

الأدلة النوعية للمياه Water Quality Indices

انتشر في الأونة الاخيرة استعمال الأدلة النوعية للمياه والتي تشترك بأهداف محددة أهمها تحويل العدد الكبير من البيانات النوعية للمياه والتي عادة ماتكون معقدة إلى تعبير رقمي يتضمن التأثير المتكامل لتلك البيانات على نوعية المياه والذي يمكن فهمه وتفسيره واستعماله من قبل غير المختصين في مجال المياه كصناع القرار والأدريين غير التقنيين والجمهور العام. استعمل دليل نوعية المياه لأول مره من قبل في محاولة لتصنيف المياه وبيان تأثير التلوث عليها، وبعدها طور العديد من أدلة نوعية المياه بالاعتماد على دليل Horton إذ برزت الحاجة إليها في الأونة الأخيرة لمراقبة التغيرات المختلفة التي تحدث في نوعية مياه المسطحات المائية نتيجة الضغط المتواصل عليها خلال الفعاليات المدنية والصناعية والزراعية لذا فكر خبراء نوعية المياه بتصميم أدلة متخصصة أو أكثر تخصصاً لتحديد نوعية مياه المسطحات المائية او لتحديد طبيعة تأثير الملوثات المختلفة عليها، ومن هذه الأدلة:

أدلة التلوث Pollution Indices

تستعمل أدلة التلوث لوصف التغيرات الزمانية والمكانية للمياه الناتجة عن الملوثات المختلفة والتي تصل إلى المياه من مصادر مختلفة لتحديد نوعيتها. إهتمت العديد من الدراسات باستعمال الأدلة البيئية منها الدراسة التي قام بها وأنهار كوينزلاند والتي تناولت بحث التغيرات في أصناف اللافقرات الكبيرة (Macroinvertebrates) تبعاً للتغيرات في قيم التوصيلية الكهربائية باستعمال دليل الملوحة (Salinity Index)، إذ جمعت بيانات عديدة امتدت من سنة والتي تضمنت وجود اللافقرات الكبيرة، إذ لاحظ التغير في تركيبة المجتمع الاحيائي تبعاً للتحمل الملحي فالاحياء الحساسة للملوحة تسبدل بأخرى مقاومة عندما تصل قيمة التوصيلية الكهربائية (800 – 1000) مايكروسيمنز. استعمل دليل تلوث الأنهار (River pollution Index) كتطوير للأدلة الحياتية لتحديد درجة تلوث النهر باستعمال أنواع من ديدان قليلة الأهلاب (Oligochaetes) كدليل لوجود التلوث العضوي في نهر Taichung في تايوان. قيم نوعية مياه نهر الاردن في فلسطين المحتلة باستعمال دليل التلوث البيئي (Enviromental pollution Index)، ويعتمد هذا الدليل على وجود الدايتومات كدليل لوجود التلوث من خلال قدرة تحملها للمستويات المختلفة من المغذيات

الموجودة في مياه النهر. كما إستعمل دليل الاثراء الغذائي (Eutrophication Index) لتحديد نوعية مياه بحر إيجة في الشرق الأوسط بالاعتماد على تحديد تراكيز المغذيات وكلوروفيل (أ). بغية الحصول على قيمة توحد جميع المتغيرات الدالة على تلوث المياه في البيئة المائية أستعمل ستة أدلة للتلوث لتحديد مدى تلوث الاراضي الرطبة في أسبانيا وهي:

1. دليل التلوث الفيزيائي (Physical pollution Index (PPI)

يستعمل هذا الدليل لمراقبة وتحديد الملوثات الفيزيائية للمياه بالاعتماد على قياس المتغيرات الفيزيائية كالحرارة.

2. دليل الملوحة (Salinity Index (SI)

برزت أهمية هذا الدليل مع ازدياد ملوحة الماء، إذ يعطي انعكاساً عن التغيرات في مجتمعات الأحياء المائية بالاعتماد على قياس الملوحة والتوصيلية الكهربائية ونسبة ادمصاص الصوديوم (SAR).

3. دليل التلوث الكيميائي بالعناصر الثقيلة (Chemical pollution Index due to Heavy

metals (CPIHM) يعتمد على تحديد ومراقبة مستويات المعادن الثقيلة في المياه والرواسب القاعية.

4. دليل التلوث الكيميائي الناتج عن المبيدات (Chemical pollution Index due to

pesticides (CPIP) نتيجة لكثرة إستعمال المبيدات ومدى خطورتها وتراكمها لذا وضع هذا الدليل لمراقبة وتحديد مستويات المبيدات في المياه والرواسب القاعية.

5. دليل التلوث العضوي (Organic pollution Index (OPI)

6. دليل التلوث العام (General pollution Index (GPI)

يستعمل لتحديد مستويات الملوثات بصورة عامة بالاعتماد على الأدلة السابقة.

2.3.1 دليل التلوث العضوي (Organic Pollution Index (OPI)

لمعرفة التغيرات الزمانية والمكانية في مستويات التلوث العضوي في المياه فقد طور العلماء دليلاً لتقييم مستويات التلوث العضوي في الأنهار والبحيرات والينابيع والذي يعد وسيلة كفوءة للمراقبة الكيميائية لنوعية المياه.

توجد بعض الدراسات حول استعمال دليل التلوث العضوي منها دراسة حول تقييم حالة التلوث العضوي استعمال (OPI)، إذ لاحظوا تدرج نوعية مياهه بسبب استلامه الكثير من الملوثات العضوية من مياه الفضلات غير المعالجة. وأستعمل دليل التلوث العضوي لتقييم حالة التلوث العضوي في الأراضي الرطبة في أسبانيا على ساحل البحر المتوسط بالأعتماد على قياس الأوكسجين المذاب والمتطلب الحيوي للأوكسجين والمتطلب الكيميائي للأوكسجين وأيون الكلوريد وأيون الأمونيوم والنترات والفسفور الكلي، فضلاً عن استعمال أدلة أخرى للتلوث، واختيرت إحدى عشرة محطة للدراسة خمسة منها تقع في مناطق حضرية وصناعية وأربعة منها تقع في مناطق زراعية ومحطتين كسيطرة، ووجد إن تلك الأراضي الرطبة ملوثة عضوياً كما أوضح أن هناك ثلاثة مصادر للتلوث الأول مرتبط بالصرف الصحي في المناطق الحضرية والذي يحوي على تراكيز عالية من المتطلب الحيوي للأوكسجين والمتطلب الكيميائي للأوكسجين وتراكيز عالية من المغذيات، والثاني المصروفات الصناعية الحاوية على تراكيز عالية من العناصر الثقيلة، أما الثالث فهو الصرف الزراعي. قيم حالة التلوث العضوي في مناطق مصيبة وساحلية في مناطق متعددة من العالم بالأعتماد على دليل (OPI) ودليل المغذيات (Nutrients Index) وأظهرت النتائج أن المياه غير ملوثة عضوياً وتراكيز المغذيات قليلة. وصف التغيرات الزمانية والمكانية للتلوث العضوي والمغذيات في مياه منبع مديكيرا في الشمال الشرقي للجزائر بالأعتماد على دليل (OPI)، إذ اختيرت لهذه الدراسة 14 محطة تشمل مناطق متأثرة بالمصروفات المنزلية والصناعية والزراعية، وأوضحت دراستهم بأن منبع مديكيرا متأثر بصورة كبيرة بالتلوث العضوي سببه المخصبات ومياه الصرف الصحي والصناعي غير المعالجة. استعمل دليل (OPI) ودليل الإثراء الغذائي لتقييم مستويات التلوث العضوي و الإثراء الغذائي في مياه بحر بوهي في مقاطعة بروفنس، ووجدوا أن التلوث يكون أكثر شدة في الأشهر الجافة من الأشهر الرطبة معتمداً على قياس متغيرات فيزيائية وكيميائية عديده وبالأخص (COD) و (BOD₅).

تطبيق دليل التلوث العضوي

يعطي تطبيق دليل التلوث العضوي صورة واضحة ومعبرة عن التغيرات الزمانية والمكانية في مستويات التلوث العضوي، إذ يلخص البيانات العديدة بشكل تعبير رقمي يسهل من خلاله تقييم

نوعية المياه ومدى تلوثها بالاعتماد على المتغيرات الأكثر تأثراً بالتلوث العضوي، ومن ثم تحديد طبيعة معالجة المسطح المائي قبل استعماله للأغراض المختلفة.

ومن مستلزمات تطبيق دليل (OPI):

أولاً: تحديد المدة الزمنية

لاعطاء صورة واضحة عن استعمال دليل التلوث العضوي، فمن الضروري تحديد المدة الزمنية المطلوب معرفة التلوث العضوي خلالها وتستعمل عادة سنة واحدة للمراقبة، إذ تجمع العينات على أساس شهري لاعطاء صورة متكاملة عن حالة التلوث العضوي والتغيرات الحاصلة خلال هذه المدة الزمنية.

ثانياً: إختيار المتغيرات

من المهم اختيار المتغيرات الدالة على التلوث والتي تعطي وصفاً متكاملًا عن الحالة العامة للمياه، إذ يستعمل الأوكسجين المذاب والمتطلب الحيوي للأوكسجين والأمونيا والمواد الصلبة العالقة الكلية عند حساب دليل تلوث الأنهار. الأوكسجين المذاب والمتطلب الحيوي للأوكسجين والمتطلب الكيميائي للأوكسجين والكاربون العضوي الكلي كمتغيرات دالة على التلوث العضوي. ولحساب دليل التلوث العضوي اختيرت اكثر المتغيرات التي يعتمد عليها كمقياس للتلوث العضوي وهي: المتطلب الحيوي للأوكسجين، وأيون الأمونيوم، والنترات الفعالة، والفوسفات الفعالة فضلاً عن اختيار المتغيرات التي تعد مهمة لتحديد مستويات التلوث للمياه والتي تؤثر بدورها في مقاييس التلوث العضوي وهذه المتغيرات هي:

1. درجة حرارة الماء Water Temperature

تعد من أهم الخصائص الفيزيائية التي تؤثر في بيئة المسطحات المائية ومن اهم العوامل التي تؤثر في العديد من الخصائص الكيميائية للمياه وبالتالي تأثيرها على الخصائص الحياتية مثل التغذية ونمو المناسل والاجنة، وتوزيع الأحياء المائية وخاصةً الأسماك، إذ ترتبط هجرتها وفعاليتها الأيضية وتكاثرها بدرجة الحرارة كونها من الأحياء ذوات الدم المتغير والتي ترتبط درجة حرارة أجسامها مع المحيط الخارجي. يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تدني ذوبان الغازات في الماء وخاصة الأوكسجين الذي يزداد الاحتياج اليه مع ارتفاعها نتيجة لزيادة معدلات الأيض والتنفس والتفاعلات الانزيمية للأحياء وإزدياد نشاط الأحياء المجهرية المحللة (Decomposer) المستهلكة للأوكسجين

2. التوصيلية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity

تعرف التوصيلية الكهربائية للماء بأنها قيمة عددية تشير إلى قابلية الماء على توصيل التيار الكهربائي، وتعتمد هذه القيمة على تركيز وتكافؤ الأيونات الذائبة الموجودة في الماء وتأثير درجة حرارة الماء في أثناء القياس، إذ تزداد قيمة التوصيلية الكهربائية للماء بازدياد درجات الحرارة. هناك علاقة وطيدة بين قابلية التوصيل الكهربائية والملوحة، إذ أن للملوحة أهمية كبيرة في توزيع الكائنات الحية.

3. العكارة Turbidity

تعد العكارة من الخصائص الفيزيائية الأساسية للمياه وهي مقياس لمدى تشتت الضوء وانتشاره من قبل المواد العالقة مثل دقائق التربة والطين والغرين والمواد العضوية واللاعضوية العالقة في الماء، كما يمكن ان تكون بسبب وجود البكتريا والطحالب وكائنات حية اخرى تؤثر العكارة في الأحياء المائية من خلال تقليل تخلل الضوء الذي يستغل في عملية البناء الضوئي (Photosynthesis) وهناك علاقة بين العكارة وسلامة المياه والطعم والرائحة في المياه الطبيعية غير المعالجة والمياه المرشحة المعالجة، إذ تبين أن 50 % من أسباب العكارة يرجع إلى تحلل المواد العضوية التي تكون على شكل مواد غروية، وهناك علاقة أيضاً بين العكارة والمحتوى البكتيري في المياه أيضاً، إذ تلتصق المواد الغذائية على سطح الجزيئات المسببة للعكارة، ومن ثم تساعد على نمو البكتريا وتكاثرها.

4. الالاس الهيدروجين (pH)

هو أحد أهم المتغيرات التي تعطي إنعكاساً للعديد من العمليات الكيميائية والحياتية وتؤثر في توزيع الأحياء، تتأثر قيمة الأس الهيدروجيني بصورة رئيسة بنوعية الغازات المذابة في المياه فضلاً عن أنواع الأيونات السالبة والموجبة الموجودة، كما تكون قيمته مؤشراً لوجود وتوازن ثنائي أكسيد الكربون الحر والكربونات والبيكربونات، وهي دليل لصلاحية البيئة المائية للحياة. إن الانخفاض في قيمة الأس الهيدروجيني يؤدي إلى تحول المحيط المائي من متعادل وقاعدي مخفف في المياه الطبيعية غير الملوثة إلى محيط حامضي مخفف وملوث .

5. الأوكسجين المذاب Dissolved Oxygen

الأوكسجين المذاب مهم للعديد من الأحياء المائية إذ أن الأسماك والأحياء المائية الأخرى تعتمد عليه للاستمرار في الحياة، يدخل الأوكسجين إلى الجسم المائي عن طريق ذوبان الأوكسجين الجوي فضلاً عن الناتج العرضي من عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية والنباتات المائية. يتأثر تركيز الأوكسجين المذاب بدرجات الحرارة ، فعند ارتفاع درجات الحرارة يقل ذوبان الأوكسجين وكذلك عند زيادة درجة الحرارة سوف يزداد نشاط المحلات من البكتريا المستهلكة للأوكسجين . بعض الأحياء تتحمل التراكيز الواطئة للأوكسجين المذاب ولكن يعد التركيز 4 ملغم/ لتر الحد الأدنى لبقاء الأحياء المائية. يعد تركيز الأوكسجين المذاب دليلاً على حالة الجسم المائي فيمكن معرفة الكثير عن طبيعة المورد المائي من معرفة كمية الأوكسجين المذابة فيه، كما أن وجود الأوكسجين المذاب في الماء يعمل على تحلل الملوثات العضوية وتخليص الجسم المائي منها، وإن انعدامه في الماء يؤدي إلى حدوث تحلل لا هوائي للملوثات داخل الماء منتجا غازات ضارة كغاز الميثان وغاز كبريتيد الهيدروجين وغيرها

6. المتطلب الحيوي للأوكسجين (Biological Oxygen Demand (BOD₅))

يعد المتطلب الحيوي للأوكسجين من المعايير المهمة في تقييم نوعية المياه ، ودليلاً على مدى صلاحيتها للاستعمالات المختلفة. ويعرف (BOD₅) على أنه مقياس لكمية الأوكسجين الذي تستهلكه البكتريا والأحياء الأخرى لتحلل المادة العضوية تحت ظروف هوائية وغالباً ما يتم قياسه خلال خمسة أيام ويستعمل (BOD₅) للاستدلال على تراكيز المادة العضوية الموجودة في مياه الأنهار وفي المياه الملوثة كمياه الفضلات وغيرها كما إنه يعكس مدى نشاط الأحياء المجهرية التي تزداد فعاليتها عند ارتفاع درجات الحرارة، إذ يزداد تركيز (BOD) بارتفاع درجات الحرارة.

7. المتطلب الكيميائي للأوكسجين (Chemical Oxygen Demand (COD))

يعرف المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) على أنه كمية الأوكسجين المتطلبية لأكسدة كل المادة العضوية إلى غاز ثنائي أكسيد الكربون وماء باستعمال مؤكسدات كيميائية مثل ثنائي كرومات البوتاسيوم (K₂ Cr₂ O₇) يعد المتطلب الكيميائي للأوكسجين مقياساً جيداً للمياه الملوثة لاسيما الملوثة بالفضلات الصناعية، إذ يعكس كمية المواد العضوية المتأكسدة وإن لهذا المتغير أهمية في معرفة خصائص المياه والمياه العادمة والمياه الصناعية والمياه الخارجة من محطات المعالجة، لذا يعد فحص (COD) مهماً ومفيداً لأغراض المراقبة والسيطرة على نوعية المياه)

أيون الأمونيوم (NH₄⁺) Ammonium Ion

توجد الأمونيا بالشكل الأيوني NH₄⁺ والشكل اللاأيوني NH₃ (ويعد أيون الامونيوم أحد أشكال النيتروجين اللاعضوي بالحالة المختزلة ويؤخذ بسهولة من قبل الهائمات النباتية لأن النترات سوف تختزل إلى أمونيا قبل تكوينها الأحماض الامينية داخل الأحياء تكون الامونيا سامة للأحياء المائية إلا أن الشكل الأيوني أقل سمية من الشكل اللاأيوني، إذ تكون سامة لبكتريا Nitrosomonas وبكتريا Nitrobacter مما تؤدي إلى تثبيط عملية النترجة. كما إن وجود الأمونيا مع ملوثات كيميائية أخرى مثل السيانيد والنحاس والفينول والزنك يزيد من سميتها ، كما تؤثر الأمونيا في الأسماك إذ تسبب لها مشاكلًا في التنفس والعمليات الأيضية. وهناك العديد من العوامل المؤثرة في الامونيا مثل الحرارة و pH والملوحة وأيون الكالسيوم والأوكسجين المذاب، إذ يرتبط تركيز الأمونيا بعلاقة عكسية مع هذه العوامل .

9. النترت الفعالة (NO₂) Reactive nitrite

يوجد النترت في مياه الأنهار بوصفه مركباً قلقاً ناتجاً من اختزال النترات وأكسدة الامونيا، وقليلًا ما تستعمله الهائمات النباتية كمصدر للنيتروجين. إن المصدر الرئيس للنترت في المياه هي الفضلات الناتجة عن الفعاليات البشرية (Anthropogenic) ، وتسبب زيادة تركيز النترت إلى تثبيط عملية النترجة (nitrification) بسبب تأثيرها في بكتريا النترجة. يعد النترت من الأيونات السامة للأحياء المائية وأكثرها تأثيراً هي الأسماك بسبب تحويله للصبغة الحاملة للأوكسجين إلى شكل غير قادر على حمل الأوكسجين مسبباً نقص الأوكسجين داخل الأنسجة hypoxia ومن ثم موتها، كما تسبب خللاً في فسيولوجية الأحياء المائية

10. النترات الفعالة (NO₃) Reactive Nitrate

تعد النترات الشكل السائد للنيتروجين اللاعضوي في البيئة المائية ونادراً ما تتجاوز تراكيزها في المياه الطبيعية عن 10 ملغم / لتر وتعد التراكيز دون 55 مايكغم / لتر محددة لنمو الهائمات النباتية. وجود النترات بصورة رئيسية في المياه بسبب المياه المنجرفة من الأراضي الزراعية والمحتوية على الأسمدة والمخصبات الكيميائية ومن مياه الصرف الصحي والصناعي وكذلك تظهر نتيجة لتحلل المركبات العضوية المحتوية على النيتروجين مثل اليوريا والبروتينات وتعد النترات من المغذيات الرئيسة في البيئة المائية وزيادة تركيزها يؤدي إلى حدوث ظاهرة الاثراء

الغذائي. النترات من الأيونات السامة للأحياء المائية وخاصةً الأسماك وأن أحياء المياه العذبة هي أكثر حساسية من أحياء المياه المالحة، وتكمن سميتها بمنعها لصبغة الهيموغلوبين من حمل الأوكسجين وتكون أكثر شدة على الأطفال الرضع. وعند دخول النترات إلى الجهاز الهضمي للإنسان تكون ما يعرف بأمينات نيتروزية سرطانية Carcinogenic nitrosamines إذ تتحول النترات إلى نترتيت والأخير يتفاعل مع الأحماض الامينية.

11. الفوسفات الفعالة (Reactive phosphate (PO₄)

يظهر الفسفور بالشكل الذائب أو العالق وبالصورة العضوية أو اللاعضوية ويعد الأورثوفوسفيت (Orthophosphate) العامل المحدد لنمو الطحالب في المياه العذبة وأن زيادتها في المياه تؤدي إلى حدوث ظاهرة الاتراء الغذائي. إن وجود الفسفور بصورة رئيسة في المياه هو بسبب الصرف الصحي غير المعالج والمحتوي على كميات كبيرة من مساحيق التنظيف فضلاً عن الصرف الزراعي والصناعي وطبيعة التربة، إذ إن الفوسفات تكون قليلة الذوبان وتدمص على مكونات التربة، إن تركيز الفسفور في مياه الانهار يكون واطناً لان معظمه يكون على شكل رواسب وان تركيز الفسفور سينتاقص حالما يتراكم الفسفور بواسطة نباتات المنطقة وحيواناتها وعند موت النباتات والحيوانات سوف يدخل في المواد المترسبة في قاع الجسم المائي، وهنا أما أن تسترجع الفوسفات حركتها في عمود الماء عند تفسخ المركبات العضوية نتيجة لحركة التيارات المائية أو أن تبقى في الرواسب إذا ما اتحدت مع أيونات أخرى.

12. المواد الصلبة العالقة الكلية (Total suspended solids (TSS)

تتألف المواد العالقة من حبيبات الطين والغرين والرمل والمواد المتفسخة فضلاً عن الأحياء الدقيقة. إن مصادر المواد العالقة ناتج عن عمليات التعرية والتي تحصل نتيجة التيارات المائية المؤثرة على ضفاف الانهار وقيعانها وكذلك من تآكل التربة وانجرافها من الأراضي المجاورة فضلاً عن ما تحمله مياه الصرف الصحي والصناعي من مواد عالقة تعتمد المواد العالقة على طبيعة صخور ورسوبيات الحوض والتصريف النهري والمناخ السائد في المنطقة، وتختلف المواد العالقة بأحجامها وأشكالها ولهذا تأثير في سرعة هبوط هذه المواد إلى القاع، فضلاً عن تأثيرها بسرعة التيار فعندما تقل سرعة التيار فأن هذه المواد سوف تترسب ولكن عند زيادة سرعة التيار فأنها تعود لتصبح عالقة. تقلل زيادة المواد الصلبة العالقة من التنوع الاحيائي في المياه بسبب حجبها لضوء الشمس