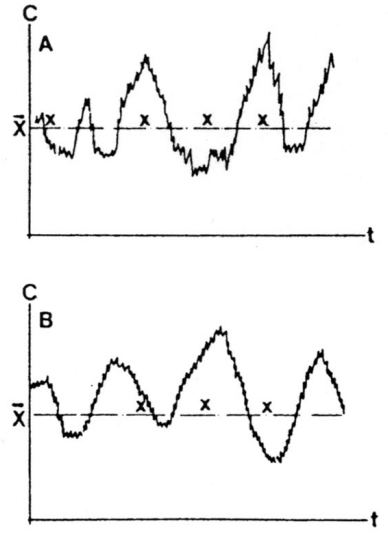


الشكل 3-4: رسم بياني لشبكة مياه المجارير



الشكل 3-5: رسم بياني لامتزاج الدُفق في نظم المياه المتدفقة

وبالإضافة إلى اختيار شبكة معاينة مكانية تمثيلية فإن اختيار جدول زمني مناسب للمعاينة مهم بدوره. وإذا كانت تقلبات التركيز شديدة فإن من الواجب استخلاص العينات بوتيرة أكبر، أما إذا كانت هذه التقلبات قليلة، فإن المعاينة على فترات تمتد لبضعة أشهر كافية لعملية التقدير. وحينما يكون من المعروف أن هناك تقلبات دورية تمتد لأيام، أو أشهر، أو سنوات فإن من الواجب أن تكون الفترة الفاصلة بين المعاينات أكثر مرونة لتفادي القياس المتكرر لقيمة مرتفعة أو منخفضة (الشكل 3-6).



الشكل 3-6: أثر تقلبات التركيز على القيم المتوقعة من العينات العشوائية

وبعد فترة أطول فإن من الواجب حساب أهم البارامترات الإحصائية مثل القيم المتوسطة، والقيم القصوى، والتباينات، والترابطات. وبالمستطاع اكتشاف تقلبات التركيز الدورية بسهولة بيانيا. وبعد ذلك فإنه يمكن في غالب الأحيان خفض وتيرة المعاينة دون فقد معلومات مهمة.

3.3 تحديد كميات العينات

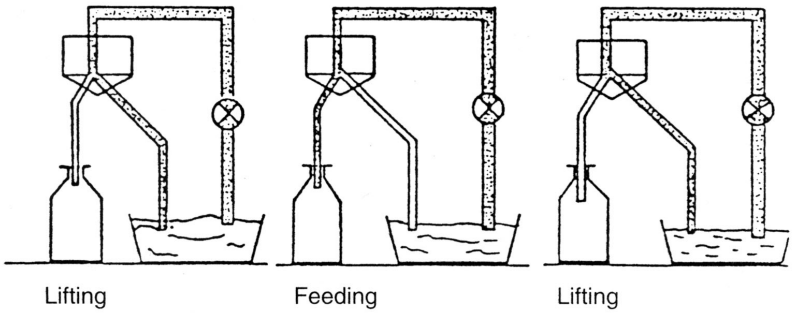
كما هو موضح تفصيلاً في الفصل 4 فإن كمية لتر واحد من السائل كافية لعينات الماء ومياه الصرف وكمية كيلوغرام واحد للعينات الصلبة للرُسابات.

4.3 نبائط المعاينة

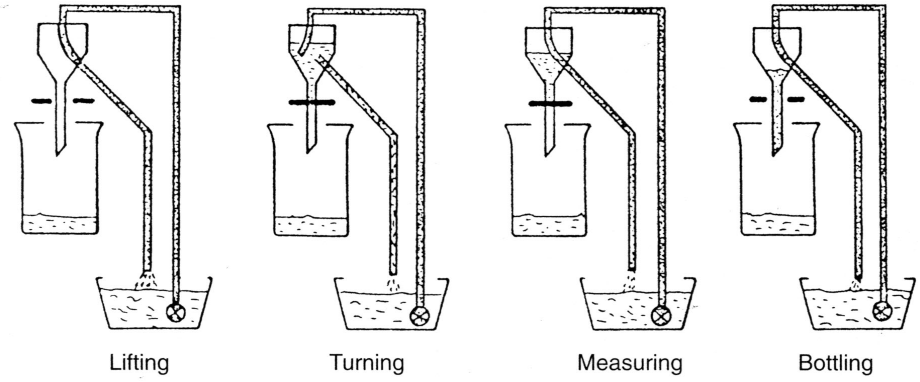
تُستخدم الدلاء للمياه السطحية أو مياه الصرف كنبائط يدوية لمعاينة الماء من السطح أو بالقرب منه، بينما تُستعمل نبائط الغَرْف المنظورة (دلاء روتنر) للطبقات الأعمق. ويجري استخدام نبائط المعاينة الأوتوماتيكية في المقام الأول للماء وهي تتألف من الأجزاء التالية:

- نظام التسليم
- آلية الضبط
- تقسيم العينات وقياسها
- تخزين العينات

ويتم التسليم باستخدام مضخات خرطومية أو مضخات لولبية لامركزية. ويحتوي الشكل 3-7 على رسم بياني لنظام ذي نبيطة مياه حرة السقوط. وبهذه الطريقة يتم تحويل العينة من جدول مائي متواصل باستخدام دارة نبضية (زمنية أو كمية) بحيث يمكن استخلاص عينة جزئية. ومن السهل استخدام وتنظيف هذا النوع من أدوات المعاينة. وينبغي إدراج وحدة تبريد لفترات المعاينة الطويلة. ويعرض الشكل 3-8 مرحلة المعاينة لنظام ضمن نبيطة مياه حرة السقوط مرتبطة بنبيطة تغذية بعينات ثابتة. وبهذه الطريقة يتم استخلاص حجم ثابت من العينات على الدوام. ويمكن أن تؤدي مياه الصرف شديدة التلوث إلى سد صهريج التغذية. وتدعو الحاجة إلى أنابيب ذات مقاييس قصيرة، ومعدلات عالية من السرعة، وإزالة الضوء للتقليل من التغيرات في طبيعة العينة. وتكفل التدابير المنتظمة للتنظيف والصيانة تفادي تشكل الرواسب وتضمن مصداقية النظام.

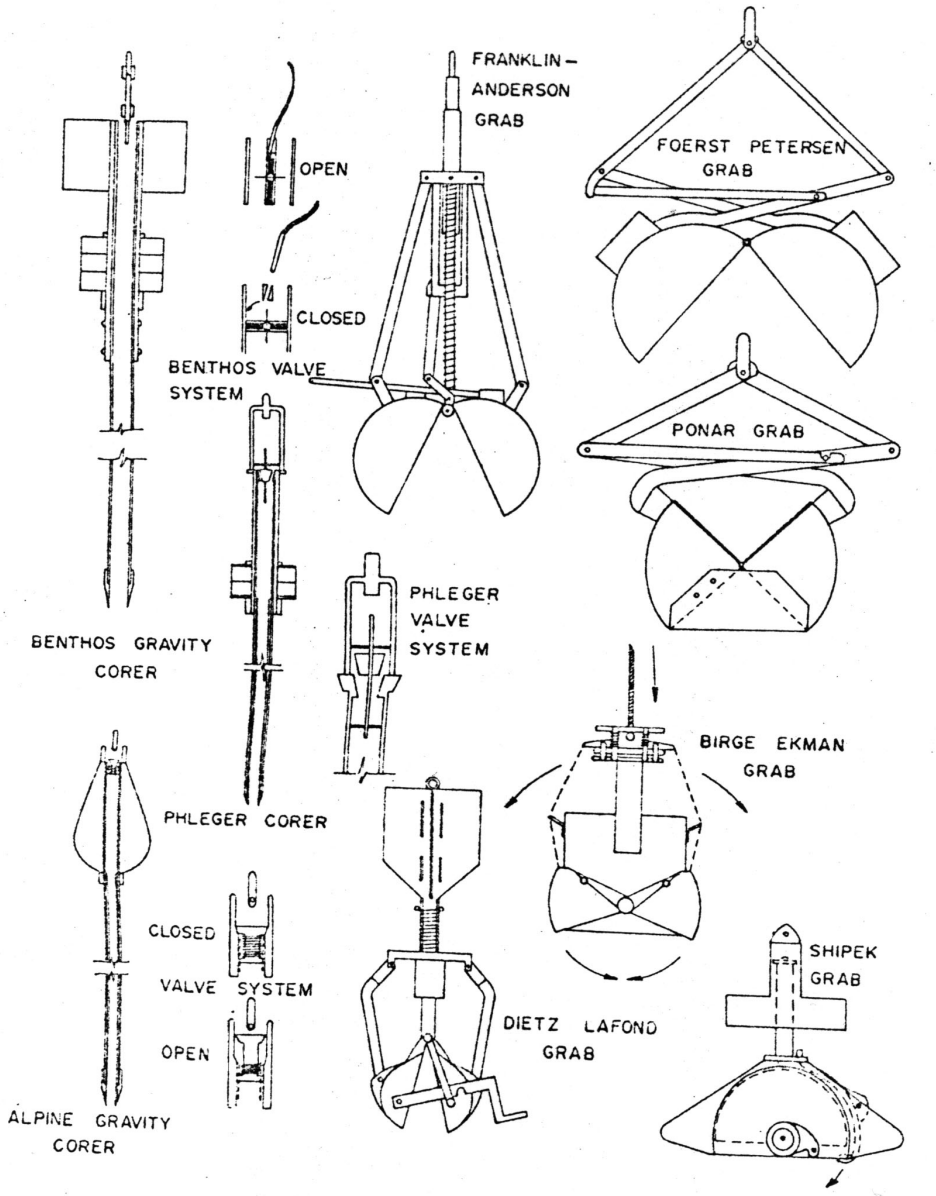


الشكل 3-7: عرض بياني لأداة معاينة أوتوماتيكية ذات سقوط حر



الشكل 3-8: عرض بياني لأداة معاينة أوتوماتيكية ذات سقوط حر مقرونة بنبيطة تلقيم بكميات ثابتة

وفي العادة في الرُسابات والمواد المعلقة تجمع مع العينات المائية باستخدام أدوات للاستخلاص مثل أدوات فان دورن، وروتنر، وكيميرر، وفرايدنغر (Golterman et al., 1978). ولهذه الأدوات أنبوب مفتوح بسعة إلى ثلاث سعات وبغطاء عال عند كل طرف. ويمكن إغلاق الأغطية بكبل حمل. وأنبوب روتنر مصنوع من مادة البرسبكس (بلكسيغلاس)، في حين أن أنبوب كيميرر مصنوع من النحاس. وتشابه أداة فرايدنغر نوعي روتنر وكيميرر، غير أن أغطيتها تثبت مفتوحة بموازة 90 درجة مع محور جهاز المعاينة، وهي لا تعيق بشكل كبير تدفق الماء. وثمة طريقة أخرى تستخدم أدوات المعاينة ذات المضخات. وفي هذه الأنواع يتم إنزال أنبوب مطاطي أو لدائني مُثقل إلى العمق المطلوب ثم تقوم مضخة بسفط جدول متواصل من الماء تُغسل به أداة المعاينة أولاً ثم تُملأ. وبالمستطاع في العادة أيضاً استخلاص عينات من الرواسب القاعية على عمق يتراوح بين نصف متر إلى متر واحد باستخدام أدوات الاستخلاص الخطافية أو الكراءات مثل كراءة إيكمان أو بيترسن (الشكل 3-9).



الشكل 3-9: أدوات متنوعة لاستخلاص عينات الرُسابات القاعية

5.3 حفظ العينات، ونقلها، وتخزينها

يمكن أن تتغير محتويات العينات المائية وذلك بمعدلات مختلفة. وبما أن بالمستطاع قياس بضعة بارامترات فحسب خلال الجمع، فإن الحاجة تدعو في غالب الأحيان إلى تدابير معالجة أولية وتثبيت. ويتيح ذلك إجراء الاختبارات حتى بعد انقضاء فترات طويلة. ولا تتطلب معظم المواد العضوية تدابير إضافية للنقل والتخزين، ولكن بعضها قد يشهد تغييرات، وذلك مثلاً عبر الاختزال، أو التأكسد، أو الترسب. وإذا ما كانت العينة تحتوي على مواد عضوية، وتوافرت ظروف مواتية لتطور الكائنات الدقيقة، فإن تغييرات سريعة تحدث في غالب الأحيان. وفي هذه الحالات فإن الأمر يقتضي اتخاذ تدابير للتثبيت. ويُعرف التثبيت على أنه منع أو تأخير العمليات البيوكيميائية بحيث ينبغي أن يكون الفارق بين محتوى العينة الأصلية والعينة المحفوظة أقل من 10%. ويتم تبريد عينات الماء ومياه الصرف خلال النقل والتخزين، ولاسيما في ظل درجات الحرارة الخارجية العالية، وذلك للحيلولة دون تزايد معدل العمليات البيوكيميائية.

وبصورة عامة تحدث التفاعلات في عينات مياه الصرف والمياه السطحية بسرعة أكبر منها في عينات المياه الجوفية ومياه الشرب.

ومن المحتمل حدوث التغيرات التالية:

- تأكسد العناصر بفعل الأوكسجين الذائب (مثل Fe^{2+}، وS^{2-})،
- الترسب والترسب المشترك للمواد غير العضوية من خلال التغيرات في الوسيط (كربونات الكالسيوم، الهدروكسيدات المعدنية)
- امتزاز عناصر نزرية على جدران الأوعية
- تغيرات في البارامترات نتيجة النشاط الميكروبيولوجي (قيمة الرقم الهيدروجيني، الأوكسجين، ثاني أوكسيد الكربون، الطلب الأوكسجيني البيوكيميائي، المواد العضوية النزرة).

ويعرض الجدول 3-3 بعض طرق الحفظ المناسبة.

الجدول 3-3: حفظ المواد الموجودة في الماء

فترة التخزين القصوى	**الحفظ**	**البارامتر**
عدة أسابيع	5 ملغ من HNO3 لكل لتر	المعادن النزرة
يوم واحد أو عدة أسابيع على التوالي	التبريد عند 4 درجة مئوية أو التجميد عند – 18 درجة مئوية	الكربون العضوي المذاب، الكربون العضوي الكلي، الطلب الأوكسجيني الكيميائي، الطلب الأوكسجيني البيولوجي5
بضعة أيام	5 ملغ من HNO3 لكل لتر	NH4, total N
بضعة أيام	محلول 2 ملغ K2Cr2O7/HNO3 لكل لتر (0.5 غ K2Cr2O7 في 100 ملغ 30% HNO3)	Hg
يوم واحد	تقلية حتى الرقم الهيدروجيني = 8	مركبات السيانيد
يوم واحد	إضافة مادة 2,2’ - bipyridine	Fe(II)
أسبوع واحد	محلول 2 ملغ 10% أسيتيات الزنك	S2-
أسبوع واحد	5 ملغ من مادة CuSO4 · 5H2O لكل لتر	مركبات الفينول

وتعرض هذه الطرق كتوصيات فحسب. وفي العادة فإن الفحص فور استخلاص العينات يلغي الحاجة إلى الحفظ. وبالنسبة للماء الصافي نسبياً على وجه الخصوص فإن التبريد عند درجة 4 مئوية كاف حتى فيما يتصل بفترات

التخزين الطويلة. وإذا ما كان من اللازم اختبار مياه الصرف لتحديد الطلب الأوكسجيني الكيميائي أو الطلب الأوكسجيني البيولوجي، فإن بالمستطاع تجميد هذه المياه عند درجة حرارة تقرب من – 18 مئوية في أوعية لدائنية. وتتسم سرعة التجميد والإذابة بالأهمية. ومن الواجب تجفيف عينات التربة بأسرع ما يمكن، شريطة ألا تكون هناك حاجة إلى إجراء اختبارات عليها في حالتها الأصلية. وفيما يتعلق باختبار النترات فإنه ينبغي تبريد العينة أثناء النقل ثم تجميدها في كيس لدائني عند درجة حرارة – 18 مئوية.

وفيما يتعلق بعينات الرُسابات فإن تدابير التبريد – التجفيف توفر طريقة سريعة وبسيطة نسبياً لإعداد العينات للتخزين طويل الأجل. وتوضع مواد العينات الرطبة في أوعية زجاجية خاصة تغطس جزئياً في حمام من مادة مبردة مجمدة وتُبرد بسرعة حتى درجة – 40 مئوية تقريبا. ورغم أن بالمستطاع تجميد العينات في الجليد الجاف في قوارير إخواء عادية، فإن من الأفضل استخدام مجمدات غلافية تتم فيها مناوبة الحاويات الزجاجية الخاصة مع تجمدها. ويؤدي ذلك إلى التصاق الرسابة المجمدة على معظم السطح الداخلي للحاويات الزجاجية ويوفر عينة أيسر تجفيفا. وبعد التجميد تُربط الأوعية الزجاجية بمصدر للإخواء العالي وتُجفف العينات مع تلاشي الجليد في صيغة بخارية في ظل الإخواء. وتُنتج هذه التقنية مسحوقاً جافاً نظيفاً جاهزاً للتخزين في قوارير جافة نظيفة. وبالمستطاع تخزين القوارير المغلقة بإحكام (لمنع الرطوبة) لسنوات عديدة دون حدوث أي تدهور كبير في مواد العينة. وهذه التقنية غير صالحة للمركبات الطيارة أو للغازات المذابة في المياه الخلالية، ومن الواجب استكمال التحليلات على هذه العناصر قبل معالجتها بالتجميد – التجفيف. كما أن من الواجب إنجاز التحليلات المتصلة بحجم الجسيمات قبل التجميد – التجفيف.

6.3 إجراءات جمع العينات

1.6.3 *<u>المياه السطحية</u>*

لا يطرح جمع عينات المياه السطحية في العادة أي مصاعب تقنية خطيرة. ويعتمد اختيار التقنية على أسباب الاختبار وأهدافه. والعينات التي تستخلص بعد حوادث التلوث أو لضبط النوعية هي عادة عينات عشوائية. وللحصول على مزيد من المعلومات عن نوعية المياه فإن الأمر يتطلب سلسلة أطول من العينات التي يمكن استخلاصها يدوياً أو بأدوات الاستخلاص الأوتوماتيكية وهو الأفضل. وبالنسبة للأحواض الساكنة أو الأنهار بطيئة التدفق فإن من المستحسن جمع العينات العميقة أو ذات التكامل الجهوي. ويشتمل ذلك على الانتزاع المتواصل (مضخة) أو المتقطع (دلاء) للعينات المنفردة على أعماق ومواقع مختلفة. وفي بعض الأحيان يجري ضم العينات المنفردة للحصول على عينات متوسطة. ويعتبر تحديد مواقع نقاط المعاينة في الماء أقل تكلفة مما كان عليه قبلاً بفضل توافر نبائط لتحديد الموقع بالأقمار الصناعية (GPS) تتسم بسهولة الاستخدام وبالكفاءة التكاليفية.

وفيما يتعلق بالمياه السطحية التي تُستخدم كخامات لإعداد مياه الشرب فإن وتيرة المعاينة والاختبار تخضع للخط التوجيهي للاتحاد الأوربي رقم 79/869 وملاحقه التي تتناول البلدان الأوربية المنفردة. ومن حيث المبدأ فإن الوتيرة الدنيا تزداد كلما ارتفعت كمية المياه المزمع إعدادها وزاد عدد السكان المراد خدمتهم. كما أن من الواجب زيادة الوتيرة إذا ما اشتد الخطر على الصحة بفعل انخفاض نوعية المياه الخام. وفي حال استخدام كميات أقل من المياه فإن من الكافي القيام بعمليات معاينة يصل عددها إلى 3 عمليات سنويا. أما بالنسبة للكميات الضخمة من المياه وللمياه الخام ذات النوعية المنخفضة فإن الأمر يتطلب 12 عملية معاينة على الأقل.

ولجمع العينات يتم ببساطة غمس دلو أو قارورة عينات في الماء. وفي المياه الجارية فإن حركة الوعاء يجب أن تكون عكس التيار. وهنا فإن المناطق القريبة للمياه الساكنة عند الضفاف ورقع المياه المضطربة ذات الجريان السريع تفقد إلى تدرجات في تركيز محتوى الأوكسجين والجسيمات المعلقة. كما أن الأنهار ليست ممتزجة تماماً أسفل نقاط دخول مياه الصرف أو اتصال الروافد. وخلال ملء القوارير فإن من الواجب وضع السدادات أو الأغطية في مكان نظيف. وفي حال المعاينة عند الجسور فإنه ينبغي الانتباه إلى احتمال تأثير الدوامات بالقرب من الدعائم على نوعية المياه. وتُجمع عينات الفحوص البكتريولوجية بغمس وعاء معقم في الماء على أن تكون فتحته عكس التيار. وفي المياه الساكنة يُدفع الوعاء عبر الماء بطريقة تكفل عدم حدوث تماس بين الأيدي والماء أمام الفتحة.

2.6.3 مياه الصرف (الأنفوق)

ثمة مشكلات تطرحها المجموعة التمثيلية من عينات المياه الخام بكمياتها المتباينة من المواد المعلقة، ولاسيما عند استخدام النبائط الأوتوماتيكية. ولذلك فإن من الواجب التخلي عن التحديد الدقيق للمواد الصلبة، أو القيام بإعداد عينات مجمعة من العينات العشوائية التمثيلية. وحينما يتعلق الأمر بمواد عضوية من مرحلة منفصلة فإنه يتعين جمع العينات يدوياً فقط.

على أن استخلاص عينات مياه الصرف المنقاة سهل نسبياً، ويماثل ما يتم بالنسبة للمياه السطحية. وبالمستطاع استخلاص عينات عشوائية أو متوسطة بصورة يدوية أو أوتوماتيكية. وتتيح نبائط المعاينة الأوتوماتيكية الحديثة عادة برمجة طرق معاينة مختلفة ومن ثم فإن استخدامها يتسم بالمرونة.

ويتطلب الرصد الرسمي لمياه الصرف عينة عشوائية مشروطة وعينة مجمعة مدتها ساعتان للقيام بالتقدير وفقاً للقوانين المتعلقة بالمياه، ولاسيما المتصلة بالتخلص من النفايات. وإلى جانب ذلك فإن التشريعات المعنية بمواقع ووتائر معاينة مياه الصرف تعتمد على حجم وحدة معالجة مياه المجارير والتقانة المستخدمة فيها. وللمعاينة اليدوية فإنه يكفي عادة استخلاص عينات مجمعة مدتها 15 دقيقة من عدة عينات عشوائية. أما بالنسبة لضمان النوعية فإنه يجري في العادة ضمن عينات مجمعة مدتها يوم واحد أو ساعتان. وتفادياً لتقسيم العينات في المختبر فإن من الواجب ملء عدة قوارير إذا أمكن ذلك.

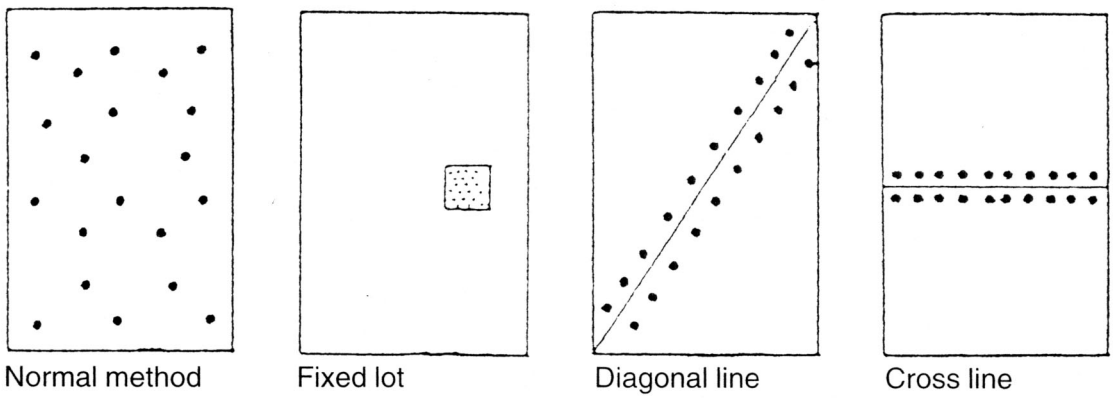
وتُجمع المياه عالية التلوث المتسربة من مقالب النفايات عادة من ممرات النفايات أو أنابيب التصريف. وينبغي أن تتدفق هذه المياه لفترة أطول عبر قمع زجاجي إلى قارورة جمع الطفح بغية خفض تأثير الهواء المحيط. وإذا ما كانت أنابيب التصريف من مقلب النفايات تتصل بقنوات مياه الصرف، فإن بالمستطاع استخدام أداة معاينة أوتوماتيكية لجمع العينات المنفردة الزمنية أو التدفقية، والتي يمكن بعد ذلك تجميعها.

وللحصول على عينات تمثيلية من أنابيب مياه الصرف ذات التدفق المضطرب المتواصل يتم وضع أنبوب معاينة وسط الجدول الرئيسي. وفي حال معدلات التدفق الطبقي أو التدفق شديد التقلب يوضع أنبوب مثقب في المقطع العرضي للأنبوب وتُجمع المياه يدوياً من خلال فتح صمام.

ومن الواجب إيلاء اهتمام خاص للمشكلات الصحية المرتبطة بمعاينة مياه الصرف.

3.6.3 الرُسابات

ينبغي أن تكون عينة التربة تمثيلية بالنسبة لكامل المنطقة المراد فحصها. ومن الصعب تلبية هذا الشرط حتى عند خلط العديد من العينات المنفردة، بالنظر إلى أن التنوع المكاني يمكن أن يكون أشد بكثير مما هو قائم بالنسبة للماء. ولعمليات الجمع فإن التوزيع العشوائي لنقاط المعاينة يعتبر تدبيراً مثالياً، على أن بالمستطاع استخلاص عينات مجمعة متناسقة نسبياً من الرُسابات وذات نوعية جيدة مماثلة تقريباً بقدر أقل من الجهد وذلك بخفض مساحة منطقة المعاينة. ويعرض الشكل 3-10 طرقاً مناسبة للمعاينة.



الشكل 3-10: معاينة الرُسابات

7.3 قياسات البارامترات الكيميائية، والفيزيائية، والبيولوجية

يعرض هذا الفصل البارامترات الكيميائية، والفيزيائية، والبيولوجية الواجب رصدها. ومن الواضح أن من الواجب أن تتفق الجهات المعنية على البارامترات آنفة الذكر وكذلك المنهجيات وذلك كي تكون النتائج قابلة للمقارنة ومتساوقة.

وتوخياً للإيضاح فقد تم عرض المنهجية المعتادة الشائعة للمعاينة والقياس المتعلقة برصد كل بارامتر من بارامترات النوعية المذكورة أعلاه، وذلك كي يكون القارئ صورة عن العمل بأكمله.

1.7.3 الماء ومياه الصرف

1.1.7.3 القياسات الميدانية

تعتمد دقة نتائج الاختبارات إلى حد كبير على مدى كمال المعلومات المجموعة في الميدان، بالإضافة إلى عملية جمع العينات ذاتها. وييسر توافر قائمة تدقيق إجراء القياسات ويكفل تفادي الحاجة إلى أنشطة لاحقة مستنزفة للوقت. وتشكل نتائج القياسات الميدانية للبارامترات المتغيرة بسرعة جزءاً هاماً من المعلومات الضرورية.

وتسهل قائمة التدقيق العمليات اللاحقة لمعالجة المعلومات، ولاسيما حينما تكون ظروف المعاينة والقياس صعبة. والقائمة المدرجة في الجدول 3-4 ليست كاملة بالضرورة، ولكنها تعمل كتذكرة عند تخطيط الأنشطة. وتُدرج البيانات المستخلصة في تقرير جمع العينات.

البارامتر	المياه الجوفية	المياه السطحية	مياه الشرب	مياه الصرف	التربة
موقع المعاينة (O,M)	x	x	x	x	x
إدراج الإحداثيات (C)	x	x	x	x	x
الظروف الجيولوجية (C,O)	x	x			x
منطقة المستجمعات (O)	(x)	x	x	x	
هيكل السطح (O)	x	x		x	x
استخدام الأرض، الغطاء النباتي (O)	x	x	x	x	x
سرعة التدفق (O,M)	(x)	x	x	x	
تدفق المخارج (O,M)		x	x	x	
الترسب (O,M)		x		x	
وصف الأحواض المائية (O)					
- نقطة التصريف/مدخل الدفيق		x		x	
- الكائنات الحية	x	x	x	x	
- التأجن		x			
- التلوث المنظور	x	x	x	x	
- نوع الينبوع أو البئر	x	x			
- علائم التآكل	x	x	x	x	
- نشوء الغازات	x	x		x	
وصف التربة (O)					
- اللون					x
- الطبيعة					x
- النوع					x
- الانضغاط					x
- اختراق الجذور					x
- الرطوبة					x
القياسات (M,O)					
- درجة حرارة الهواء	x x	x x		x x	

التربة	مياه الصرف	مياه الشرب	المياه السطحية	المياه الجوفية	البارامتر
	x		x	x	- الضغط الجوي
x		x		(x)	- اللون، الرائحة
	x	(x)	x	x	- الطعم
	x	x	x		- التعكر
	x		x	x	- العمق المنظور
	x		x	x	- المواد القابلة للترسب
	x	x	x	x	- الترسب
x	x	x	x	x	- قيمة الرقم الهيدروجيني
	x	x	x	x	- إمكانية الأكسدة
x		x			- الناقلية الكهربائية
		x		x	- الأوكسجين
	(x)	x	(x)	x	- الكلوريد
		x			- ثاني أوكسيد الكربون
					- العدوانية

M = القياس

O = المراقبة

C = المخطط

1.1.1.7.3 فحص المؤثرات الحسية

ينبغي أن يتم فحص المؤثرات الحسية خلال المعاينة لأنه يمكن أن تحدث تغيرات خلال النقل والتخزين. ويشمل هذا الاختبار الرائحة، والطعم، والشفافية، والتعكر، والتلون. ومن الواجب اختبار عينات التربة فيا يتعلق بالرائحة، واللون، والقوام عند فرك العينة الرطبة بين الأصابع.

وتُختبر *الرائحة* فور استخلاص العينة. ويمكن توصيف أنواع الروائح وقوتها على النحو التالي:

قوة الرائحة: ضعيفة جدا، ضعيفة، واضحة، قوية، قوية جدا،

نوع الرائحة: ترابية، طحلبية، خُثية، عفنية، تفسخية، شبيهة برائحة الروث، سمكية، عطرية، مميزة لمادة معينة.

ويشتمل الاختبار النوعي على شم قارورة نصف مليئة سبق رجّها.

وبالمستطاع اختبار *اللون* بالنظر إلى العينة في ضوء النهار. أما توصيف العينة اللوني فهو على النحو التالي: لا لون لها، ذات لون ضعيف للغاية، ذات لون ضعيف، ذات لون قوي. كما يتم إعطاء الدرجة اللونية المناظرة.

ويتم فحص الطعم فقط عند التأكد من عدم وجود بكتيريات معدية أو مواد ملوثة. ويمكن وصف العينة من حيث الطعم على النحو التالي: لا طعم لها، مالحة، مرة، قلوية، حامضة، قابضة، معدنية، كريهة. ويمكن تمييز درجات الطعم باستخدام تعابير: ضعيف، واضح، قوي.

ويُعرف *العمق المنظور* للماء بأنه العمق الذي يكون فيه قرص أبيض يُدلى في الماء بحبل أو عمود ظاهراً بالكاد. وتُعطى القيم حتى عمق متر واحد بفواصل محسوبة بالسنتيمتر، أما إذا زاد العمق عن متر واحد فبفواصل عشرة سنتيمترات.

ويتضمن الاختبار البسيط *للتعكر* ملء حاوية زجاجية سعة لتر واحد بالعينة المائية حتى ثلثيها، ورجها جيداً، وتفحصها أمام خلفية سوداء ثم بيضاء. وتحدد الدرجات التالية من التعكر للعينة: واضحة، متلألئة، ضعيفة التعكر، قوية التعكر، عتيمة.

2.1.1.7.3 البارامترات الفيزيائية الكيميائية

أ. درجة الحرارة

ب. مواد قابلة للترسب

ويمكن العثور على المواد القابلة للترسب في بعض المياه السطحية وفي مياه الصرف غير المعالجة. ومن الواجب القيام بعملية التحديد في الميدان عقب المعاينة على الفور تفادياً للأخطاء الناجمة عن التلبد. والطريقة صالحة لتحديد المواد القابلة للترسب التي تتجاوز قيمتها 0.1 ملغ في اللتر الواحد.

ج. قيمة الرقم الهيدروجيني

إن قيمة الرقم الهيدرجيني هو اللوغاريتم السالب حتى القاعدة 10 لنشاط أيون الهيدروجين (*مول/لتر*) وتبلغ 7 في الماء الصافي (نقطة حيادية). وتتغير هذه القيمة عند وجود المركبات الحمضية والقولوية ومن خلال عمليات التحلل بالماء لبعض الأملاح. وتزيد القواعد القوية والأحماض الضعيفة أو تُخفض من هذه القيمة. ويمكن أن يرجع تحمض التربة إلى تحلل أملاح الألمنيوم أو الحديد بالماء أو بتشكل الحامض الدُبالي خلال تحلل المادة العضوية.

وفي المياه الطبيعية تتراوح قيمة الرقم الهيدوجيني في العادة بين 6.5 و8.5. ويؤدي وجود ثاني أوكسيد الكربون الحر أو الدُبال إلى خفض تلك القيمة. ويمكن أن يؤدي فقد الكالسيوم الناجم عن الكائنات الحية، والذي يحدث عندما يكون هناك استنفاد عال لثاني أوكسيد الكربون بفعل الأشنات، إلى زيادة الرقم الهيدروجيني إلى ما يقارب 10.

د. إمكانية الأكسدة

على غرار قيم الرقم الهيدروجيني فإن إمكانية الأكسدة تتحكم بالعديد من العمليات الكيميائية في الماء. وفي أحواض الماء ومياه الصرف تتسم العمليات اللاهوائية بانخفاض إمكانية الأكسدة. ويدخل الأوكسجين إلى المياه السطحية أو الساكنة عبر الانتشار. ويخلق ذلك بيئة هوائية في الطبقة المائية العليا، في حين يمكن أن تتشكل بيئة لاهوائية في

الطبقات السفلى أو في الرُسابة نتيجة ضعف الامتزاج. وتقيس إمكانية الأكسدة العمليات المتنافسة لإعطاء الإلكترونات (الخفض) والقبول (التأكسد).

هـ. الناقلية الكهربائية

تُعتبر الناقلية الكهربائية بارامتراً شاملاً للمواد المنحلة والمتفككة. ولا تعطي النتائج أي معلومات عن طبيعة الأيونات. ويمكن حساب تركيز الكهرل المنحل من الناقلية عند معرفة التركيب الأيوني والموصليات المكافئة. وفي فحوص الرُسابات توفر الناقلية الكهربائية معلومات عن نسب الأملاح الذوابة ومن ثم عن مدى ملائمة الرُسابات للاستخدام الزراعي.

و. الأوكسجين

يعتبر الأوكسجين عنصراً ضرورياً لبقاء معظم الكائنات الحية في الماء. وينطبق ذلك أيضاً على الممرات الأيضية للبكتريا الهوائية والكائنات الحية الدقيقة الأخرى التي تتحمل مسؤولية تحلل المواد الملوثة في الماء وتستخدم الأوكسجين كقابل إلكتروني لهذا الغرض. ويصل الأوكسجين إلى الماء عن طريق الانتشار السطحي وعبر التمثيل الضوئي في الأشنات والنباتات المغمورة. وحينما يكون النمو النباتي وافراً، كما في الفورات الأخيرة للأشنات، فإنه يمكن حدوث فرط تشبع بالأوكسجين. وفي مياه الشرب فإن الحاجة تدعو إلى تركيز من الأوكسجين قدره 4 ملغ في اللتر الواحد على الأقل لمنع تآكل الأنابيب الناقلة. ويمكن تحديد الأوكسجين بالقياس الأمبيري أو المعايرة باستخدام طريقة ونكلر المعدلة.

ز. الكلوريد

يُستخدم الكلوريد كمطهر لمعالجة مياه الشرب، والاستحمام، بل ومياه الصرف في بعض الحالات الخاصة. ويُعرف الكلوريد في صيغة الكلوريد الطبيعي المذاب، وحامض الهيبوكلوروز، وأيونات الهيبوكلوريت، باسم الكلوريد الحر. وتُسمى مركبات الكلوريد التي تتشكل عبر تفاعل أيونات الهيدروكلوريت مع الأمونيا أو المركبات العضوية المحتوية على المجموعات الأمينية باسم الكلوريد المقيد. وتُعرف الفئتان معاً باسم الكلوريد النشط، علماً بأن الكلوريد الحر يضطلع بدور عامل التأكسد الأقوى. وينبغي تحديد الكلوريد النشط في كل مرحلة من مراحل معالجة مياه الشرب، سواء في الأنابيب الرئيسية أو عند الاستهلاك لضمان سلامة هذه المياه بكترويولوجيا. وينبغي أن تحتوي مياه الشرب على الكلوريد بمقدار يتراوح بين 0.2 و0.5 ملغ في اللتر الواحد. ويرد أدناه وصف لطريقة ميدانية تستخدم المقارنة وطريقة DPD للمعايرة (N,N-diethyl-p-phenylenediamine, $C_{10}H_{16}N$).

2.1.7.3 القياسات المخبرية

تتطلب عينات الماء ومياه الصرف عموماً تدابير بالغة الدقة لجمع المياه وتجهيزها. ومن المستصوب بشكل عام تنفيذ التحليلات في أسرع وقت ممكن بعد جمع العينات، وذلك لتفادي تحريف النتائج. وفي بعض العينات فإن بالمستطاع إضافة معادن ثقيلة إلى المواد الذُبالية بدرجات متباينة. وفي هذه الحالات فإن من المستصوب إضافة حامض النيتريك أو مزيج من حامض النيتريك وحامض الهيدروكلوريك (1:3) إلى العينة. وينبغي بعدها تبخير العينة بعناية إلى

حجم أصغر بغية تفكيك هذه المركبات. ويتيح ذلك خفض حد الكشف، شريطة عدم نشوء مشكلات المصفوفة المرتبطة بزيادة تركيز الأملاح. وفي العادة فإن المعادن المتكثفة على *الجسيمات المعلقة* تتأكسد وتدخل إلى المحلول عبر هذا النوع من المعالجة الأولية. ومن الواجب أن يُذكر ما إذا كانت العينة قد اختُبرت في حالتها الأصلية، أو بعد مجانستها، أو *ترسيبها*، أو طردها مركزياً، أو ترشيحها. وينبغي استخدام أداة مزج مغناطيسية لمجانسة العينة.

وفي هذه الخطوط التوجيهية يوصى بأن تُستخدم في القياس تلك البارامترات الكيميائية الثلاثة والعشرين التي أوردت الفقرة الحالية وصفاً إجمالياً لها.

1.2.1.7.3 الطرق التحليلية الكيميائية

أ. المركبات الهالوجينية العضوية المزوزة (AOX)

تعتبر الهيدروكربونات المكلورة أهم المركبات الهالوجينية العضوية. وفي مياه الصرف، ولاسيما منها ذات المنشأ الصناعي، فإن من غير الاستثنائي أن تكون هناك تركيزات تزيد على 1 ملغ في اللتر. ويتم تصريف بعض المركبات الهالوجينية العضوية مباشرة في الأحواض المائية أو أحواض مياه الصرف. وتستند الطريقة التحليلية إلى امتزاز المركبات الهالوجينية العضوية على الفحم النباتي النشط.

ب. الأمونيوم

يمكن أن تتشكل أيونات الأمونيوم في الماء وفي الرُسابات على حد سواء بفعل التحلل الميكروبولوجي للنتروجين المحتوي على مركبات عضوية واختزال النترات في ظل ظروف محددة. وتوجد تركيزات ضخمة من الأمونيوم تصل إلى 50 ملغ في اللتر الواحد في مياه الصرف المنزلية كما أن هناك تركيزات عالية للغاية تصل إلى 1000 ملغ في اللتر الواحد في المياه الراشحة من مقالب النفايات.

ج. الطلب الأوكسجيني البيوكيميائي

يتم عند قياس الطلب الأوكسجيني البيوكيميائي$_5$ استخدام زمن تفاعل قدره 5 أيام. وفي طريقة التخفيف تُعالج العينة بالماء المشبع بالأوكسجين. وتتوافر نظم القياس المانومترية تجارياً وتوفر نتائج مفيدة. ومن غير الجائز تحويل النتائج المستخلصة لفترة حضانة معينة إلى نتائج لمدد زمنية أخرى إلا في ظل قيود كبيرة.

د. الكالسيوم والمغنسيوم

توجد أيونات الكالسيوم والمغنسيوم في كل المياه الطبيعية وغالباً ما يُشار إليها على أنها السبب في العسر. ويمكن تحديد كلا هذين العنصرين بطريقة القياس الكمبلكسومترية.

هـ. الكلوريد

يوجد الكلوريد في كل المياه الطبيعية وذلك بتركيزات متفاوتة بشدة، رهناً بالظروف الجيوكيميائية. وعلى وجه الخصوص تظهر تركيزات عالية في المياه بالقرب من الرواسب الملحية. وتصل مقادير كبيرة من الكلوريد إلى مياه الصرف عبر التصريف البرازي. ويتم التحديد الحجمي بنترات الفضة وذلك باستخدام كرومات البوتاسيوم على أنه مؤشر نقطة التعادل.

و. الكرومات

تندرج الكرومات في عداد المواد الكيميائية الصناعية المهمة باعتبارها أملاح حامض الكروميك (H_2CrO_4). وعند تحميض المحاليل المحتوية على الكرومات تتشكل مركبات ثاني الكرومات أولاً ثم في ظل الظروف الحامضية الشديدة مركبات البوليكرومات. ويستند التحليل على "DIN 38 405, part 24 ". ويمكن استخدام ذلك في تحديد تركيزات مادة Cr(VI) حتى 3 ملغ ف اللتر الواحد. ويشتمل الإجراء على مادة 1,5 – diphenylcarbazide إلى مادة 1,5 – diphenylcarbazone التي تشكل مركب الصباغ الأحمر مع الكروم.

ز. مركبات السيانيد

تُستخدم مركبات السيانيد في بعض العمليات الصناعية والتصنيعية ويتم إطلاقها. ويمكن أن تصل هذه المركبات إلى مياه الصرف أو الأحواض المائية بفعل الحوادث. ويشير وجود المركبات المذكورة في المياه الجوفية، والمياه السطحية، ومياه الشرب إلى تصريف مياه الصرف أو التسرب من مقلب نفايات، وينبغي أن تجري متابعة ذلك على الدوام بعمليات تحقيق وتدابير علاجية. وفي المياه الخام المستخدمة في تجهيز مياه الشرب وفي مياه الشرب ذاتها فإنه لا يجوز أن تتجاوز تركيزات السيانيد 0.05 ملغ في اللتر الواحد.

ح. الحديد

في ظل الظروف اللاهوائية يمكن أن يصل محتوى مادة Fe^{2+} إلى عدة مليغرامات في اللتر الواحد، ولاسيما في المياه الجوفية ومياه الصرف، في حين أن التركيزات في معظم المياه السطحية الهوائية قلما تتجاوز 0.3 ملغ في اللتر. وتتأكسد أيونات Fe^{2+} بسرعة بالغة بفعل الأوكسجين الجوي. وتتشكل مادة هدروكسيد الحديد (III) الغروانى البني المصفر، ثم تترسب كهدروكسيد بني. ويعتبر الحديد من العناصر غير المرغوبة في مياه الشرب والمياه الصناعية لأن هدروكسيد الحديد يمكن أن يشكل رواسب في الأنابيب ويخلق مشكلات في الاستخدام إذا ما كانت تركيزاته عالية.

ط. الفلوريد

يمكن أن توجد مركبات الفلوريد في مياه الصرف بسبب صناعات الألمنيوم، والخزف، والزجاج، والمينا، وأشباه الموصلات. وقد تتكون مركبات زائدة من الفلوريد في بعض المياه الجوفية نتيجة السمات الجيولوجية للمنطقة. وربما يقود استخدام هذه المياه للشرب إلى الإصابة بالتسمم بالفلورين.

ي. الكربون العضوي المذاب (DOC)

إن الكربون العضوي المذاب هو الجزء الذائب الموجود في العينية. وبالإضافة إلى ذلك فإن الماء يحتوي عادة على الكربونات التي تُنزع قبل التحديد أو يتم تحديدها بصورة منفصلة وتُحسم من مجموع الكربون المحدد.

ك. البوتاسيوم

نادراً ما يتجاوز تركيز البوتاسيوم في المياه الطبيعية 20 ملغ في اللتر الواحد في حين يمكن العثور في بعض مياه الصرف، ولاسيما ما يتسرب منها من مقالب النفايات، على تركيزات عالية للغاية، تتجاوز حتى مستوى الصوديوم.

ل. حامض السلسيك

توجد مادة السليكون في كل الصخور والرُسابات. ويمكن أن تنحل مركبات السليكون، مثل حامض السلسيك من هذه المواد بفعل عمليات التجوية ومن ثم فإنها تصل إلى الدورة المائية. ويمكن العثور على حامض السلسيك في صيغة منحلة، أو غروانية، أو معلقة، وهذه المادة مستقرة فقط لمدة قصيرة عند الرقم الهيدروجيني 3.2. وبخلاف ذلك فإنها تتحول بفعل نزع الماء إلى حامض الأورثوسيليك، ثم إلى حامض البوليسيليك، وأخيراً إلى حامض الميتاسيليك. وتتناقص قابلية ذوبان المادة مع تزايد الحجم الجزيئي ودرجة نزع الماء.

م. الهيدروكربونات

يمكن أن يحدث التلويث بالهيدروكربونات في المياه السطحية ومياه الصرف، وكذلك، وبعد بعض حالات التلوث، في المياه الجوفية. ووفقاً لـ "DIN 3840 " فقد تم التمييز تقليدياً بين ما يلي: أ) المواد الألفة للشحوم التي تزيد نقطة غليانها عن 250 درجة مئوية، ب) كل المواد التي يمكن استخلاصها لتصبح 1,1,2-trichlorotrifluoroethane ($C_2Cl_3F_3$) والتي تبقى بعد نزع المواد القطبية، ج) كل المواد التي يمكن يمكن استخلاصها لتصبح 1,1,2-trichlorotrifluoroethane وبالمستطاع فصلها مباشرة بالجاذبية. وبصفة عامة فإن الإجراءات لا تعطي أي معلومات عن رتب عناصر محددة أو مركبات منفردة.

ن. النحاس

لا يتجاوز تركيز النحاس في المياه الطبيعية غير المتأثرة بضعة ميكرومترات في اللتر الواحد. وفي الأحواض المائية الملوثة بالنحاس فإن التركيزات التي تتراوح بين 0.1 إلى 0.2 ملغ في اللتر يمكن أن تكون سامة للكائنات الحية المائية الدنيا. وبصورة عامة فإن التركيزات الأعلى في مياه الشرب ناجمة عن تآكل الأنابيب النحاسية.

س. الصوديوم

يندرج الصوديوم في عداد العناصر الرئيسية للعديد من المياه الطبيعية مع تركيزات عالية في مياه الصرف المنزلية، وبعض مياه الصرف الصناعية، والمياه الراشحة من مقالب النفايات، وفي مياه البحر. كما يمكن العثور على بعض التركيزات الملحوظة في مياه الأمطار تبعاً للبعد عن الشاطئ. وفي الرُسابات في الأقاليم القاحلة فإن محتوى أيونات الصديوم يضطلع بدور هام في مشكلة فرط الملوحة.

ع. النترات

توجد النترات في الكثير من المياه الطبيعية بتركيزات تتراوح بين 1 و10 ملغ/لتر. وتشير التركيزات العالية في غالب الأحيان إلى آثار الأسمدة المحتوية على النتروجين بالنظر إلى ضعف امتزاز أيونات النترات في التربة وسهولة وصولها إلى المياه الجوفية. وهناك تركيزات من النترات في طفح الوحدات الحديثة لمعالجة مياه المجارير لأن نتروجين الأمونيوم يتنترت ميكروبولوجياً بصورة جزئية أو تامة. على أن تركيزات النترات في مياه الصرف غير المعالجة منخفضة.

ف. مؤشر الفينول

توجد مركبات الفينول بمقادير صغيرة في المياه الطبيعية لأنها، وكعناصر في النباتات، تُطلق خلال عمليات التحلل والتَدبل. وتحتوي بعض أنوع مياه الصرف الصناعية غير المعالجة على تركيزات ضخمة من الفينول. وتعتمد سمية مركبات الفينول على طبيعة وترتيب المجموعات الوظيفية في الجزيء.

ص. مركبات الفوسفور

تحتوي المياه الطبيعية غير المتأثرة على الفوسفور الكلي في معظم الأحيان بتركيزات تقل عن 0.1 ملغ/لتر. على أن المياه السطحية الملوثة تتضمن تركيزات أعلى من الفوسفور ناجمة عن تصريف مياه الصرف واجتراف مخلفات الأسمدة المستخدمة في الحقول. ويؤدي وجود مقادير مفرطة من الفوسفور في الأحواض المائية الساكنة في غالب الأحيان إلى التأجن، وانخفاض تركيز الأوكسجين، ومشكلات في معالجة المياه. ويتم امتزاز مركبات الفوسفور على حبيبات التربة إلى حد أن خطر الارتشاح إلى طبقات أعمق أو حتى إلى المياه الجوفية يغدو ضئيلاً نسبيا.

ق. حجم الحمأة ومؤشرها

يعتبر حجم الحمأة ومؤشرها من بين البارامترات المهمة لتوصيف حمأة المجارير، والحمأة النشطة في المقام الأول. ويُعرف حجم الحمأة بأنه الحجم بالميلغرام لمزيج الحمأة والماء في حوض التنشيط في وحدة معالجة مياه المجارير، بعد زمن ترسيب قدره 30 دقيقة.

ر. المعادن الثقيلة بحسب قياس طيف الامتصاص الذري (AAS)

توجد المعادن الثقيلة عادة في الماء والتربة بتركيزات ضئيلة للغاية نتيجة التماس مع بعض المعادن. ومن خلال الأنشطة البشرية فإن التركيزات يمكن أن تزيد كثيراً، مما يؤدي إلى نشوء آثار سامة على الكائنات الحية. ولذلك فإن من الواجب أن تحتوي التشريعات المتعلقة بحماية الأحواض المائية والتربة دائماً على قيم قصوى للمعادن الثقيلة.

ش. السولفات

توجد أيونات السولفات في المياه الطبيعية غير المتأثرة بتلويث يصل إلى 50 ملغ/لتر عبر تركيزات تصل إلى ما يزيد على 1000 ملغ/لتر أو أكثر في المياه المتماسة مع تشكيلات جيولوجية معينة. وفي الطبقات الصخرية اللاهوائية

للمياه الجوفية فإن التركيزات تكون منخفضة في العادة بينما تكون تركيزات كبريتيد الهيدروجين عالية نتيجة اختزال السولفات. ومن المألوف أن تحتوي الأحواض الملوثة للماء ومياه الصرف على تركيزات عالية من السولفات، وهو ما يرجع عادة إلى التصريفات الصناعية، أو مقالب النفايات، أو الأسمدة.

ت. المواد الخافضة للتوتر السطحي

إن المواد الخافضة للتوتر السطحي هي مواد تخليقية ذات فاعلية سطحية وتتألف بصفة عامة من مزيج من العناصر المنفردة المتماكبة أو المتشابهة. وعلى الدوام فإن للجزيء الخافض للتوتر السطحي مجموعة أو أكثر من المجموعات الألِفة وغير الألِفة للماء. وتعطي المجموعات غير الألِفة للماء الجزيء سمات الفاعلية السطحية أما المجموعات الألِفة للماء فتمنحه قدراً من قابلية الذوبان في الماء. وتبعاً لطبيعة تشكيل الأيونات فإنه يمكن للمرء التفريق بين المواد الخافضة للتوتر السطحي الأنيونية منها، والكاتيونية، واللاأنيونية، والأمفوتيرية. وتُستخدم المواد الخافضة للتوتر السطحي في المنازل والصناعة.

ث. الزنك

يوجد الزنك في المياه الطبيعية بتركيزات تصل إلى 50 ميكروغرام/لتر. وترجع التركيزات العالية في الأنابيب الرئيسية لمياه الشرب عموماً إلى تآكل الفولاذ المغلفن. وبعد مضي فترة طويلة فليس من المستغرب وجود تركيزات تصل إلى 5 ملغ/لتر. ويمكن أن يحدث تلوث الزنك في الأحواض المائية نتيجة تصريفات مياه الصرف. والتركيزات التي تزيد على 0.5 ملغ/لتر سامة لبعض أنواع الأسماك.

2.2.1.7.3 طرق التحليل الميكروبيولوجي

يتم رصد مياه الشرب، والاستحمام، والمياه الصناعية، وغير ذلك من أنواع المياه باستخدام الاختبارات المائية الميكروبيولوجية. وتشمل هذه الاختبارات تحديد العدد الإجمالي للكائنات الحية الخبيثة وتحديد الكائنات الحية الخاصة التي تعتبر مؤشراً على تلوث مشبوه صحياً أو التي تندرج بحد ذاتها في عداد العوامل المُمرضة. وتنتمي إلى هذه العائلة أنواع السلمونيلا، والشيغلا، والإشريكيا، وما يسمى بالبكتريات القولونية، والبروتوس، واليرسينيا، والإيروينيا. وفي اختبارات المياه الصحية فإن الفحوص تتناول في المقام الأول وجود هذه البكتيريات. وبالإضافة إلى ذلك فإن بيوض طفيليات مختلفة يمكن أن تكون موجودة في المياه.

2.7.3 <u>الرُسابات والمواد المعلقة</u>

إن تعبير "الرُسابات" هو مصطلح عام يُستخدم لوصف المواد المعلقة والمترسبة على حد سواء.

1.2.7.3 التحليل الكيميائي

للإطلاع على جوانب التحليل الكيميائي للمواد المعلقة يُرجى الرجوع إلى الفقرة 2.1.7.3.

2.2.7.3 التحليل الفيزيائي

إن قياس الخصائص الفيزيائية اللازمة لحساب معدلات ومقادير تصريف الرُسابات وتراكمها يتطلب طرقاً وإجراءات مخبرية مقبولة لتحديد تركيز الرُسابات في مزيج الماء والرُسابة، وتوزيع حجم الجزيئات، والثقل النوعي، ووحدة كتلة الرُسابات المترسبة.

1.2.2.7.3 تركيز الرُسابات

رغم أن كمية وسمة الرُسابات في عينة ما يمكن أن تتباين على مدى طائفة من التركيزات وأحجام الجزيئات، فإن عينات الرُسابات المعلقة نادراً ما تتجاوز 50 000 غرام/متر مكعب أو تكون محتوية على جزيئات أخشن من الحصى الدقيق (4 مم)؛ وفي العادة فإنها تحتوى على الكثير من الطمي والطين. ومن الأيسر والأسهل العمل مع كتلة العينات بدلاً من أحجامها؛ ولذلك فإن التركيز يتحدد عادة كنسب كتلة الرُسابات الصلبة إلى كتلة مزيج الماء والرُسابة وتعين قيمته كأجزاء من مليون. وبصفة عامة فإن من الواجب التعبير عن تركيز الرُسابات بالغرام في المتر المكعب، ولو أنه يتم أحياناً الإشارة إليه كميلغرام في اللتر. ومن السهل إجراء التحويل من الأجزاء من المليون إلى الغرام في المتر المكعب أو الميلغرام في اللتر. ويوصى بأن يتم الإبلاغ عن البيانات حتى أقرب 1غ/م^3 للتركيزات حتى 000 1 غ/م^3 وإلى 3 أرقام معنوية للتركيزات الأعلى. وتدعو الحاجة إلى اعتماد إجراءات خاصة حينما يكون من المرغوب فيه تحديد التركيزات إلى أقرب 0.1غ/م^3.

ويعتبر التبخير والترشيح الطريقتين الأكثر شيوعاً لتحديد تركيز الرُسابات. وتحتاج الكثير من المختبرات إلى استخدام كلتا هاتين الطريقتين. وطريقة الترشيح أسرع إذا ما كانت كمية الرُسابات في العينة صغيرة و/أو خشنة الحبيبات نسبيا. وعند استخدام بوتقة غوش مع مرشح مناسب فإنه لا حاجة هناك إلى تصحيح المواد المذابة – المواد الصلبة. وثمة توثيق وافر للإجراءات المخبرية المتعلقة بكلتا هاتين الطريقتين.

8.3 التدقيق الإيكولوجي

منذ نيسان/أبريل عام 1995 أضحى بمقدور الشركات التجارية، بما في ذلك المختبرات، في بلدان الاتحاد الأوربي أن تخضع لتدقيق بيئي طوعي، بناء على تشريع التدقيق البيئي الصادر في تموز/يوليو عام 1933. وتتمثل أهداف هذا التدقيق بما يلي:

- إنشاء نظام للإدارة البيئية،
- الرصد الذاتي عبر عمليات التدقيق المنتظمة،
- الاتصالات الخارجية من خلال إعلان بيئي،
- الرصد الخارجي على يد خبراء تقدير بيئي.

وتشمل عملية التدقيق الخطوات التالية:

- الاختبارات البيئية
- توفير المعدات للحماية البيئية،
- اختبار العمليات لمعرفة أثرها على البيئة،
- إصدار إعلان بيئي،

- الإجازة.

ويتمثل الاختبار البيئي الأول في تسجيل الوضع الفعلي ويهدف إلى خلق قاعدة بيانات مضمونة لكل العمليات المتعلقة بالبيئة في المختبر. ويشمل التسجيل المعدات التقنية، وأرصدة المواد، والتراخيص المتاحة، التي توزع على فئات المياه، والرُسابات، والهواء، وتوضع السجلات في صيغة وثائق قائمة. وتخضع وظائف المرافق الأساسية وتنظيمات التخلص من النفايات للتثبت والتحليل.

وعلى هذا الأساس يتم تطوير معدات حماية البيئة. وبالإضافة إلى الجوانب التقنية والمتعلقة بالمنتجات، يُدرج التنظيم الشامل. وتصدر الوثائق المتصلة بالمعدات في صيغة كتيب بيئي.

وفي اختبار التشغيل البيئي، الذي يشكل عملية التدقيق الفعلية، تُختبر معدات حماية البيئة وتقيم على نحو منتظم ومرتب. وتُحدث الأهداف البيئية والبرنامج البيئي للشركة، وتُقترح الإجراءات اللازمة للمضي في تطوير نظام الإدارة البيئية.

وفي الإعلان البيئي يتم إبلاغ الجمهور العام بجوانب حماية البيئة في عمليات المصنع مثلا. وتُستكمل البيانات بموجز عن استهلاك المواد الأولية، والطاقة، والمياه، وإطلاق المواد الملوثة، وتوليد النفايات.

ويتولى خبير تقدير بيئي مستقل إجازة الشركة. ويدقق هذا الخبير البيانات المدرجة في الإعلان البيئي ومدى الامتثال إلى تعليمات تشريع الاتحاد الأوربي. وبعد اجتياز عملية الإجازة بنجاح تتلقى الشركة رمز التدقيق البيئي وتُدرج في قائمة الشركات المُدققة. وتُنشر هذه القائمة مرة في السنة في المجلة الرسمية للاتحاد الأوربي.

4. ضمان ضبط النوعية

1.4 عموميات

ينبغي أن تكون تدابير ضبط النوعية على الدوام جزءاً من الأنشطة التحليلية. والمبدأ الرئيسي هو أن تكون القياسات مفهومة، ومعقولة، ودقيقة قدر المستطاع، أو أن تكون قابلة للتفسير على الأقل. وما لم تتسم نتائج التحليل بإحكام ودقة يمكن التحقق منهما فإنها لن تكون صالحة للمقارنة.

وكثيراً ما تختلف القياسات على "العينات ذاتها". ولذلك فإن من الواجب أن تؤخذ في الحسبان كل التأثيرات الخارجية على النتائج لتفادي ارتكاب أخطاء جسيمة في الخطوات المنفردة لإجراءات الاختبار. ويعرض الشكل 1.4 المشكلات التي تواجه الحكم على أخطاء القياس وتدقيقها. ويمكن تحديد نوعين من الأخطاء هما الأخطاء المنتظمة والأخطاء العشوائية. وتتألف إجراءات اختبار نظام ضمان النوعية التحليلية من الخطوات التالية: المعاينة، وحفظ العينات، ونقلها، وتخزينها، وإعدادها وتجهيزها، والقياس، وتقييم البيانات، وتقرير الاختبار.

2.4 تنفيذ ضمان النوعية التحليلية

يستدعي تنفيذ ضمان النوعية التحليلية ما يلي:

- **النهوض بالموارد من العاملين:** ينبغي تلبية المتطلبات التالية عند إرساء الاختبار: الاستعانة بموظفين من ذوي المؤهلات المناسبة؛ ينبغي أن يحمل المشرف على الاختبار شهادة جامعية؛ ينبغي أن تُشرح لكل العاملين المشاركين طبيعة مهامهم والتزاماتهم؛ إمكانيات مواصلة التدريب.

- **النهوض بالمعدات التقنية:** ينبغي أن تواءم المعدات التقنية المستخدمة في الاختبار مع المشكلة قيد الدرس وأن تكون ذات نوعية مرضية. ومن الواجب توجيه اهتمام خاص إلى مدى سهولة المناولة، وقابلية التعرض للأعطال، ومدى الاستخدام وحساسيته. وبالإضافة إلى ذلك فإن من الواجب تنفيذ التعديلات المناسبة المتعلقة بالبناء والتخلص من النفايات وفقاً للتشريعات وضمان هذه التعديلات.

- **اختيار إجراءات اختبار مناسبة للنقطة مدار البحث:** ينبغي التحقق من أن إجراءات الاختبار المنتقاة تتناسب مع المشكلة وأنها حساسة بما فيه الكفاية. ومن الواجب تقدير الخطأ الشامل الجائز الأقصى للعملية. ويتناول هذا التقدير الخطأ العشوائي الذي يؤثر على إحكام العملية، والخطأ المنتظم الذي يؤثر على الدقة (انظر الشكل 4-1).

- **تحديد البارامترات لإجراءات الاختبار المطبقة:** خلال التحليلات الروتينية، ينبغي تحديد العناصر الكيميائية للعينات المعيارية والفعلية على حد سواء. ويتعين تسجيل العمليات المستخدمة، بما في ذلك التعديلات المحتملة، إلى جانب العناصر المحسوبة، أي *معدل الاسترداد، والانحراف المعياري لإمكانية الاستعادة، ومعامل تغير إمكانية الاستعادة، والانحراف المعياري لإمكانية التكرار، ومعامل تغير إمكانية التكرار.* ويمكن الإطلاع على تعاريف هذه البارامترات في "DIN 38402, part 42 ". وتتطلب منهجيات الكيمياء التحليلية إجراءات للمعايرة. وفي معظم الحالات غير المعقدة فإنه يمكن رسم قيم تركيز المحاليل المعيارية والقياسات المناظرة بيانيا. وبالنسبة لنموذج الانحدار المستقيم فإن من الواجب تلبية ثلاثة افتراضات: *الاستقامة على امتداد نطاق واسع، واستقرار تباين القيم المقيسة على امتداد النطاق بأكمله، والتوزيع المعتدل للبيانات.* ودالة المعايرة في مثل هذه الحالة هي:

$$y = a + b \cdot x \qquad (1.5)$$

حيث: a = قيمة الصفر المحسوبة، وb = معدل انحدار دالة المعايرة (التي تمثل حساسية تقنية القياس)، التي تصور أقل انحراف محتمل لكل نقاط البيانات من دالة الخط المستقيم.

وتقع دالة المعايرة الفعلية ضمن نطاق المأمونية (فترة الثقة). وتعتمد فترة الثقة على انحراف نقاط المعايرة عن المنحنى (الانحراف المعياري المتبقي s_y) ومعدل الانحدار b لدالة المعايرة. والبارامتر الذي يظهر بوضوح نوعية دالة المعايرة هو الانحراف المعياري المنهجي s_m الذي يُحسب من المعادلة التالية:

$$s_m = s_y / b \qquad (2.5)$$

ومن الواجب استخدام s_m لمقارنة الإجراءات التحليلية المختلفة على مدى نطاق التشغيل ذاته ومع العدد نفسه من نقاط المعايرة. ومن الضروري استخدام اختبار – F للمقارنة العددية لقيم s_y.

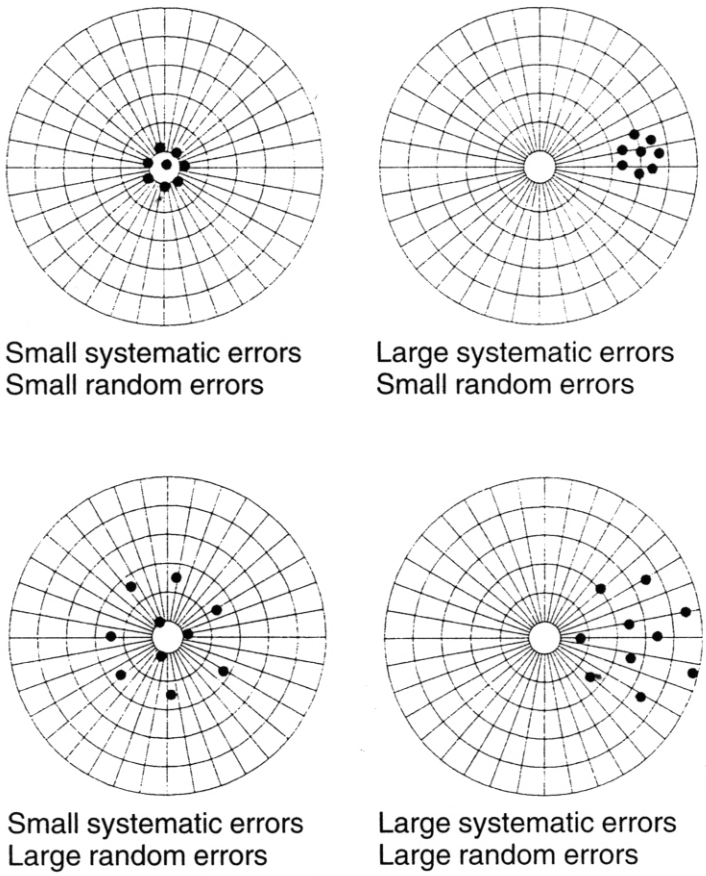
وينبغي دراسة كل محلول معياري باستخدام الإجراءات التحليلية ذاتها المستعملة إزاء العينة الفعلية. وكشرط أدنى لضبط نوعية الخلفية، فإن من المستصوب إجراء تحديدات مخبرية منفردة أو مزدوجة على مدى عدة أيام متتابعة. وينبغي أن يُدرج في عمليات التحديد هذه ما يلي: *قيم عُظمى؛ ومحاليل معيارية بتركيزات عالية ومنخفضة ضمن النطاق التشغيلي؛ وعينات حقيقية؛ وعينات حقيقية بعد تغير مؤقت*.

ويجب تسجيل المشاهدات على مدى فترة تتراوح بين 10 أيام و20 يوما. ثم يُختبر ثبات النظام بحساب ما يلي: *الانحراف المعياري ضمن المجموعة* (s_w)؛ والانحراف المعياري بين المجموعات (s_b). وتقارن بعد ذلك قيم s_w وs_b باستخدام اختبار – F عند مستوى مسبق التحديد (مثل 95%). وعندما يكشف هذا الاختبار فارقاً مهماً بين s_w وs_b يكون من الواجب عندها فقط إجراء معايرة منفصلة لكل مجموعة.

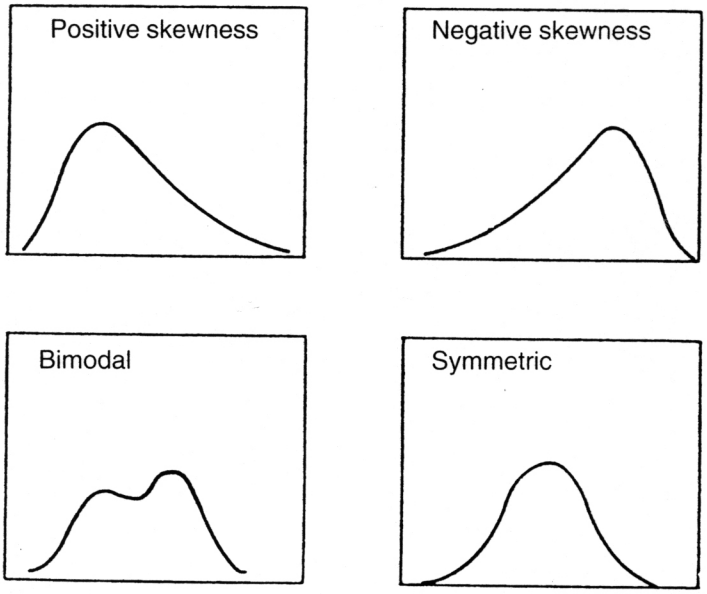
- **تنفيذ الإجراءات الداخلية لضمان النوعية**

- **المشاركة في الإجراءات الخارجية لضمان النوعية:** تتسم المشاركة المنتظمة في الاختبارات التعاونية الوطنية والدولية التي تُستخدم فيها عينات تخليقية ذات محتوى معروف أو عينات حقيقية ذات محتوى مجهول بالأهمية. وبالنسبة للفئة الأخيرة فإن الحاجة تدعو على الدوام إلى العناية بأمر الأخطاء المصفوفية. وفي العادة يتولى مدراء الاختبارات التعاونية تسجيل نتائج تلك الاختبارات، وتتاح هذه النتائج للمشاركين مرفقة في الغالب بتوصيات مناسبة.

- **تقييم الإجراءات المستخدمة لضمان النوعية وتوثيقها:** ينبغي تسجيل إجراءات ضمان النوعية المستخدمة في الاختبار بصورة مفصلة (في كتيب ضمان النوعية التحليلية مثلا). ومن الواجب إتاحة هذه السجلات بناء على طلب الأطراف المعنية (الزبائن، أو هيئات الرصد الوطنية، أو الإدارات الأخرى في شركة ضخمة). وليس هناك من قيمة تُذكر لإجراءات ضمان الجودة ذات التوثيق الرديء أو المنفذة بصورة متقطعة.



الشكل 4-1: الأنواع المختلفة للأخطاء في القياسات المخبرية



الشكل 4-2: منحنيات التوزيع الناشئة من تقييم البيانات الزمنية لمصادر المياه

3.4 الاختبارات الإحصائية

كلما نُفذ تكرار تحليلي على العينة المتجانسة ذاتها فإنه لا يتم الحصول على نتائج تحليلية متطابقة في كل مرة بل إن ذلك يسفر عن طائفة متنوعة من النتائج التي يمكن عرض توزيعها بخط بياني لسلسلة زمنية. وفي حال توافر عدد مرض من مثل هذه القياسات فإن بالمستطاع تشكيل منحنى للتوزيع يكون في غالب الأحيان منحنى غاوسي عادي. ويمثل هذا المنحنى العلاقة بين القيمة العددية لنتيجة تحليلية واحتمال الحدوث. *ويمكن التعبير عن الخطأ النسبي أو معامل التباين على النحو التالي:*

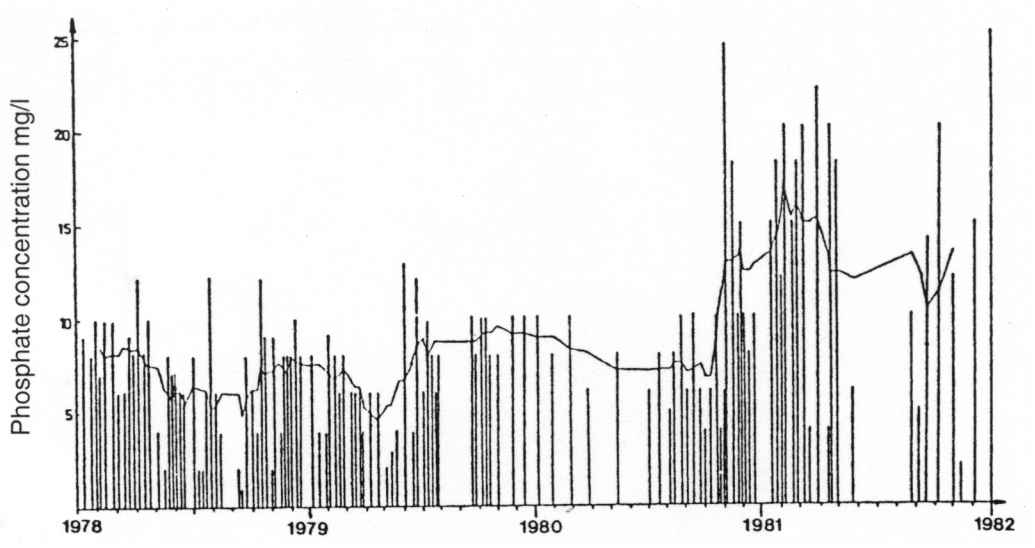
$$V = \frac{(m/x)}{s} 100\% \qquad (3.5)$$

حيث: m = المتوسط و s = الانحراف المعياري

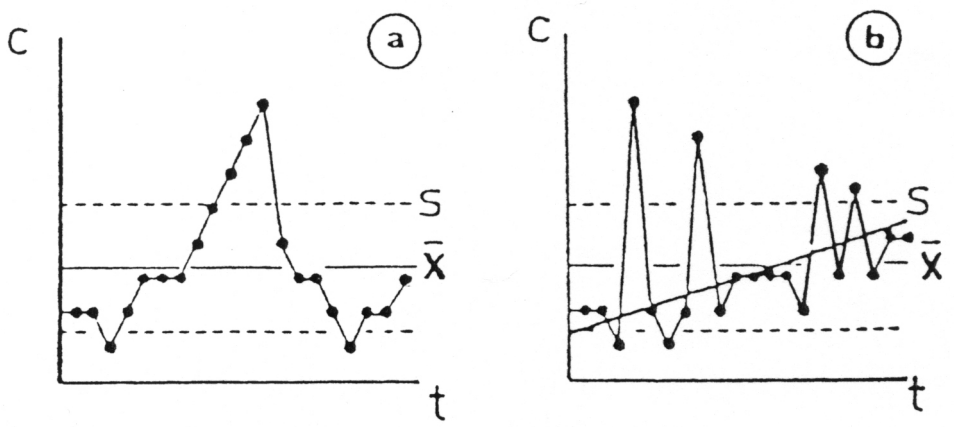
غير أنه ليس من المنتظر على الدوام الحصول على بيانات ذات توزيع عادي. ويمكن أن تظهر منحنيات توزيع أخرى، ولاسيما في تقييم البيانات الزمنية للمصادر المائية (مثل تحليلات نوعية مياه الأنهر المحتوية على عينات من مياه الفيضانات) أو عند قياس العينة ذاتها من جانب مختبرات مختلفة خلال الاختبارات التعاونية (الشكل 4-2). ويشير مُعامِل تباين تزيد قيمته على 100% إلى أن البيانات لا تتبع التوزيع العادي. وتكشف مثل هذه النتائج عن عدم وجود مجتمعات إحصائية منتظمة (أكثر من نوع واحد من المياه مثلا) أو عن أخطاء قياس منتظمة. وفي مثل هذه الحالات فإن مجموعات البيانات المختلفة يجب أن تخضع إحصائياً إلى اختبارات منفصلة، حيث أن قيم المتوسط والانحراف المعياري ستؤدي بغير ذلك إلى استنتاجات غير مصححة (انظر الشكل 4-3). وفي مثل هذه الحالة فإن هناك مجتمعين إحصائيين حيث أنه تلاحظ بعد نحو عام 1981 قيم أعلى كثيراً مما كان قائماً قبلا. ويمثل المنحنى المتواصل القيم المتوسطة التي حُسبت كل منها من خمسة قياسات منفردة.

وينبغي توجيه اهتمام خاص إلى الاتجاهات في إجراءات تفسير البيانات. وفي الشكل 4-4 يعرض الرسمان البيانيان (a) و(b) المتوسط والانحراف المعياري ذاتهما، ولو أن قياسات (a) تتبع تبايناً دورياً في حين أن هناك اتجاهاً في (b). ويمكن القول بوضوح أنه ينبغي الاستفادة من الدعم الإضافي الذي توفره الرسوم البيانية والطرق الأخرى للتقييم الإحصائي.

وقبل معالجة البيانات الاختبارية، ينبغي تصنيف القيم المتطرفة أو الطرفية واستئصالها، إن اقتضى الأمر، حيث أن معظم التقنيات الإحصائية تتطلب توزيعاً معتدلا. ويمكن للاختبارات الإحصائية أن توفر توضيحاً موضوعياً لمثل هذه الحالات. وبعبارة أخرى فإن البارامترات الاختبارية تُحسب باستخدام معادلات موضوعة ويمكن أن تُقارن بعد ذلك مع القيم المنشورة في الجداول. ويرد وصف لطرق الاختبار الهامة، مثل اختبار – F، واختبار – T، واختبار الخوارج في المؤلفات الإحصائية المتخصصة. وقد طرحت في الأسواق منذ بعض الوقت حزم إحصائية حاسوبية تتيح معالجة كل أنواع البيانات. ويمكن تخزين هذه الحزم تنتمي إلى النظام ذاته أو تُصدر إلى صيغ أخرى مثل إكسل أو ديبيس. وتتيح الصيغ الأخرى تصدير البيانات إلى تطبيقات مختلفة. كما أن هناك عدداً كبيراً من العروض البيانية والعمليات الإحصائية البسيطة والمتنوعة في الأسواق. وتشمل مثل هذه الحزم الإحصائية المعقدة برامج SPSS، و STATISTICA ، وSYSTAT ، وUNISTAT.



الشكل 4-3: السلسلة الزمنية لتركيز الفوسفات في نهر يوناني



الشكل 4-4: السلسة الزمنية لتركيز عنصر كيميائي معين في المياه السطحية: (a) دوري، و(b) اتجاه.

4.4 نظام ضمان النوعية

المعيار الأوربي لنظام EN 45000 system (1989)

وضع الخبراء في المجموعة الأوربية سلسلة معايير EN 45000 (بما في ذلك نظام DIN EN 45000). وتوفر هذه لسلسلة للمنشآت الاختبارية، مثل المختبرات، معايير في صيغة عملية تدقيق ينبغي تلبية شروطها للحصول على بيان بالكفاءة التقنية عبر الإجازة. وهذه المعايير صالحة لعمل مختبرات الاختبار (EN 45001)، وتقديرها (EN 45002)، والسلطات التي تتولى إجازة مختبرات الاختبار (En 45003)، ونظم ضمان النوعية (EN 45012)، والعاملين (EN 45013).

وتتمثل الخطوة الأولى التي يجب أن يقوم بها المختبر في تقديم طلب إلى السلطة المعتمدة لمنح الإجازات بغية تلبية المعيار DIN EN 45001. ولا يمكن إجازة المختبر إلا بعد خضوعه بنجاح لفحص تجريبه لسلطة منح الإجازات. ويشتمل جانب من عملية الإجازة على التحقق من حين إلى آخر من الاستخدام الصحيح لإجراءات ضمان النوعية.

المعايير الدولية لنظام ISO 9000 (1994)

تنتج الشركات، والمؤسسات، والمنظمات، وأخيراً وليس آخراً السلطات منتجات مادية وغير مادية. ولكي تكون هذه المنتجات اقتصادية وذات جودة عالية فإن الحاجة تدعو إلى نظام لضمان النوعية. وتوفر سلسلة ISO 9000 إطاراً لذلك، لكنها مصممة لتكون ذات طابع عام بحيث يمكن تطبيقها على أوسع طيف من الهيئات. والعنصر المركزي في هذه المعايير، التي تتعامل مع إدارة النوعية، وعناصر نظام ضمان النوعية، ومراحل إثبات ضمان النوعية، هو الشركة وليس المختبر.

وبغية الحفاظ على القدرة التنافسية فإن الشركات ترمي إلى الحصول على الإجازة التي تنص على أن تطوير هذه الشركات وإنتاجها ينفذان وفقاً لمتطلبات النوعية التي ينص عليها نظام ISO 9000. وتقوم هيئة مستقلة باختبار ذلك وقد تشرك في ذلك مختبر شركة ما تبعاً للمدى المزمع للإجازة. وفي هذه الحالة فإن على المختبر أن يلبي متطلبات ضمان النوعية المنصوص عليها في المعايير أيضا.

وإذا ما رغب المختبر في القيام بعمل لصالح زبون خارجي فإن من الواجب تلبية المعيار EN 45001.

5. معايير تصميم رصد الإنذار المبكر

ينبغي أن تتمثل أهداف رصد الإنذار المبكر بما يلي:

- *الإنذار والتحذير* في حالة وقوع تلوث عرضي يجعل مياه الأنهار غير صالحة أو مؤذية لاستخدام معين (لإعداد مياه الشرب مثلا)
- *الإشارة إلى* حوادث التلوث النهري، كشكل من أشكال الرصد، وذلك لتحديد وتتبع كل "الأحداث الخاطئة" التي أدت إلى تدهور نوعية المياه.

ومن الواجب أن تكون معايير تصميم المحطات الموصوفة للإنذار المبكر على النحو التالي:

- ينبغي أن ينطلق إنذار عند عبور شيء مؤذ أو سام، وأن تُقاس المجموعة المنتقاة المعنية من البارامترات وتُسجل. ويشدد ذلك كثيراً على تطوير طرق جديدة في السنوات الخمس عشرة الماضية، فيما يتعلق بالجمع بين نظام الإنذار المبكر الكيميائية والبيولوجية.
- وبصورة مثالية ينبغي إلا يفلت أي أثر من آثار التلوث من الملاحظة. ويتعين أن تكون وتيرة المعاينة على نحو يكفل ذلك. وعلى هذا فإن التشغيل يجب أن يكون على مدار الساعة وطيلة الأسبوع. وبالإضافة إلى ذلك فإن

حسابات الحالات الخطرة في أنهار مثل الدانوب والراين قد أظهرت أن وتيرة المعاينة الدنيا يجب أن تكون نحو مرتين في اليوم الواحد.

- ينبغي أن ينطلق الإنذار على الفور. ومن الواجب أن يكون زمن الاستجابة أقصر من زمن عبور التلوث في النهر.

ومن الواجب أن تكون كل محطات رصد مياه الأنهار بنظام موثوق لتسجيل البيانات ومعالجتها ذي خيارات اتصالات متقدمة. وتدل التجربة على أن بعض النبائط المحمولة الصغيرة ذات الاستهلاك المنخفض من الطاقة والمصممة للعمل على مدى فترات طويلة دون إشراف، يمكن أن تسهم في خفض تكاليف التشغيل بإتاحتها إقامة منشآت لا حاجة فيها لطواقم تشغيل. وينبغي أن تكون النظم المعروضة ذات بنيان مفتوح، وأن تتمتع بمرونة تكفل لها التلاؤم مع ما يتحقق من تقدم في تقانة البرامج الحاسوبية، وأن تتيح أوسع نطاق ممكن من التساوق مع غالبية الأجهزة المعنية للقياس والتحليل.

ومن الناحية الوظيفية فإن النظام يجب أن يكون قادراً على الرصد المتواصل لكل البارامترات المقيسة وأن يقوم بحسابات معقدة بغية استخلاص اتجاهات البيانات الضرورية لرسائل التحذير والإنذار المبكر. وينبغي أن يتم تحديد ظروف التحذير واتجاهات البيانات على يد المستخدمين (المرخص لهم) من حاسوب بعيد. ويتعين الحرص بشكل خاص على ضمان أوسع ترابطية ممكنة مع شبكات الاتصالات البُعادية (PSTN، وGSM ، وInmarsat ، وما إليها). ويمكن أن يكون ذلك بالغ الأهمية، حيث أن المواقع المناسبة للرصد غالباً ما تكون بعيدة عن المناطق المأهولة، التي تنعدم فيها أو تكاد القدرة على الوصول إلى الشبكات الهاتفية العامة. ومن المستصوب اعتماد طائفة واسعة من طرق الإخطار بالتحذيرات والإنذارات المبكرة بغية تحقيق القدر الأقصى من التساوق مع معدات الاتصالات البُعادية الموجودة في مراكز البحوث، والمعاهد الوطنية، والأكاديميات، وغيرها. وينبغي أن تشتمل هذه الطرق على تقانات مثل الفاكس، ونظام الرسائل الهاتفية الخطية القصيرة، والبريد الإلكتروني، واستراتيجيات لاستخدام قوائم المتلقين المتعددين بما يضمن أن تحظى الإخطارات التحذيرية المهمة بالعناية المناسبة.

وثمة جانب هام للغاية في هذا النظام وهو القدرة على الاتصال بطائفة واسعة من أجهزة القياس والتحليل. ولمعظم هذه الأجهزة وحدة تواصل تسلسلية ولذلك فإن مسجل البيانات يجب أن يكون قادراً عبر البروتوكول التسلسلي للبائع، على أن يوفر في الوقت ذاته ما لا يقل عن عشرة مدخلات لوحدة تواصل للفواطية المعيارية (± 100 ميليفولط، و± 5 فولط، و± 10 فولط، وما إلى ذلك) والتيار (0 – 20 ميلي أمبير، 4 – 20 ميلي أمبير).

ومع أن المتطلبات المعتادة لتسجيل البيانات لا تنص على فترات معاينة بالغة القصر، فإن العلماء والباحثين في هذا الميدان يحتاجون في الغالب ويرحبون بمجموعة أكثر تفصيلاً من البيانات، وتدل الخبرات الميدانية الحديثة إلى أن من الأفضل اعتماد فترات تبلغ نحو ساعة واحدة. وعلى أية حال فإن التقدم المحرز في مجال الأجهزة قد بلغ حداً أضحت فيه ذاكرة جهاز حديث صغير الحجم لتسجيل البيانات كافية لتخزين بيانات عام كامل تقريباً بالمعدلات آنفة الذكر. ومن الواجب الاحتفاظ بكل ملفات تسجيل البيانات بصيغة ASCII المعيارية بحيث يسهل على العلماء معالجتها باستخدام أي برنامج للبيانات المجدولة.

6. أحمال التلوث وحسابات التدفق

1.6 عموميات

تستند برامج رصد نوعية مياه الأنهر عادة إلى مقارنة التركيزات المتوسطة مع نُطق التركيز المعيارية التي تُعتبر على أنها تعكس الأوضاع المختلفة لتلوث الأنهار. على أنه في العديد من الحالات فإن الأحمال المتوسطة تمثل على نحو أفضل الدرجة الحقيقية للتلوث، حيث أنها تعكس مجموع مقادير المواد الملوثة التي تُطلق في البيئة النهرية، أو التي تتشكل نتيجة النقل النهري. كما أن تركيزات عالية نسبياً يمكن أن تنشأ نتيجة المستويات الطبيعية خلال فترات التصريف المنخفض، في حين أن تركيزات منخفضة نسبياً قد تنجم عن تخفيف المواد الملوثة بفعل التصريف العالي للأمطار والأنهار. وعلى هذا فإن تحديد أحمال التلوث المتوسطة الموثوقة، على شكل تدفقات إجمالية (طن في السنة) وكذلك على شكل تدفقات معينة (مجموع التدفقات مقسماً على مساحة حوض التصريف، طن في الكيلومتر المربع في السنة مثلا)، يجب أن يكون في عداد الأولويات المعتمدة عند تصميم الدراسات المتعلقة بنوعية مياه الأنهار.

2.6 تصريف المياه

يقترن نقل المواد الملوثة والمركبات الطبيعية في الأنهار اقتراناً شديداً مع تصريف المياه عموما. وتُحسب التدفقات على أنها نتاج التركيزات وتصريف المياه، وحتى لو تم تتبع التركيزات في الأنهار بإحكام شديد، فإن جودة التدفقات المحسوبة من حيث المأمونية ستكون مماثلة لمأمونية التدفقات المائية التقديرية. وبالنسبة للعديد من المركبات فإن التباين الزمني للتركيزات في الأنهار يقل أهمية عن التباين الزمني للتصريف، بما يعطي رصد تصريف المياه دوراً مهيمناً في تحديد التدفقات النهرية. ويصح ذلك على وجه الخصوص بالنسبة لأنهار المتوسط حيث كثيراً ما تكون نسبة تصريف الذروة إلى التصريف السنوي المتوسط أكبر بنحو رتبة قيمية واحدة منها في أنهار المناطق غير المتوسطية (Estrela et al., 2001).

وتنفذ في الوقت الراهن قياسات متواصلة للتصريف في عدد ضخم من الأنهار في مختلف أنحاء العالم. وفيما يتعلق بالبيانات المناخية والأرصادية فإن خدمات الرصد الوطنية تضطلع بمهمة جمع قياسات تصريف الأنهار، وتُخزن البيانات عادة مركزياً لدى الخدمات الهيدرولوجية الوطنية حيث يمكن الحصول عليها بوسائل مختلفة (وصول فوري عبر الإنترنت، وتوزيع كنسخ ورقية عند الطلب، والنشر في الحوليات الهيدرولوجية، وما إلى ذلك). وغالباً ما يمكن أن تعتمد دراسات رصد نوعية مياه الأنهار على شبكات القياس الهيدرولوجية، علماً بأنها لا تتطلب الرصد المناسب لتصريف الأنهار في إطار دراسة رصد لنوعية المياه. على أنه في حال عدم توافر محطة لقياس الماء فإن من الواجب تنفيذ أنشطة رصد تصريف المياه.

وبالطبع فإن من الواجب ضمان تناظر المحطات المختارة لمعاينة نوعية المياه مع المحطات القائمة لقياس المياه، وأنه ليس هناك من خسارة مائية أو ربح مائي بين المحطتين نتيجة المساهمات الإضافية للأنهار الرافدة و/أو استخلاص المياه للري وللأشكال الأخرى لاستهلاك المياه. كما أن من الواجب التثبت من أن قياسات التصريف تناظر قياسات النوعية الجيدة. وعادة ما يتم رصد التصريف عبر القياسات المتواصلة لارتفاع الماء، إلى جانب مواءمة العلاقات التجريبية بين ارتفاع الماء والقياسات المتواصلة للتصريف اللحظي خلال مختلف الظروف الهيدرولوجية. ويمكن أن تتغير طبيعة هذه العلاقات على مدى الزمن حينما تتطور السمات المورفولوجية لقاع النهر، كما أنها

صحيحة فحسب ضمن أمدية معايرتها. ويمكن أن تكون هذه الأمدية محفوفة بالمشكلات على وجه الخصوص خلال الفيضانات حينما تدخل الأنهار إلى السهول الفيضية وتفقد علاقات ارتفاع الماء/التصريف صلاحيتها.

3.6 تحديد الأحمال المتوسطة

1.3.6 طرق حسابات التدفق

يُستخلص الحمل الكلي على مدى فترة محددة، مثل سنة هيدرولوجية أو تقويمية، عبر دمج التدفق اللحظي، أي حاصل ضرب التركيز C بالتصريف Q. وعلى الصعيد العملي فإن من المتعذر القيام بقياس دقيق للتدفق الجدولي والتركيز والذي يتطلبه حساب التدفقات الكتلية، ويرجع ذلك في المقام الأول إلى الافتقار إلى سجلات للتركيز المتواصل. وكما سبقت الإشارة فإن تدفق الأنهار يُسجل باستبانة زمنية عالية، حتى لو كان مقدار الالتباس المحيط ببيانات التدفق الجدولي يمكن أن يكون كبيراً في بعض الحالات. وما تزال بيانات التركيز هي العامل المقيد الأكثر شيوعاً فيما يتعلق بتقديرات نوعية التدفق النهري. وعلى هذا فإن الالتباس يمكن أن ينشأ من قياس التركيز ومن الدمج الزمني للتدفقات اللحظية.

وثمة نقطة انطلاق مألوفة لتحديد التدفقات المتوسطة وهي توافر بيانات تصريف نهري متواصلة إلى حد ما (باستبانة زمنية يومية مثلا) إلى جانب عدد معين من قياسات التركيز اللحظي التي تمتد بفواصل زمنية منتظمة تقريباً على مدى سنة تقويمية واحدة أو عدة سنوات. وعلى سبيل المثال فإن العديد من البرامج الوطنية لرصد نوعية المياه تقوم باستخلاص العينات بفواصل زمنية شهرية. ورغم أن هذه الفواصل أطول من الشريحة الزمنية التي تتباين التركيزات عبرها تبايناً مهماً، فإن بالمستطاع تحديد التدفقات المتوسطة بإحكام جيد إلى حد ما حينما تكون وجهة تغيرات التركيز متوقعة. وفي الحقيقة فإن التركيز لا ينشأ بصورة مستقلة في العديد من الحالات من التصريف، وكثيراً ما تعتمد طرق حسابات التدفق على هذه الحقيقة. ويمكن ملاحظة ذلك في الجدول 5-1 الذي يعرض بعض الصيغ المستخدمة الشائعة لحساب متوسط الأحمال النهرية من المواد الملوثة والمركبات الطبيعية.

الطريقة 1 : تستند هذه الطريقة إلى وسطي التركيز الحسابي المتوسط. وقد تكون الطريقة المذكورة مفيدة حينما تتسم التركيزات النهرية بالثبات، أو عندما يكون من الواجب استخدام حساب التدفقات لتقدير الرتب القيمية للأحمال المتوسطة، كعند مقارنة أنهار مختلفة مثلا. على أن هذه الطريقة في الكثير من الحالات قد تفشل فشلاً ذريعاً بالمقارنة مع القيم الحقيقية.

الطريقة 2 : تستند هذه الطريقة على تحديد تركيزات الصرف – المتوسط المرجح. وتعطي الطريقة نتائج واقعية للغاية عندما يكون نشوء التركيزات مرتبطاً أو متنافراً مع نشوء التصريف المائي.

الطريقة 3: تحدد هذه الطريقة التدفقات المتوسطة بين حدثي معاينة باستخدام الوسطي الحسابي المتوسط لكلا التركيزين، وبجمع هذه التدفقات للفترة التي ينبغي فيها تحديد التدفقات المتوسطة (سنة واحدة مثلا). وتعتمد قوة هذه الطريقة بالطبع على ما إذا كانت فواصل المعاينة تتناسب مع التغيرات الرئيسية في التركيز (خلال الفيضانات مثلا). ومن بين مزايا الطريقة المذكورة أنها يمكن أيضاً أن تأخذ في الحسبان التغيرات الرئيسية في التركيز التي لا تتعلق بالتصريف النهري (التلوث المتباين الزمني، وما إلى ذلك).

وكتعديل لهذه الطريقة فإن بالمستطاع في غالب الأحيان استكمال تطور التركيز بين حدثي معاينة خطياً حتى الوحدات الزمنية التي تقوم فيها بيانات التصريف (الطريقة 4). ويناظر ذلك في الغالب الأعم استبانة الخطوة الزمنية اليومية. وتُحسب التدفقات المتوسطة بعد ذلك بجمع المنتجات المنفردة للتصريف والتركيز اليوميين.

الطريقة 5: وهي قريبة للغاية من الطريقة 3، ولكنها تستخدم التصريف – التركيز المرجح بين حدثي معاينة. وهذه الطريقة ملائمة للغاية حينما يكون تطور التركيز محكوماً بالتصريف، ولكن كلا البارامترين لا يتطور بصورة متواقتة.

الجدول 5-1: النُهج والصيغ الشائعة لحساب التدفقات النهرية السنوية المتوسطة

الطريقة 1 - المتوسط الحسابي: حساب التركيز المتوسط (C_{av}) على أساس n من عينات التركيزات اللحظية(C_i)، وضرب ذلك بمجموع التصريف السنوي (Q_{annual}).	(A) $C_{av}=\frac{\sum_{i=1}^{n} C_i}{n}$ (B) $F_{annual}=C_{av}\times Q_{annual}$
الطريقة 2 - المتوسط المرجح للتصريف مثل A، ولكن حساب التركيز المتوسط المرجح للتصريف (C_{dw}) يتم على أساس n من عينات التركيزات اللحظية (C_i) وقيم التصريف اللحظية (Q_i).	(A) $C_{dw}=\frac{\sum_{i=1}^{n} C_i\times Q_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_i}$ (B) $F_{annual}=C_{dw}\times Q_{annual}$
الطريقة 3 - التدفقات الجزئية (a): حساب متوسط التركيز (C_j) لكل فترة j بين حدثي معاينة. وضرب هذا التركيز بمجموع التصريف المناظر لهذه الفترة (Q_j) وجمع تدفقات الفترات m بما يغطي سنة هيدرولوجية واحدة ($m = n-1$).	(A) $C_j=\frac{\sum_{i}^{i+1} C_i}{2}$ (B) $F_{annual}=\sum_{j=1}^{m} C_j\times Q_j$
الطريقة 4 - التدفقات الجزئية (b): حساب متوسط التركيز اليومي النظري (C_{th-dx}) للأيام d_x في الفترة j بين حدثي المعاينة i و$i+1$ ($C_i <= C_{i+1}$). وضرب هذه التركيزات بالتصريفات اليومية (Q_{dx}) وجمع هذه التدفقات مع التدفق الجزئي (F_j) والتدفقات السنوية (F_{annual}).	(A) $C_{th-dx}=\frac{(d_x-d_i)\times(c_{i+1}-c_i)+c_i\times(d_{i+1}-d_i)}{d_{i+1}-d_i}$ (B) $F_j=\sum_{l=1}^{l} C_{th-dx}\times Q_{dx}$ (C) $F_{annual}=\sum_{j=1}^{m} F_j$
الطريقة 5 - التدفقات الجزئية (c): حساب المتوسط المرجح للتصريف (C_j^*) لكل فترة j بين حدثي معاينة. وضرب هذا التركيز بمجموع التصريف المناظر لهذه الفترة (Q_j) وجمع تدفقات الفترات m بما يغطي سنة هيدرولوجية واحدة ($m = n-1$).	(A) $C_j^*=\frac{\sum_{i}^{i+1} C_i\times Q_i}{\sum_{i}^{i+1} Q_i}$

	$F_{annual}=\sum_{j=1}^{m} C_j^* \times Q_j$ (B)
الطريقة 6 - النموذج الانحداري: تحديد النموذج الانحداري التجريبي بين التركيزات اللحظية وقيم التصريف (بصيغة لوغارتمية في الغالب). وحساب التركيز اليومي النظري (C_{th-d}) وضرب هذه القيم بالتصريف اليومي لكل أيام السنة. وفي حالة العلاقات اللوغارتمية ذات الانتشار الواسع، فإن هذه الطريقة تنحو إلى إعطاء تقديرات بخسة للتدفقات الحقيقية ومن الواجب تصحيحها وفقاً للطريقة التي يقترحها Ferguson (1986، 1987).	$\log(C_i)=a\times\log(Q_i)+b$ (A) $\log(C_i)=a\times\log(Q_i)^2+b\times\log(Q_i)+c$ *(or similar models)* $F^*_{annual}=\sum_{d=1}^{365} C_{th-d}\times Q_d$ (B) $s^2=\sum_{i=1}^{n}\frac{\log(C_i)-\log(C_{i-th})}{n-2}$ (C) $c_f=\exp(2.651\times s^2)$ (D) $F_{annual}=F^*_{annual}\times c_f$ (E)

وتستند الطريقة 6 إلى إنشاء علاقات تجريبية بين التركيزات والتصريف. ويمكن بعد ذلك تطبيق هذه العلاقات على سجلات التصريف اليومي بغية حساب القيم النظرية للتركيزات اليومية. وتُطبق هذه الطريقة في العادة على العناصر والمركبات التي ترسم تبايناً مماثلاً للتركيزات بالمقارنة مع تباين التصريف.

وفي معظم الحالات فإن العلاقات تُرسى على أساس سجل/وحدة سجلية، مما يقلل من الأثر المهيمن للقيم المتطرفة على الانحدارات. على أن علاقات السجل/السجل تنحو إلى إعطاء تقديرات بخسة للقيم الحقيقية فيما يتصل بالعلاقات ذات الانتشار الواسع ومن الواجب تصحيح النتائج وفقاً للطريقة التي يقترحها Ferguson (1986، 1987).

2.3.6 المركبات المذابة

يتسم تباين مستويات المركبات المنحلة في الأنهار بأهمية أقل عموماً من تباين التصريف، ولو أن التركيزات غالباً ما تتباين في إطار علاقة وثيقة مع التصريف. وهناك ترابط سلبي بين العديد من العناصر الطبيعية الناجمة عن تفاعلات التجوية في أحواض صرف الأنهار، مثل أبرز الكاتيونات (Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, K^+) والأنيونات (HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}) والتصريف، وتؤدي الطريقة 2 لحساب التدفقات إلى نتائج واقعية.

وبالنسبة للعناصر المغذية المذابة (NO_3^-, PO_4^{3-}, ...) لا تتوافر في الغالب علاقات واضحة بين التركيز والتصريف. وباستثناء بضعة أنهار ما تزال في حالتها الأصلية، فإن العناصر المغذية تدخل إلى المياه السطحية من خلال الأنشطة البشرية التي تقهر عمليات التعبئة الطبيعية. وبالإضافة إلى ذلك، ونتيجة تفاعلية العناصر المغذية في الدورات البيوجيوكيمائية فإن التركيزات يمكن أن تتأثر بشدة بالأيض الأرضي والمائي والدورات النباتية، أو بالبارامترات المناخية مثل درجات الحرارة. وهذا يعني أن تطور التركيزات يمكن أن يتسم بموسمية ملحوظة، ولكن دون أن يكون ذلك بترابط مباشر مع الانسياب المائي السطحي. وبالتالي فإن الطريقتين 3 و4 يمكن أن تسفرا في الغالب عن نتائج طيبة فيما يتصل بحسابات التدفقات. على أنه بالنظر إلى أن موسمية الغطاء النباتي والمناخ يمكن أن تظهر بعض التوافق مع موسمية تصريف المياه فإنه يظل بمقدور الطريقة 2 أيضاً أن تنتج تدفقات موثوقة.

وبالنسبة لبعض العناصر والمركبات تلاحظ التركيزات القصوى في الأنهار أثناء مراحل المد، غير أن ذرى التركيز تسبق ذورة تصريف المياه. ويمكن تفسير ما يسمى بـ "أثر الرحض" باستنفاد خزان ما، والمتسم بتركيزات عالية، عبر المستويات المتصاعدة للترسب والماء. ويعتبر رحض الكربون العضوي المذاب (DOC) من التربة مثالاً نموذجياً لهذه الظاهرة. وفي هذه الحالة فإن الطريقة 5 قد تكون ملائمة جداً لتحديد التدفقات المتوسطة.

3.3.6 المركبات الدقائقية

يمكن أن تتطور مستويات المواد الدقائقية عموماً، والمقيسة بشكل شائع كمواد صلبة معلقة كلية (TSS)، بسرعة بالغة في الأنهار. وقد يكون تباينها أكبر من تباين التصريف، وهو ما يعني أن رصد المواد الصلبة المعلقة الكلية يجب أن يتم بالاستبانة الزمنية ذاتها كتصريف المياه (بصورة متواصلة تقريباً) بغية استخلاص تدفقات موثوقة.

ويتطلب الرصد المتواصل للمواد الصلبة المعلقة الكلية إقامة أجهزة متطورة في محطات المعاينة (أجهزة معاينة أوتوماتيكية، مسابر رصد التعكر، وما إلى ذلك)، وهو ما قد يتجاوز الإمكانيات المالية لبرنامج نوعية المياه. وعلى هذا تظل المعاينة اليدوية النهج الأكثر شيوعاً لاستخلاص البيانات. وفي هذه الحالة فإن نوعية حسابات التدفقات تعتمد اعتماداً شديداً على وتيرة المعاينة خلال الفيضانات التي تضطلع بالجانب الأعظم، وبدون منازع، من عمليات النقل الشامل للمواد الصلبة المعلقة الكلية في الأنهار. وفي إقليم المتوسط يتم نقل هذه المواد بصورة شبه حصرية خلال الفيضانات القصيرة والعنيفة في الغالب.

وحينما تغطي المعاينات تغطية كافية الفيضانات، فإن الطرق 3-5 يمكن أن توفر تقديرات واقعية بشأن التدفقات الناجمة، ولو أن من الواجب الانتباه إلى أن الأخطاء يمكن أن تكون أكبر بكثير في حالة رصد المركبات المذابة. كما أن الطريقة 2 يمكن أن تعطي نتائج صحيحة. على أنه في حالات عديدة فإن الطريقة 6 تُستخدم لتحديد التدفقات النهرية من المواد الصلبة المعلقة الكلية. وغالباً ما يكون هناك ترابط بين تلك المواد والتصريف، غير أنه بالنظر إلى انتشار البيانات، فإن بالمستطاع فحسب في معظم الأحيان مواءمة علاقات السجل/السجل. ومن بين مزايا الطريقة 6 أنها يمكن أن تطبق أيضاً على سلاسل زمنية أطول لسجلات التصريف بالمقارنة مع فترة المعاينة بغية تحديد تقدير للتدفقات المتوسطة طويلة الأجل. وقد لا تكون المعاينة خلال الفترات القصيرة نسبياً (مثل سنة واحدة) كافية لتحديد التدفقات التمثيلية.

ويعتبر تحديد التدفقات الموثوقة من المواد الصلبة المعلقة الكلية عنصراً حاسماً لرصد نوعية المياه في الأنهار، حيث أن نقل العديد من المواد الملوثة يرتبط ارتباطاً شديداً مع نقل المواد المذكورة. ويتعلق ذلك، مثلاً، بنقل المعادن الثقيلة و/أو المواد الملوثة العضوية، ولكنه يتعلق أيضاً بنقل بعض المواد المغذية العضوية وغير العضوية، مثل الفوسفور الدقائقي غير العضوي. ويعني ذلك أن تدفقات هذه المركبات لا يمكن أن تُقرن بتصريف المياه وحده، وأن حسابها يتطلب أولاً وقبل كل شيء تحديد التدفقات الموثوقة من المواد الصلبة المعلقة الكلية عموما. وعلى سبيل المثال فإن النسب المئوية المتوسطة للمعادن الثقيلة في المواد المذكورة يمكن أن يكون ثابتاً إلى حد ما، وبالتالي فإن بالمستطاع تحديد التدفقات المتوسطة من المعادن الثقيلة بضرب هذه النسب بالتدفقات الإجمالية للرواسب. وفي حالات أخرى فإن النسب المئوية للمواد الملوثة والمركبات الدقائقية في المواد الصلبة المعلقة الكلية قد يتباين بطريقة منتظمة ولكنها قابلة

للتكهن. ومن الأمثلة النموذجية على ذلك تدفقات الكربون العضوي الدقائقي (POC). ويرتبط هذا الكربون ارتباطاً متيناً بالمواد الصلبة المعلقة الكلية، لكن من الواضح أن نسبه المئوية تتناقص مع تزايد تركيزات المواد المذكورة.

4.6 وضع النماذج

تدعو الحاجة في الغالب إلى توافر التدفقات عند إعداد حسابات الميزانيات في سياق تقييم الآثار المحتملة للمدخلات النهرية على نظام إيكولوجي معين. وقد يكون نقل العناصر المغذية إلى مياه المناطق الساحلية البحرية أو البحيرات المعانية من التأجن مثالاً على ذلك. وحينما تكون أحواض صرف النظم الإيكولوجية المتلقية ضخمة، فربما يكون من المتعذر رصد المدخلات النهرية الشاملة، وقد يُستخدم أسلوب وضع نماذج تجريبية تتكهن بالتدفقات النهرية وذلك لصقل الميزانيات. وبالطبع فإن من الواجب وضع هذه النماذج ومعايرتها على أساس البيانات الملاحظة من النظم المعنية ولا يجوز تطبيقها على نظم مختلفة خارج مناطق الدراسة.

ويمكن تبيان أن تدفقات المواد الغذائية المنحلة غير العضوية، ولاسيما النترات، أو النتروجين المذاب غير العضوي عموماً، ترتبط ارتباطاً شديداً في غالب الأحيان مع الأنشطة البشرية في أحواض الصرف المناظرة. وبالفعل فإن الكثافات السكانية وحدها تعتبر مؤشراً جيداً على تلك التدفقات. ويمكن أن يؤدي إدراج بيانات أخرى مثل انتشار الأسمدة النتروجينية، ومدخلات مياه الصرف، و/أو رواسب النتروجين الجوية من الصناعات والسيارات يمكن أن يؤدي إلى مزيد من التحسين في هذه النماذج. كما أن تدفقات المواد المغذية العضوية، مثل الكربون العضوي المذاب (DOC) قد تكون ذات صلة بالسمات البيئية لأحواض الصرف، مثل كثافة الصرف، أو تخزين الكربون في التربة، أو شدة انحدار التشكلات. وعلى هذا فإن جمع تلك البيانات وإدراجها في نظم المعلومات الجغرافية (GIS) يمكن أن يكون بالغ الفائدة لأغراض وضع النماذج.

ويمكن أيضاً توقع تدفقات المواد الصلبة المعلقة الكلية بطريقة مماثلة. ولكن هذه التدفقات ليست متباينة تبايناً شديداً من الزاوية الزمنية فحسب بل ومن الزاوية المكانية أيضا، وهو ما يتطلب عناية بالغة في معايرة النماذج على النظم المطبقة. ويمكن أن يكون التباين المكاني الشديد لتدفقات المواد الصلبة المعلقة الكلية عائداً إلى تضافر مجموعة من العوامل البيئية المختلفة، مما يعني أن التباين الناجم قد يكون أكبر بكثير من تباين العوامل المنفردة وحدها. ومن الأمثلة على استخدام نهج وضع النماذج هذا المعادلة العالمية لفقد التربة (USLE, Wischmeier et al., 1958)، التي تُستخدم كثيراً في التوقعات صغيرة النطاق لتعرية التربة والتدفقات الناجمة من المواد الصلبة المعلقة الكلية على الحقول الزراعية. وتتوقع المعادلة المذكورة تعبئة الرُسابات نتيجة عدة عوامل تتعلق بوتيرة هطول الأمطار، وقوام التربة، وطول المنحدرات، وغير ذلك. كما تُطبق نُهج مماثلة بنجاح لتحديد تدفقات المواد الصلبة المعلقة الكلية على مستويات أوسع بكثير، مثل المستوى العالمي (Ludwig and Probst, 1998 مثلا).

ومن بين المشكلات الإضافية التي تواجه التكهن بالتدفقات النهرية الدقائقية أن نقل المواد المعلقة بين النقاط المختلفة ليس محافظاً بالضرورة لأن الاحتجاز الداخلي للرُسابات عبر معالجة الترسبات يمكن أن يحدث. ومن الواجب أن يؤخذ ذلك في الاعتبار بالنسبة لحسابات التدفقات ونهج وضع النماذج الخاصة بالمواد الصلبة المعلقة الكلية. ويمكن أن يتسم احتجاز الرُسابات في الخزانات والبحيرات بالأهمية على وجه الخصوص. ويمكن تحديد ظاهرة احتجاز الرُسابات كمياً عند معرفة الزمن المتوسط لمكوث الماء في الخزان، وذلك مثلاً باستخدام العلاقة التالية (Vörösmarty et al., 1997):

$$R = 100 \times \left(1 - \frac{0.05}{\sqrt{T_r}}\right)$$

حيث R = احتجاز الرُسابات كنسبة مئوية، وT_r = زمن المكوث السنوي المتوسط بالسنوات. ومع أن تعميم مثل هذا النوع من العلاقات صعب بشكل طبيعي، فإنه يمكن ملاحظة أن زمن المكوث المتوسط لمدة عشرة أيام فقط يؤدي بالفعل إلى احتجاز الرُسابات بنسبة تقرب من 70%. ويؤكد ذلك الأثر المحتمل الهام لهذه الظاهرة على النقل النهري للمواد الدقائقية.

7. المراجع

American Public Health Association (ed.) (1989): Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. APHA, Washington D.C.

American Water Works Association (ed.) (1997): Water Treatment Plant Design. Mc Graw Hill, New York.

ASTM (ed.) (1991): Annual Book of ASTM Standards, Section 11: Water and Environmental Technology. ASTM, Philadelphia.

Atlas R.M. (1996): Handbook of Media for Environmental Microbiology. CRC Press, BocaRaton (USA).

Bock R. (1979): Handbook of Decomposition Methods in Analytical Chemistry. International Textbook Company, London.

Cheeseman R., A. Wilson (1978): Manual on Analytical Quality – Control for the Water Industry. Water Research Centre, Stevenage (UK).

Cironi, R., Ioannilli E. and Vitaly R. (1995): assessment of effects of coastal power plants marine biological resources in Italy. In Coastal Ocean Spave Ut

Environmental Protection Agency (ed.) (1979): Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. EPA, Cincinnati.

Estrela, T., Menéndez, M., Dimas, M., Marcuello, C. Rees, G., Cole, G., Weber, K., Grath, J., Leonard, J., Ovesen, N.B, Fehér, J., Consult,, V. (2001) Sustainable water use in Europe - Part 3: Extreme hydrological events: floods and droughts. Environmental issue report No 21, EEA, Copenhagen, 84 pp. (available at http://www.eea.eu.int).

FAO/UNESKO (ed) (1973): Irrigation, Drainage and Salinity. FAO, Paris.

Ferguson, R.I. (1986) River loads underestimated by rating curves, Water. Resour. Res. 22, p. 74–76.

Ferguson, R.I. (1987) Accuracy and precision of methods for estimating river loads. Earth Surface Processes and Landforms, 12, p. 95–104.

Fresenius W., K. E. Quentin, W. Scneider (eds.) (1988): Water Analysis. Springer, Berlin.

Hutton L. (1983): Field Testing of Water in Developing Countries. Water Research Centre.

Lardicci C., Rossi F. and Maltagliati F. (1999): Detection of Thermal Pollution: Variability of Benthic Communities at Two Different Spatial Scales in an Area Influenced by a Coastal Power Station. Springer, Britain.

Ludwig, W., and Probst, J.-L. (1998). River sediment discharge to the oceans: Present-day controls and global budgets. American J. Science, 296, p. 265-295.

Stumm W., J. Morgan (1996): Aquatic Chemistry. 3rd Ed. Wiley, New York.

United Nations Environment Programme Mediterranean Action Plan MED POL. (1999): Strategic Action Programme to Address Pollution From Land – Based Activities. Athens.

Suess M. (WHO) (ed.) (1982): Examination of Water for Pollution Control. Vol. 1 – 3. Pergamon Press, Oxford.

UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment (1992): Current Practices in Monitoring and Assessment of Rivers and Lakes. Helsinki.

UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment (1992): State of the Art on Monitoring and Assessment of Rivers. Helsinki.

Vörösmarty C.J., Meybeck M., Fekete B., Sharma K. (1997) The potential impact of neo-castorization on sediment transport by the global network of rivers, IAHS, n° 245, p. 261-273.

Weast R. (ed.) (1990). Handbook of Chemistry and Physics. The Chemical Rubber Co., Cleveland.

Wischmeier, W.H., Smith, D.D. and Uhland, R.E., 1958. Evaluation of factors in the soil loss equation. Agric. Eng., 39, 458-474.

World Health Organisation (1989): Disinfection of Rural and Small Community Water Supplies. WHO, Copenhagen.