نماذج انحلال ملوثات الصرف الصحي في الحقل البعيد للمصب البحري

الدكتور عادل عوض
استاذ مساعد
في كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

تشكل دراسة عمليات انحلال ملوثات مياه المجاري المقذوفة عبر المصب البحري في الحقلين القريب والبعيد وجهين لعملية واحدة .وبغض النظرعن عمليات الانحلال في الحقل القريب ،فان دراسة عمليات الانحلال في الحقل البعيد قد درست من قبل عديد من المصادر ،ولعل أقربها الى الواقع الحقيقي (توزيع غوص) الذي اعتمدناه في البحث ، كمنطلق لتحديد نماذج رياضية تدرس توازن الكتلة لعمليات الخلط بواسطة الانتشار الجانبي الدوامي القمعي (Plume) مع دراسة وتحليل النماذج في حالتي الانتشار المستقر وغير المستقر للملوثات .

في هذا المجال تبدو أهمية قانون ريتشاردسون (١٩٢٦) والخاص بعمليات الانتشار الجانبي الافقي للملوثات والذي بدت المصادر العلمية الحديثة وكأنها تنهل منه لتطابق نتائجها مع نتائجه الثابتة .

ان دراسة جودة المياه الساحلية بشكل تصبح معه صالحة للسباحة تقتضي استخلاص عوامل تلاشي فعالية الجراثيم ،وهنا يعطينا حساب الوسطاء الضابطة لعمليات الانتشار الجانبي للملوثات مع قيمها الفعلية والواقعية . تضمّن البحث المعلومات والمسوح الميدانية اللازمة لوضع نموذج شامل وكلي يسمح بتحديد أو التنبؤ عن وضع الملوثات بمختلف أنواعها في وسط مائي مهما كانت طبيعته وفي مختلف الأوقات .

١ ـ مقدمة :

ان دراسة انحلال ملوثات مياه المجاري المقذوفة عبر مصب بحري في مجال الحقل القريب لاتكفي لشرح كيفية الانحلال النهائي وتخفيض تركيز هذه الملوثات. لذلك كان لابد من دراسة نماذج الانتشار الجانبي في الحقل البعيد عبر نماذج رياضية تنطلق من دراسة توازن الكتلة وتحلل عمليات الانتشار بحالتيه المستقر وغير المستقر . وهذا يسمح بالنهاية باستخلاص عوامل تلاشي فعالية الجراثيم كمعيار هام لتحقيق شروط الجودة لمياه السواحل بحيث تصبح معه صالحة للسباحة .

وقد اعتمدنا في البحث منهج الدراسة النظرية التحليلية والتي يتطلب اكمالها القيام بمسوحات ميدانية توفر المعلومات

الضرورية والمعطيات التي يمكن على أساسها التنبؤ بأقرب مايكون الى الدقة بعمليات الانحلال الحاصل للمياه الملوثة المصرفة ، عبر المصب البحري ، مما يتيح في النهاية وضع الارقام التصميمية الأقرب الى الدقة لانشاء مصب بحري مضمون وفعال .

2- الانحلال في الحقل البعيد :

ان وصف توزيعات السرعة والتركيز في المجال الواقع بين منطقتي الحقل القريب والحقل البعيديعتبر معقدا .فالنافورة المائية وكمية الحركة المتبقية للنافورة يمكن أن تحرضا معا توليد سرعات أفقية ومباشرة بعد ارتطام النافورة بسطحالمياه . ويمكن أن تتم غالبا مرحلة الانتقال بين السرعة العالية في منطقة الارتطام السطحية الى السرعة المنخفضة في الحقل البعيد بواسطة قفزة هدروليكية داخلية (١).

ففي الحقل البعيد تخفع مياه المجاري الى حقل سرعة التيارات المحيطة اذ يفترض توزيع السرعة بأنه شابت على كامل المقطع العرضي لانتشار حقل مياه المجاري بشكل قمعي (Waste water plume). وبعكس ماهو معروف لعمليات الانحلال في الحقل القريب فان العمليات في الحقل البعيد يجب أن تعالج كمتغيرة مع الزمن على أساس أن عمليات الانحلال تتأثر بحسب اختلاف الأوقات ونشاط التيارات البحرية ،ذلك أن الحقل المغمور لمياه المجاري يتذبذب صعودا وهبوطا وبالانتشار الجانبي على شكل طيف واسع وتتزايد هذه العملية كلما اضطرب الوسط البحري المحيط بالحقل .

ان عملية انتشار مياه المجاري في النقطة التي يتوقف عندها صعود المياه باتجاه سطح البحر ،وتبدأ معها عمليات الانتشار الجانبي لحقل مياه المجاري والمسمى بالحقل البعيد ،تأخذ أحد شكلين (الشكل رقم (١) :

* الانتشار القمعي المستقر وسطيا خلال مرحلة طويلة من الزمن .
* الانتشار القمعي المتماذج وغير المستقر (المتقطع ... الآني) .. والذي يمتد بالتدريج كلما ابتعدنا عن موقع المصب .

ان تعرج أو تماوج الخط المركزي يعود الى التيارات الدوامة الكبيرة التي تنتج عنصر سرعة متغيرة متعامدة مع اتجاه الجريان الوسطي ،وهذه التعرجات ستخف ببطء وسيتطابق الخط المركزي لـ (Plume) مع اتجاه الجريان الوسطي . فعلى يمين الشكل (١) نلاحظ منحني توزيع التركيز يقطع عرض القمع (Plume) بنوعية المستقر وغير المستقر معا . فتوزيع التركيز في الانتشار القمعي المستقر (Stedy - State plume) يكون أكثر عرضا،ولكن قيمة الذروة تكوناقل عما هي عليه في حالة الانتشار القمعي غير المستقر . لذلك فان الزمن الوسطي يعتبر عنصرا هاما لتقدير توزيعات التركيز في الحقل البعيد .

في معظم حالات تصريف مياه المجاري قرب الشواطىء فانه يكفي أن نطبق نماذج تصف توزيع التركيز في حالة الانتشار المستقر (Steady plume) . ان تقييم المؤشرات غالبا مايعود الى المناطق التي تبتعد عن موقع المصب البحري بحيث يتطور القمع (Plume) قبل أن يصل الى تلك المناطق بشكل كبير ويكون أكبر من أوسع دوامة لاضطرابات التيار المحيط . وعندما تتحقق هذه الحالة فعند ذلك لن يكون هناك اختلاف بين

حالة الانتشار القمعي المستقر وغير المستقر .

وعلى كل حال فان هناك المناطق سريعة التأثر والحساسة مثل مناطق توليد الاسماك وتواجد الاصداف لاتتحمل أي تركيز خفيف للملوثات فوق مستوى محدد مسموح به يجب تأمينه في كل لحظة . ففي هذه الحالة يكون المطلوب استخدام نماذج تصف توزيع التركيز في حالة الانتشار غير المستقر والآني (وهي نماذج توصف أيضا توزيع التركيز الوسطي معا في الحالة الآنية غير المستقرة للمصدر المدروس) من خلال التيارات البحرية المضطربة والتيارات المتنقلة ،ذلك أن التيار المحيط بحقل مياه المجاري يتغير غالبا حيث ان الزمن اللازم لدراسة تحرك حقل مياه المجاري في مجال مساحة الانتشار المدروس يكون أكبر من زمن تغير التيارات المحيطة. وهذا الوضع يصبح معه التمييز بين التيارات المضطربة والتيارات المنتقلة صعبا ،وهذا يجعل حساب انتشار الملوثات صعبا فنضطر بقصد التبسيط الى اعتماد نموذج الانتشار الآني غير المستقر .

آ- النماذج العامة للانتشار الجانبي للملوثات :

لتقدير طبيعة ووضع مياه المجاري أو أية ملوثات أخرى في نقطة ما عن موقع المصب لهذه المياه في وسط مائي بحري فانه يجب تحديد زمن الانتقال (travel time) الى هذه النقطة وكذلك معدل الانتشار الجانبي (Lateral diffusion) الذي يحدث أثناء الانتقال . ويتم في هذا الزمن الانتقالي تلاشي البكتريا والخلط بواسطة الانتشار الجانبي الذي يحدد التركيز النهائي للبكتريا في النقطة المدروسة (كشواطىء السباحة مثلا) .

وبافتراض تجانس البيئة البحرية ووصول حقل مياه المجاري أو نافورتها (Sewage jet or effluent plume) الى سطح مياه البحر فانه سيخضع للانتقال بعيدا بواسطة التيارات . ويتطور بسرعة الى حقل مياه متجانس نسبيا وله قيمة انحلال وسطية أولية S_m . وسيكون لهذا الحقل من الملوثات عرض يساوي تقريبا في البدء لطول الرذاذ $\frac{y}{3}$ الى $\frac{y}{4}$ (حيث y = عمق المصب البحري) .

ان الانحلال المركزي الوسطي S_o في النافورة (Jet) أو في التوزيع القمعي (Plume) أو ($2S_o$) المساوي للانحلال الوسطي على كامل مقطع القمع (Plume) قد يساوي الانحلال الابتدائي الناتج عن التيارات S_m . اذا كان $2S_o < S_m$ فان انحلالا اضافيا للمياه سيكون ممكنا من خلال تيارات البحر. في البدء سيكون هناك مساحات محلية بمعدل انحلال أقل من S_m . ولكن عندما يحمل سائل الملوثات بعيدا ،فان الاضطرابات التيارية ستسبب انحلالا لمعظم مقطع الحقل حتى يحقق القيمة S_m تقريبا. واذا كان $2S_o > S_m$ فان كل الملوثات الواصلة للسطح لن تتحرك بواسطة التيارات ،وعند ذلك فان الملوثات ستتراكم قرب المصب . واذا حدث مثل ذلك فعندها يجب اجراء تعديل للمصب البحري كي لايسبب مثل هذا التراكم .

عندما يحمل الحقل القمعي للملوثات (effluent Plume) بعيدا عن المصب بواسطة التيارات البحرية فان عملية الانحلال ستستمر وذلك نتيجة للانتشار الجانبي بسبب التيارات الاضطرابية (الدوامة) (Lateral turbulent - diffusion)

هذا الانتشار الذي يكون باتجاه المستوى الطبيعي لمحور القمع (Plume) .

وقد استنبط معادلة رياضية لتحديد نموذج الانتشار الاضطرابي في تيار بحري من قانون توازن أو انحفاظ الكتلة (mass balance equation) للكتلة المنتشرة (ملوثات مثلا) كمادة محمولة بواسطة التيار المحيطي عبر حجم تحكم تفاضلي ثابت(Fixed differential control volum) كما هو ظاهر في الشكل رقم 2 .

ان قيمة (C) في الشكل رقم(2) تعني التركيز الآني (اللحظي) للمادة الملوثة المنتشرة [وهذا يعني حمولة (كتلة) التلوث بالنسبة لكل حمولة (كتلة) اجمالية من الملوثات مقسومة على مياه الوسط المحيط].

ان سائل الملوثات الداخل والمنتشر والمطروح منه السائل الخارج ،يجب أن يساوي معدل الزمن لتزايد الملوثات في الحجم التحكمي المدروس . وكتابة هذا التوازن (انحفاظ الكتلة) للجريان باتجاهاته الثلاثة Z - Y - X (الشكل رقم 2) مع التراكم الحاصل للكتلة في الحجم التحكمي المدروس (Control volume) وكذلك التقسيم عبر حقول الحجم الآني يجعلنا نحصل على المعادلة :

$$\frac{\partial(PC)}{\partial t} + \frac{\partial(PCu)}{\partial X} + \frac{\partial(CV)}{\partial y} + \frac{\partial(Cw)}{\partial Z} = o \qquad (1)$$

وتعتبر تأثيرات الانتشار الجزئي صغيرة ويمكن اهمالها . ولكي نعرف الحركة الاضطرابية فاننا نعتبر التركيز الآني والسرعة عند نقطة ما كمجموع لعناصر وسطية الزمن ($\bar{C}$, $\bar{u}$, $\bar{V}$, $\bar{w}$) ومتغيرة الزمن (C', u', V', w') وتمتد الى الحقل $C = \bar{C} + C'$ و $u = \bar{u} + u'$ وهكذا. بتعويض هذه القيم في العلاقة السابقة ومن ثم بافراد ومعالجة كل حد من الحدود السابقة على حدة ،نحصل على العلاقة التالية :

$$\frac{\partial(cu)}{\partial X} + \frac{\partial(\bar{c}\bar{u})}{\partial X} + \frac{\partial(c'u')}{\partial X} + \frac{\partial(\bar{c}u')}{\partial X} + \frac{\partial(c'\bar{u})}{\partial X} \qquad (2)$$

ان الشكل الوسطي للمعادلة السابقة يختصر الى :

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{u}\bar{c})}{\partial X} + \frac{\partial(\bar{u}c')}{\partial X} + \frac{\partial(\bar{V}\bar{c})}{\partial y} + \frac{\partial(\bar{V}c')}{\partial y} + \frac{\partial(\bar{w}\bar{c})}{\partial Z} + \frac{\partial(\bar{w}c')}{\partial Z} = 0 \qquad (3)$$

وبافراد الحدود الثانية والرابعة والسادسة في المعادلة السابقة ،ومع اعتبار أن استمرارية انتقال الكتلة الكلية يعبر عنها بالعلاقة :

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial X} + \frac{\partial \bar{V}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial Z} = 0$$

فتصبح المعادلة السابقة كما يلي :

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u}\frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \bar{v}\frac{\partial \bar{c}}{\partial y} + \bar{w}\frac{\partial \bar{c}}{\partial z} + \frac{\partial(\overline{u'c'})}{\partial x} + \frac{\partial(\overline{v'c'})}{\partial y} + \frac{\partial(\overline{w'c'})}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u}\frac{\partial c}{\partial x} + \bar{v}\frac{\partial c}{\partial y} + \bar{w}\frac{\partial \bar{c}}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x}\left(D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}\right) - \frac{\partial}{\partial y}\left(D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y}\right) - \frac{\partial}{\partial z}\left(D_z \frac{\partial \bar{c}}{\partial z}\right) = 0 \quad (5)$$

الحد الاول اليساري من المعادلة يمثل معدل الزمن لتغير التركيز الوسطي للملوثات في نقطة محددة ما . والحدود الثلاثة التالية تمثل انتقال كتلة الملوثات المحمولة بالتيارات بسبب انحدار التركيز في اتجاهات عناصر الجريان.والحدود الثلاثة الاخيرة تمثل انتشار الكتلة في اتجاهات العناصر الثلاثة بسبب الخلط الاضطرابي (الدوامي) .

ويكون من المفيد استيدال حدود التغيير للتيارات الاضطرابية في المعادلة السابقةبواسطة ناتج يمثل عامل الانتشار وانحدار التركيز وذلك كما يلي :

$$\overline{u'c'} = -D_x \frac{\partial c}{\partial x}$$

فاشارة (-) تعني انحدار قيمة الكثافة بشكل سلبي متناقص في حقل التيارات الاضطرابية بسبب انتقال الكتلة الايجابي.

ان عامل الانتشار أو الانتشار بسبب التيارات الدوامة (eddy diffusivity) يكون متغيرا في المكان والزمان ويعتمد على مستوى الاضطراب للوسط المحيط :

العلاقة (4) تصبح :

وهذه العلاقة تمثل التغير في تركيز الملوثات في نقطة محددة ما بسبب عملية الخلط في التيار المضطرب (الدوامي) في الاتجاهات الثلاثة .

ولتطبيق المعادلة السابقة (5) يجب وضع افتراضات أساسية (حيث z تمثل المحور الشاقولي). وباعتماد افتراضات المصدر (2) فعند ذلك تختصر العلاقة السابقة الى العلاقة النظرية النهائية التالية :

$$\bar{u}\frac{\partial c}{\partial x} - D_y \frac{\partial 2c}{\partial y^2} = 0 \quad (6)$$

معادلة النموذج العام التي توصلنا اليها عبر ماسبق تدل على تناقص تركيز الملوثات باتجاه الجريان بسبب الانتشار الجانبي للملوثات بواسطة الخلط الاضطرابي (الدوامي) للتيارات . والعناصر الاخرى للانحلال (في الاتجاهين x و z)تعتبر مهملة ،وبذلك فالعلاقة (6) تعطي قيماً عالية لتركيز الملوثات أكبر مما هي في الواقع (فيما لو أدخلنا عوامل الانحلال في الاتجاهين x و z)وهذا يعني درجة أمان أكبر في حساب تقدير انخفاض تركيز الملوثات بسبب الانتشار الجانبي .

ان تحريات ودراسات ميدانية تجريبية

عديدة (3 , 4) أعطت قيمة العامل الافقي للانتشار الجانبي بسبب التيارات الدوامة بالعلاقة :

$$D_y = eL^n \qquad (7)$$

حيث L تمثل الطول القياسي النسبي الوسطي لمجال التيارات الدوامة والتي فيها يحدث الانتشار ،وان (e)و(n) ثوابت تحدد تجريبيا .

المصدر(18) حدد قيمة n في البدء تساوي 4/3 ولكن على مسافة كبيرة من مصدر الملوثات كانت قيمة D_y فيها ثابتة . وهذا ما أكد قانون ريتشاردسون (Richardson) المقترح عام 1926 والذي يعرف بقانون4/3(5).

وكان المصدر السابق (3) قد حدد العلاقة الخاصة بالانتشار الجانبي الافقي كما يلي :

$$D_y = 0.01\ L^{4/3} \qquad (8)$$

حيث L بواحدة (Cm) و D_y بواحدة (cm^2/sec).

لقد تراوحت قيم D_y عند العديد من الباحثين في مجال الانتشار الدوامي في مياه المحيط في المجال من 5×10^2 الى 4×10^8 ووسطيا تساوي حوالي 10^6 سم٢/ثانية .

ولو رسمت العلاقة بين D_y الى قياس الظواهر الطبيعية المرافقة (L)فانها ستأخذ شكل خط مستقيم مائل ممثلا بالقانون 4/3 (Four-thirds law). وهذا القانون يوضح أن عامل الانتشار الدوامي الجانبي D_y متناسب طردا مع القوة 4/3 للقياس النسبي للاضطراب أي بالعلاقة $L^{4/3}$ ،كما ورد سابقا.

وغالبا فان السبب في تزايد عامل الانتشار الدوامي (eddy diffusivity) مع المقياس النسبي (Scale) يعود الى دراسة حالة انفصال جسيمين عن بعضهما يكونان في البدء قرب بعضهما من بعض ويمثل السبب هذا بالمعدل الذي يميل به الجسيمان الى الانفصال عن بعضهما مع تزايد المسافة بينهما. ويفسر ذلك بأنه عندما يكون الجسيمان مع بعضهما فانهما يميلان الى الحركة بعيدا عن بعضهما بواسطة عملية الاضطرابات الصغيرة المقياس نسبيا وهي من حيث المعدل صغيرة مقارنة بسرعة الجريان الوسطية ،وعندما تزداد المسافة فيما بينهما فان كل جزء يمكن أن يدخل بشكل مستقل في مجال الدوامات الكبيرة ويتحرك بعيدا عن الآخر بشكل أسرع وهكذا الخ ....

المصدر (9) أعطى أيضا القانون (4/3) نتيجة دراسات نظرية لاحقة استخدمت حركة انفصال جسيمين عن بعضهما ولكن مع اعتبار أن المسافة بين الجسيمات ستكون صغيرة مقارنة بالمقياس النسبي لطول الاضطرابات.وهذا ماتطابق أيضا مع النتائج الميدانية التجريبية للمصدرين (3 , 5) .

قياسات أخرى تمت أيضا (المصدر 3) في قناة مخبرية انطلاقا من مراعاة التحديد الفعال الممكن للحجم الأعظمي للدوامات المائية والتي أثبتت بأن عرض نماذج الانتشار انطلاقا من المصدر(المنبع) يتزايد طردا مع القوة($3 \times \frac{4}{3}$) للمسافة من المصدر أي بالعلاقة ($L^{4/3}$) وان عرض نماذج الانتشار عند نقطة بعيدة نسبيا عن المصدر يتزايد تقريبا بشكل طردي مع القوة $\frac{1}{2}$ للمسافة من المصدر ($L^{\frac{1}{2}}$) .

الشكل رقم (3) يبين حالة الانحلال السابقة للملوثات غير القابلة للهضم (وهي عمليا أسوأ أنواع الملوثات

الصناعية على البيئة البحرية ككل) بواسطة الانتشار الجانبي الافقي ،حيث يلاحظ أن عمليات الانتشار والتفتت لملوثات صناعية غير عضوية مثلا بالاتجاهين (X_1) الموازي للمستوى الطبيعي لاتجاه التيار و(x_2) العرضي لاتجاه التيار. وكما قلنا يلاحظ أن قيمة عرض نماذج الانتشار (L_o في البدء)تتزايد طردا تبعا للقوة $\frac{3}{2}$ تقريبا للمسافة عن المصدر ($L^{3/2}$) وانه بمسافة بعيدة نسبيا عن المصدر فان عرض النماذج هذه يتزايد طردا تبعا لقوة معطاة للمسافة L وهي ($L^{\frac{1}{2}}$) . والشكل الذي يميل اليه نموذج الانتشار هو أقرب الى القطع المكافىء المميز بمنطقة انتقال بينية .

ان المشكلة الرئيسية في حساب انتقال الملوثات في الحقل البعيد تتلخص في فرض عوامل انتشار أكثر قربا للواقع الفعلي كما هو الحال في وضع معادلات الانتقال التي عالجناها سابقا . ولقد أوضحنا أنه يجب في – حالة عمليات الانتشار بسبب التيارات الدوامة في البحر –أن نميز بين عوامل الانتشار الجانبية الافقية والشاقولية . ان التبادل والخلط الشاقولي ومع تزايد عمليات الاستقرار وبالتالي مع تزايد " عدد ريشاردسون" يبدو انه سيكون منخفضا الى درجة يمكن معها اهماله ويكون بذلك عامل الانتشار الجانبي الافقي هو العامل الأساسي في تخفيض تركيز الملوثات وسواء القابلة للهضم أو غير القابلة للهضم أو للتدوير البيولوجي .

ويمكن أن نشير الى أن الحسابات السابقة بعد مراعاة عدم الدقة الكبيرة في الافتراضات السابقة والمتعلقة بالعوامل الفيزيائية تبقى وضمن المعطيات الحالية لتقدم البحوث في هذا المجال كافية ومقبولة. ويمكن أن نعتبر أن دراسة عمليات الحمل (convection). والانتشار (dispersion) للملوثات من خلال تيارات البحر رياضيا بعلاقات تقريبية مقبولة ودقيقة الى حد ما. هذه العلاقات تصف انتشار الملوثات وانخفاض تركيزها بواسطة التيارات البحرية والمستقرة والجانبية من خلال نماذج عددية ذات بعدين أفقيين وذلك باهمال الانتشار الشاقولي . ولنحدد في دراستنا ماسبق بشكل أكثر تفصيلا وتحديدا من خلال النماذج الرياضية التقديرية فاننا سنقوم بدراسة الوضعين التاليين : نماذج مستقرة للانتشار القمعي(Plume) ونماذج غير مستقرة (آنية) للانتشار القمعي .

ب – نماذج الانتشار القمعي المستقر (Steady - state plume models)

تعتبر معظم نماذج الانتشار المستقرة ذات الشكل القمعي (Plume models) أقرب في توزيعها الى توزيع (غوص) في المقاطع العرضية للاتجاه الطبيعي للجريان (الشكل ١) .

$$C(x_1, x_2, x_3) = C(x_1, 0, 0) = \exp\left(\frac{-X_2^2}{2\sigma_2^2} - \frac{X_3^2}{2\sigma_3^2}\right) \quad (9)$$

حيث إن σ_2^2 و σ_3^2 تعتبر متغيرات جانبية في الاتجاه الافقي والاتجاه الشاقولي .

ان المحور X_1 يتطابق مع اتجاه الجريان ،والمسافات الشاقولية تعتبر

ايجابية في الاتجاه الاعلى . ونلاحظ أن مستوى المحاور x_2x_1 يقع عند المستوى النهائي (terminal level) على ارتفاع $z = z_t$ من النافورة الشكل رقم (4) .

ان تركيز الملوثات عند الخط المركزي ($C(x_1,0,0)$) يكون معينا بواسطة تعويض العلاقة (9) وادخالها في حالات الاستمرارية :

$$C_oQ_o = u_1 \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} C(x_1,x_2,x_3)dx_2dx_3 \qquad (10)$$

والتي تعطي :

$$C(x_1,0,0) = \frac{C_o \cdot Q_o}{2\pi\cdot\sigma_2\cdot\sigma_3\cdot u_1} \qquad (11)$$

ان معدل الانحلال عند الخط المركزي (الانحلال الاصغري) S_m يكون مساويا الى : $S_m = \frac{C_o}{C} \cdot u_1$ حيث u_1 سرعة تيارات الوسط المحيط ، وفي حالة حدوث عمليات الانتشار على سطح مياه البحر ، أي أن سطح البحر سيكون المستوى النهائي ، فعند ذلك فان تكامل القيم الموجبة (الشاقولية) من x_3 يكون غير وارد . ومياه الملوثات تبقى في المستوى النصفي الرطب السلبي ، وتأخذ العلاقة (44) لقيمة :

$$C(x_1,0,0) = \frac{C_o \cdot Q_o}{\pi\cdot\sigma_2\sigma_3\cdot u_1} \qquad (12)$$

في جسم مائي ضحل أو بشكل عام عندما يكون الانتقال الصافي لمياه الملوثات في الاتجاه الشاقولي قابلا للاهمال بسبب بعض الاعتبارات فعند ذلك يكون على الغالب من المهم أن نفرض توزيعا شاقوليا متجانسا للتركيز . وفي هذه الحالة تختصر العلاقة (9) الى :

$$C(X_1,X_2) = C(X_1,0)\exp\left(\frac{-X_2^2}{2\sigma_2^2}\right) \qquad (13)$$

وتعطي متطلبات الاستمرارية :

$$C_oQ_o = u_1 d \int_{-\infty}^{+\infty} C(X_1,X_2)\,dX_2 \qquad (14)$$

وبالتالي تنتج العلاقة :

$$C(X_1,0) = \frac{C_o \cdot Q_o}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma_2\cdot u_1 d} \qquad (15)$$

حيث ان : d سماكة طبقة حقل مياه الملوثات (ويمكن أن يكون عمق المصب) (أو عمق البحر عند المصب) .

عندما تصرف مياه المجاري عبر رذاذ مؤلف من عدة فتحات فإنه يكون من الضروري تعديل العلاقات وتطويرها . وعمليا فانه عندما تنطلق مياه المجاري (الملوثات) من مصدر تحركها (Line source) عند بدء الحقل البعيد (حيث L_o عرض حقل مياه المجاري مساويا طول الرذاذ) فانها تحتاج وقتا معينا أو مسافة انتقال معينة قبل أن تنخفض قيمة التركيز للملوثات عند الخط المركزي عن قيمته في النقطة النهائية (terminal Point) واذا أهملنا التغيرات باتجاه العمق ،

واعتمدنا نتائج أحد الابحاث(7) التي تمت على انتشار الملوثات في بحيرة كبيرة - مما يجعلها مقبولة لدينا لقربها من حالتنا فان التوزيع المعدل للتركيز سيكون :

$$C(x_1, x_2) = \frac{C_o Q_o}{2u_1 Bd}\left[\operatorname{erf}\frac{B/2 + x_2}{\sigma_2\sqrt{2}} + \operatorname{erf}\frac{B/2 - X_2}{\sigma_2\sqrt{2}}\right] \qquad (16)$$

حيث طول خط المصدر أو طول الجزء الرذاذ= B

أي ان $-\frac{B}{2} < X_2 < \frac{B}{2}$ - في حالة $X_1 = 0$

ويمثل erf = Standard error function

وبذلك توصلنا الى حساب التركيز عند الخط المركزي للتوزيع القمعي (Plume) بحيث يكون مساويا :

$$C(X_1,0) = \frac{C_o Q_o}{u_1 Bd}\operatorname{erf}\left(\frac{B}{2\sqrt{2}\,\sigma_2}\right) \qquad (17)$$

ان التباين σ_2 يزداد مع ازدياد المسافة X_1 من نقطة محددة ويكون متغير تابع الخطأ المعياري (erf) المطلق صغيرا لدرجة يمكن أن يطبق بشكل تقريبي على النحو التالي :

$$\operatorname{erf}(y) = \frac{2y}{\sqrt{\pi}}$$

وبذلك فالمعادلة (17) تختصر الى الحل السابق في المعادلة (15) وهذا يؤكد تطابق النتائج التجريبية مع تحليلنا النظري السابق .

ان تابع الخطأ(error function) يصل الى القيمة 0,99 عندما يصل متغير (متحول) التابع الى القيمة 2 . وهكذا يبقى التركيز عند الخط المركزي ضمن المجال واحد بالمائة (1 ٪) من التركيز الابتدائي عند الخط النهائي ($C_{mo} = \frac{C_o Q_o}{u_1 Bd}$)

طالما أن $\frac{B}{2\sqrt{2}\,\sigma_2} \geq 2$

أي ان $\sigma_2 < \frac{B}{6}$ (18)

ان قيم التباين σ_2^2 و σ_3^2 تصف التمدد الجانبي لحقل مياه المجاري ،فعندما يكون الحقل (كصورة وسطية طويلة المدى) واسعا مقارنة بأكبر تيارات دوامة لاضطراب المياه المحيطة فان عملية الانتشار الاضطرابي (انتشار يحدث بسبب التيارات الدوامة) يمكن أن تقارن بعملية الانتشار الجزيئي (molecular duffusion).وبشكل مشابه يمكن أن يعبر عن عوامل التباينات بـ :

$$\sigma_2^2 = 2D_2t = 2D_2t = 2D_2 \cdot x_1/u_1$$
$$\sigma_3^2 = 2D_3t = 2D_3 \cdot X_1/u_1 \qquad (19)$$

وهذا يعني أن عوامل التباينات متناسبة طردا مع المسافة (X_1) بدءا من مصب مياه المجاري في البحر.وتعتبر D_2 و D_3 معامل الانتشار الاضطرابي أو الدوامي [(أي الانتشار الجانبي الافقي ($D_2 = Dy$) والشاقولي (D_3) للملوثات بسبب التيارات الدوامة)] .

وفي هذه الحالة فان الحل العام السابق سيكون موافقا للمعادلة التفاضلية الجزئية التالية :

$$u_1 \frac{\partial C}{\partial X_1} = D_2 \frac{\partial^2 C}{\partial X_2^2} +$$

$$+ D_3 \frac{\partial^2 C}{\partial X_3^2}$$

إذ أن :

$$\left(\frac{\partial X}{u_1} = \partial t \ , \ u_1 . \frac{\partial C}{\partial X_1} = \frac{\partial C}{\partial t} \right)$$

والتي هي شكل خاص من نموذج الانتشار العام :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial X_i} (C u_i) =$$

$$= \frac{\partial}{\partial X_i} \left(D_i \frac{\partial C}{\partial X_i} \right) \qquad (21)$$

حيث : $(i = 1, 2, 3)$

تمثل تغير انتشار التركيز مع الزمن = $\frac{\partial C}{\partial t}$

أي انه يمكننا أن نكتب العلاقة العامة (21) على الشكل التالي :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2}$$

$$+ D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \qquad (22)$$

(قارن ذلك مع الشكل 2) .

ان عملية الانتشار في المنطقة المجاورة للمصب البحري متشابهة مع عملية الانتشار الجزيئي وهذا ما يمكن مناقشته وتحليله . وهنا سيكون التمدد الجانبي لحقل مياه المجاري غالبا أصغر من حجم أكبر واحدة من دوامات التيارات الاضطرابية . وفي مثل هذه الحالة لايمكن للجسيمات (Particle - movement) في القمع (Plume) أن تتحرك عشوائيا مثل الجزيئيات (molecule movements). ولمعرفة تفاصيل أكثر وأوسع عند هذه النقطة يمكن العودة الى المصدر (8) .

جـ ـ نماذج الانتشار القمعي الآني غير المستقر (Instantaeous plume models)

ان نماذج الانتشار المتقطعة (الآنية) غير المستقرة لحقل مياه المجاري بشكل قمعي تستند أساسا إلى مبدأ الانتشار النسبي . فبسبب تموج (تعرج) الانتشار فانه يمكن وصف التوزيع المتقطع للقمع (Plume) بشكل نسبي الى الخط المركزي له . والفكرة تقوم على تحليل القمع (Plume) وكأنه تراكب لرقعات منفصلة . وكل رقعة تمتد طبقا لقانون الانتشار النسبي لجسيمين أي أن القوانين تصف المعدل الذي به يتحرك جسيمان بعيدان بعضهما عن بعض في حقل جريان مضطرب (المصدرين 9 , 10) .

وهنا اخترنا أيضا توزيع غوص لتابع التوزيع الأكثر شيوعا لوصف الرقعات المذكورة . ففي المجال النظامي ثنائي البعدين نكتب العلاقة كما يلي :

$$C(r) = \frac{M/d}{2\pi . \sigma_2^2} \exp \left(\frac{-r^2}{2 \sigma_2^2} \right) \qquad (23)$$

الكتلة الكلية (للجزيئات المدروسة) = M

المسافة من مركز الكتلة = r

الانحراف المعياري الجانبي ($\sigma_1 = \sigma_2$) = σ_2

عمق طبقة الحقل أو عمق المصب = d .

ان هذا التوزيع يرتبط بنظام اطلاق خطي متقطع اذ تطلق الكتلة M على الامتداد الشاقولي للطول معتبرين الانتقال الصافي في الاتجاه الشاقولي مهملا .

فاستنادا الى التماثل الدوراني فان قيمة التباين المعياري الجانبي σ_2^2 غالبا ماتساوي - أو يمكن التعويض بها - بالتباين الشعاعي البسيط σ^2 :

$$\sigma^2 = 2\,\sigma_2^2 \qquad (24)$$

ان اختيار تابع التوزيع يبقى عملية خاضعة للتحليل والمناقشة ومثارا للجدل. فالانتشار النسبي يرتبط أساسا بعمليات الانتشار بمقياس أصغر بكثير عما هو الحال في التوامات الكبيرة المقياس للمياه الجائشة في الوسط المحيط. وفي هذه الحالة فان الترابط بين تحركات الجسيمات الرقعية (على شكل رقعات Particle movments) يكون قويا .

المصدر (١١) تاقش مثل هذه المسألة واقترح أشكالا بديلة من توابع التوزيع (غير توزيع غوص).

د - تلاشي فعالية الجراثيم

ان معظم المصبات البحرية في العالم اليوم مصممة على مراعاة تخفيض الفعالية الجرثومية (microbial - inactivation) . وحتى في الحالات المثالية للانتشار الاضطرابي الدوامي لمياه الوسط المحيط وتوفر الرذاذ الجيد عند نهاية فتحة المصب فانه من الصعب تحقيق الانحلال (التمدد للملوثات) الفيزيائي بأكبر من 1000 الى 1 . وهذا مارأيناه سابقا في مجال الانتشار في الحقل القريب . واذا كانت مياه مجار حاوية على عدد من العصيات (Coli count) بمعدل 10^6 في كل ميللي لتر ماء ،فان المعيار المسموح به لصلاحية المياه للسباحة هو 10 في كل ميللي لتر ماء ،وهذا يعني بالتالي أنه يجب أن يتم تخفيض اضافي للجراثيم بمعدل لايقل عن 10^2 في كل ميللي لتر ماء وهنا يأتي دور الانتشار في الحقل البعيد . ذلك أنه من الشائع والمعروف أن يفرض لانخفاض معدل جراثيم الكوليفورم تابع من الدرجة الاولى. وهذا يعني أن معدل الانخفاض (التلاشي للجراثيم) متناسب طردا مع التركيز الفعلي :

$$\frac{dC}{dt} = -KC \qquad (25)$$

ثابت الهضم البيولوجي أو ثابت تخفيض فعالية الجراثيم = K

والحل المعروف للمعادلة السابقة يكون كما يلي :

$$C = C_o \exp(-Kt) \qquad (26)$$

تركيز الجراثيم الكلية (الحية والميتة) عند نقطة مدروسة (التركيز الاولي) = C_o

تركيز البكتريا الحية عند أية نقطة مدروسة = C

ان معدل التلاشي أو الهضم غالبا ما يوصف بالعامل T_{90} والذي يمثل زمن الاقامة المطلوب والواجب تحقيقه في الوسط المائي حتى يتم تخفيض فعالية الجراثيم الى معدل 90% . فالقيمة T_{90} تعبر عن الوقت الذي تصل به النسبة $\frac{C}{Co}$ الى 0,1 . ولذلك فان العلاقة بين

T_{90} ، K يجب أن تكون :

$$0,1 = \exp (- K . T_{90})$$

أو

$$K = 2.3 / T_{90} \qquad (27)$$

ان معظم المراجع تشير الى ان قيم ثابت تلاشي فعالية الجراثيم (T_{90}) تكون في الحالة الشائعة متراوحة بين (1 , 5) ساعات ،وبادخال عملية تلاشي فعالية الجراثيم في النماذج المستنبطة سابقا وتبديل قيمة التركيز الاولي Co فقط بالقيمة ($C_o.\exp (-Kt)$) أو بالقيمة ($C_o.\exp(-KX_1/u_1)$) في المعادلة (20) :

$$u_1\frac{\partial C}{\partial X_1^2} = D_2\frac{\partial^2 C}{\partial X_2^2} + D_3\frac{\partial^2 C}{\partial X_3^2} - KC \qquad (28)$$

هـ ـ وسطاء ضبط عمليات الانتشار في الحقل البعيد

حتى يمكن لنا تقدير تراكيز الملوثات في الحقل البعيد بشكل دقيق فان علينا أن نحدد وسطاء التحكم لضبط هذا التقدير وهي عوامل الانتشار الاضطرابي (الدوامي) D_2 (D_y في الشكل 2) و D_3 وعامل تلاشي الفعالية(K) أو (T_{90}) .

وتعرف عوامل الانتشار بما يلي :

$$D_2 = \frac{d}{dt} (\sigma_{y2}^2 / 2) \qquad (29)$$

عامل الانتشار الجانبي الافقي = D_2

$$D_3 = \frac{d}{dt} (\sigma_{z3}^2 / 2) \qquad (30)$$

عامل الانتشار الجانبي الشاقولي = D_3

ان القيم المطلقة أو القيم المستقرة لـ D_2 و D_3 تقدر بواسطة اختبار عينات لكاشف (عنصر تتبع الأثر) ينطلق بشكل مستمر من نقطة ثابتة بينما القيم النسبية يجب أن تتحدد بواسطة اختبار عينات لكاشف ينطلق بشكل مستمر أو متقطع من نقاط تتحرك بسرعة تماثل سرعة مركز كتلة الكاشف . ففي فترات الانتشار الكبير فان الفارق بين القيم المطلقة والنسبية يمكن أن يكون صغيرا . أما عندما يكون حجم قمع الكاشف (Tracer plume) أو حجم الرقع (Patch) أصغر من التيارات الدوامة الكبيرة المقياس ،فان القيم النسبية (والتي تحدد التوزيع الوسطي المشترك) ستكون أصغر من القيم المطلقة .

انه من المفيد غالبا عند تقدير الانتشار الافقي تسجيل بيانات (خرائط في مخطط لوغارتمي مضاعف) أو قيم التباين الشعاعي (المحسوب من الميل الآني ـ اللحظي ـ لمنحنيات التراكيز الثابتة بالعلاقة مع المساحة المدروسة تجريبيا في مخطط نصف لوغارتمي) الى زمن الانتشار وتحديد ذلك بشكل خط مستقيم تقريبي :

$$\sigma_y^2 = \text{const} . x t^n \qquad (31)$$

وبما أن $\sigma_{y2}^2 = \frac{1}{2}\sigma_y^2$ فان النتيجة يمكن التعويض عنها مباشرة في العلاقة (15) دون الحساب الفعلي لعامل الانتشار.

المصدر (١١) حلل عددا من الاطلاقات الآتية (غير المستقرة) في مياه ساحلية في الطريقة المذكورة آنفا ووجد(بواحدات CgS) العلاقة التالية :

$$\sigma_y^2 = 0.01.t^{2,34} \qquad (32)$$

احصائيا ، أعطت تجارب ميدانية مشابهة (12) المعادلة التالية :

$$\sigma^2 = (0,25 - 1.0) \cdot t^2 \qquad (33)$$

وتعتبر التغيرات الشاقولية بسبب المقياس الطويل أصغر بكثير من التغيرات الافقية وتكون عوامل الانتشار الشاقولية D_3 أصغر بكثير من عوامل الانتشار الافقية D_2 . ان التمييز بين العوامل المطلقة والنسبية يبقى خارج اطار بحثنا هذا.

لقد بينت التجارب الميدانية أن عامل الانتشار الجانبي الشاقولي(D_3) يعتمد على التناقص الشاقولي التدريجي للكثافة (باتجاه عمق البحر).

المصدر(13) درس تصريف المياه الصناعية الساخنة الناتجة عن محطات توليد الطاقة الكهربائية أو غيرها ،وطرحها في وسط مائي كبير ،وجمع المصدر عددا من المعطيات الحقلية (الميدانية) وحللها وتوصل الى اقتراح العلاقة التالية :

$$D_3(Cm^2/S) = \frac{10^4}{\frac{1}{P} \cdot \frac{\partial P}{\partial X_3} (m^{-1})} \qquad (34)$$

ففي الوسط المتجانس($\frac{\partial P}{\partial X_3} = 0$) يصبح التدرج (التناقص) الشاقولي للسرعة مهما في تقصي عمليات الانتشار الشاقولي. ففي المياه الضحلة (التي يكون عمقها أقل من 30 الى 40 مترا) فان امتداد الحركات أو تيارات المياه الجائشة الاضطرابية المتولدة يمكن أن يصل حتى القاع . وسوف تكون التيارات الدوامة الكبيرة المقياس في الاتجاهين الافقي والشاقولي صغيرة نسبيا .

مما سبق يمكننا أن نتوصل الى وضع العلاقة النظرية الخاصة بعامل الانتشار الجانبي الافقي (D_2) وكذلك الى وضع العلاقة النظرية الخاصة بعامل الانتشار الجانبي الشاقولي(D_3)، والتي تمكننا من التقدير التنبؤي الجيد لانتشار الملوثات وفق مايلي :

$$D_2 = V.d \qquad (Cm^2/S) \qquad (35)$$

"*"

$$D_3 = 0.004V.d \quad (Cm^2/S) \qquad (36)$$

المصدران (14 , 15) ذكر أن قيم التناقصات الشاقولية التدريجية للسرعة خاضعة لتأثير عدة عوامل مثل رياح القص الواقعة على سطح الماء ،وفي هذه الحالة يعتمد المصدران القيمة التجريبية التالية :

$$D_3 = 0.01\ m^2/S$$

3 - برنامج مراقبة لاعمال التنفيذ الميداني :

يلزم تحديد الدراسة الكاملة والدقيقة لأعمال تصميم وانشاء المصبات البحرية لتصريف مياه الصرف الصحي في أي موقع من مياه البحر ،وضع نظام برنامج مراقبة (monitoring program) يتضمن تحقيق واجراء الاختبارات الميدانية من أجل توفير المعطيات الاساسية الخاصة بالبيئة المحلية ،والتي تتكون من سلسلة محطات قياس وتجارب قرب موقع المصب المقترح ومحطة مركزية بعيدة عن الموقع . ويفضل اجراء أربعة مسوحات أو أكثر تغطي مختلف الفصول في السنة وتتضمن جمع المعلومات التالية :

"*" ترجمة معطيات الدراسة التنبؤية الرياضية لحساب عمليات انتشار الملوثات المقذوفة عبر المصب البحري في الحقل البعيد ،واردة في المثال التصميمي الملحق بالبحث الكامل للمؤلف والمعد بناء على طلب وزارة الدولة لشؤون البيئة في القطر١٩٨٨م والمحفوظ لديها.

* سرعة الرياح : من خلال أعمال المسح وفي فترات مختلفة من السنة (الفصول الاربعة) .

* المسح البحري : (الخارطة البحرية)

وتعني دراسة الطبقات أو المقاطع المائية من السطح الى العمق وعلى طول موقع المصب المقترح .

* الجيولوجيا المحلية : معرفة طوبوغرافية قاع البحر وخواص الطبقات الارضية وأعمال التآكل الارضية على طول موقع المصب المقترح .

* الامواج : وضع الجداول الاحصائية الموسمية والتنبؤات اليومية ،في مجال موقع المصب المقترح .

* التيارات : وتدرس على فترات متتالية ساعية ويومية ،وتتضمن اجراء قياسات السرعة عند الموقع (مقاطع في سرعة التيارات) واتجاهها واجراء قياسات لنماذج الجريان في مواقع مختارة مستخدمين المرساة العائمة (للطائرات المائية (drogue)وبطاقات عوامة متنقلة (drift cards) وعوامات(Floats) وطوافات رادارية (radar buoys) وغير ذلك .

* معدل التلاشي : (die - away) والانتشار (diffusion)للبكتريا ويلزم معرفة عوامل تلاشي فعالية البكتريا المحلية وعوامل الانتشار الدوامي (eddy diffusion) .

* مواصفات وخواص المياه : من حرارة- ملوحة - اوكسجين منحل (درجة الاشباع بالاوكسجين المنحل)- الطلب الحيوي للاوكسجين BOD_5 - العكارة (عمق الرؤية) - العوالق (البلانكتونات النباتية والحيوانية)-

- عدد العصيات (Coliform count).وتقاس خواص المياه هذه بشكل دوري خلال كل عملية مسح .

* مواصفات وخواص الترسيب : كيمياء الترسيب وطوبوغرافيا الترسيب - كائنات البنتوس القاعية النباتية والحيوانية (bentic organisms)

وبعد اجراء عمليات المسح الميدانية السابقة تجمع المعلومات والبيانات الناتجة وتقيم بقصد اتخاذ القرار في وضع الحلول الملائمة للمصبات البحرية ،مستخدمين النماذج السابقة التي طرحناها في بحثنا وحتى يمكننا أن نطبق النماذج الرياضية السابقة على أرض الواقع لتنفيذ أي مشروع لمصب بحري ،لمدينة ما فان على الجهات العلمية المختصة أن تتعاون فيما بينها لتأمين اجراء المسوحات والبيانات المطلوبة والمذكورة آنفا لأنه بدونها لايمكن أن نبدأ بتطبيق علمي نموذجي ودقيق وبعيد عن الخطأ والسلبيات . أما عملية التصميم الهيدروليكي للمصب البحري بما تضمه من بيانات (المقطع - السرعة - الفواقد - نوع الانبوب) ،وكذلك الجزء الرذاذ من هذا المصب ،فهي مشكلة تتعلق بتحليل الجريان المتنوع ومتعدد المظاهر كأن يكون جريانا للطقس الجاف أو الممطر .

4 - خلاصة واستنتاجات:

آ - الى جانب دراسة عملية انتشار ملوثات مياه المجاري المقذوفة عبر المصب البحري في الحقل القريب فانه لابد من دراسة الوجه الآخر لهذه العملية ونعني به انتشار الملوثات في الحقل البعيد . وقد اعتمد البحث على نماذج رياضية انطلقت من دراسة توازن الكتلة لعمليات الخلط بواسطة الانتشار الجانبي الدوامي القمعي(Plume) مع تحليل النماذج في

حالتي الانتشار المستقر وغير المستقر وفيها اعتمدنا (توزيع غوص) لوصف كيفية توزع الملوثات في الحقل البعيد

ب – برهن البحث نظريا على تناقص تركيز الملوثات بشكل أساسي بسبب عمليات الانتشار الجانبي بواسطة الخلط الاضطراري للتيارات .

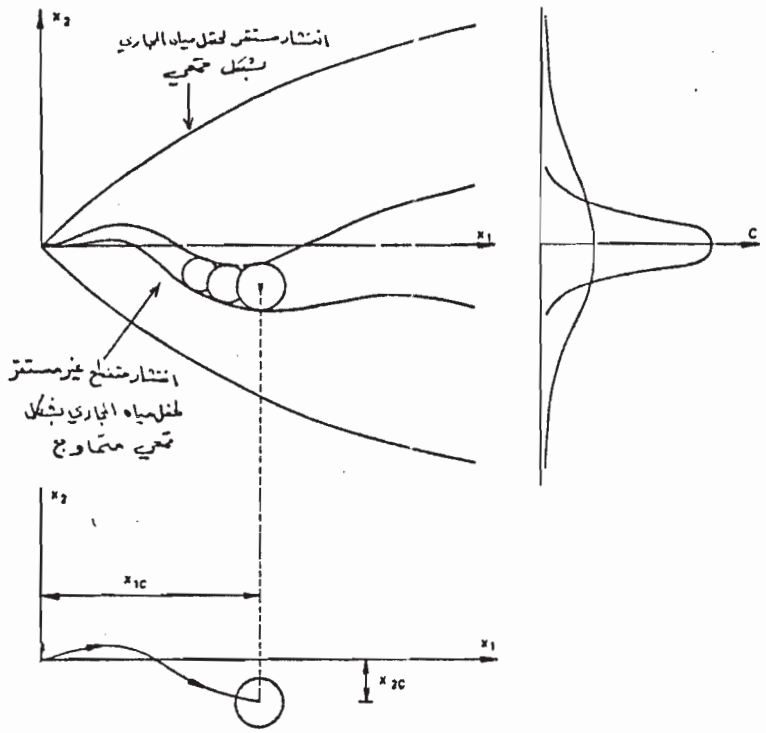
ج – برهن البحث على أن قانون ريتشاردسون ١٩٢٦ ،والذي يعرف بقانون $\frac{4}{3}$ والخاص بعامل الانتشار الجانبي الافقي للملوثات المقذوفة في بيئة مائية تتطابق معه مختلف نتائج دراسات المصادر الحديثة التي تناولها البحث .

د – استخلاص عوامل تلاشي فعالية الجراثيم لكونها تشكل معيارا هاما لتحقيق شروط الجودة للمياه الساحلية بشكل تصبح معه صالحة للسباحة – وقد تم حساب الوسطاء القابطة لعمليات الانتشار للتقريب بين القيم المحسوبة نظريا أو المقدرة للملوثات مع قيمها الفعلية والواقعية .

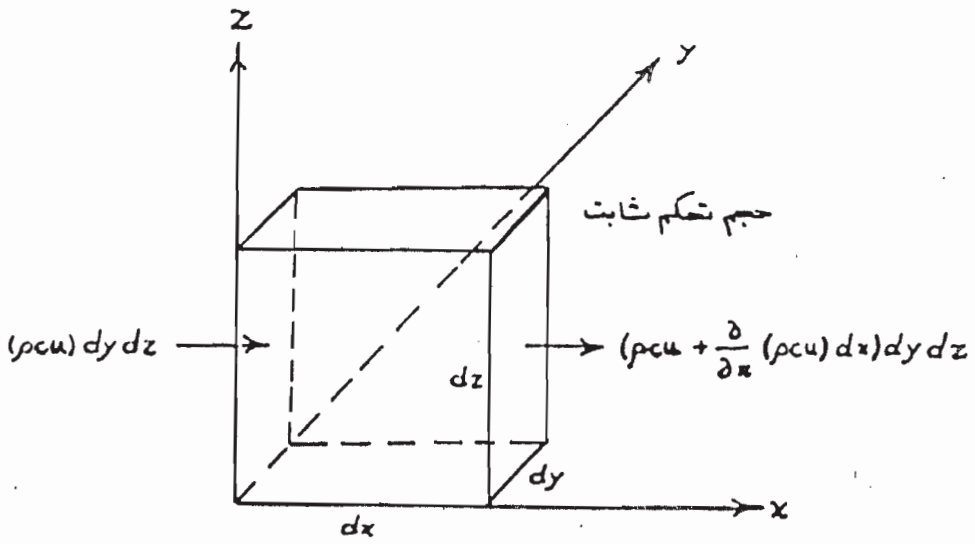
هـ – بناء النماذج الرياضية المستخدمة على عوامل أو متحولات بسيطة مترابطة منسجمة تكمل بعضها بعضاً ،بحيث يكفي حسابها أو التعويض عنها بقيم مقيسة ميدانيا ومتجمعة ضمن برنامج مراقبة يقوم بالمسوحات المختلفة واللازمة لتوفير المعطيات والمعلومات الضرورية حتى نستطيع التنبؤ بدقة مقبولة بالانحلال الحاصل للمياه الملوثة والمصرفة بواسطة مصب بحري .

و – عندما لاتتوفر قيم علمية ميدانية نهائية دقيقة ومضبوطة لأساسيات التصميم النهائي لمصب بحري لمدينة ما ،يمكن افتراض قيم تقريبية نظرية استنتاجية مأخوذة من مجمل واقع البحار المجاورة والمدروسة تتعلق بكثافة مياه البحر وعمق المصب وسرعة التيارات البحرية وغير ذلك .

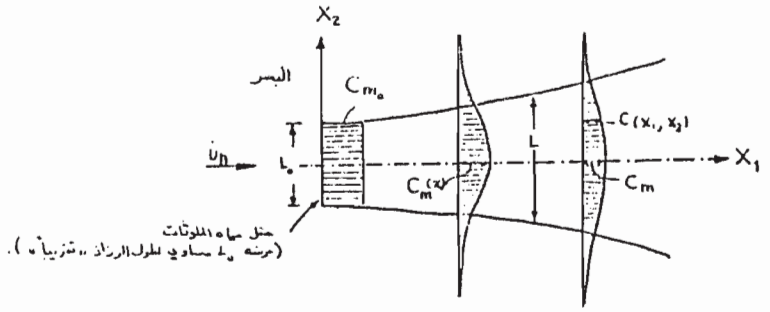
ز – ضرورة المسح الميداني المتواصل للبيئة البحرية التي يقع فيها المصب أوالتي يراد وضع المصب فيها ،حتى يمكن التوصل الى وضع نموذج شامل وكلي يسمح بتحديد أو بالتنبؤعن وضع الملوثات بمختلف أنواعها في وسط مائي مهما كانت طبيعته وفي مختلف الاوقات .



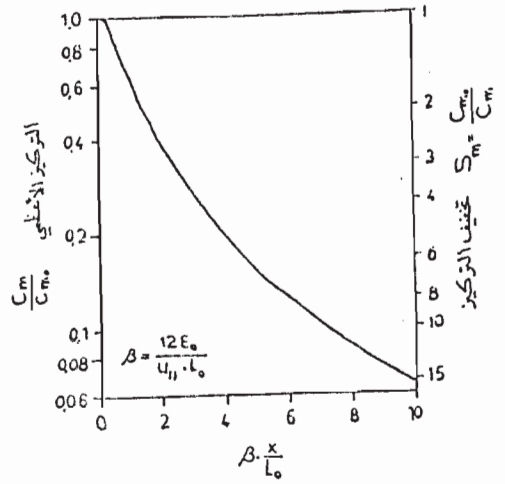
•.الشكل رقم (1) : مخطط حقل مياه المجاري في الحقل البعيد في حالتي الانتشار المستقر وغير المستقر



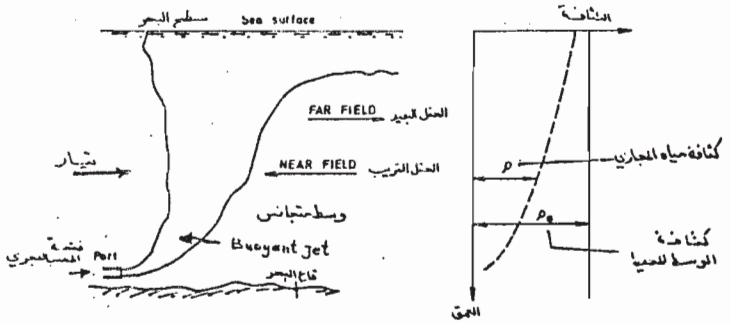
•- الشكل رقم (2): حجم تحكم ثابت (باتجاه المحور x).

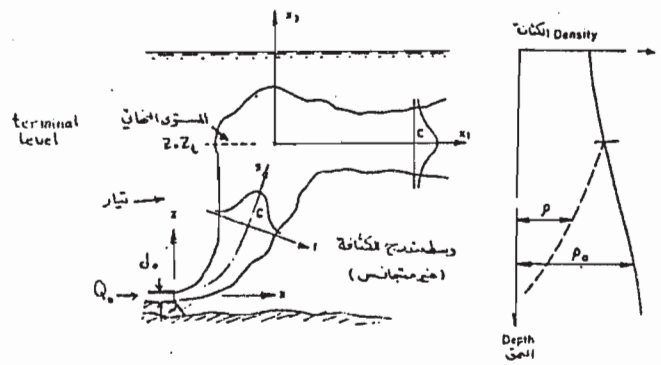


مخطط تركيز الملوثات



• الشكل رقم (3): تخفيف تركيز مياه الملوثات في الوسط البحري في المجال البعيد من خلال عمليات الانتقال والخلط وبذلك الملوثات غير قابلة للهضم والتدوير (المصدر – 6 –).





• الشكل رقم (4) : تعريف مياه المجاري في المصبات البحرية على شكل

DILUTION MODELS OF SEWAGE WATER POLLUTANTS IN THE FAR FIELD OF SUBMARINE OUTFALL .

The study of dilution operations of sewage water pollutants through the sea outfalls in both far-field and near-field are no more than two sides for one coin . Regardless of dilution operations in near field , dilution operation in far field have been studied by various references, the closest of which to reality is"Gauss Distribution " already accredited in our study as foundation for determining mathematical models that study mass balance for mixing processes through lateral eddy diffusion in a plume form, and study and analyze the models in both cases of steady and instantaneous state plumes .

In this regard rises the importance of Richardson law (1926) concerning horizontal lateral diffusion of pollutants , to which the modern scientific references resorte for conformity of results . The study of coastal sea water quality to be fit for swimming requires concluding the bacterial inactivation factors . Thus, calculation of controlling parameters of pollutants lateral diffusion gives the chance of approximation between the theoretically calculated or estimated values of pollutants and their realistic ones. The research includes the information and surveying monitoring programs required for establishing a whole and integral model to help in determination and prediction of the various pollutants status in water environment of whatever nature and in differen times .

REFERENCES

1- Jirka , G. and Harleman, D,R.F., "The Mechanics of Submerged Multoport Diffusers for Buoyant Discharges in Shallow Water",Ralph M.Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics Report N°. 169, Massachusetts Institute of Technology , 1973 .

2- Sorensen,R., "Diffusion in Coastal Waters: Submarine Outfall Design", Basic Coastal Engineering,John Wiley , New york ,1978,PP.210 - 223 .

3- Orbob ,G.T."Eddy Diffusion in Homogeneous Turbulence ,"Journal, Hydraulics Division ,American Society of Civil Engineering , Sept. 1959 ,PP. 75 - 101 .

4- Wiegel,R.L., "Oceanographical

Engineering ", Prentice - Hall , Englewood Cliffs, New Jersey,1964 532 P.

5- Richardson,L.F.,"Atmospheric Diffusion shown on a Distance Neighbour Graph.",Proc.Roy. soc (London) ,Ser.A 110 , 1926 , PP. 709 -737 .

6- Brooks,N .H., "Diffusion of Sewage Effluent in an Ocean Current",Waste Disposal in the Marine Environment", Pergamon press, 1960 .

7- Csanady ,G.T. " Disposal of Eff - luents in the Great Lakes ",Water Researche, Vol.4, 1970.

8- Taylor,G.I.,"Diffusion by conti - nuous Movements ", Proceedings , London Mathematical Society , Serie 2 , Vol. 20 , 1921 .

9- Batchelor G.K.,"Diffusion in a Field of Homogeneous Turbulence II. The Relative Motion of Particles", Proc . Cambridge Phil.Society, Vol 48, 1952 .

10- Odgaard,J.,"Relative Diffusion in Nonisotropic Turbulence ",Journal of the Hydraulics Division,American Society of Civil Engineers, Vol. 99 N°. HY 1, 1973 .

11- Okubo,A.,"A Review of Theorical Models for Turbulent Diffusion in the Sea ", Journal of the Oceanographical Society of Japan, 20 th Anniversary Vol. 1962.

12- Odgaard,J.,"Statistical Theories on Turbulent Diffusion with Applications in Laboratory and Oceanic Turbulence ", Technical University of Denmark, 1970 .

13- Koh,R.C.I. and Fan,L.N., "Mathematical Models for the prediction of Temperature Distri- butions Resulting from the Dis- carge of Heated Water in Large Bodies of Water ", EpA Water pollu- tion control Research Series 16130 DWO, 1970 .

14- Gameson.A.L.R.,and Gould,D.J. , "Effects of Solar Radiation on the Mortality of some Terrestrial Bacteria in Sea Water ",Interna- tional Symposium on Discharge of Sewage from Sea Outfalls, London 1974.

15- Gunnarson,C.G."Environmental Design for Istanbul Sewage Disposal ", Journal of Environtal Engineering Division , Americal Society of Civil Engineers, Vol 100, N°, EE1, 1974 .