منظمة الأغذية والزراعة
للأمم المتحدة

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture
المملكة العربية السعودية Kingdom of Saudi Arabia

تطوير تقنيات وإنتاجية الاستزراع السمكي البحري في المملكة العربية السعودية
PROJECT UTF/SAU/048/SAU

إرشادات و معايير

عن الجوانب الفنية والبيئية لاختيار مواقع الاستزراع المائي في الأقفاص العائمة بالمملكة العربية السعودية

صورة الغلاف :
مزرعة أقفاص الأسماك الزعنفية البحرية باستخدام تقنية الأقفاص العائمة المصنوعة من البولي إيثيلين عالي الكثافة .
بإذن من اليساندرو سيتاغيلا

إرشادات و معايير

عن الجوانب الفنية والبيئية لاختيار مواقع الاستزراع المائي في الأقفاص العائمة بالمملكة العربية السعودية

Francesco Cardia
كبير المستشارين الفنيين بالمملكة العربية السعودية

Alessandro Ciattaglia
مستشار منظمة الأغذية والزراعة

Richard Anthony Corner
مستشار منظمة الأغذية والزراعة

تم النشر من قبل
منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
و
وزارة البيئة والمياه والزراعة بالمملكة العربية السعودية

الأوصاف المستخدمة في هذه المواد الاعلامية وطريقة عرضها لا تعبر عن أي رأي خاص لوزارة البيئة و المياه والزراعة في المملكة العربية السعودية أو لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة في ما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو اقليم أو مدينة أو منطقة> أو في ما يتعلق بسلطاتها أو بتعيين حدودها وتخومها و لا تعتبر الإشارة الى شركات محددة أو منتجات بعض المصنعين ، سواءً كانت مرخصة أم لا ، عن دعم أو توصية من جانب وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية أو منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة أو تفضيلها على مثيلاتها مما لم يرد ذكره .

تمثل وجهات النظر الواردة في هذه المواد الاعلامية الرؤية الشخصية للمؤلف (المؤلفين) ، ولا تعكس بأي حال وجهات نظر وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية أو منظمة الأغذية والزراعة أو سياساتها .

ISBN 978-92-5-609600-5 (FAO)

© FAO,٢٠١٦

تشجع وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية و منظمة الأغذية والزراعةللأمم المتحدة استخدام هذه المواد واستنساخها ونشرها . ومال لم يذكر خلاف ذلك ، يمكن نسخ هذه المواد و طبعها و تحميلها بغرض الدراسات الخاصة و الابحاث و الاهداف التعليمية ، أو الاستخدام في منتجات أو خدمات غير تجارية ، على أن يشار إلى أن الوزارة والمنظمة هي المصدر، واحترام حقوق النشر ، و عدم افتراض موافقة الوزارة والمنظمة على آراء المستخدمين و على المنتجات أو الخدمات بأي شكل من الأشكال .

ينبغي توجيه جميع طلبات الحصول على حقوق الترجمة والتصرف واعادة البيع بالاضافة إلى حقوق الاستخدامات التجارية الأخرى إلى العنوان التالي : www.fao.org/contact-us/licence-request أو إلى copyright@fao.org

تتاح المنتجات الإعلامية للمنظمة على موقعها الإلكتروني التالي :www.fao.org/publications , ويمكن شراؤها بإرسال الطلبات إلى : publications-sales@fao.org

الحمد لله.. والصلاة والسلام على رسول الله.. وبعد

إن المُتتبع لمسيرة التنمية الزراعية في المملكة العربية السعودية يلحظ التغييرات الهيكلية في القطاع الزراعي والتي جاءت مُواكبة لأهداف الخطط التنموية الاستراتيجية ومن ضمنها قطاع الثروة السمكية لما له من إسهامات رئيسية في تحقيق الأمن الغذائي من خلال توفير البروتين السمكي وتحسين مُستوى الصحة العامة، إلى جانب التنمية الاقتصادية المُستدامة وتوفير فُرص العمل وتعزيز الشراكة بين مؤسسات القطاع العام والخاص والمُجتمع المدني واعتماد التطوير التقني منهجاً لرفع الكفاءة الانتاجية والاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية اللازمة للاستزراع المائي لتطوير المُجتمعات الريفية.

على ذلك، تعمل وزارة الزراعة على استقطاب المُستثمرين الجادين للعمل في مجال الأقفاص العائمة باعتبارها أحد الوسائل الهامة لتأمين البروتين السمكي. وقد حرصت وكالة الثروة السمكية على أن تتوافق مُتطلبات الاستدامة الفنية لمشاريع الاستزراع المائي في الأقفاص العائمة مع مُتطلبات الاستدامة البيئية؛ من خلال وضع معايير قياسية للوحدات الانتاجية تضمن استدامة واستمرار تدفُق رؤوس الأموال إلى هذا القطاع وتحقيقها للأهداف المُستهدفة دعماً لهذه الصناعة التي تتوفر لها كل مُقومات الإزدهار بالمملكة، وتستطيع أن تستوعب أحدث التقنيات الانتاجية العالمية تحقيقاً للاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية، لذلك فقد تم وُضع هذا الكتاب كدليل استرشادي، بالتنسيق مع برنامج التعاون الفني بمُنظمة الأغذية والزراعة للأُمم المُتحدة لتنمية الاستزراع المائي، ولكي يشجع المُستثمرين على الدخول لهذه الصناعة الواعدة بإذن الله.

وكيل الوزارة
لشئون الثروة السمكية

م/ جابر بن محمد الشهري

إعداد هذه الوثيقة	10
الأحرف الأولى والمُختصرات	11
1. مُقدمة عامة	12
2. تعريف اختيار الموقع	13
1-2 الساحلية/ داخل البحر	13
2-2 الاعتبارات البيئية وغيرها في اختيار الموقع	16
3. المعايير البيئية ذات العلاقة ببيولوجيا الأسماك المُستزرعة	18
1-3 درجة حرارة المياه	18
2-3 الرقم الهيدروجيني	19
3-3 تركيز الأكسيجين المُذاب	20
4-3 الملوحة	22
5-3 عُمق المياه/ قياس الأعماق	23
6-3 المواد الصلبة المُعلقة	24
7-3 سرعة واتجاه التيارات المائية	25
8-3 الحشف	26
9-3 تكاثُر الطحالب	27
10-3 وجود نشاط استزراع مائي آخر	28
11-3 القُرب من الأنهار/مصارف المياه/الوديان	29
4. المعايير البيئية ذات العلاقة بتصميم الأقفاص والمراسي	30
1-4 قياس الأعمالق/عمق المياه	30
2-4 أقصى ارتفاع للموج واتجاهه ومُدته	34
3-4 سرعة التيار الرئيسي واتجاهه	36
4-4 أقصى ارتفاع للمد	39
5-4 سرعة الرياح الرئيسية واتجاهها	39
6-4 الحشف	40
7-4 الشكل الظاهري لقاع البحر	41
5. المعايير البيئية ذات العلاقة بالاستدامة البيئية	46
1-5 تقدير الطاقة الاستيعابية	46
2-5 ترسُب العناصر الغذائية	47
3-5 النظم البيئية الهشة	52
4-5 ظاهرة تجمُع الأسماك	52
6. إعتبارات أخرى لتحديد مواقع مرافق الاستزراع المائي	54
1-6 تقليل الخلافات مع المُستخدمين الآخرين	54
2-6 المناطق المُخصصة أو المحظورة	54
3-6 الدخول اليومي إلى البحر	56
4-6 الوصول إلى البنية التحتية على الأرض	57

قائمة الأشكال

شكل (1): التغيرات الموسمية في درجة الحرارة في البحر الأحمر خلال الفترة 2003-2011م كما تم تسجيلها بواسطة موديس 13- (MODIS..13)	18
شكل (2): مُخطط عام للمدى الحراري الأمثل والمُجهد والمُميت للأسماك	18
شكل (3): مقياس الرقم الهيدروجيني	19
شكل (4): التغيرات الموسمية في تركيز كلوروفيل- أ (ميكروجرام/ لتر) في البحر الأحمر موديس13- (MODIS-13)	24
شكل (5): مُخطط توضيحي لتصميم الأقفاص والمراسي ومعداتها	29
شكل (6): قياس الأعماق الكلي للبحر الأحمر (من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية)	30
شكل (7): بُعد قاع البحر عن قاعدة الشباك وفقاً لارتفاع الأمواج	31
شكل (8): طول حبال التثبيت وفقاً لنظام المُخطاف المُستخدم	32
شكل (9): نشوء الأمواج	32
شكل (10): مُصطلحات أبعاد الموجة	34
شكل (11): التوزيع الإحصائي لارتفاع الأمواج البحرية	34
شكل (12): إتجاه أربطة التثبيت في مزارع الأقفاص السمكية	35
شكل (13): الحركات المدارية للأمواج	36
شكل (14): تأثير التيارات المائية على القفص عند التقدير الصحيح لطفو العوامة	37
شكل (15): تأثير التيارات المائية على القفص عند إهمال تقدير طفو العوامة	37
شكل (16): تأثير اتجاه الأمواج المُتعامدة على نظام التثبيت المُتشابك	38
شكل (17): تدعيم أربطة التثبيت	38
شكل (18): أنظمة أثقال الاتزان	39
شكل (20): إنسداد الشباك	41
شكل (21): طلاء الشباك بمواد مانعة للحشف	41
شكل (22): قاع البحر الصخري	42
شكل (23): قاع البحر الرملي	42
شكل (24): طريقة تثبيت المخطاف المحراثي (الهلب)	42
شكل (25): المُخطاف الرملي	42
شكل (26): تثبيت المخطاف في قاع البحر	42
شكل (27): تثبيت الكنل الخرسانية	43
شكل (28): الهيكل الفولاذي الداخلي للكتلة الخرسانية	43
شكل (29): تصميم الكتلة الخرسانية المُلائمة لقاع البحر الرملي	44
شكل (30): نظام المسح الضوئي لقاع البحر أثناء فحص الموقع الجديد	44
شكل (31): حسابات إتزان كُتلة الكربون، مثال من استزراع أسماك السالمون	48
شكل (32): ترسيب فضلات حُبيبات الأعلاف ومُخلفات الأسماك	50
شكل (33): رسم تخطيطي يوضح ترسيب فضلات الأعلاف ومُخلفات الأسماك على قاع البحر أسفل المزرعة السمكية (باللون الأخضر) الناتجة عن اختلاف سُرعات ترسيب الجُزيئات. النص يُحدد تقديرات مساحة التدهور على أساس أن مُعدل الترسيب 0.7 كجم/م2/عام، ويكون أعلى تأثير لها بالقُرب من الأقفاص وأقل تأثير بعيداً عنها. ويجب اختبار وتحديد هذه القيم في المملكة العربية السعودية	51
شكل (34): رسم توضيحي لمزرعة سمكية كوسيلة لجذب الأسماك. قد تجذب الأسماك الهامة اقتصادياً، أو تلك التي ليست لها أهمية اقتصادية أو تلك التي قد تكون بمثابة مُفترسات للأسماك المُستزرعة (وفقاً لـ Sanchez-Jerez et al, 2011) 64	53
شكل (35): مثال للمناطق البحرية المحظورة في خريطة ملاحية	55

جدول (1): تصنيف مُنظمة الأغذية والزراعة للموقع في 2009 (ورشة عمل الخبراء على الاستزراع المائي في الأقفاص)	13
جدول (2): التصنيف النرويجي (NS9415) للموقع بواسطة أقصى ارتفاع للموج ومُدته	14
جدول (3): التصنيف النرويجي (NS9415) للموقع بواسطة سُرعة التيارات المائية	14
جدول (4): معايير الموقع وعوامل المُخاطرة في تحديد مواقع الاستزراع على الساحل وداخل البحر	15
جدول (5): تركيز الأكسيجين المُذاب (ملجم/لتر) في مياه البحر عند ملوحة ‰40 (مُتوسط ملوحة البحر الأحمر)، ودرجة ملوحة ‰35 (مُتوسط ملوحة بحار العالم)؛ وفي المياه العذبة (المرجع) على نطاق درجات حرارة تتراوح بين -20 °35م عند الضغط الجوي القياسي (1 بار) بافتراض درجة تشبُع 100% وتُقرب القيم إلى رقمين عشريين	20
جدول (6): مدى الطاقة الإنتاجية المُقترحة وفقاً لقياس سُرعة التيارات المائية (متر/ثانية) في الموقع	26
جدول (7): مقياس قوة الرياح (بوفورت Beaufort)	40
جدول (8): بعض البيانات اللازمة لتقدير فئات الطاقات الاستيعابية المُختلفة (مُختصرة من Ross et al, 2013)	47

إعـــداد هـــذه الوثيقـــة

تـم إعـداد هـذه الإرشـادات والمعاييـر بواسـطة الخبيـر الاستشـاري ألكسـاندرو شـاتاليا (خبيـر الاسـتزراع فـي الأقفـاص) وريتشـارد آنتونـي كورنـر (خبيـر البيئـة)، بتكليـف مـن منظمـة الأغذيـة والزراعـة فـي إطـار مشـروع "تعزيـز ودعـم المزيـد مـن التطـور للاسـتزراع المائي فـي المملكـة العربيـة السـعودية" SAU/048/SAU/ UTF. وكان تكليـف الاستشـاريين لأجـل ذلـك لوضـع مُسـودة للإرشـادات الفنيـة واسـتحداث معاييـر (حسـب الاقتضـاء) لتنميـة الاسـتزراع المائـي فـي الأقفـاص البحريـة علـى سـاحل البحـر الأحمـر، مـع الإشـارة بصفـة خاصـة إلـى اختيـار الموقـع. وتغطـي الإرشـادات والمعاييـر كلٍ مـن الجوانـب الفنيـة المُتعلقـة بتصميـم الأقفـاص ونُظـم التثبيـت اللازمـة والجوانـب البيئيـة التـي تؤثـر علـى مثـل هـذا التصميـم والمعاييـر البيئيـة بوصفهـا تؤثـر علـى الأسـماك فـي الأقفـاص، وبشـكل عـام لتأثيرهـا علـى اسـتدامة مـزارع تربيـة الأسـماك علـى المـدى الطويـل فـي المملكـة العربيـة السـعودية.

ألكساندرو شاتاليا وريتشارد آنتوني كورنر

تمت ترجمة هذه الوثيقة من طرف الأستاذ الدكتور/ حافظ عبد الحميد مبروك

الأحـــرف الأولـــى والمختصـــرات

ADMA	إدارة المزارع السمكية بوزارة الزراعة
AF	المانعة للحشف
CAFP	جدوى مشروع استزراع مائي في الأقفاص
FAO	منظمة الأغذية والزراعة
HDPE	بولي إيثيلين عالي الكثافة
Hs	أقصى ارتفاع للموج
KSA	المملكة العربية السعودية
MoA	وزارة الزراعة
NNW	شمال – شمال غربي
NNE	شمال – شمال شرقي
PE	بولي إيثيلين
PE100	بولي إيثيلين كثافة 100
PME	الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة
PN10	الضغط الإسمي 10 بار

1. مقدمـــة عامـــة

الاستزراع المائي، وبشكل أكثر تحديداً الاستزراع المائي البحري، هي صناعة مُتنامية تُزود في الوقت الراهن ما يقرب من 50% من أسواق الأسماك العالمية. وبالتأكيد سوف يستمر ذلك مع زيادة الإنتاج العالمي المُتوقع لحوالي 30 مليون طن المطلوبة بحلول عام 2050 لتوفير المُنتجات السمكية لعدد سكان العالم المُتزايد. تُشير منظمة الأغذية والزراعة إلى أن الاستزراع البحري "تربية الأسماك في البحر" سيكون القطاع الفرعي الأكبر من هذه الصناعة الذي يتوسع في المُستقبل؛ حيث توفر البيئة البحرية الموارد المُتاحة كما توفر مساحة لهذا التوسُع لتحقيق الاحتياجات اللازمة.

للمملكة العربية السعودية منطقتين ساحليتين؛ البحر الأحمر في الغرب والبحر العربي في الشرق، ومن المُتوقع أن تتوسع المملكة العربية السعودية في الاستزراع البحري بشكل أساسي في البحر الأحمر؛ وعلى إفتراض أن هذه الإرشادات (حيثما كان ذلك مُناسباً ومُتاحاً) والمعايير قد تم وضعها، ومع ذلك فهُناك عموماً كثيراً من التفاصيل قابلة للتطبيق ويُمكن استعمالها بنفس القدر على جميع سواحل المملكة العربية السعودية.

سوف يعتمد التوسُع والاستدامة على المدى الطويل في الاستزراع المائي بالبحر الأحمر على وضع واعتماد أفضل الممارسات الإدارية التي تتضمن تحديد واختيار المواقع الصحيحة لإقامة المزارع السمكية، وهذا هو موضوع هذه الوثيقة.

أي مشروع استزراع مائي يكون، من بين أول مهامه الأساسية، اختيار الموقع الأكثر مُلائمة لأعمال الاستزراع. ويمكن أن يؤثر أي خطأ في مرحلة اختيار وتقييم الموقع بشدة على الربحية والتكاليف التشغيلية والطاقة الإنتاجية كما يؤثر على صحة الأسماك ويؤدي إلى نفوقها، وهذا من شأنه أن يجعل أي مزرعة سمكية غير مُستدامة على المدى الطويل.

إن اختيار الموقع أو المنطقة البحرية المُلائمة لتوزيع وحدات البنية التحتية اللازمة لرعاية وحضانة صغار الأسماك ومن ثم تربية الأسماك في الأقفاص تتطلب عدداً من الاعتبارات الفنية والبيئية، وذلك قبل اختيار الموقع وقبل بدء العمليات التشغيلية. هذه الوثيقة تُزود المُستخدم ببعض الإرشادات والمعايير التي يجب أخذها في الاعتبار عند اختيار المواقع المُناسبة داخل المملكة العربية السعودية. وتجدُر الإشارة إلى أن قرارات إختيار الموقع غالباً ما تكون مُعقدة وتحتاج إلى توضيح. على سبيل المثال، الموقع الذي يكون فيه مُعدل تدفُق المياه جيداً سوف يتم التخلُص فيه من الفضلات ويتم تجديد الأكسيجين داخل الأقفاص، ولكنه سيظل غير مُناسباً إذا كانت المياه فيه ضحلة جداً. وعلى العكس، فالموقع العميق جيد وصالح للاستزراع، ولكنه لا يكون كذلك إذا كان معدل تدفُق المياه فيه ضعيف جداً. وهكذا، عند قراءة هذه الوثيقة يجب إيلاء الاهتمام بكل العوامل مُجتمعة لتحديد أي المواقع جيدة جداً وأيها غير جيدة، والعديد من المواقع التي سوف تقع بين هذين النقيضين.

وقد بُذلت محاولات لضمان أن أي إرشادات ومعايير تتوافق مع الأنظمة المعمول بها في المملكة العربية السعودية. الضوابط الصادرة عن إدارة المزارع السمكية بوزارة الزراعة والقوانين البيئية الأخرى والتشريعات الصادرة عن الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة يجب أن تحتل الصدارة عند تبيُن وجود أي أخطاء أو تناقُضات.

يُرجى مُلاحظة أن هذه الإرشادات والمعايير لا تُشير إلى عملية تقديم طلب وإصدار ترخيص الاستزراع المائي بالتحديد، ويجب على القارئ الرجوع إلى هذه الإجراءات على وجه الخصوص. بصورة عامة، هذه الوثيقة عبارة عن دليل للمُساعدة في دعم إختيار الموقع الجيد، مع تفاصيل عن الاختيارات البيئية التي تؤثر على الأسماك المُستزرعة والبنية التحتية اللازمة لاستزراع الأسماك، والاعتبارات البيئية للاستدامة طويلة الأجل وغيرها من العوامل التي يُمكن أن تؤثر على هذه الاختيارات.

2. تعـــريف اختيـــار الموقـــع

اختيار موقع مرفق الاستزراع المائي في الأقفاص بالبيئة البحرية هو عملية اختيار المكان المُناسب لوضع أقفاص الأسماك والمراسي والبنى التحتية الضرورية الأخرى. حتى إذا تم تخصيص مساحة (مثل منطقة استزراع مائي تم تخصيصها لفرد أو شركة وفقاً، على سبيل المثال، للاختيار باستخدام نظام المعلومات الجغرافية)، تظل هُناك حاجة إلى النظر إلى مواقع مُلائمة للاستزراع المائي في الأقفاص داخل المنطقة. إن اتخاذ قرار بشأن موقع معين يتطلب مجموعة من المعلومات، ودراسة تلك المعلومات لكي تكون هُناك مقدرة على اتخاذ قرار مُستنير. يتطلب اختيار الموقع دراسة المناطق البحرية القريبة من الشاطئ inshore وتلك البعيدة عن الشاطىء offshore والآثار التي تقع على البيئة نتيجة لهذا القرار، وبالمصطلحات التكنولوجية المُستخدمة؛ يجب دراسة الاعتبارات البيئية في اختيار التقنية، والآثار البيئية على المنطقة المجاورة، والاعتبارات البيئية التي تؤثر على المخزون السمكي، ومُراعاة المُستخدمين الآخرين لتجنب الخلافات. إن البيئة البحرية هي مَورد يجب تقييمه لضمان مُستقبل مستدام على المدى الطويل لمواقع الأقفاص والبنية التحتية. بهذه الطريقة يكون اختيار الموقع الجيد للأقفاص في البيئة البحرية أمر بالغ الأهمية لنجاح عمليات التشغيل على المدى الطويل، وسوف يُمَكِن شركة الاستزراع السمكي من استزراع الأسماك بنجاح وبأقل تأثير مُحتمل على البيئة.

2-1 الساحلية/ داخل البحر

تنقسم المواقع البحرية عامةً إلى قسمين مُتميزين في الصفات العامة البسيطة، المواقع الساحلية inshore ومواقع داخل البحر offshore ، على أساس النظر بشكل عام إلى التعرض لسوء الأحوال الجوية في البحر وعلى وجه الخصوص ما إذا كان الموقع يتعرض لأمواج البحر (داخل البحر) أم لا (ساحلي). يوجد داخل هذه الصفات العامة العديد من التصنيفات التي لا تزال موضع مُناقشة دون أن ينشأ عنها أي تعاريف عامة. هذا القصور في تحديد تعريف للاستزراع الساحلي وداخل البحر نتج عن الظروف المُتغيرة التي تُواجهها أي دولة مُعينة ولا تُساعد في وضع وصف مُحدد له. تعرض الجداول أرقام 1-4 قائمة لبعض التصنيفات من مصادر مُختلفة.

في الجدول التالي (جدول 1) التصنيف المُقترح من مُنظمة الأغذية والزراعة عام 2009 كجزء من دراستها على الاستزراع المائي في الأقفاص بعيداً عن الشاطىء.

جدول (1): تصنيف الموقع المُقترح من مُنظمة الأغذية والزراعة عام 2009 (ورشة عمل خبراء الاستزراع المائي في الأقفاص داخل البحر)

	الساحلية	أمام الساحل	داخل البحر
الموقع/ المساحة البحرية	• أقل من 500م من الساحل. • أقل من أو تساوي 10م عمق عند المد المنخفض. • يمكن رؤيتها. • عادة محمية.	• 500م-3 كم. • 10م عمق عند المد المنخفض الذي يساوي أو يقل عن 50م. • عادة لا يمكن رؤيتها. • محمية نوعاً ما.	• 2 كم، داخل مناطق الجرف القاري، ويحتمل في المياه المفتوحة. • أكبر من 50م عمق.
البيئة	• أقصى ارتفاع للموج أقل من 1م. • هبوب الرياح لفترة قصيرة. • التيارات الساحلية المحلية، وربما تكون تيارات المد والجزر قوية.	• أقصى ارتفاع للموج أقل من 3-4م. • التيارات الساحلية المحلية، بعض تيارات المد والجزر.	• أقصى ارتفاع للموج أقل من 5م أو أكثر، وبشكل منتظم 2-3م. • أمواج بحرية. • فترات هبوب الرياح متغيرة. • ربما يكون تأثير التيارات المحلية أقل.
حرية الدخول	• دخول بنسبة 100%. • إمكانية الخروج إلى اليابسة في جميع الأوقات.	• دخول بنسبة أكبر من 90% على الأقل مرة واحدة يومياً. • يمكن الخروج إلى اليابسة عادةً.	• عادة يكون الدخول بنسبة أكبر من 80%. • قد يمكن الخروج إلى اليابسة بشكل دوري، مثلاً كل 3-10 أيام.
العمليات التشغيلية	• منتظمة، يدوية، مثل التغذية والرصد، إلخ.	• بعضها آلي، مثل التغذية والرصد، إلخ.	• متباعدة الفترات. • التغذية آلية. • الرصد عن بعد.

وهُناك تصنيف منطقي آخر تم تقديمه من قبل تصنيف الموقع النرويجي NS9415 – الإصدار الأول (جدول 2)، الذي يعتمد على قياسات أقصى ارتفاع للموج(Hs) ودرجات التعرض لها؛ أو كبديل (الجدول رقم 3) يعتمد على سرعة التيارات المائية؛ ويتم ترتيب فئات المواقع من (أ) إلى (ه) حيث تُشير (أ) إلى المواقع المحمية قريباً من الشاطئ بينما تُشير (ه) إلى المواقع المكشوفة الغير محمية تماماً داخل البحر.

جدول (2): NS9415 – تصنيف الموقع النرويجي وفقاً لأقصى ارتفاع للموج ومُدته

فئة الموقع	أقصى ارتفاع للموج (متر)	المُدة (ثانية)	درجة التعرض
أ	أقل من 0.5	أقل من 2	صغيرة
ب	1-0.5	3.2-1.6	مُعتدلة
ج	2-1	5.1-2.5	مُتوسطة
د	3-2	6.7-4	مُرتفعة
ه	أكبر من 3	18-5.3	شديدة

جدول (3): NS9415 – تصنيف الموقع النرويجي وفقاً لسرعة التيار

درجة الموقع	سرعة التيار (متر/ثانية)	درجة التعرُض
أ	أقل من 0.3	صغيرة
ب	0.5-0.3	مُعتدلة
ج	1-0.5	مُتوسطة
د	1.5-1	مُرتفعة
هـ	أكبر من 1.5	شديدة

وبدلاً من ذلك، يُمكن وصف الاستزراع بالقرب من الشاطئ (الساحلي) inshore وداخل البحر offshore بالأخذ في الاعتبار عوامل المُخاطرة الناتجة عن مُختلف المعايير المُتعلقة بكلٍ من البيئة ومُمارسات الاستزراع الإنتاجية ومُتطلبات البنية التحتية (جدول 4، ر. تورنر، اسكتلندا المحدودة للأعمال البحرية، Seawork Scotland Ltd, Pers. Com.)، في هذه الحالة يتم ترتيب المعايير من صفر- 5 (مُنخفضة المخاطر إلى مُرتفعة المخاطر). لاحظ أن الجدول رقم (4) لا يُقدم توضيحاً للمملكة العربية السعودية، ولكن يُمكن استخدام الجدول لتقييم المخاطر النسبية المُرتبطة بكل موقع (على أساس مسافة بُعده عن الشاطئ).

جدول (4): معايير الموقع وعوامل المُخاطرة اللازمة لتعريف مواقع الاستزراع الساحلية وداخل البحر

الموقع	موقع محمي – ساحلي	موقع شبه محمي – في نصف المسافة	موقع داخل البحر
الاستثمارات	مُنخفضة	مُتوسطة	مُرتفعة
المسافة من الشاطىء	50 – 200 م	0.5 – 2 كم	2 – 20 كم
أقصى ارتفاع للموج خلال الطقس العاصف	أقل من 2 م	3 – 9 م	أكبر من 9 م
أقصى ارتفاع موج مُحتمل خلال 60% من أيام السنة	أقل من 0.6 م	أقل من 1.5 م	أقل من 2.5 م
عمق الموقع	5 – 15 م	15 – 50 م	أكبر من 50 م
عامل المُخاطرة المُرتبط بمُمارسة الاستزراع السمكي			
الأمراض	4	2	1
المُفترسات	3	2	1
تكاثُر الطحالب	5	3	1
تلوث المياه	5	2	صفر
إنخفاض مُعامل النمو	4	2	2
تكاليف المُعدات	1	3	5
التكاليف التشغيلية	1	4	5
أضرار الطقس العاصف على المُعدات	2	4	5
الاستهلاك	1	5	5
الوقاية من التلف	2	3	4
السلامة في العمل	1	3	5
عامل المُخاطرة المُرتبط بالبيئة البحرية			
نقص الأكسيجين في قاع البحر	5	3	1
هروب الأسماك	3	2	1
التداخُل مع النقل البحري	4	2	1
التأثير المرئي	5	2	صفر
مخاطر أُخرى			
إنخفاض أسعار التسويق	2	3	5
الزيادة في الإنتاج	1	3	4
الغذاء الصحي للمُستهلك	3	2	1
متوسط الصف الكلي	2.88	2.77	2.61

في المملكة العربية السعودية، من المُرجح أن يعكس الاختلاف بين الاستزراع المائي الساحلي وداخل البحر النقطة التي لم يعد عندها الموقع محمياً من أي شكل من الشعاب المُرجانية ويتعرض بالتالي للأمواج البحرية؛ وتختلف المسافة الطبيعية من الشاطئ إلى تلك المواقع والتي يُمكن بها التفرقة بينهما على طول سواحل المملكة العربية السعودية.

على ذلك، نجد أنه من المُرجح جداً أن تطور الاستزراع المائي في المملكة العربية السعودية سيكون داخل أو قريباً جداً من منطقة الشعاب المرجانية التي تتوفر بها أعماق مُناسبة للمياه، وبالتالي ينبغي النظر بعين الاعتبار إلى نشاط الاستزراع الساحلي. سوف تكون هناك حاجة إلى إجراء تحليل نُظم المعلومات الجغرافية للمناطق المُناسبة للاستثمار في مجال الاستزراع المائي من أجل تحديد مدى توفر الموقع العام، سواء في المناطق الساحلية أو داخل البحر.

2-2 الاعتبارات البيئية وغيرها في اختيار الموقع

توفر البنود 3 – 6 قدر أكبر من الإرشادات والمعايير التفصيلية للإعتبارات البيئية والفنية اللازمة لوضع الأقفاص في البيئة البحرية. كمُقدمة عامة، يشتمل اختيار الموقع على دراسة معايير تفصيلية مُقسمة إلى 4 فئات (دون ترتيب مُحدد):

1. المعايير البيئية ذات العلاقة ببيولوجيا الأسماك المستزرعة؛
2. المعايير البيئية ذات العلاقة بتصميم الأقفاص والمراسي؛
3. المعايير البيئية ذات العلاقة بالاستدامة البيئية؛
4. لقوانين والخدمات والبنية التحتية.

وباختصار يتطلب الأمر دراسة المكونات الرئيسية التالية ضمن كل فئة من فئات المعايير السابقة:

أ. المعايير البيئية ذات العلاقة ببيولوجيا الأسماك المستزرعة:

- درجة حرارة المياه
- درجة الملوحة
- التيارات المائية
- تغيير المياه/ الأكسيجين الذائب
- عُمق المياه/ قياس الأعماق
- المواد الصلبة المُعلقة
- التلوث
- الحشف
- تكاثُر الطحالب
- وجود الأمراض
- وجود نشاط استزراع مائي آخر
- الأنهار/مصارف المياه/الوديان

ب. المعايير البيئية ذات العلاقة بتصميم الأقفاص والمراسي:

- قياس الأعماق
- أقصى ارتفاع للموج واتجاهه ومُدته
- سرعة التيار الرئيسي واتجاهه
- أقصى ارتفاع للمد
- سُرعة واتجاه الرياح السائدة
- الحشف
- الشكل الظاهري لقاع البحر

ج. المعايير البيئية ذات العلاقة بالاستدامة البيئية:

- تكوين قاع البحر
- كائنات القاع
- سرعة المياه واتجاهها
- ترسُب العناصر الغذائية
- البيئات المائية الهشة
- جهاز جذب الأسماك (ظاهرة)

د. اعتبارات أخرى لوضع مرافق الاستزراع المائي في البيئة البحرية:

- مناطق المحميات العسكرية
- المناطق الخاصة المحظورة
- مناطق الملاحة البحرية المُنتظمة
- المحميات البحرية الطبيعية
- بُعد المسافة عن الشاطىء
- بُعد المسافة عن المزرعة والمرافق
- طرق الوصول إليها
- خدمات الكهرباء ومصادر المياه الصالحة للشُرب
- القُرب من الميناء/حاجز الميناء/المرفأ
- القُرب من الأسواق
- القُرب من المطار الرئيسي
- مُجتمعات الصيادين
- المناطق السياحية

وسترد الإرشادات، والمعايير عند الاقتضاء، لكل مُكون في الأقسام التالية:

يتناول هذا القسم دراسة أنواع الأسماك المُختارة والمعايير البيئية التي من شأنها أن تؤثر على كفاءة المخزون السمكي خلال دورة الاستزراع، وبالتالي فهي ذات صلة بدراسة نقطة اختيار الموقع. ليس هناك توجيهات مُحددة بشأن اختيار أنواع الأسماك التي يُمكن استزراعها في موقع مُعين. ومع ذلك؛ هُناك إثنين من التوصيات العامة التي يُمكن تطبيقها وهي:

أ) يجب اختيار الأنواع من مخزون الأسماك المحلية قدر الإمكان.
ب) يجب تجنب نقل الأنواع من مكان إلى آخر قدر الإمكان.

ويعتمد اختيار الأنواع على ما إذا كان قد تم استزراعها من قبل أم لا، وما إذا كانت هُناك خبرة مُتوفرة ومعرفة تامة بدورة الإنتاج الكاملة (التخصيب، إنتاج البويضات ومراحل التفريخ والتربية في الأقفاص)، والتجاوز عن أي صعوبات نوعية في الاستزراع، فالأنواع المحلية (مثل أسماك الكنعد Seriola lalandi) توفر أفضل الأنواع للاستزراع المائي لوجود استعداد في الأسواق لقبول هذه الأنواع من الأسماك عند البيع؛ كما أن الأسماك التي تعيش في البيئات الطبيعية تكون بالفعل مُتأقلمة للمعيشة في نفس الظروف البيئية عند استزراعها، وعند هروب الأسماك أثناء الإنتاج، يكون للأنواع المحلية على الأرجح تأثيراً سلبياً أقل على المخزونات السمكية الأخرى.

من المُسلم به أنه سوف تكون هُناك حاجة إلى استيراد الأسماك من الخارج، إلى أن يحين الوقت الذي تتوفر فيه لدي المملكة العربية السعودية البنية التحتية الكافية للتفريخ وتستطيع توفير ما يكفي من مخزون صغار الأسماك داخلياً. ضمن الأنواع المُرشحة الشائعة داخل المملكة؛ البارامونديي (Lates calcarifer) والدنيس الأوروبي (Sparus aurata). وكلا النوعين يتم استيراد صغارها ويتم إنتاجها داخل المملكة العربية السعودية منذ فترة تصل إلى 20 عاماً مما يدعونا إلى اعتبار هذه الأنواع مستوطنة بالمملكة في إطار تربية الأحياء المائية.

بعد تقديم اختيار الأنواع، هُناك عدد من الاعتبارات من الضروري القيام بها عند اختيار الموقع، هذه الاعتبارات سوف يتم تناولها فيما يلي. وتجدُر الإشارة إلى أن المعايير المُحددة غالباً ما تتأثر بأحد المعايير المُرتبطة التي نوقشت أو أكثر، مثل تأثير درجة حرارة البحر على مُعدل ذوبان الأكسيجين. وقد بُذلت محاولات لتحديدها في مثل هذه الحالة.

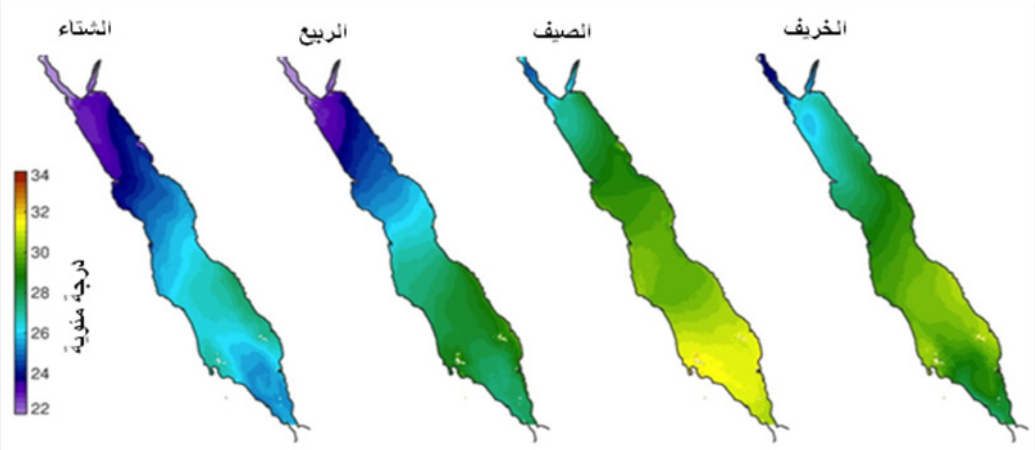
3. المعايير البيئية ذات العلاقة ببيولوجيا الأسماك المُستزرعة

3-1 درجة حرارة المياه

تتباين درجات الحرارة في البحر الأحمر من الشمال إلى الجنوب، تبايُناً موسمياً ينتُج أساساً عن فترات الرياح الموسمية المُختلفة، ويبلغ متوسط درجة الحرارة السطحية لمياه البحر تقريباً 26 oم في الشمال، 30 oم في الجنوب خلال شهور الصيف وتنخفض تقريباً بمُعدل 2-3 درجات في الشتاء (شكل رقم 1).

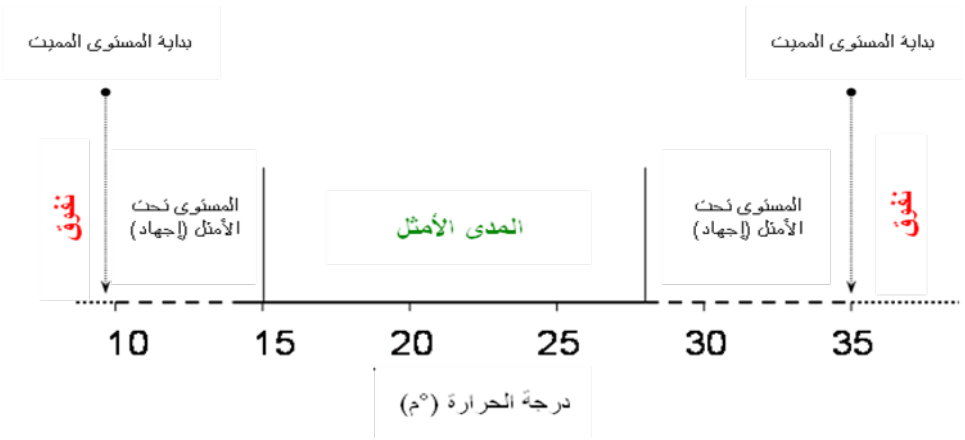
إرتفاع درجة حرارة المياه يؤثر على الأسماك من خلال:

1. زيادة العمليات الحيوية في الأسماك، التي تؤدي إلى زيادة الطلب على الأكسيجين من عمود المياه؛
2. خفض ذائبية الأكسيجين في عمود المياه مما يؤدي إلى نقص الكمية المُتاحة لتنفس الأسماك؛
3. يحدُث ذلك عندما ينخفض تركيز الأكسيجين نتيجة لارتفاع درجة الحرارة (أنظر 3-3).



شكل (1): التغيُرات الموسمية في درجات الحرارة في البحر الأحمر خلال الفترة 2003-2011م كما تم تسجيله بواسطة ديموس1

الأسماك عامةً لديها مرونة في تحمُلها للمدى الحراري، ولها مدى حراري أمثل (ليس درجة حرارة واحدة) للنمو والمعيشة (شكل رقم 2). خارج نطاق هذا المدى (سواء أعلى أو أقل) سوف تتعرض الأسماك للإجهاد (ضعف النمو، قابلية التعرُض للأمراض) وأبعد من ذلك، عند المرحلة الأولى للمستوى المُميت، سوف تنفُق.



شكل (2): مخطط عام لمدى درجات الحرارة المثلى والمجهدة والمميتة في الأسماك.

درجات الحرارة المثلى لبعض أنواع الأسماك التي تنمو في المملكة العربية السعودية:

1. السيريولا	18-24 oم
2. البارامونديا	26-28 oم
3. الدنيس	14-22 oم

[1] Raitsos *et al* 2013 available at DOI: 10.1371/journal.pone.0064909

على ذلك يجب مُلاحظة أن الأسماك سوف تنمو وتتطور في درجات حرارة خارج نطاق هذا المدى الحراري، رُبما بكفاءة أقل عن درجات الحرارة المُثلى. وبالتالي يُحتمل، وفقاً لدرجة الحرارة فقط، أن أسماك البارامونديي هي أحد الأنواع المُرشحة للتربية في جنوب البحر الأحمر وأسماك الدنيس وأسماك الكنعد للتربية في الشمال. الحدود المُميتة لهذه الأنواع من الأسماك ترتفع وتنخفض كثيراً عن درجات الحرارة المذكورة، والتي لا يُحتمل أن يتم تسجيلها في البحر الأحمر.

2-3 الرقم الهيدروجيني

الرقم الهيدروجيني للمياه هو مقياس لتركيز أيونات الهيدروجين فيها.

الرقم الهيدروجيني = اللوغاريتم السالب لأيون الهيدروجين (H+)

$$pH = \log [H+]$$

لاحظ لأنه مقياس لوغاريتمي؛ فإن التغُير وحدة واحدة في درجة الحموضة تعادل 10 أضعاف التغُير في تركيز أيون الهيدروجين. يتم تحديد درجة الحموضة على مقياس من 1 إلى 14؛ حيث تكون درجة الحموضة الأقل من 7 حامضية والأعلى من 7 قلوية.

تتغير درجة حموضة البيئة البحرية بدرجة بسيطة من يوم إلى آخر، ولكنها تتراوح عامةً بين 7 – 9 وهي الدرجة التي تُوفر الظروف المُثلى لنمو أنواع الأسماك المُختلفة (شكل رقم 3). خارج هذا النطاق، سوف تتأثر الأسماك تأثُراً شبه مميت مثل تلف الجلد والخياشيم وضعف النمو. على الرغم من أن زيادة حموضة مياه البحار هي مسألة تستغرق وقتاً طويلاً؛ إلا أنه من غير المُحتمل أن تتغير درجة الحموضة بدرجة كافية لكي تؤثر على الاستزراع المائي في البحر الأحمر على المدى القصير والمتوسط كنتيجة لزيادة الحموضة في بحار العالم.

ودرجة الحموضة ليست مُكون أساسي من معايير اختيار الموقع، باستثناء الوقت الذي قد يتأثر فيه الموقع بمياه صرف محطات تحلية المياه. تميل هذه المؤثرات لأن تكون محدودة وكذلك التغيُرات في حموضة مياه البحر والتي يُمكن أن تنتج عن مياه الصرف الصحي التي قد تشتمل على المواد الكيميائية المُستخدمة في تجميع وترسيب المواد الغروية المُعلقة في المياه، والإضافات المُستخدمة في إزالة بعض الأيونات المعدنية المسببة لعُسر المياه، والأحماض المُستخدمة لمُعادلة درجة الحموضة أثناء عملية تحلية المياه، والتي قد تتسرب بعد ذلك إلى البيئة البحرية وتُخفض من درجة الحموضة الكلية لها. وقد أظهرت بعض الدراسات أن مدى التغيُرات في درجة الحموضة صغير، نسبياً، وليس من المُرجح أن يؤثر على نمو الأسماك.

ومع ذلك، من المُستحسن ألا يُسمح بإنشاء مشاريع الاستزراع السمكي ضمن منطقة الحظر حول محطات تحلية المياه. لم يتم بحث مساحة منطقة الحظر حول محطة تحلية المياه للاستزراع المائي ولا توجد منشورات حولها. كإجراء وقائي، يُعتقد أن منطقة الحظر لمواقع الاستزراع المائي ينبغي أن تبعد بحد أدنى 3 كم عن محطة تحلية المياه في جميع الاتجاهات البحرية.

شكل (3): مقياس الرقم الهيدروجيني

3-3 تركيز الأكسيجين الذائب في المياه

هُناك ثلاث عوامل فيزيائية رئيسية تُؤثر على كمية الأكسيجين في المياه (مثل درجة ذائبية الأكسيجين في المياه)؛ هذه العوامل هي:

- درجة الحرارة، حيث يقل احتفاظ المياه بالأكسيجين عند درجات الحرارة المُرتفعة؛
- الملوحة، حيث يقل احتفاظ المياه بالأكسيجين عند درجات الملوحة المُرتفعة؛
- الإجهاد، حيث احتفاظ المياه بالأكسيجين عند الضغط الجوي المُنخفض (مثل المناطق المرتفعة)- يُمكن تجاهُلها هنا.

جدول رقم (5) يُوضح كيف تنخفض درجة ذائبية الأكسيجين في مياه البحر (تم إضافة المياه العذبة كمرجع قياسي فقط) عند درجات الحرارة والملوحة المرتفعة، كما سيتم اختبارها بواسطة الأسماك التي تُستزرع في البحر الأحمر.
تحت الظروف البيئية القياسية (لا يوجد نشاط استزراع سمكي) يجب أن يكون تركيز الأكسيجين المُذاب في مياه البحر بالموقع المُقترح عند درجة الحرارة / درجة الملوحة القياسية (كما هو موضح في الجدول رقم 5).
بمُجرد أن تبدأ المزرعة السمكية في العمل، تبدأ العمليات المزرعية في التأثير على تركيز الأكسيجين لفترات بسيطة فقط ويكون تأثيرها محدوداً وقريباً من موقع الأقفاص فقط. تستهلك الأسماك في عمليات المُعالجة الحيوية للعلف في القناة الهضمية الأكسيجين من المياه، مما يُمكن أن يؤدي إلى انخفاض تركيز الأكسيجين في المياه داخل الأقفاص. وللوقاية من الأمراض ورفع الحالة الصحية للأسماك، يجب ألا يقل تركيز الأكسيجين عن 60٪ من المُستويات العادية لفترات طويلة، فإذا كانت سُرعة التيارات المائية كافية (أنظر 3-5) فإن تركيز الأكسيجين المُنخفض داخل الأقفاص سوف يتم إحلاله نسبياً بسرعة بعد توقف التغذية.

جدول (5): تركيز الأكسيجين2 (ملليجرام/لتر) في مياه البحر عند درجة ملوحة 40‰ (متوسط ملوحة مياه البحر الأحمر)، 35‰ (متوسط ملوحة مياه البحار في العالم) وفي المياه العذبة (كمرجع) في مدى حراري يتراوح بين 20-35 oم تحت الضغط الجوي الأمثل (1 بار) بافتراض درجة تشبع 100%.

درجة حرارة المياه (°م)	درجة ذائبية الأكسيجين عند ملوحة 40‰	درجة ذائبية الأكسيجين عند ملوحة 35‰	درجة ذائبية الأكسيجين في المياه العذبة (صفر‰)
20	7,18	7,40	9,09
21	7,05	7,26	8,92
22	6,93	7,13	8,74
23	6,81	7,01	8,58
24	6,69	6,89	8,42
25	6,58	6,77	8,26
26	6,47	6,66	8,11
27	6,37	6,55	7,97
28	6,26	6,44	7,83
29	6,16	6,34	7,69
30	6,07	6,24	7,56
31	5,97	6,14	7,43
32	5,88	6,04	7,31
33	5,79	5,95	7,18
34	5,70	5,86	7,07
35	5,62	5,77	6,95

إذا كانت هناك حاجة إلى إجراء أي مُعاملات على الأسماك، فإنه يجب أن يتم جمع الأسماك في مكان صغير (شباك رافعة) وبعد ذلك يتم ضخ الأكسيجين إلى المياه أثناء إجراء هذه المُعاملات.

[2]Oxygen solubility calculator http://www.baldr.biz/reference/solubility-of-oxygen-in-seawater-online-calculator

العوامل البيولوجية / البيئية الأُخرى التي تُؤثر على كمية الأكسيجين الذائب في المياه تتضمن:

تكاثر البلانكتون النباتي

يتذبذب مُستوى الأكسيجين الذائب في المياه على مدار اليوم أثناء فترات التكاثر نتيجة لنشاط التمثيل الضوئي الذي تقوم به الطحالب (التي ينتُج عنها أكسيجين) حيث يصل مُستوى الأكسيجين في المياه إلى أقصى تركيز خلال فترة بعد الظهيرة. وتستهلك الطحالب أيضاً الأكسيجين طوال الليل، ومع ذلك عندما يغيب ضوء الشمس اللازم لعملية التمثيل الضوئي يصل مستوى الأكسيجين الذائب في المياه إلى أقل تركيز وقت الفجر. سوف ينخفض أيضاً مُستوى الأكسيجين الذائب في المياه أثناء موت الطحالب نتيجة لزيادة معدل تنفُس البكتيريا التي تقوم بتحليل الطحالب الميتة.

الأحمال العضوية

التأكسُد البكتيري للمواد العضوية ينزع الأكسيجين من المياه، على ذلك إذا كان لديك أحمال مُرتفعة في عمود المياه فإن ذلك يُقلل من تركيز الأكسيجين في المياه.

التنفُس

الأسماك وأيضاً القشريات واللاقشريات المائية الأُخرى تقوم جميعها بنزع الأكسيجين الذائب من المياه والرواسب. وتختلف الاحتياجات الأساسية للأسماك من الأكسيجين الذائب إلى حد كبير، وفقاً لما يلي:

النوع

تختلف احتياجات الأكسيجين بشكل كبير بين أنواع الأحياء المائية.

الحجم

تحتاج يرقات وصغار الأسماك عادةً قدر أكبر نسبياً من الأكسيجين لكل وحدة من وزن الجسم عن الأسماك الكبيرة؛

النشاط

تحتاج الأسماك النشيطة التي تبذل مجهود إلى قدر أكبر من الأكسيجين عن الأسماك الغير نشيطة وفي حالة راحة، حيث تحتاج الأسماك الغير نشيطة قدر كاف من الأكسيجين لتلبية احتياجات الوظائف الفسيولوجية الأساسية. الأسماك النشيطة تحتاج إلى قدر إضافي من الأكسيجين لتلبية احتياجات النشاط العضلي، وتزيد مُعدل نبضات القلب والوظائف الأُخرى المرتبطة بالنشاط (مثل السباحة).

درجة الحرارة:

تحتاج الأسماك عادةً إلى قدر أكبر من الأكسيجين بارتفاع درجة الحرارة، والسبب ببساطة أنه كُلما ارتفعت درجة الحرارة يزداد معها مُعدل الميتابولزم الأساسي للوظائف الفسيولوجية؛ ويحدث ذلك في الوقت الذي تحتفظ فيه المياه بتركيز أقل الأكسيجين في المياه بسبب درجات الحرارة المرتفعة.

التغذية

يزداد الاحتياج إلى الأكسيجين بعد التغذية لضرورته في هضم العلف من خلال ما يُعرف بكمية الطاقة المطلوبة لهضم الغذاء وتحليله إلى عناصره الأولية وامتصاص وتمثيل العناصر الغذائية المهضومة.

الإجهاد

تحتاج الأسماك المُجهدة إلى قدر أكبر من الأكسيجين (وهذا قد يُسبب مشاكل إذا كانت الأسماك مُجهدة في أوقات إنخفاض تركيز الأكسيجين أو تدهور مواصفات جودة المياه).
وتختلف الاحتياجات المُثلى من الأكسيجين وفقاً لنوع الأسماك ولكنها عامةً تتراوح بين:

- الأسماك الغير نشيطة : 100 – 500 ملليجرام أكسيجين مُذاب/ كيلوجرام من وزن الجسم الحي/ الساعة.
- الأسماك النشيطة : 300 – 1500 ملليجرام أكسيجين مُذاب/ كيلوجرام من وزن الجسم الحي/ الساعة.
-

يُحتمل أن يكون المؤشر الأول لإجهاد نقص الأكسجين هو التغيُر في سلوك الأسماك، مع إزدحام الأسماك على سطح المياه لاهثةً لإلتقاط الهواء (الأكسجين). وإذا استمر هذا الوضع فترة من الزمن، قد يؤدي ذلك إلى انخفاض الأكسجين الذائب في المياه إلى مُستوى شبه مُميت بدرجة كبيرة (مشاكل حادة ورُبما مشاكل مُزمنة على المدى الطويل) ورُبما يُؤدي مباشرة إلى تأثير مُميت.

4-3 الملوحة

تتراوح درجات الملوحة في البحر الأحمر من 36 جزء في الألف (‰) تقريباً في الجزء الجنوبي إلى 41 ‰ تقريباً في الشمال، بمُتوسط عام 40‰، أعلى من متوسط درجة الملوحة في بحار ومحيطات العالم نتيجة لارتفاع مُعدل البخر وانخفاض مُعدل هُطول الأمطار، وتنخفض درجة الملوحة في الجنوب بحكم الاتصال المحدود للبحر الأحمر بخليج عدن عبر مضيق باب المندب.

درجة الملوحة هي أحد العوامل المُتغيرة التي تؤثر على تركيز الأكسيجين المُذاب في عمود المياه (أنظر 3-3 أعلاه).

تختلف درجة تحمُل أنواع الأسماك للملوحة. فالأسماك التي تستوطن البحر الأحمر تتحمل درجات الملوحة المُرتفعة بنجاح، بينما أنواع الأسماك المنقولة الغير مُستوطنة في البحر الأحمر فإنها سوف تتوائم (تتأقلم) نسبياً بسرعة وفقاً لدرجة الملوحة التي جاءت منها.

من بين الأنواع الثلاثة التي تم تحديدها واختيارها للاستزراع المائي، أسماك الدنيس الأوروبي Gilthead Sea Bream (Sparus aurata) وأسماك البارامونـدي أو القاروص الآسيوي Asian Sea bass or Barramundi (Lates calcarifer) وهي أنواع من الأسماك التي تتحمل مدى كبير من اختلاف درجات الملوحة Euryhaline يتراوح بين 2 – 60 ‰، بينما تتحمل أسماك الكنعد Yellowtail Kingfish (Seriola lalandi) درجات ملوحة تتراوح بين الشروب إلى الملوحة الكاملة (18 – 50 ‰ تقريباً) وبالتالي فهي لن تحتاج إلى أي أقلمة لظروف البحر الأحمر.

هناك ملحوظة واحدة، لها علاقة باختيار موقع الاستزراع المائي، هي أن محطات تحلية المياه يمكن أن تزيد درجة الملوحة بنسبة 5 - 10 درجات في موضع المحطة. ورغم أن ذلك يكون ضمن المدى المُقترح أعلاه، تجدر الإشارة إلى أن الزيادة في درجة الملوحة يُقلل من قُدرة مياه البحر على الاحتفاظ بالأكسيجين كما أن تركيز الأكسيجين في المياه المُحيطة بمحطات تحلية المياه قد ينخفض إلى أقل من المُستويات المقبولة للاستزراع.

5-3 عُمق المياه/ قياس الأعماق

بالإضافة إلى قيود البنية التحتية المفروضة على العمق (أنظر قسم 4) هُناك عدة أسباب هامة من الناحية البيولوجية لكي يكون عُمق المياه كافياً في موقع الأقفاص:

1. وجود موقع ضحل جداً سوف يُحد من انتشار مواد نفايات المزرعة بعيداً عنها، مما يؤدي إلى تراكُم النفايات على قاع البحر مُباشرةً تحت الأقفاص (أنظر قسم 5-1).

2. إذا تمت إثارة المواد المُترسبة الموجودة في المواقع الضحلة فإنها قد تدخل بعد ذلك إلى الأقفاص، وسوف تؤدي عمليات التحلُل إلى زيادة استهلاك البكتيريا للأوكسجين داخل الأقفاص، وتُضعف المواد المُعلقة من الرؤية، ورُبما تتسبب في إجهاد الأسماك التي سوف تتنفس بسُرعة أكبر ويقلل تركيز الأكسيجين في الأقفاص، ويُمكن أن تُسبب الجُزيئات العائمة تهيُج للأغشية المُخاطية لخياشيم الأسماك؛ الأمر الذي سوف يُقلل من قُدرتها على استخلاص الأكسيجين ويُمكن أن يؤدي أيضاً إلى زيادة تعرُض الأسماك للأمراض والعدوى الثانوية للصفائح الخيشومية.

3. تسبح الأسماك في الأقفاص بشكل عام في نفس الاتجاه، مما يُمكن أن ينتُج عنه دوامة خفيفة داخل الأقفاص أثناء فترات انخفاض سرعة التيارات المائية (مياه هادئة) وينتُج عن ذلك سحب المياه من أسفل الأقفاص إلى أعلى خلال الجزء السفلي منها؛ وهذا قد يُزيد من تسرُب الجزيئات المُعلقة إلى داخل الأقفاص، في حالة إثارة مواد النفايات.

4. في الحالات بالغة الحدة، يحدُث ترسُب بدرجة كبيرة جداً لمواد النفايات إلى القاع قد تؤدي إلى إنتاج غازات عملية التحلُل التي تُؤثر على المخزون السمكي (أنظر قسم 5-2).

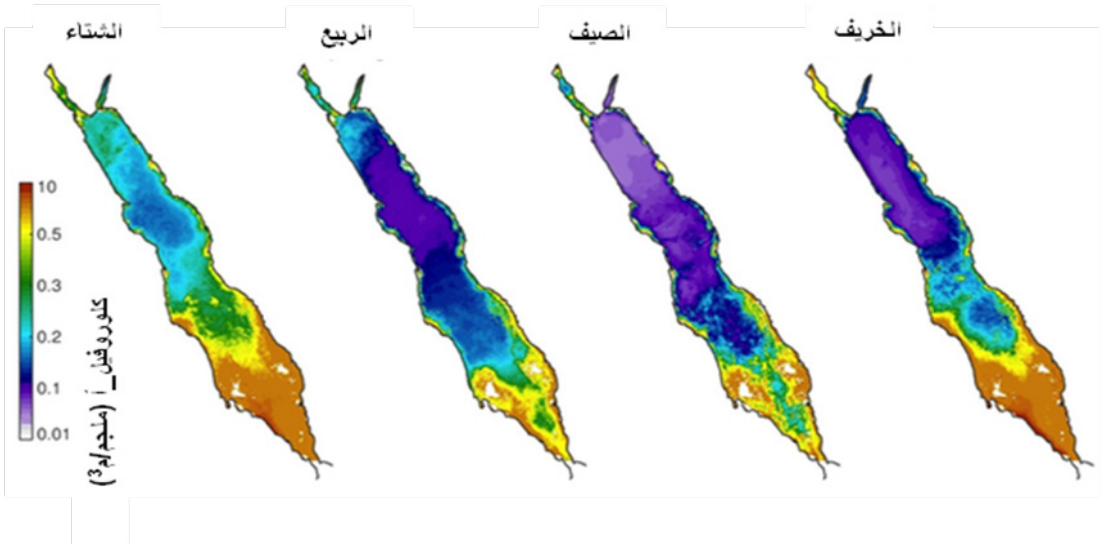
5. يُساعد عُمق المياه الجيد في غسيل الموقع بالمياه العذبة النظيفة، وتجديد الأكسيجين في الأقفاص والحفاظ على تدفُق المياه للحفاظ على صحة الأسماك.

6. ومع ذلك، تجدُر الإشارة إلى أن المواقع العميقة ذات التيارات المائية الجيدة، غالباً ما تكون مكشوفة بدرجة أكبر مما يضطلع بتكاليف إضافية مُرتبطة بالبنية التحتية، وأيضاً زيادة مُتوقعة في استهلاك الأعلاف وبُطء النمو في المخزون السمكي.

6-3 المواد الصلبة المُعلقة

يمكن أن تأتي المواد الصلبة المُعلقة في المياه من ثلاثة مصادر:
1. الإنتاج الأولي والثانوي.
2. فضلات الأسماك المُعلقة.
3. إثارة الفضلات من قاع البحر.

البحر الأحمر شحيح في الإنتاج الأولي (الطحالب) وعلى هذا النحو فإن الإنتاج الأولي الطبيعي في البحر الأحمر سوف يكون مُنخفضاً في تركيز الكلوروفيل - أ بدرجة أقل من 1 ميكروجرام / لتر (شكل رقم 4) خلال مُعظم السنة، ويكون أقل في الشمال مُقارنةً مع جنوب البحر الأحمر.



شكل (4): التغيرات الموسمية في تركيز كلوروفيل- أ (ميكروجرام/لتر) في البحر الأحمر (2003-2011)3

قد يزيد الإنتاج الأولي بالموقع كنتيجة للعناصر الغذائية الإضافية المُذابة (مثل النيتروجين في صورة أمونيوم، التي تتحول إلى أمونيا في مياه البحر) والتي تُضاف إلى البيئة من العمليات الحيوية للأسماك (من خلال الإفراز مثلاً).

مادة الفضلات الناتجة عن أسماك الأقفاص سوف تختلف في الحجم والكثافة، مما يُؤثر على سُرعة رسوبها في المياه، وحيث أن البحر الأحمر مُرتفع الملوحة؛ فإن سرعات رسوب الفضلات ستكون أقل من المناطق البحرية الأخرى، وسوف تكون كثافة مياه البحر أعلى مما يؤدي إلى أن تظل جُزيئات الفضلات الصغيرة مُعلقة. سوف تخضع المواد المُعلقة للعمليات الحيوية بواسطة البكتيريا وسوف تستهلك أكسيجين عمود المياه، على ذلك فإن ارتفاع مُستوى مادة الفضلات المُعلقة قد يُؤدي إلى إنخفاض مُستوى تركيز أكسيجين المياه بالموقع؛ وسوف تعمل التيارات المائية السريعة التي تمر خلال الأقفاص على إزالة هذه النفايات.
بمُجرد ترسُب الأعلاف ومواد الفضلات على قاع البحر، فإن العمليات الحيوية سوف تُقلل من حجم تلك الجزيئات الموجودة. وقد تُعيد الرياح والتيارات المائية ذات السُرعات المرتفعة إثارة العناصر الغذائية بشكل كبير من قاع البحر، وتستمر العمليات الحيوية كما تم وصفه أعلاه وتعمل على خفض تركيز الأكسيجين في عمود المياه. وبالمثل سوف تعمل التيارات المائية السريعة على إزالة هذه الجُزيئات من منطقة الأقفاص.

3 (Raitsos *et al* (2013

المدى الذي تظل فيه فضلات الأسماك مُعلقة أو يُعاد فيه إثارتها تحتاج إلى البحث مع الأخذ في الاعتبار الظروف البيئية الموجودة في البحر الأحمر ولا توجد بيانات نوعية حالياً عن احتمال وجود تأثير لمثل هذه المواد على الاستزراع السمكي في الأقفاص.

7-3 سرعة واتجاه التيارات المائية

إن سرعة واتجاه التيارات المائية هي أحد الخصائص الطبيعية الحيوية للمياه التي يجب أن يتم قياسها قبل إنشاء المزرعة السمكية، والآثار الحيوية الرئيسية الثلاثة لسُرعة التيارات المائية هي:

1. إثارة جُزيئات الفضلات من الأقفاص (فضلات العلف وفضلات الأسماك)؛
2. إزالة (غسيل) الفضلات الذائبة (مثل نواتج الإفرازات كالأمونيا NH3» NH4»)؛ و
3. ضمان تدفق كافي للمياه داخل الأقفاص لتجديد الأكسيجين.

التوازن تجاه هذه التأثيرات الإيجابية لحيازة موقع ذو تيارات مائية مُرتفعة السرعة مهم للنظر في أن:

1. السُرعات المُرتفعة للتيارات المائية تعني أن الأسماك يجب أن تُنفق المزيد من الطاقة، وتستهلك المزيد من الأكسيجين من أجل البقاء فقط في مكانها داخل القفص، مما يُمكن أن يُؤثر على استهلاك الأعلاف ونمو الأسماك، وقد يُؤثر على مُستوى تغذية الأسماك الذي يؤدي إلى اختلاف أحجام الأسماك داخل القفص الواحد؛

2. السُرعات المُرتفعة للتيارات المائية تعني أن الأعلاف قد تنجرف خارج الأقفاص قبل أن تُتاح للأسماك الفرصة لاستهلاكها، مما يُزيد من استهلاك الأعلاف وانخفاض معامل التحويل الغذائي (FCR).

3. السُرعات المُرتفعة للتيارات المائية سوف تُؤثر على البنية التحتية للقفص من خلال الضُغوط الواقعة على مراسي التثبيت والمُكونات الأُخرى وتسبب تشوه الشباك (أنظر قسم 4-3).

من الناحية البيولوجيه، لا توجد قيمة مُحددة لسرعة التيارات المائية المثلى للأسماك، ولأن الأسماك تكون في الأسر؛ كُلما كان التيار المائي بطيئ جداً فإن الأسماك لا تحصل على إحلال كافي من الأكسيجين داخل الأقفاص، وكُلما كان التيار المائي سريع جداً فإن الأسماك تُنفق مقدار أكثر مما ينبغي من الطاقة للبقاء في مكانها وفي كلا الحالتين سوف يكون النمو أقل، ويزيد الإجهاد والقابلية للمرض.

ومع ذلك، في بعض المناطق، فإن الكتلة الحيوية أو مُستوى الإنتاج الذي يُسمح بها في موقع مُعين غالباً ما يُحدد بسرعة التيارات المائية (والعمق)، وذلك لأن التيارات المائية تُؤثر على توزيع الفضلات وذلك من المُحتمل أن يكون هو التأثير الناتج من الاستزراع في الأقفاص على البحر.

في اسكتلندا، على سبيل المثال، يتم تحديد استزراع أسماك السالمون من خلال ثلاث سرعات للتيارات المائية مُترناً بأقصى مقدار تحملُه من الكُتلة الحيوية (الجدول رقم 6)، وسوف يكون تطبيق هذه الطريقة نُقطة بداية جيدة للمملكة العربية السعودية كما يُمكن تعديلها فور توفُر المزيد من المعلومات عن سرعات التيارات المائية الساحلية. في مرحلة اختيار الموقع يكون من اللازم قياس سُرعة التيار (واتجاهه) لضمان وجود ما يكفي من المياه لتنظيف الموقع، مع حساب مُتوسط سرعة التيار من البيانات الناتجة؛ حيث يكون استخدام مُتوسط سُرعة التيار بدلاً من سُرعة التيار القُصوى أمر بالغ الأهمية، لما قد يُسببه وجود نسبة مُرتفعة من المياه الساكنة (سرعة التيار أقل من 2 سم/ث) من أضرار مُحتملة (من خلال انخفاض مُعدل تغيير المياه وترسيب الفضلات في الموقع بدرجة كبيرة)، حتى عندما تكون السُرعات القصوى مُعتدلة.

جدول (6): مدى الطاقة الإنتاجية المُقترحة وفقاً لقياس سُرعة التيار المائي (م/ث) في الموقع الذي تم اختياره.

الإنتاج (طن متري)	سرعة التيار (متر/ثانية)		
	صفر – 0,05	0,1 – 0,05	أكبر من 0,1
صفر – 499	ü	ü	ü
999 – 500	-	ü	ü
أكبر من 1000	-	-	ü

غير أن هُناك حدوداً لسرعة التيار المائي سواء بيولوجية أوتقنية، وتعني الحدود البيولوجية أن مُتوسط سُرعة التيار المائي الأكبر من 30 سم/ثانية سوف تُؤدي إلى زيادة استخدام الطاقة في الأسماك لكي تظل في مكانها ووزيادة استخدام العلف وانخفاض النمو.
تمت مُناقشة تأثيرات سُرعة التيار المائي واتجاهُه على الاستدامة البيئية (ترسيب الفضلات) بإسهاب في قسم (5).

8-3 الحشف

على الرغم من أن البحر الأحمر شحيح وذو إنتاجية أولية مُنخفضة وقليل من أنواع الطحالب الورقية، إلا أن مناطق نُظم الشعاب المُرجانية ذات إنتاجية مُرتفعة، تنمو فيها الشعاب المُرجانية والطحالب المُرجانية الحمراء وغيرها من الأنواع، وجميعها قد تستقر على البنية التحتية للقفص (أربطة التثبيت، الأقفاص والشباك).
إن تراكُم الشعاب والطحالب المُرجانية على الشباك يمكن أن يكون لها تأثير مادي على أسماك الأقفاص من خلال خدش جسم الأسماك عند الاحتكاك بالشباك، مما يؤدي إلى التسبب في جروح مفتوحة يُمكن أن تُعرضها لإصابة من الدرجة الثانية بالبكتيريا والفطريات وناقلات الأمراض الأخرى؛ كما أن الأسماك الجريحة قد تجذب المُفترسات إلى الأقفاص.
مُشكلة الرعاية الأولية للأسماك في الأقفاص التي يتكون فيها الحشف على شباك القفص أنه يُؤدي إلى تقليل حجم فتحات الشباك، مما يُقلل من السُرعة التي تمُر بها المياه من خلال تلك الفتحات. ويعني بُطء مرور تيار المياه من خلال الشباك أن إحلال الأكسيجين لا يتم بنفس السُرعة التي يتم استهلاكه بها، خاصةً أثناء التغذية، وأن تركيز الأكسيجين داخل القفص يُمكن أن ينخفض بسُرعة وبشكل كبير مُسبباً إجهاد للأسماك وإذا لم يتم إحلاله سريعاً فقد تنفُق الأسماك.

يمُر تكوُن الحشف على الشباك (على غرار جميع المُنشآت الأخرى في البحر) خلال تسلسُل مُعين من الفعاليات[4]:

1. التأقلُم
2. تراكُم المُستعمرات البكتيرية
3. تراكُم المُركبات الكيميائية خارج الخلايا
4. تراكُم الطحالب الدقيقة
5. تراكُم أنواع الطحالب الورقية والحيوانات المائية

[4] Source: Corner et al, 2007. Available at DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01675.x

يُمكن الحد من تكوين الحشف على الشباك بطلائها (عادةً بأُكسيد النحاس) الذي يعمل على قتل أي نباتات وحيوانات تتراكم عليها من خلال تأثير أُكسيد النحاس السام. ويمتد العُمر الافتراضي للشباك دون الحاجة إلى تغييرها في كثيرٍ من الأحيان، التي تُعتبر عملية مُكلفة وتزيد من إجهاد الأسماك. ومع ذلك، يجب أن تكون هذه العملية مُتوازنة مع زيادة تركيزات أُكسيد النحاس في الموقع، ولم تُسجل أي سُمية في الأسماك عند إضافة الطلاء المُضاد للحشف للشباك. وتشمل بدائل عملية الطلاء التغيير المُتكرر للشباك، ولكن لا بد من إدراك أن ذلك يُسبب إجهاد الأسماك.

ومن غير المُستحسن أن يتم تنظيف الشباك في الموقع، ويجب عدم تواجد أجهزة تنظيف الشباك في الموقع، حيث تتكون كمية كبيرة من الفضلات وقد يبقى البعض منها مُعلقاً في المياه (أنظر قسم 3-5) وترسُب تلك الفضلات إلى قاع البحر بالقُرب من الأقفاص مُضيفة مُؤثرات أُخرى عليه.

وتتم إزالة هذه الفضلات إلى الشاطئ وتُجفف في الشمس، وتنظيف الشباك في مركز التنظيف إختيار أفضل. يُرجى مُلاحظة أن الأشعة فوق البنفسجية، على المدى الطويل (سواء كانت الشباك في المياه أو تُجفف على الشاطئ)، يُمكن أن تؤثر على سلامة الشباك ويحتاج الأمر إلى شراء شباك جديدة على فترات مُنتظمة. عند دراسة الموقع يكون من الجدير تقدير قيمة المنشآت الأُخرى الموجودة بالموقع لتقييم مدى حدوث ظاهرة تراكُم الحشف على الشباك بالموقع. الأهم، على وجه الخصوص، هو أنه يُمكن مُعالجة حشف الشباك بحيثُ لا تتأثر الأسماك.

3-9 تكاثُر الطحالب

هُناك معلومات محدودة مُتوفرة على وجود وتكرار وكثافة تكاثُر الطحالب في البحر الأحمر، وبالتالي فإن التوجيه هُنا يكون محدود أيضاً. يُظهر أحد الاعتبارات أن انتشار الطحالب الضارة (HAB) مثل نوع Heterosigma akashiwo، وهو من الأنواع السامة، قد تطور إلى المد الأحمر في جنوب البحر الأحمر في عام 52010، وربما يرتبط بزيادة العناصر الغذائية الخارجة من مصارف استزراع الروبيان. قدمت طُليبه وآخرون، 62010 ورقة عامة حول أنواع العوالق النباتية الموجودة في البحر الأحمر.

[5] Zakaria and Abdulrahman, 2012. Available at http://www.iopan.gda.pl/oceanologia/542zakar.pdf.

[6] Touliabah et al, 2010. Available at http://www.kau.edu.sa/Files/320/Researches/57386_27621.pdf

لوحظ أعلاه (قسم 3-5) أن البحر الأحمر شحيح في الإنتاج الأولي وأن تركيز الكلوروفيل - أ (يُستخدم كبديل لكُتلة العوالق النباتية الحيوية) داخل البحر الأحمر يكون مُنخفضاً خلال مُعظم السنة. تقومُ المزارع السمكية بإطلاق المواد الغنية بالعناصر الغذائية إلي البيئة في صورة فضلات ذائبة وصلبة، التي يُمكن أن تُزيد من الإنتاج الأولي للمياه المُحيطة بالمزرعة السمكية. وحيث يوجد عدد كبير من المزارع السمكية في نفس المنطقة، يُمكن أن تظهر آثاراً تراكُمية تُزيد مُستوى العناصر الغذائية في عمود المياه. ومع ذلك، هُناك حاجة إلى المزيد من البحوث لمعرفة مدى حدوث هذه الظاهرة داخل البحر الأحمر.

يُمكن أن يكون تكاثُر وانتشار العوالق النباتية كارثي للمزارع السمكية ويؤدي إلى خسائر كبيرة الحجم. عندما تموت العوالق النباتية وتستهلك البكتيريا كتلة الطحالب، يزداد استهلاك الأكسيجين بشكل كبير يُمكن أن يؤدي إلى إنخفاض تركيز الأكسيجين بالمياه في حدود الموقع، الذي يُمكن أن يؤثر على المخزون السمكي.
عند التكاثر، يُمكن لأنواع الطحالب الدقيقة أن تُسبب تهيُج للأغشية المُخاطية المُبطنة للأنسجة الخيشومية، مما يُقلل من مقدرة الأسماك على استخلاص الأكسيجين من عمود المياه. في بعض الحالات قد تُنتج بعض أنواع الطحالب المُتكاثرة السموم وتكون هذه الطحالب سامة للأسماك (مثل Heterosigma akashiwo من المثال أعلاه).

يُمكن أن يكون تكاثر الطحالب مُتقطعاً وغير مُتوقع، ولكن عندما تُصبح البيانات مُتاحة يُفضل ألا تقع المزارع السمكية في المناطق التي تنتشر فيها الطحالب بشكل مُنتظم.

10-3 وجود مشاريع استزراع مائي أُخرى

إذا أُجري تقييماً لموقع مُحتمل، يقع قريباً منه مزارع أسماك أُخرى (سواء يتم تشغيلها من قبل شركة واحدة أو عدة شركات)، فإنه يجب أن يكون هُناك تقييماً للآثار التراكُمية، على سبيل المثال، مجموع ما يتم صرفه من العناصر الغذائية داخل كامل المنطقة التي يجري استزراعها. وينبغي أن يشتمل التقييم أيضاً على إذا ما كانت التيارات المائية تتأثر في الموقع المُقترح بسبب وجود مزارع أخرى أم لا، وما إذا كانت هُناك إمكانية لنقل الأمراض من موقع إلى آخر. ينطبق ذلك بشكل خاص على تحديد المناطق حيث من المُحتمل أن تكون المزارع السمكية قريبة من بعضها.

وقد أدخلت بعض الدول الحد الأدنى من المسافات بين المزارع السمكية الخاصة أو بين مناطق الاستزراع السمكي، ولكن إمتداد هذه المسافات يتغير على الصعيد العالمي، من 8 كيلومترات كحد أدنى بين المواقع المُخصصة لمُزارعي السالمون الاسكتلنديين، إلى بضع مئات من الأمتار بين المواقع في آسيا. وقد شُرعت المسافات في المقام الأول لضمان أن انتشار الأمراض والطُفيليات في أحد المزارع لا يُؤثر على المزارع الأخرى بشكل مُباشر، قدر الإمكان.

داخل المناطق، كما يتم العمل به داخل المملكة العربية السعودية، من المُهم تقدير القُدرة الاستيعابية للمنطقة (أنظر أيضاً قسم رقم 5) بمُصطلح الكُتلة الحيوية التي سيتم إنتاجها، وبناءً على ذلك؛ يتم تقدير عدد الأقفاص اللازمة لنمو هذه السعة الوزنية من الأسماك، بافتراض وجود كثافة التخزين القصوى داخل كل قفص. ومن ثم يُمكن حساب حجم المواقع المُخصصة (من حيثُ عدد الأقفاص والتخطيط)، مع الأخذ بعين الاعتبار المعايير البيئية ذات العلاقة بتصميم مراسي التثبيت والقفص (قسم 4)، وهذا سوف يُبين الحد الأقصى لعدد المواقع التي يُمكن أن تستوعبها مساحة مُحددة على نحو مُستدام. ويُمكن أن تختلف المسافات العينية بين المواقع في داخل المناطق (إعتماداً على تحديد القُدرة الاستيعابية، وعدد المزارع السمكية وحجم المنطقة)، ولكن ينبغي ألا تبعُد المواقع، قدر الإمكان، عن بعضها أقل من 1 كم (على السطح - مثل الأقفاص) وذلك لضمان عدم وجود إفراط في تقاطعات أربطة وأثقال مراسي التثبيت على قاع البحر.

الحد الأدنى من المساحة التي يشملها موقع واحد تتضمن كل المُكونات المرئية (الأقفاص والعوامات على السطح) وأيضاً المنطقة الفعلية الغير مرئية في قاع البحر التي يتم وضع أنظمة وأثقال المراسي فيها. في كثيرٍ من الأحيان، تكون لدى المواقع (الصادر لها تراخيص) مساحة إجمالية أكبر بنسبة 20 ٪40- من المساحة الفعلية التي تشغلها نظام الأقفاص وأنظمة المراسي، لضمان وجود قليل من القابلية على التغيُر الطفيف في التحديد النهائي للموقع عند تركيب الأقفاص.

يجب أن لا يحدُث تداخل بين حيازات المناطق المُحددة في أي عقود إيجار صادرة.

الحاجة لمسافة فعلية بين المناطق موضع جدال وليس هُناك أي معايير مُحددة يُمكن تقديمها، ويجب عدم تداخل المناطق لتجنب الخلافات.

القُرب من عمليات الاستزراع المائي الأخرى يُمثل اعتباراً يجب النظر إليه عند اختيار الموقع، خاصةً إذا كانت هذه المواقع تُدار ويتم تشغيلها من قبل شركات أُخرى، حيث يُمكن أن تختلف القرارات الإدارية في ردود أفعالها تجاه، على سبيل المثال، تفشي الأمراض أو العدوى الطُفيلية وحاجتها للعلاج. فإذا انتشر مرض مُعين في موقع ما، سيكون من المُهم إبلاغ الجهات المعنية وكذلك المُزارعين بنفس المنطقة، حتى يتسنى تنفيذ خطة عملٍ شاملة لمُكافحة المرض. ومن المُهم لصحة وسلامة الأسماك المُخزنة أن يتم علاج الأمراض فوراً وبشكل شامل، وذلك لتجنُب الحالة المرضية في المزرعة التي يتم علاجها، ولكن المرض يتنشر ويظهر في المزارع المجاورة، مع احتمال نقل المرض مرة أُخرى إلى المزرعة غالباً وبشكل فوري.

11-3 القُرب من الأنهار/ مصارف المياه/ الوديان

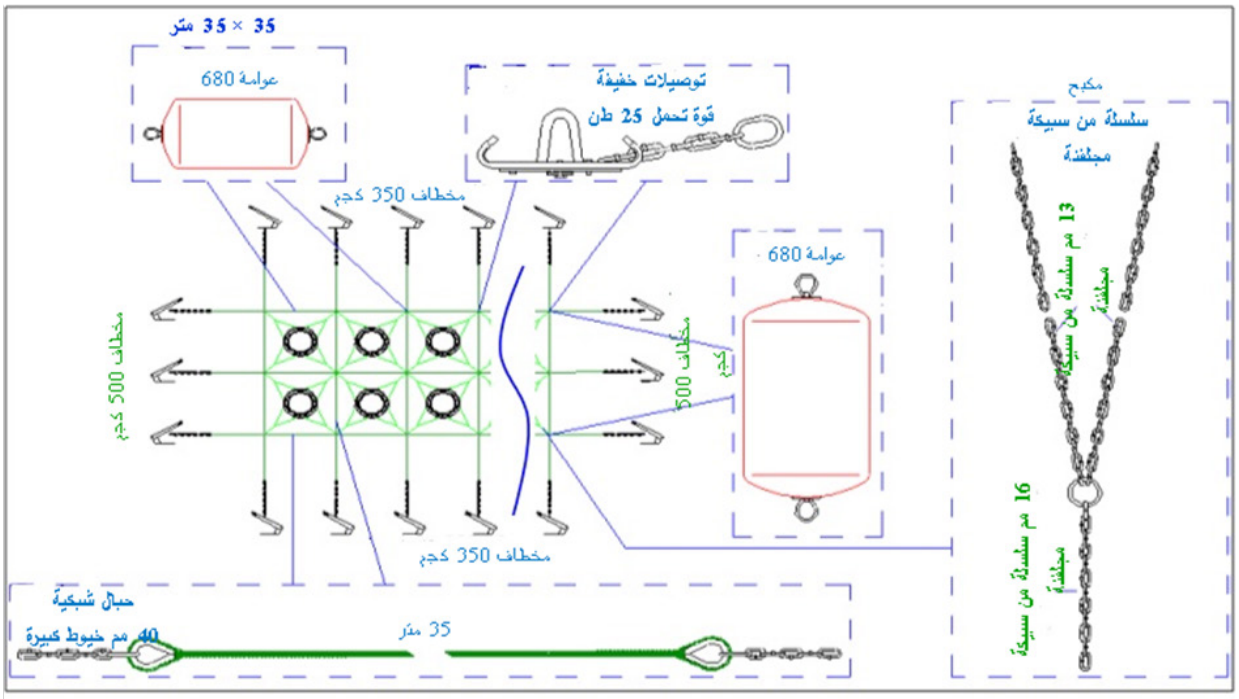
يعني حجم هُطول الأمطار في المملكة العربية السعودية أن ساحل المملكة على البحر الأحمر لا يوجد به تدفُق كبير للمياه العذبة، وإذا حدث تغيُر في ملوحة أي موقع يكون نتيجة لإضافة القليل من مُدخلات الأنهار أو التدفُقات الكبيرة من المواد المُعلقة إلى البيئة البحرية.

يُمكن أن يكون هُطول الأمطار بمُعدلات مُرتفعة على مدى فترات قصيرة، ويُمكن أن تُصبح الأودية مُمتلئة بالكامل بسرعة كبيرة، ولأن مجاري الأنهار تكون جافة مُعظم السنة؛ فإن مياه الأمطار يُمكن أن تنقل كميات كبيرة من الرمال والمواد المُعلقة وغيرها من المواد الأخرى الأكبر حجماً (مثل قطع الحطب وجذوع الأشجار).

على الرغم من أن الأمطار موسمية وتحدُث على مدى فترات قصيرة جداً فمن المُستحسن ألا يقل بُعد المسافة بين المزارع ومصارف الوديان عن 0.5 كم، لتجنُب الآثار المُحتملة لاصطدام مياه الوديان بمياه المزارع أو الآثار الأخرى التي تنشأ عن ذلك.

تم تناول آثار محطات التحلية السابق ذكرها أعلاه (القسم 3-2)، ولكن كقاعدة عامة حيثُ توجد الصناعات الثقيلة، وتدخُل فضلاتها أو يكون هُناك احتمال لدخولها إلى البحر، يُفضل تجنُب مثل هذه المناطق.

بالإضافة إلى الجوانب البيئية السابق ذكرها والتي تتعلق بيولوجيا وفسيولوجيا الأسماك (قسم رقم 3)، هُناك معايير بيئية أساسية أُخرى سيتم تقييمها والتي يكون لها تأثير مُرتبط بتصميم القفص ومراسي التثبيت (شكل 5) وعلى أي مُعدات أُخرى سوف يتم تثبيتها أو استخدامها في أعمال الاستزراع.



شكل (5): رسم تخطيطي لتصميم الأقفاص ومراسي التثبيت ، بما في ذلك مُعدات التثبيت.

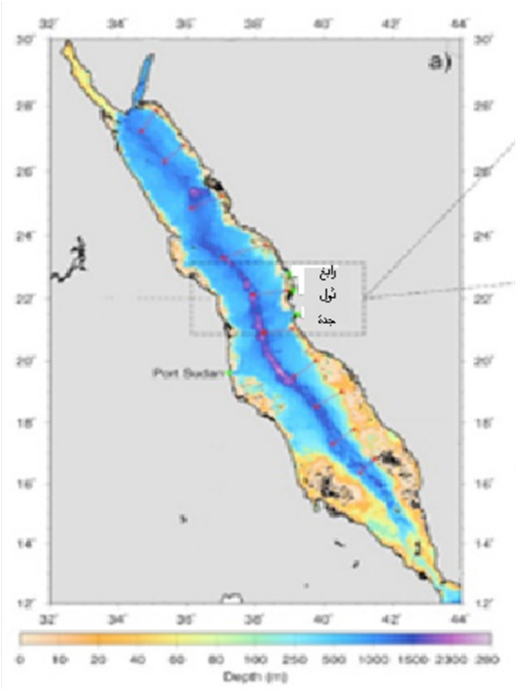
4-1 قياس الأعماق/ عمق المياه

ليست كُل المياه الساحلية في المملكة العربية السعودية بأعماق تُناسب الاستزراع المائي، ويتم تشغيل مشاريع الاستزراع في الأقفاص بشكل أفضل في المياه الساحلية الغير ضحلة جداً، إعتماداً على صافي عمق المياه على سبيل المثال، والغير عميقة جداً فيُصبح من الصعب لوجستياً توزيع مراسي التثبيت وغيرها من التركيبات.

يُوضح شكل رقم (6) مدى العُمق الكُلي للبحر الأحمر بأسره.

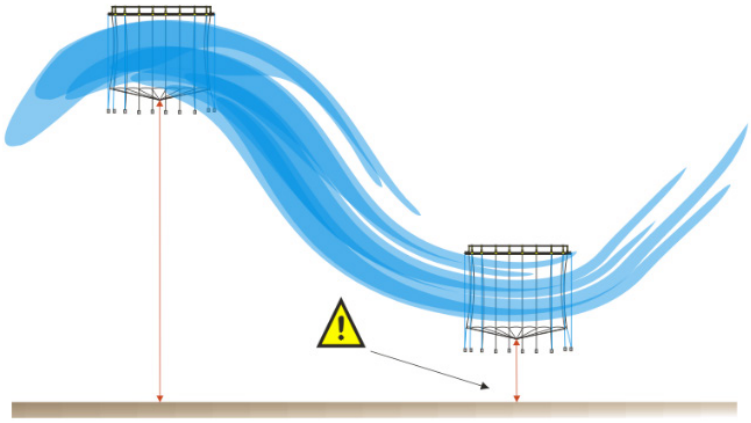
عُمق المياه في الموقع هام لأسباب عديدة:

إذا كان الموقع ضحل جداً ويتعرض لاختلاف مُستويات المد والرياح وحركة الأمواج فإن الشباك قد تكون عُرضة للإحتكاك بقاع البحر، والتمدد الطبيعي لبعض المواد البلاستيكية المُستخدمة في صُنع الشباك مثل النايلون، يُمكنها عادةً أن تُكون إنتفاخ (بروز مُنخفض لأسفل) في الجُزء الأوسط من قاعدة الشبكة نظراً لمرونة المواد التي تتأثر بالجاذبية، وهذا التمدُد قد يَزيد إذا تم سد فتحات الشبكة بالحشف المُتكون عليها من الطحالب والكائنات الأُخرى؛ لذا فالحد الأدنى من أعماق المياه يجب حسابه من أدنى نقطة للأمواج الكبيرة المُتوقعة عند انخفاض المد.



شكل (6): قياس الأعماق الكلي للبحر الأحمر7

ومن المُستحسن أن يكون عُمق المياه ضعف صافي العُمق الكلي مرتين وهو العُمق الذي سيمنع أي احتكاك مُمكن .



شكل (7): المسافات بين قاع الشباك وقاع البحر وفقاً لارتفاع الموج

يتحكم قياس الأعماق أيضاً في طول أربطة التثبيت (شكل رقم 8)، وبالتالي يتحكم في أبعاد المنطقة المُرخصة من المزرعة السمكية. كُلما زاد العُمق سوف يزداد طول حبال التثبيت / السلاسل المُستخدمة.

7 http://krse.kaust.edu.sa/spring-2010/mission.html

كقاعدة عامة، يُمكن أن يصل طول خط حبل التثبيت إلى 4.2-3.5 مرة ضعف العُمق عند استخدام المُخاطيف الرملية، على الرغم من أنه من المُمكن تقليل طول حبل التثبيت إلى 3.0-2.5 مرة ضعف العُمق المياه في حالة استخدام المخاطيف الكتل الخرسانية (انظر إطار 1) واستخدام أيٍ منهُما يعتمد إلى حد كبير على حالة تكوين القاع.

إطار (١): تأثير اختيار المُخطاف على حجم المنطقة المُؤجرة

إختيار استخدام المخاطيف الرملية أو مخاطيف الكتل الخرسانية سوف يؤثر على مساحة التي يشغلها الموقع.

في هذا المثال، يكون عُمق المياه ٣٠ متر وتشتمل المزعة السمكية على ٢٠ قفص مُنتشرة في محيط ٩٠ متر (قطر القفص ٣٠ متر تقريباً) مُنظمة في صفين يشتملان على ١٠ أقفاص والمسافة بين القفصين ٢٠ متر، مما يعني أن الأقفاص سوف تشغل مساحة ٨٠ متر × ٤٨٠ متر (٣٨,٤٠٠ م٢). هذا هو الجُزء المرئي من الموقع، غير أن الموقع يشتمل على نظام مراسي التثبيت الغير مرئي.

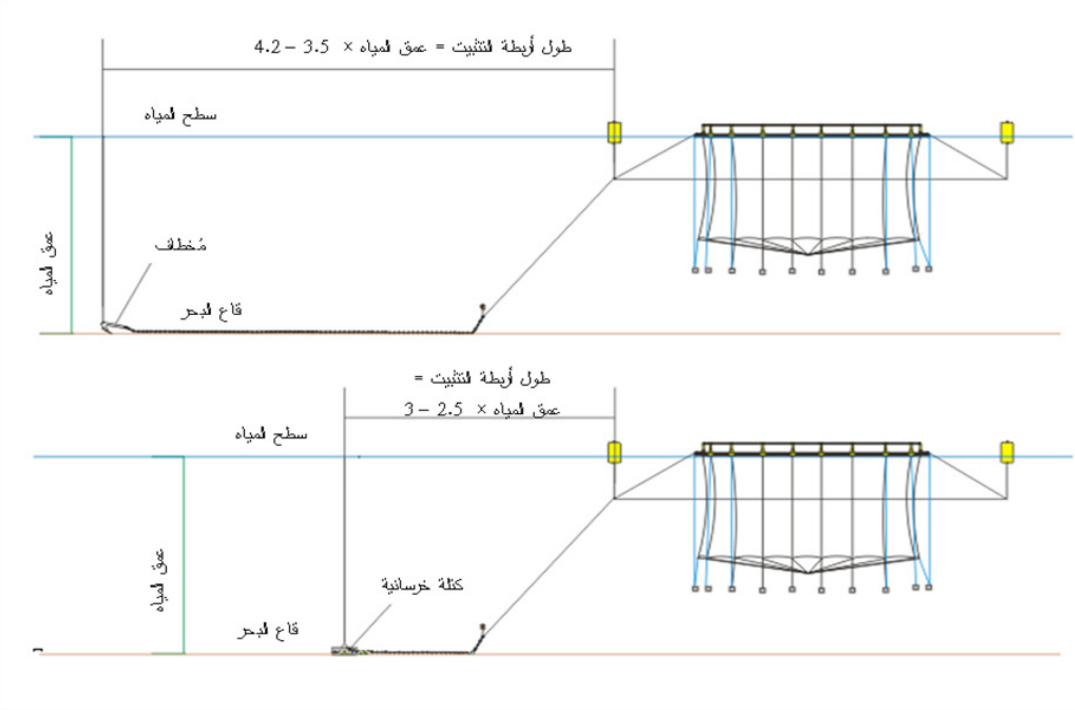
في حالة استخدام الكُتل الخرسانية للتثبيت، يجب وضع الكتل الخرسانية على بُعد ٩٠ متر من الأقفاص في كل الاتجاهات (أي ٣ × عُمق المياه) وذلك يعمل على زيادة الحد الأدنى من مساحة الموقع إلى ٢٦٠ متر × ٦٦٠ متر (١٧١,٦٠٠ م٢) وهي تُمثل ٤,٥ أضعاف الجُزء المرئي فقط.

أما في حالة استخدام المخاطيف الرملية، فإنها سيتم وضعها على بُعد ١٢٦ متر (أي ٤,٢ × عُمق المياه) وذلك يعمل على زيادة الحد الأدنى من مساحة الموقع إلى ٣٣٢ متر × ٧٣٢ متر أو ٢٤٣,٠٢٤ م٢ وهي تُمثل ٦,٣ أضعاف الجُزء الظاهر من الأقفاص، واستخدام المخاطيف الرملية يُمكن أن يزيد المساحة المُؤجرة إلى ١,٤ ضعف أكثر منها عند استخدام مخاطيف الكُتل الخرسانية.

وتجدُر الإشارة مع ذلك، إلى أن نوع رواسب القاع يلعب دوراً كبيراً في تحديد نوع المخاطيف الذي يُمكن والواجب استخدامها؛ الكتل الخرسانية أو الرملية. أبعاد الموقع المذكورة أعلاه هي الحد الأدنى المطلوب للمزرعة في المثال المذكور. مقاييس الحيز المكاني المذكورة أعلاه هي أقل مساحات مُؤجرة للمثال السابق.

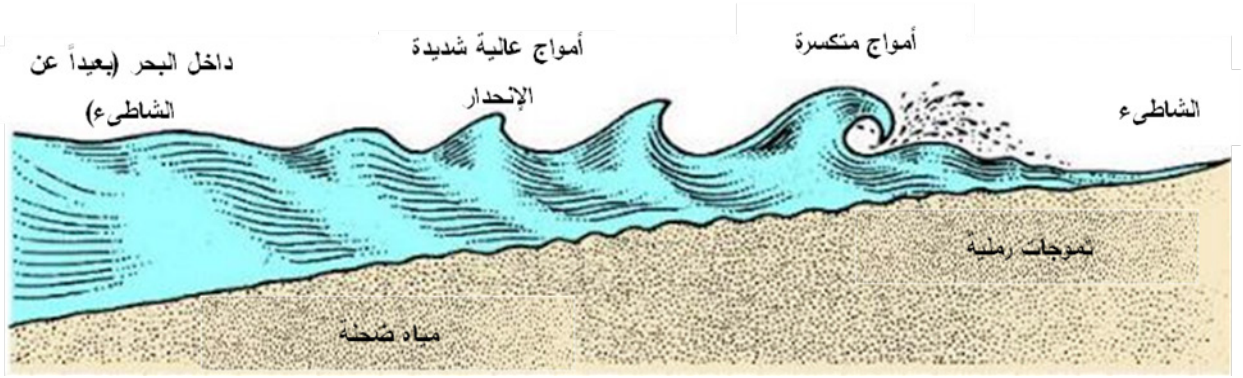
غالباً ما تكون المساحات المُرخص بها أكبر بنسبة ٢٠ - ٤٠٪ عن تلك التي تشغلها الأقفاص ونُظم التثبيت، لإضفاء بعض المرونة في تحديد الوضع النهائي عند تثبيت الأقفاص والمراسي.

من المُهم والواجب أن يعكس طلب الترخيص والمساحة المُؤجرة الإمتداد الكامل للأقفاص ونظام التثبيت مع بعض المرونة، وليس فقط الجُزء الظاهر فوق سطح المياه.



شكل (8): طول حبال التثبيت وفقاً لنظام المُخطاف المستخدم

تُؤثر الأعماق على ارتفاع الموج، والأقصر هي المسافة من القاع إلى سطح البحر؛ والأعلى من ذلك يكون هو الارتفاع الناشيء عن شدة الرياح المُتعادلة. في حالة المياه الضحلة، يُمكن أيضاً كسر حدة الأمواج (تصفح الشكل رقم 9)، وهذه الظاهرة مُدمرة للغاية لأي مرافق استزراع سمكي مثل الأقفاص العائمة أو مراكب الأعلاف. في هذه الحالة تُمثل الأمواج كُتلة مُتحركة تُسبب ضغط تمدُد مُستمر على مُكونات نظام التثبيت، لذلك عند اختيار موقع من بين المواقع المُختلفة التي تتعرض للرياح بنفس القدر، يكون من المُمارسات الجيدة اختيار الموقع الأكثر عُمقاً.



شكل (9): نشوء لأمواج

هُناك ظاهرة أخرى تُسمى الموجة المُرتدة أو «الموجة الراجعة» التي يُمكن أن تنشأ حتى في المواقع العميقة جداً إذا كان الموقع على بُعد مسافة قصيرة جداً من الساحل، على سبيل المثال؛ حينما يرتفع الشاطئ بشكل حاد كجدار صخري. في هذه الحالة تصطدم الموجة بالساحل الصخري وتعكس قوتها في موجة مُرتدة، التي بمُجرد تداخُلها مع الموجة القادمة التالية، فإنها تُضاعف ارتفاعها وقوتها. هذا يُمكن أن يكون له آثار مُدمرة على الأقفاص وخاصةً على الشباك، التي يُمكن أن تتضرر بشدة بهذا النوع من الأمواج.

المواقع التي يَزيد العُمق فيها عن 40 متر تزداد فيها صعوبة تنفيذ عمليات التفتيش تحت الماء، التي يجب أن تتم بشكل دوري من قبل الغواصين لصيانة المخاطيف ونظام التثبيت. على الرغم من أن الصيانة تتطلب مُراقبة بشكل مُتقطع، لأسباب الصحة والسلامة، فإنه لا يُنصح بأن يقوم الغواصين بالغطس بانتظام لأعماق تقل عن 40 متر. حتى في الأعماق الضحلة، سيكون من الضروري توظيف فريق غطس مُدرب تدريباً جيداً ومن ذوي الخبرة، لتنفيذ تقديرات مُماثلة لنُظم التثبيت.

يُمكن إجراء تحديد لمواقع المزارع السمكية في المياه العميقة (على سبيل المثال، هذا هو الحال عادةً في الخلجان النرويجية حيث توجد المواقع في أعماق مياه تصل إلى 300 متر)، ولكن تكون هُناك حاجة لطُرق بديلة لاستعادة المخطاف ، مثل وجود العوامة المُعلقة بشكل دائم بكل مرساة إلى السطح، والتي تسمح باسترجاع المرساة بواسطة الونش الموجود على سطح القارب، حيث يُمكن إجراء عملية الصيانة قبل إعادة نقل المخطاف.

2-4 أقصى ارتفاع للموج واتجاهه ومُدته

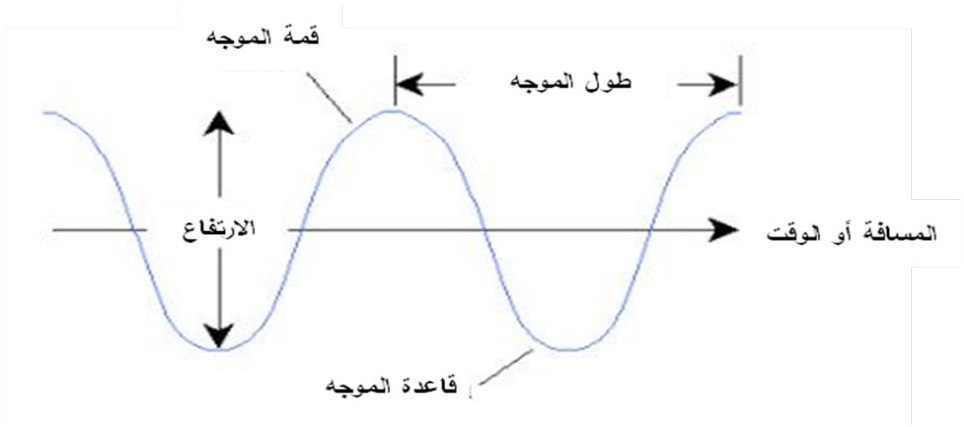
ارتفاع ومنشأ الموجة الرئيسي هُما أكثر الظواهر الهامة التي يجب مُراعاتها عند اختيار موقع، سواء لمُلائمته للاستزراع السمكي أو لاختيار التقنية المُزمع استخدامها.
وتتأثر الأمواج عامةً بأربعة عوامل بيئية:

1-2-4 سُرعة الرياح
2-2-4 مُدة هبوب الرياح
3-2-4 جلب الريح (طول المسافة الذي تهب فيها الرياح دون عوائق)
4-2-4 عُمق المياه

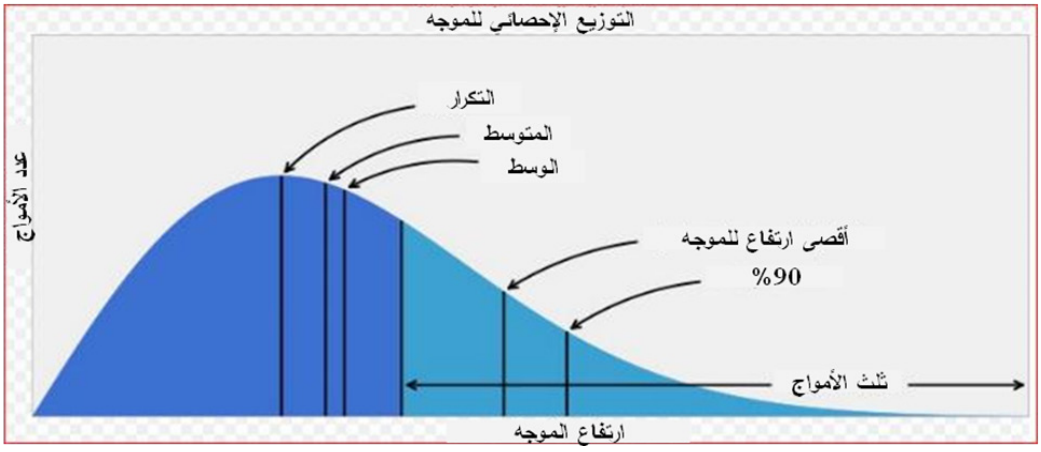
تتناسب العوامل الثلاثة الأولى مُباشرةً مع أبعاد الموجة (حجمها) وكُلما زادت قيمتها سوف يزداد ارتفاع الموجة..
يتم قياس الأمواج، على وجه الخصوص، من حيثُ:

- ارتفاع الموجة: من القمة إلى القاع، وتُقاس بالأمتار (شكل رقم 10).
- طول الموجة: المسافة بين القمم المُتتالية، وتُقاس بالأمتار.
- المُدة: الفاصل الزمني بين مرور اثنين من القمم المُتتالية، وتُقاس بالثواني.
- الاتجاه: الاتجاه الذي تأتي منه الموجة، ويقاس بالدرجة الشُعاعية (الزاوية).

ويتم قياس ارتفاع الأمواج عموماً كأقصى حد لارتفاع الموجة (Hmax) أو أقصى ارتفاع بين قمة الموجة وقاعدتها، أو كأكبر ارتفاع للموجة (HS) أو موجة ذات امتداد مُساوي لمُتوسط عرض الثُلث الأعلى من الأمواج والفترة المُساوية لمُتوسط فترة الأمواج المُتوقعة (شكل رقم 11).



شكل (10): مُصطلحات أبعاد الموجة



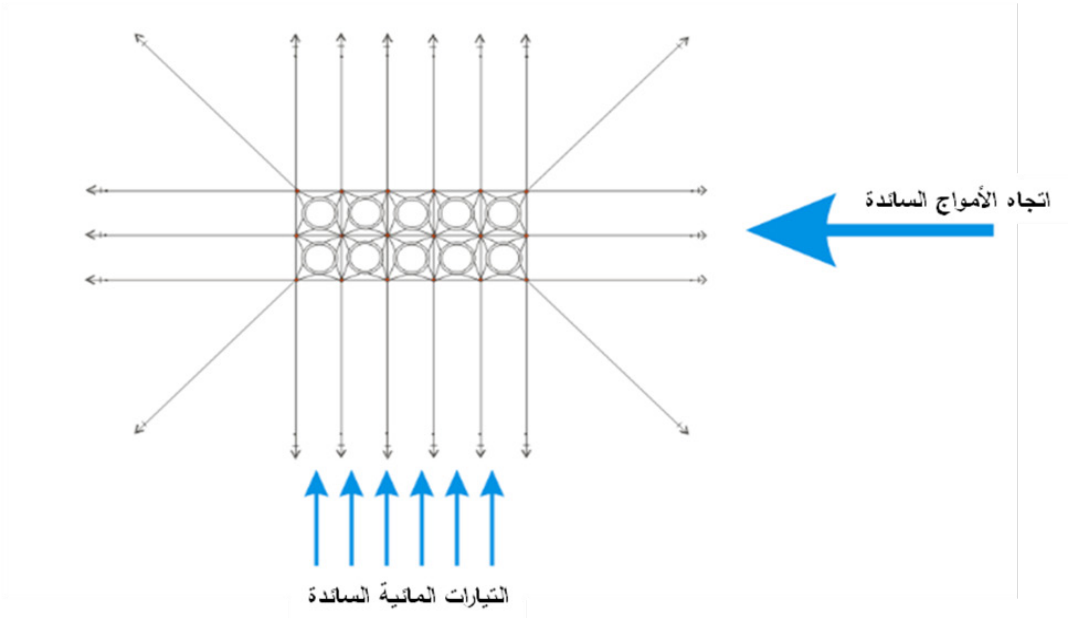
شكل (11): التوزيع الإحصائي لارتفاع الأمواج البحرية

ولذلك فإن الموجة أحد العوامل الرئيسية المُحددة لإنشاء أقفاص الاستزراع السمكي البحري. في السنوات الأخيرة، تغيرت المواد المُستخدمة في تصنيع الأقفاص العائمة تدريجياً من المعادن إلى البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE). هذه المواد البلاستيكية مرنة جداً ولها قدرة مُمتازة على التوائم مع حركة الموجات البحرية المُتكررة، ويوصى باستخدام أقفاص عالية الجودة من البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) في المملكة العربية السعودية.

بطبيعة الحال يجب أن يكون قُطر القفص مُناسباً وفقاً لارتفاع الأمواج ومُدتها، ويوصى عموماً بحيازة أقفاص كبيرة (في القُطر) في المواقع التي تتكرر فيها الأمواج العالية.
في المواقع ذات الأمواج قليلة الارتفاع، ولكنها تستمر لفترة قصيرة جداً، فإن استهلاك المواد المصنوع منها الأقفاص يزيد بشكل كبير. في هذه الحالة، على الرغم من أن الأمواج لا تنقل قدر كبير من الطاقة إلى هياكل الأقفاص، إلا أنها تكون مُؤثرة بشكل أكبر نتيجة زيادة تكرار ارتطام الأمواج لهيكل القفص (أعلى فترة للموجة).

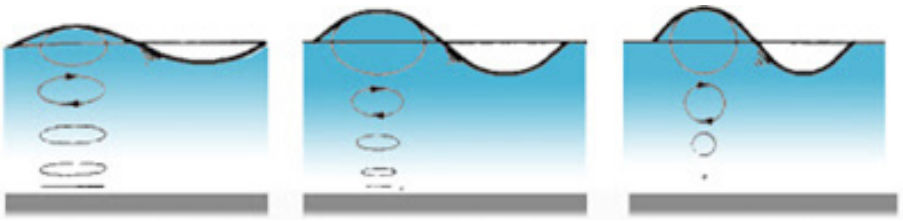
الاتجاه الرئيسي للموجة مُبين بالدرجات أو الزوايا، يُحدِد عموماً اتجاه نظام التثبيت؛ لذلك فمن الأفضل دائماً أن يكون هناك مؤشراً أكثر تفصيلاً لاتجاهات الأمواج المُختلفة في الموقع الذي تم اختياره، للحصول على تصميم أكثر دقة لنظام التثبيت.

في نظام التثبيت المُتشابك الأربطة، حيث تكون هُناك عادةً عدة أقفاص موضوعة كوحدة هيكلية واحدة، من المُتعارف عليه عموماً أن تكون الأقفاص مُوجهة بحيث تكون الحافة القصيرة من أربطة التثبيت في نفس اتجاه الأمواج السائدة (شكل رقم 12)، في حين أن الحافة الطويلة من الهيكل مُواجهة للتيارات السائدة. وإذا لم يكُن للتيارات والأمواج السائدة اتجاه متعامد كما هو مبين في الشكل التالي، فمن الأفضل مُراعاة أن تكون أربطة التثبيت بمُحاذاة اتجاه الأمواج أولاً.



شكل (12): اتجاه نظام التثبيت في مزارع الأقفاص السمكية

حركة الأمواج في المياه الضحلة ليست هي نفس حركتها مُقارنةً بمواقع المياه العميقة.
رغم أن حركة الأمواج تتكون من حركات مدارية للجزيئات التي يتناقص فيها نصف القطر حتى تختفي عندما تنحدر تدريجياً من السطح إلى القاع؛ في المياه الضحلة تتأثر الحركة المدارية من خلال احتكاكها بقاع البحر، وهذا الاحتكاك يُسبب حركة أفقية بالإضافة إلى الحركة المدارية (شكل رقم 13). عندما يكون طول الموجة كبير (الموجة الطويلة) وتنتقل خلال الموقع الذي يقل عُمق المياه فيه عن نصف طول الموجة، فمن المُحتمل أن يزداد تأثير ذلك على قاع البحر، فتزداد الحركة الأفُقية للموجة وتُؤدي إلى المزيد من تكسُر الأمواج على سطح المياه.



شكل (13): الحركات المدارية للأمواج

مثل هذه المناطق يجب تجنُبها عند اختيار مواقع الأقفاص السمكية، حيث تُسبب حركة المياه خلال هبوط الأمواج (المُتكسرة) يسبب ضغط هيكلي مُرتفع على المُعدات وأيضاً إجهاد فسيولوجي على الأسماك المُستزرعة.

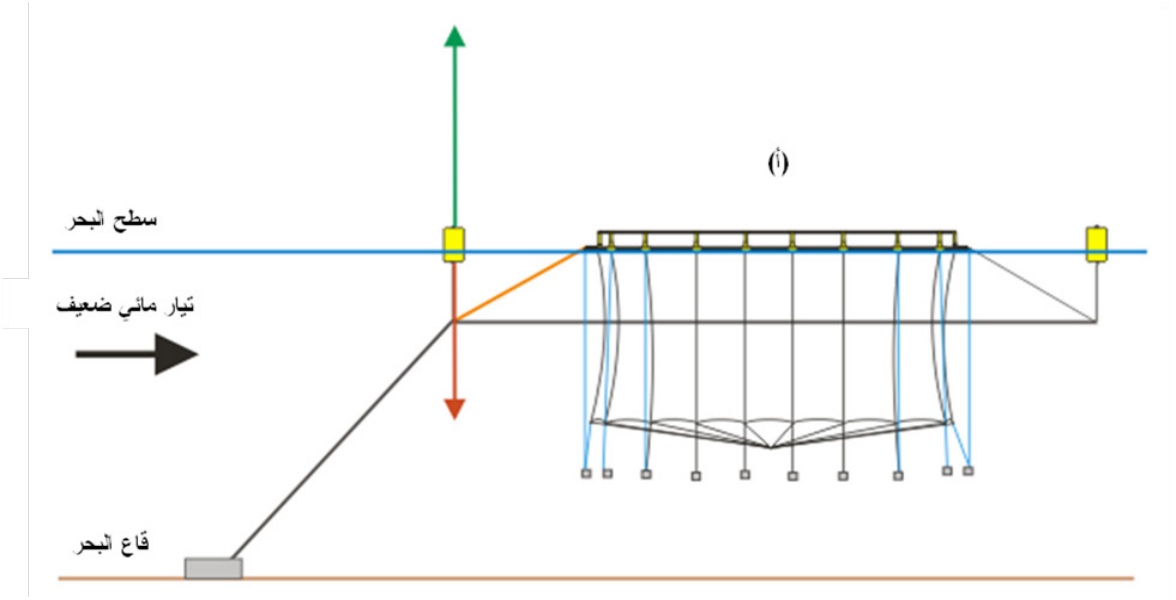
3-4 سرعة التيار الرئيسي واتجاهه

إن سُرعات التيارات البحرية المُرتفعة ارتفاعاً طفيفاً لها تأثير إيجابي على صحة وسلامة الأسماك المُستزرعة والبيئة المُحيطة بالمزرعة، وذلك نتيجة لزيادة مُعدل تغيير المياه وما يترتب عليه من المُحافظة على المُستوى الأمثل من الأكسيجين في الأقفاص، وفي نفس الوقت زيادة تشتُت فضلات الأسماك والأعلاف الغير مأكولة، وبالتالي انخفاض مُعدل ترسيبها. ومع ذلك، يُمكن لسرعات التيارات المُرتفعة أن تُؤثر سلباً على مُعدات الاستزراع.

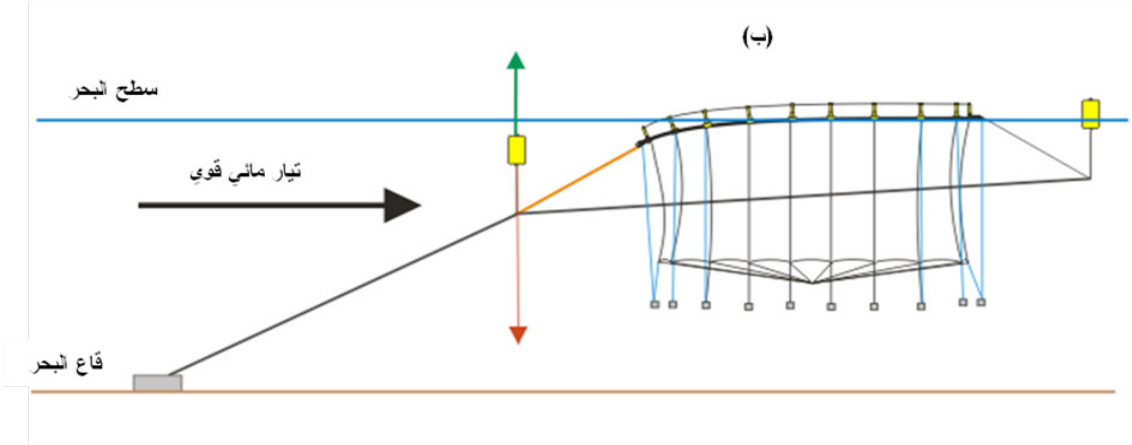
تُضفي التيارات البحرية قوة سحب إضافية على نظام التثبيت علاوة على قوة الأمواج الفعلية الموجودة والدائمة على مُكونات المُخطاف. هذا الحمل قد يُولد تأثيراً شديداً على كلٍ من المخاطيف والكتل الخرسانية، خصوصاً عندما يكون قاع البحر صخرياً وتوضع عليه مخاطيف المرساة وليس في رواسب القاع.
في المناطق الضحلة، أو التي يكون فيها قاع البحر أملس (مثل الطين والرمال الموحلة)، قد تُحدث إزاحة لمنطقة المرساة في قاع البحر نتيجة للتيارات المائية العميقة، التي تكشف المخاطيف وتُقلل بشكل كبير من قوتها القابضة. تتطلب الإزاحة في مثل هذه المناطق إعادة تنظيم وتوزيع المخاطيف بشكل مُستمر ومُنتظم، بحيث يتم الحفاظ عليها داخل الموقع المُؤجر.

داخل نظام التثبيت، يُضفي التيار المائي أيضاً ضغطاً كبيراً على طفو عوامات التثبيت الطافية في المياه، وينتج عن التيارات المائية الأكبر قوة غمر إضافية أعلى من قُدرة مطاطية حبال التثبيت الطبيعية، مما يُمكن أن يُؤدي إلى كسر كارثي وفُقدان الأقفاص والأسماك.

يُوضح شكل رقم (8) أنه إذا تعرضت الأقفاص لتيارات بحرية أكبر (السهم الأسود) فإن الشبكة سوف تُولد قوة سحب يتم تحميلها على نظام التثبيت، وتتعرض عوامات نظام التثبيت إلى قوة الشد الرأسية الهابطة (الأسهم الحمراء) المُتولدة بواسطة التأثير التراكمي للأعباء على الحبال (الخط البرتقالي) ورباط التثبيت (الخط الأسود). هذا العبء الهابط يتعارض مع قوة الطفو الصاعدة (الأسهم الخضراء) (قفص « أ » – شكل رقم 14). إذا كانت العوامات صغيرة جداً نسبةً إلى سرعة التيار المائي الكبيرة (قفص « ب » – شكل رقم 15)، فإن طفو العوامات يكون أقل من العبء الهابط وسوف تُصبح العوامة وطوق القفص مغمورين في حالات التيارات المائية القوية.

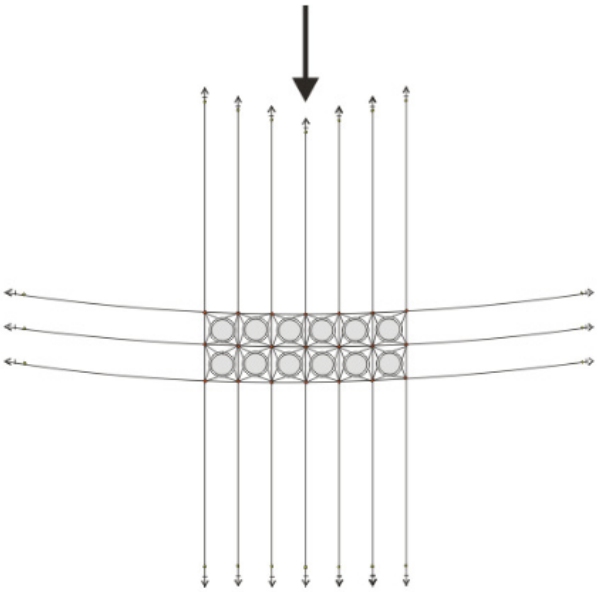


شكل (14): تأثير التيارات المائية على القفص عند التقدير الصحيح لطفو العوامة

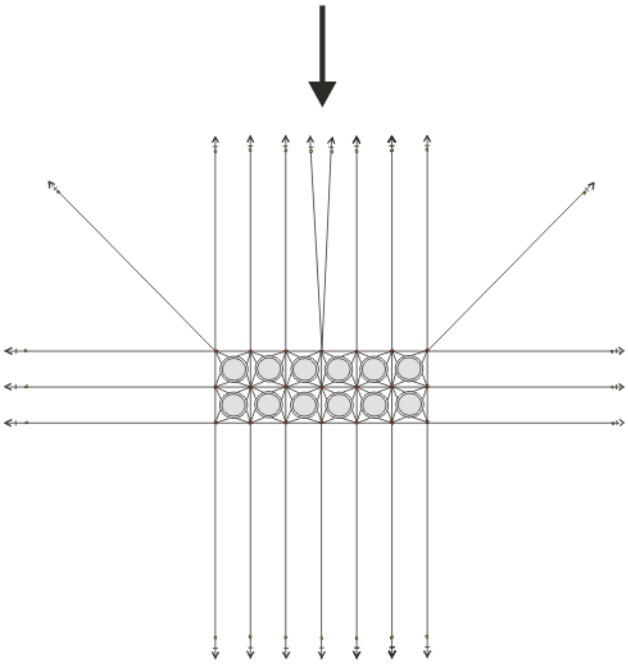


شكل (15): تأثير التيارات المائية على القفص عند إهمال تقدير طفو العوامة

يرجع تحديد إتجاه المزارع السمكية أيضاً وبشكل جزئي إلى التيار المائي فضلاً عن اتجاه الموجة الرئيسي. عندما تكون التيارات القوية مُتعامدة على هيكل القفص، يكون من المُمكن أن يقع عبء كبير جداً على المخاطيف في المنطقة الوسطى من المراسي (شكل رقم 16)، وذلك يُمكن أن يولد ضغطاً شديداً على مُعدات الاستزراع (أي الحبال، هياكل الأقفاص والشباك) مما يُؤدي إلى احتمال تحطيمها وفقد الأسماك والمُعدات. إذا كانت التيارات قوية بما فيه الكفاية، فمن الأفضل تعريض الجانب القصير من أربطة التثبيت إلى اتجاه التيار القادم حتى يتعرض أقل عدد من الأقفاص إلى التيار الرئيسي، كما تم ذكره سابقاً (شكل رقم 12). إذا لم يكُن ذلك مُمكناً، يجب زيادة عدد حبال التثبيت (تكرار أعدادها) خاصةً في المنطقة الوسطى لنظام تثبيت الأقفاص (شكل رقم 17).



شكل (16): تأثير اتجاه الموجة المُتعامدة على نظام حبال التثبيت



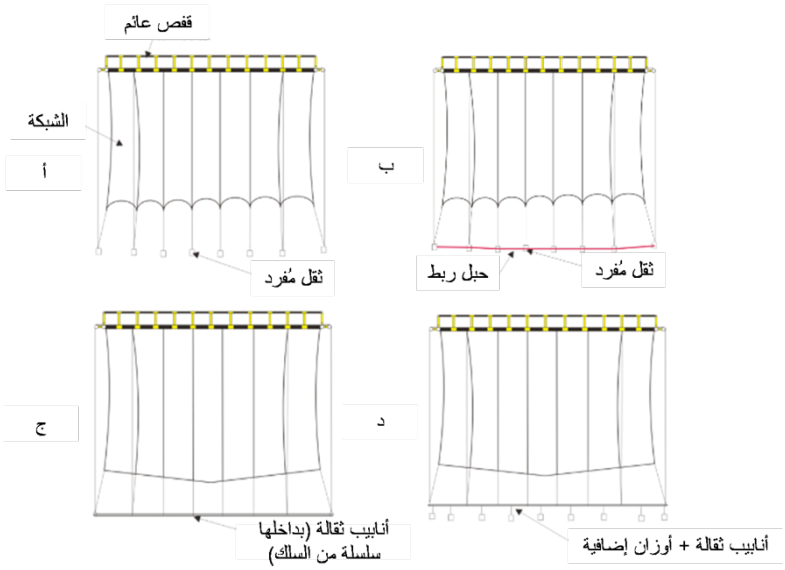
شكل (17): تدعيم أربطة التثبيت

من الواضح أن شباك القفص هي أحد أجزاء الأقفاص العائمة الأكثر تعرُضاً لضغط الجاذبية نظراً لمساحة سطحها الكبيرة التي يُمكن أن يؤثر عليها التيار المائي. سوف يؤدي الضغط الواقع على الشباك أيضاً إلى زيادة قوى الأحمال الواقعة على نظام التثبيت. يُوضح شكل رقم (18) تأثير زيادة سُرعة التيار المائي على تشوه الشباك (شكل الشبكة) ذات سعة الفتحات المُتماثلة، حيث تزداد قوة السحب مع زيادة سرعة التيار من أ = 0.3 متر/ ثانية ، إلى ب = 0.5 متر/ ثانية إلى ج= 0.7 متر/ثانية.

كنتيجة مُباشرة للتشوه الحادث في شكل الشباك؛ يقل حجم المياه الكلي داخل القفص، مما يُقلل من مُعدل تغيير المياه وبالتالي تجديد الأكسيجين داخل القفص مما يكون له تأثير مُباشر على صحة وسلامة المخزون السمكي.

يُمكن أن تزداد الضغوط عندما تكون سعة فتحات الشباك صغيرة جداً و/أو عندما تكون الخيوط المُستخدمة في تصنيع الشباك غليظة.

وقد تتضاعف الضغوط على البنية التحتية عندما يكون هُناك حشف كثيف على الشباك. كما هو مُبين أعلاه، تُسبب سرعة التيار المُرتفعة إنخفاض في الحجم المُتاح من شباك القفص، وبالتالي فإن سرعات التيار المُرتفعة تُجبر المُزارع على زيادة حجم الأثقال اللازمة للحفاظ على الشباك مُعلقة في الوضع الصحيح بشكل كبير، وذلك من خلال إضافة أوزان إضافية أو تثبيت أنابيب ثقالة (شكل رقم 19).



شكل (18): أنظمة أثقال الاتزان

4-4 أقصى ارتفاع للمد

يُمكن أن يُؤثر ارتفاع المد على طول أربطة التثبيت إلى الحد الذي ينبغي أن يكون عمق المياه فيه أعمق عند أقصى مد ربيعي. يجب أن يكون نظام التثبيت مرن بالقدر الكافي الذي يسمح ببعض الحركة صعوداً وهبوطاً ضمن مُستوى المد الكُلي في الموقع.
في البحر الأحمر، يتباين مدى المد بين 0.3 إلى 0.6 وفقاً للموقع.

5-4 سُرعة واتجاه الرياح الرئيسية

كما تم ذكرُه أعلاه، الرياح هي المُساهم الرئيسي في تكوين الموجة، ولذلك فمن الأهمية أن نعرف ونفهم كثافة الرياح المُحتملة واتجاهها والتي سوف تُشير إلى مصدر شدة تولُد الأمواج عبر الموقع.
تعمل الرياح السطحية على الأجزاء المكشوفة من مُعدات الاستزراع، حيثُ تعمل على زيادة الاحتكاك بها وإستهلاكها، وغالباً ما يكون ذلك بين الشباك والهياكل الداعمة لها. قد تُلحِق الرياح أيضاً ضرراً بالغاً بشباك الحماية من الطيور، بالإضافة إلى تأثيرها على ثبات دعاماتها.

الرياح بشكل عام يمكن أن تُعيق أو تجعل تنفيذ عمليات تربية الأسماك اليومية سواء للعاملين على القوارب أو الأقفاص أكثر صعوبة.

يتم قياس شدة الرياح بالعُقدة أو كم/ساعة، ولكن يُمكن تصنيفها أيضاً على أساس «مقياس بوفورت» كما هو مُوضح في جدول (7).

جدول (7): مقياس لشدة الرياح (بوفورت) مقياس بوفورت لشدة الرياح المُواصفات والسرعة المُكافئة

مقياس بوفورت	مُتوسط سرعة الرياح		حدود سرعة الرياح		المُصطلحات الوصفية للرياح	ارتفاع الموجة المُحتمل بالأمتار	أقصى ارتفاع مُحتمل للموجة بالأمتار	حالة البحر	المصطلحات الوصفية للبحر
	عقدة	م/ث	عقدة	م/ث					
0	0	0	أقل من 1	أقل من 1	هادئة	-	-	0	هادئة (ساكنة)
1	2	1	3-1	2-1	هواء خفيف	0.1	0.1	1	هادئة (مُتموجة)
2	5	3	6-4	3-2	نسيم خفيف	0.2	0.3	2	مُعتدلة (مُتموجة)
3	9	5	10-7	5-3	نسيم لطيف	0.6	1	3	خفيفة
4	13	7	16-11	8-5	نسيم مُتوسط	1	1.5	4-3	خفيفة إلى مُتوسطة
5	19	10	21-17	11-8	نسيم مُنعش	2	2.5	4	مُتوسطة
6	24	12	27-22	13-11	نسيم قوي	3	4	5	عاصفة
7	30	15	33-28	17-13	قريبة من الزوبعة	4	5.5	6-5	عاصفة إلى عاصفة جداً
8	37	19	40-34	21-17	زوبعة	5.5	7.5	7-6	عاصفة - مُرتفعة
9	44	23	47-41	24-21	زوبعة قوية	7	10	7	مُرتفعة
10	52	27	55-48	28-25	عاصفة	9	12.5	8	مُرتفعة جداً
11	60	31	63-56	32-29	عاصفة شديدة	11.5	16	8	مُرتفعة جداً
12	-	-	64 +	33 +	إعصار	14 +	-	9	هائلة

6-4 الحشف

الحشف هو أحد أهم مشاكل الاستزراع البحري ويُمكن أن يُسبب أضراراً جسيمة للشباك، إذا لم يتم مُعاملته بشكل صحيح. الحشف عبارة عن تركيبة مُختلطة من مُختلف الكائنات الحية النباتية والحيوانية البحرية؛ مثل الطحالب الدقيقة، الرخويات البحرية ذوات المصراعين، الشعاب المرجانية، الإسفنج، اللافقاريات المائية وبعض مفصليات الأرجل؛ التي تلصق نفسها بالشباك وجميع الهياكل المغمورة تحت سطح الماء (شكل رقم 20) والتي يُمكن بعد ذلك أن تُسبب أضراراً مادية أو مشاكل في الإنتاج.

التأثيرات الفيزيائية

أحياناً يلتصق الحشف بالشباك ككُتل مُتحجرة ذات قشور حادة جداً، والتي يُمكن أن تُسبب أضراراً كبيرة من خلال الاحتكاك وتآكُل الشباك والحبال، مما يؤدي إلى إهترائها وتمزقها في نهاية المطاف. علاوة على ذلك؛ إذا لم يتم صيانة وتنظيف الشباك دورياً وبشكل صحيح، فإن وزنها يزداد بشكل كبير مما يؤدي إلى وقوع ضغط إضافي على الهياكل الحاملة للشباك في مكانها وعلى طوق القفص السطحي. هذه الظاهرة تجعل الشباك أكثر صعوبة في التعامل معها عندما يلزم استبدال أو تغيير الشباك مما يترتب عليه زيادة في إجهاد المخزون السمكي في الأقفاص أثناء عملية التغيير.

التأثيرات الإنتاجية

تُسبب كائنات الحشف المُتعلقة بالشباك إنسداد فتحات الشباك ولا تستطيع المياه أن تتدفق خلال الأقفاص بكفاءة ويُنخفض معدل تجديد المياه بين المناطق الداخلية / الخارجية من أقفاص الأسماك. هذا يُؤدي إلى انخفاض مُعدل تجديد الأكسيجين الذائب في المياه الذي يُؤثر على نمو وصحة الأسماك ويزيد مُعدل النفوق (بسبب انخفاض الأكسيجين).

عندما يتم تغطية الشباك بهذه الكائنات الحية ذات القشور الصلبة فقد يتم جرح أو خدش الأسماك، مما قد يؤدي إلى إصابتها بالعدوى الثانوية وزيادة تعرُضها للأمراض والنفوق بنسب مُرتفعة. يُعتبر الحشف مُشكلة

بشكل خاص عندما تكون الأسماك صغيرة حيثُ تكون فتحة الشبكة أصغر حجماً ويُمكن انسدادها بسُرعة كبيرة؛ ولأن الأسماك الصغيرة تحتاج نسبياً إلى المزيد من الأكسيجين عن الأسماك الكبيرة، بالتالي قد تكون أكثر عُرضة لنقص الأكسيجين في الفترة التي يكون فيها مُعدل تجديد المياه منخفضاً. في المناطق التي يُصبح فيها الحشف مُشكلة، يكون طلاء الشباك بالمواد المانعة للحشف من المُمارسات الشائعة (شكل رقم 21) حيثُ يكون العنصر الرئيسي في المُبيد الحيوي هو أكسيد النحاس، الذي قد يكون ساماً للحيوانات والنباتات المائية شديدة الحساسية (وبالتالي قُدرته على الحد من الحشف). كمية (٪) المعادن الثقيلة (أكسيد النحاس) في المُنتجات التُجارية المانعة للحشف التي تُباع في الأسواق تعكس عموماً الحدود المسموح بها وفقاً لقواعد الصحة والأمان.

7-4 الشكل الظاهري لقاع البحر

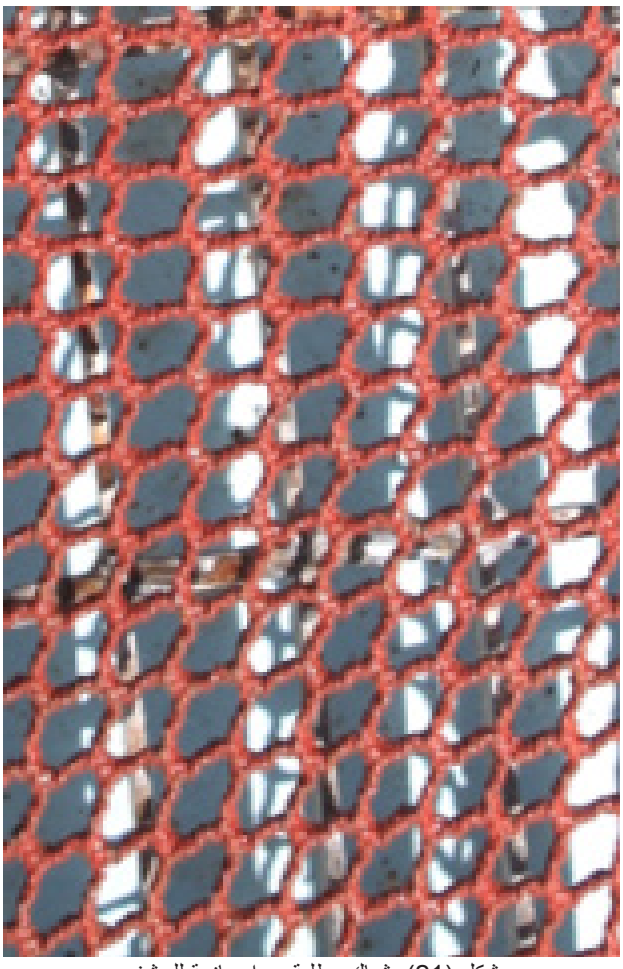
من الضروري تحديد الشكل الظاهري لقاع البحر وذلك لكي يُمكن تحديد أبعاد ونوع نظام التثبيت المُستخدم بسهولة، حيثُ يُحدد نوع مكونات القاع نوع المخاطيف اللازمة.

عندما تكون رواسب القاع ناعمة «متحركة» (شكل رقم 22) (مثل قاع البحر الرملي أو الطميي) يُفضل استخدام المُخطاف (المخاطيف المحراثية) (شكل رقم 25). يجب تقدير سُمك طبقة قاع البحر الناعمة من أجل السماح للمُخطاف باختراقها بشدة (شكل رقم 24)؛ ويجب أن يكون سُمك قاع البحر على الأقل بضعة أمتار للسماح للمُخطاف باختراق قاع البحر بشكل صحيح (-1 شكل رقم 24 وشكل رقم 26). من اللازم أن تكون عملية اختراق المُخطاف لقاع البحر الرملي بعُمق لضمان أن قوى شد البنية الأساسية للقفص الواقعة على المُخطاف مُتوازنة مع قوة تثبيت المخطاف نفسه (4 – شكل رقم 24).

عندما تتكون رواسب القاع من مكونات صلبة أو صخرية (شكل رقم 23)، وعندما يصعب اختراق المخاطيف المحراثية لطبقة القاع بشكل صحيح، فإنه من الأفضل استخدام مخاطيف الأثقال النوعية (مثل الكتل الخرسانية، شكل رقم 27) التي يجب أن تُصنع بشكل صحيح.

يجب أن تُصنع مخاطيف الكتل الخرسانية باستخدام حديد التسليح الداخلي (شكل رقم 28)، وأن يكون عرض قاعدتها أكبر من ارتفاعها (W أكبر من H

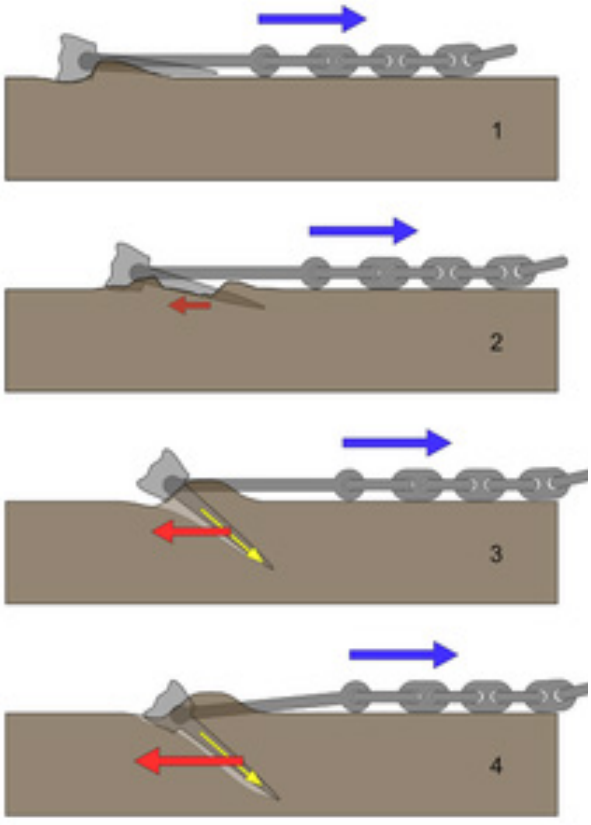
شكل (20): شباك مُصابة بالحشف



شكل (21): شباك مطلية بمواد مانعة للحشف

شكل (23): قاع البحر الرملي

شكل (22): قاع البحر الصخري



شكل (24): طريقة تثبيت المخطاف المحراثي8

– شكل رقم 29)، مُثبت بها حلقات إضافية بارزة من الفولاذ (b – شكل رقم 29)، ويمُر بها فتحة أنبوبية يمكن إدخال سلسلة من خلالها (a – شكل رقم 29) ولها شكل مُحدب عند القاعدة (c – شكل رقم 29).

وتستخدم هذه التفاصيل الإنشائية لزيادة كفاءة الكتلة الخرسانية من خلال زيادة ثباتها على القاع وفي نفس الوقت تمديد عمر المكون.

تُستخدم هذه التفاصيل الإنشائية لزيادة كفاءة الكُتلة الخرسانية عن طريق زيادة ثباتها على القاع وفي نفس الوقت تمديد عمر المُكون.

شكل (25): المخطاف الرملي

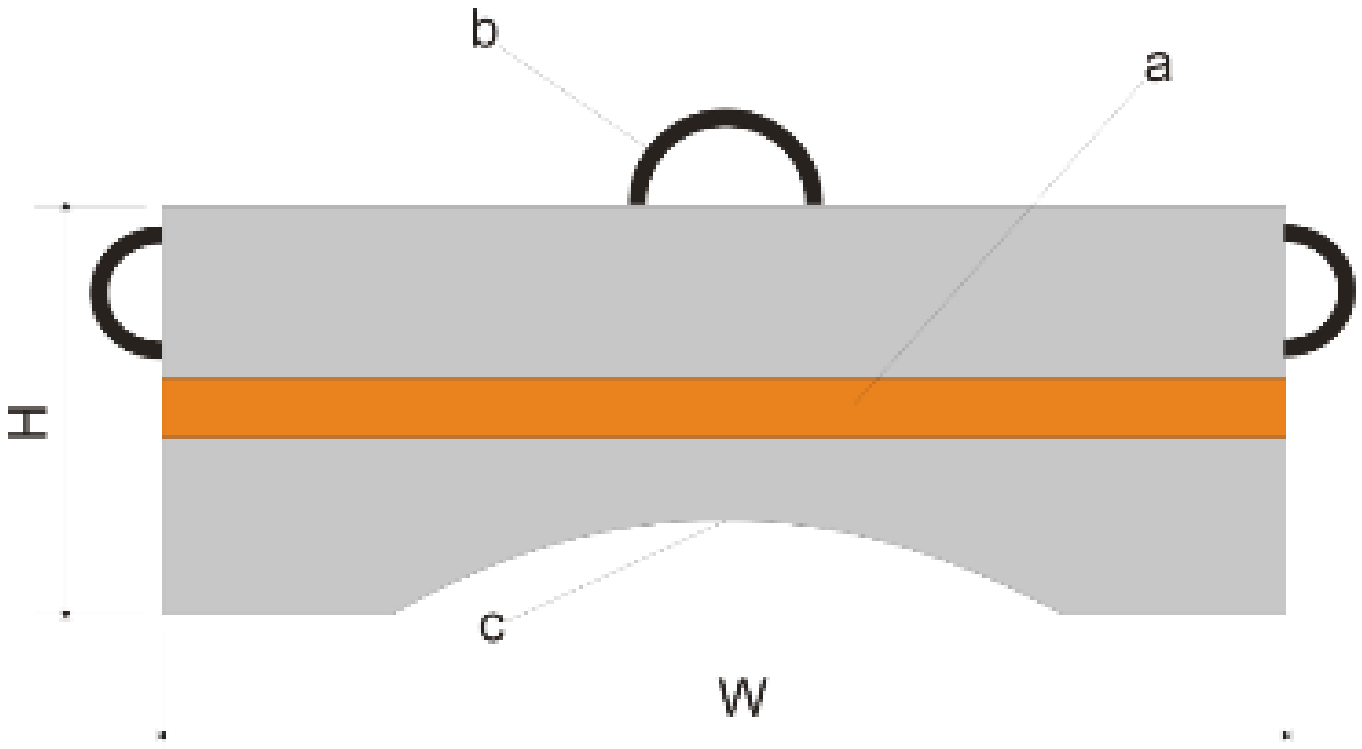
شكل (26): تثبيت المخطاف في قاع البحر

قاع البحر، سواء كان من الرمل أو الصخور، فإنه يُمكن أيضاً أن يُسبب تآكل لمكونات نظام التثبيت الموجودة في الأعماق الأكبر والتي تُلامس قاع البحر. لهذا السبب يجب أن تُحفظ الحبال داخل المياه وتُربط بالمخطاف باستخدام سلاسل قوية.

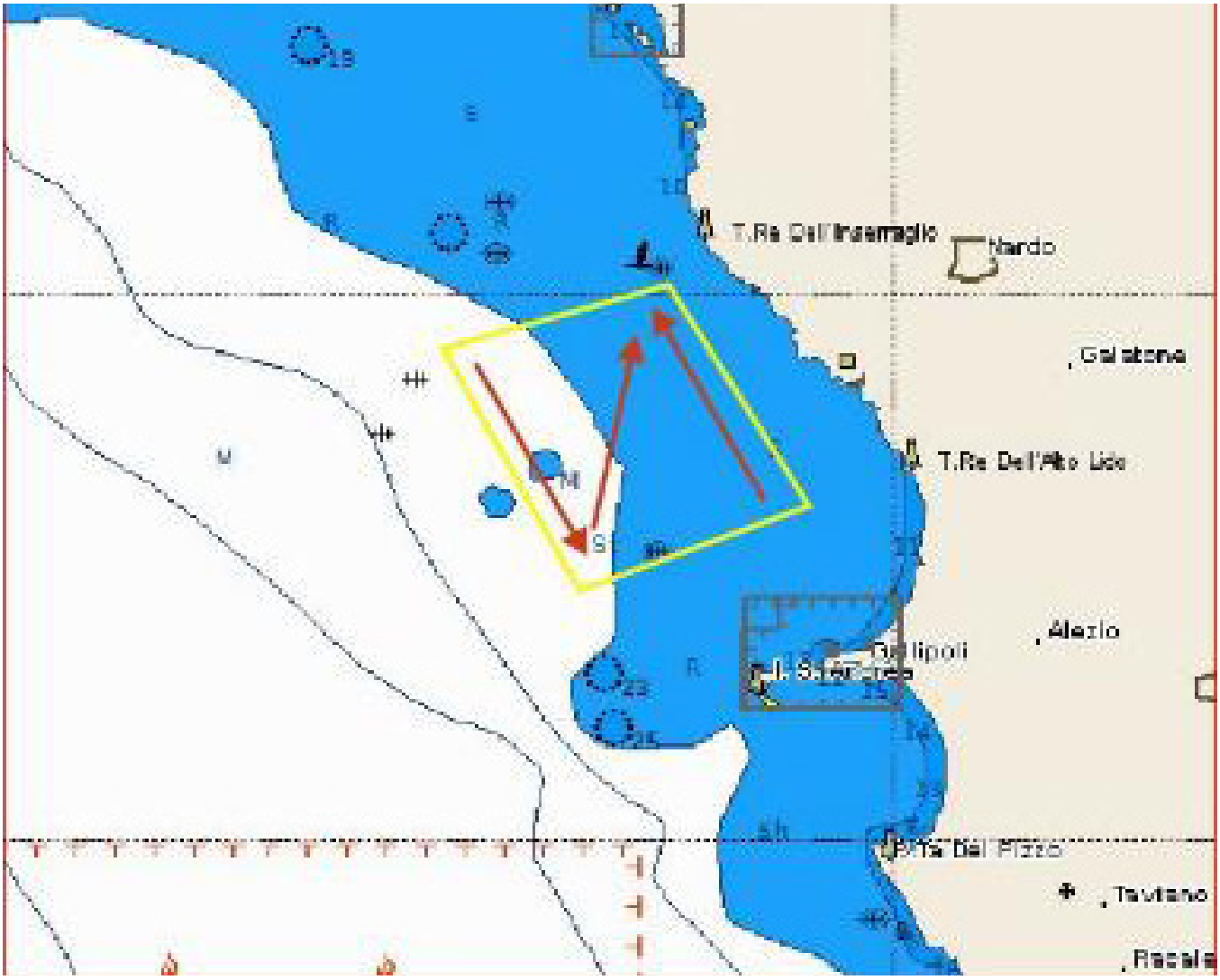
نادراً ما يكون قاع البحر مُتجانس، ومن المُمكن أن تجد مناطق صخرية مُتعاقبة مع مناطق رملية – طمييية. في هذه الحالة لا بد من إجراء مسح بواسطة السونار Echosounder من أجل التحقُق من الشكل الظاهري الموجود لقاع البحر. يُوضح شكل رقم (30) احد الاختيارات لمسح القاع باستخدام ممر قاعدي لإجراء دراسة مسح شامل بسيطة وواقعية للمنطقة التي سيتم تثبيت مزرعة الأسماك فيها.

شكل (27): تثبيت الكُتل الخرسانية

شكل (28): الهيكل الفولاذي الداخلي للكُتلة الخرسانية



شكل (29): تصميم كُتلة خرسانية مُناسبة لقاع البحر الرملي



شكل (30): نظام المسح الضوئي لقاع البحر أثناء فحص الموقع الجديد

يتم تعريف الاستدامة البيئية طويلة الأجل لتطوير المزرعة السمكية، بوضوح إلى حد بعيد، فيما يتعلق بالتأثير الذي سيكون للمزرعة على البيئة المُحيطة بها وعلى النطاق البيئي الأوسع، وما إذا كان هذا التأثير ذو آثار سلبية خطيرة تضُر بالبيئة عند تجاوز المُستويات المقبولة، أو لديها نتائج سلبية على المزرعة نفسها. عند اختيار الموقع المُستدام على المدى الطويل، يجب الأخذ في الاعتبار المبادئ التطبيقية لمنهج النظام البيئي لمشاريع الاستزراع المائي (EAA)9 الذي يدعم المادتين 9 ، 10 من مُدونة سلوك الصيد الرشيد (CCRF)10. يُعرف منهج النظام البيئي لمشاريع الاستزراع المائي (EAA) بأنه «استراتيجية لتحقيق تكامُل النشاط داخل النظام البيئي الشامل بحيثُ تُعزز التنمية المُستدامة، والعدالة والمرونة للنظم الاجتماعية والبيئية المُتصلة بها».

تعني تنمية الاستزراع المائي المُستدام بيئياً بشكل أشمل أنه لا ينبغي أن ينتج عن تربية الأحياء المائية اضطراب كبير في أداء النُظم البيئية الطبيعية، يُمكن أن يؤدي إلى فُقدان التنوع الحيوي أو ينشأ عنه تلوثاً كبيراً، ويعني الجُزء الأخير، ومن الجير الإشارة هُنا، إلى أن استزراع الأسماك له وسوف يكون له تأثيراً على البيئة وليس هُناك سبباً للظن بغير ذلك. حيث أن فضلات نُظم الاستزراع المفتوحة في صورة حبيبات علفية غير مأكولة وفضلات الأسماك الصلبة والمُخرجات الذائبة المُفرزة تدخُل إلى البيئة مُباشرةً، لذا سيكون لها مُستوى قليل من التأثير؛ والمُهم هو مدى هذا التأثير والتقليل أو التخفيف من آثاره عند اختيار الموقع وبشكل أعم لأجل الاستدامة البيئية.

5. المعايير البيئية ذات العلاقة بالاستدامة البيئية

في هذا القسم نُناقش باختصار تقييم الطاقة الاستيعابية، تأثير ترسُب العناصر الغذائية، والنظم البيئية الهشة ومواقع المزارع السمكية كوسائل لتجميع الأسماك. يوفر هذا القسم تحديداً إرشادات عامة فقط، مع المعايير اللازمة التي تحتاج إلى وضعها على الصعيد المحلي.

5-1 تقدير الطاقة الاستيعابية

نشرت مُنظمة الأغذية والزراعة مُؤخراً تقديراً لاختيار موقع الاستزراع المائي[11] وطاقته الاستيعابية. في هذا العرض والمراجع المُشار إليها فيه، يُمكن تعريف الطاقة الاستيعابية بعدد من الطُرق تُكمل بعضها البعض في محاولة لتحديد الحد الأقصى للإنتاج الذي يُمكن للموقع أو المنطقة أو النظام البيئي أن يتحمله كليةً بشكل مُستدام على المدى الطويل. تم تحديد الطاقة الاستيعابية في هذه الوثيقة تحت 4 فئات، تتلخص فيما يلي:

- الطاقة الاستيعابية الفيزيائية: تُحدد إمكانات التنمية الشاملة على أساس الخصائص الطبيعية للبيئة دون النظر إلى القيود المفروضة والتشريعات. بمعناها الحقيقي يتم استخدام هذه الفئة لتحديد المناطق التي من شأنها أن تكون مُناسبة، ولكن دون تقييم للحدود البيئية التي قد تُطبق داخل المجرى المائي.

[9] Available at http://www.fao.org/docrep/013/i1750e/i1750e01.pdf

[10] Available at http://www.fao.org/docrep/005/v9878e/v9878e00.htm#9

[11] Ross et al, 2013, Availableat http://www.fao.org/docrep/018/i3322e/i3322e.pdf

- الطاقة الاستيعابية الإنتاجية: تُحدد الحد الأقصى المُمكن لإنتاج الاستزراع المائي، وتُطبق عادةً على مُستوى الموقع، مع مراعاة استخدام العلف المُحتمل، ومُعامل التحويل الغذائي والأعمال الإدارية الأخرى للتوصل إلى ماهية مُستوى الإنتاج المُتوقع في أي موقع مُحدد، وسوف تشتمل هذه على تقدير الاحتياجات الاقتصادية، لضمان أن الاستثمار اللازم لموقع مُعين وعند مُستوى مُحدد من الإنتاج مُتاح وآمن.
- الطاقة الاستيعابية البيئية: هي حجم الإنتاج الذي يُمكن تحقيقه دون أن يؤدي إلى حدوث تغيُرات سلبية كبيرة على البيئة والعمليات البيئية، وأنواع الأسماك والسكان، والمُجتمعات والخدمات.
- الطاقة الاستيعابية الاجتماعية: هي حجم الاستزراع المائي الذي يُمكن الاستثمار فيه دون حدوث آثار اجتماعية.
- في سياق الحديث عن اختيار موقع الاستزراع المائي، تختلف البيانات اللازمة لتقييم كل مكون من مكونات الطاقة الاستيعابية؛ وتوفر مُنظمة الأغذية والزراعة قائمة غير تفصيلية (جدول رقم 8).

جدول (8): بعض البيانات اللازمة لتقدير فئات الطاقات الاستيعابية المُختلفة
12(مُختصرة من Ross et al., 2013)

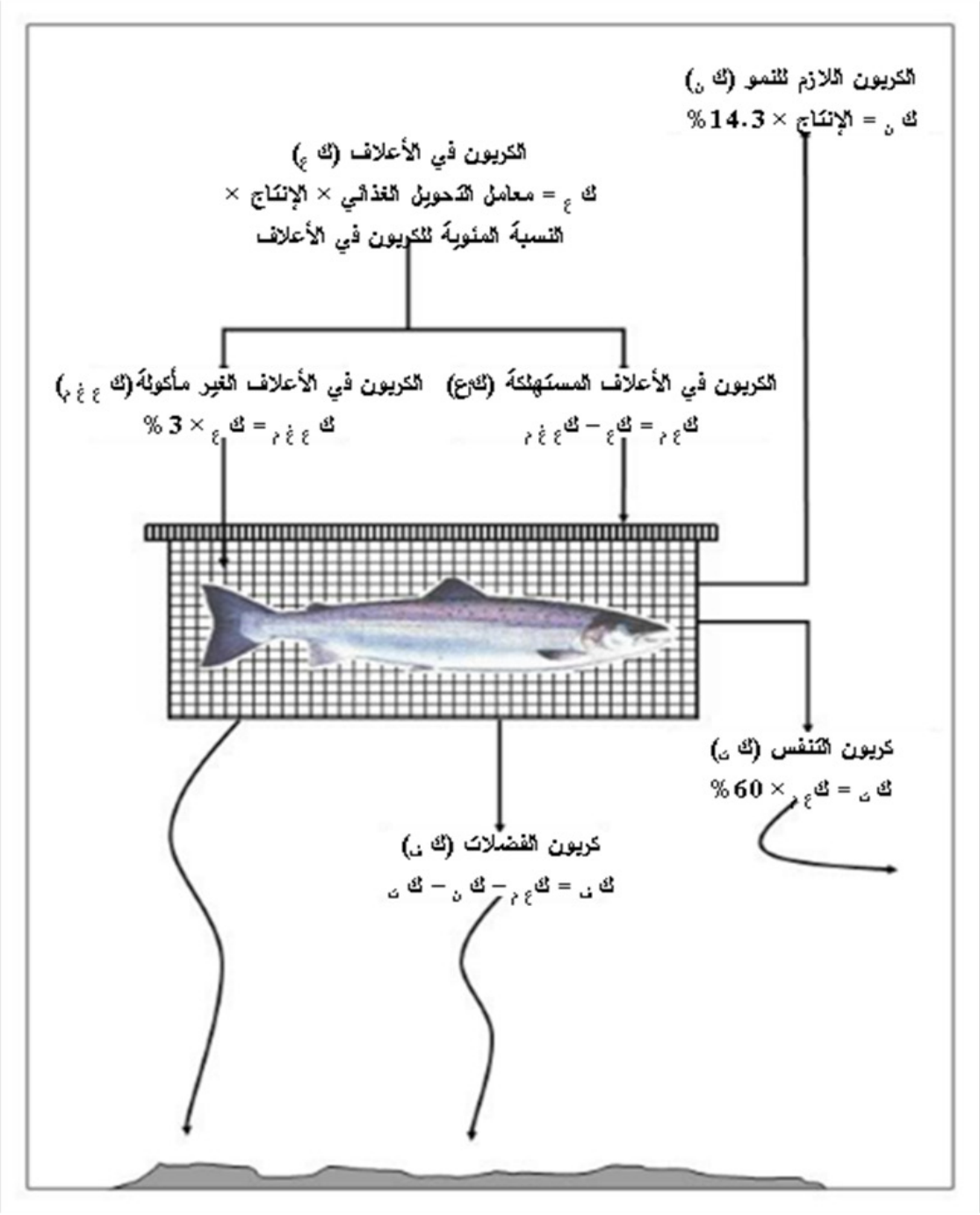
نظام الاستزراع	الطاقة الاستيعابية الفيزيائية	الطاقة الاستيعابية الإنتاجية	الطاقة الاستيعابية البيئية	الطاقة الاستيعابية الاجتماعية
النظام (١): الأقفاص البحرية الساحلية	- الرياح. - الأمواج. - التيارات المائية. - العمق. - درجة الحرارة. - درجة الملوحة. - البنية التحتية. - إلخ	- درجة الحرارة. - درجة الملوحة. - نوع العلف. -التكاليف الاستثمارية. - الأسواق. - إلخ	- البيئات الحرجة. - التنوع البيئي. - مؤشرات التشبع بالعنصر الغذائية. - بيانات تقييم التاثيرات البيئية بشكل عام. - التأثير المرئي. - إلخ	- حقوق الدخول الى البحر والمنطقة الساحلية. - الحصول على رأس المال. - المستفيدون. - القوى العاملة. - إلخ

إن إعداد دراسات تقييم الطاقة الاستيعابية شيء بالغ التعقيد، على سبيل المثال؛ لتقدير الطاقة الانتاجية لموقع ومنطقة، مع ضمان عدم تجاوز الطاقة الاستيعابية البيئية وفقاً (على وجه العموم) لمعايير الجودة البيئية (EQSs) التي لم يتم اختبارها رسمياً داخل المملكة العربية السعودية. ومع ذلك، يُمكن إجراء جمع لبيانات مُعينة بواسطة الشركات، من خلال أخذ قياسات في الموقع التي يُمكن بعد ذلك أن تُدعم مفهوم القدرة الاستيعابية الشاملة بشكل أفضل.

2-5 ترسُب العناصر الغذائية

رُبما يكون أحد أكبر آثار الاستزراع في الأقفاص البحرية هو ترسُب جُزيئات الفضلات من الأقفاص على قاع البحر، وتأتي الفضلات في شكل أعلاف غير مأكولة وفضلات الأسماك، التي تنتشر على قاع البحر. كمية الجُزيئات والحيز الذي تترسب فيه هو مسألة مُعقدة تتأثر بالآتي:

- الحالة الفسيولوجية للأسماك؛ مدى قابلية الأسماك لتحويل الأعلاف إلى كتلة حية وكمية الفضلات الناتجة عن كل نوع من الأسماك.
- كمية الأعلاف المُضافة؛ وتقدير الكمية التي تظل غير مأكولة.
- سُرعة التيارات المائية؛ التي تقوم بتوزيع الفضلات في عمود المياه أُفُقياً.
- سُرعة الترسيب؛ وهو المعدل الذي تترسب به الجُزيئات والذي يتأثر بحجم الجُزيء وكثافته بالنسبة إلى مياه البحر ودرجة الملوحة وكثافة مياه البحر.
- عُمق المياه؛ حيث تُزيد المياه العميقة من وقت الترسيب وتسمح بانتشار الفضلات بقدر أكبر، وحينما تكون المياه ضحلة فذلك يعني أن قاع البحر قد يتأثر بالرياح والأمواج التي يُمكنها أن تُعيد بعثرة المواد المُترسبة ومواصلة نقلها وفقاً لسُرعة التيارات المائية.
- الأسماك الطليقة (في البيئة الطبيعية)؛ والمدى الذي تُستهلك فيه مواد الفضلات قبل أن تصل إلى قاع البحر.
    - ويُمكن تقدير كمية الفضلات بطريقة توازُن الكُتلة التي يُستخدم فيها تقدير الكُتلة الحية للأسماك ومُعامل التحويل الغذائي (FCR) لتقدير إجمالي مُدخلات الأعلاف، بينما يتم حساب المُخرجات بمُصطلحات فضلات الأعلاف؛ مُخلفات الأسماك؛ مُخرجات عمليات التنفس والإخراج؛ والمُخرجات الناتجة عن النمو (شكل رقم 31). وتتم الحسابات عامةً على مُحتوى العناصر الغذائية من الكربون (إطار رقم 2)، النيتروجين وربما الفوسفور.



شكل (31): حسابات إتزان كتلة الكربون، مثال من استزراع أسماك السالمون

الكربون اللازم للنمو: ك ن كربون الأعلاف: ك ع الكربون في الأعلاف المستهلكة: ك ع م
الكربون في الأعلاف الغير مأكولة: ك ع غ م كربون التنفس: ك ت كربون الفضلات: ك ف

إطار (٢): مثال لتقدير مُخلفات الكربون من مزرعة أقفاص بطريقة حسابات وزن الكتلة.

تقدير حسابات وزن كتلة مُدخلات ومُخرجات أي نظام وتحقيق التوازن بين العناصر بحيث يحدُث تكافؤ بينها (دون فقد أو اكتساب)، في هذه الحالة التي تتمحور حول تقدير الكربون من مزرعة الأسماك، لشرح أين يذهب الكربون المُضاف إلى المُدخلات وما هو هذا المقدار، نقدم هذا المثال لتوضيح الشكل ٣١ (ولكن مع قيم مُبسطة):

مقدار الكربون في المُدخلات العلفية = (مُعامل التحويل الغذائي × الإنتاج) × النسبة المئوية للكربون في العلف.

مقدار الكربون في العلف الغير مأكول = مقدار الكربون في المُدخلات العلفية × النسبة المئوية للعلف الغير مأكول.

مقدار الكربون في العلف المأكول = مقدار الكربون في المُدخلات العلفية– مقدار الكربون في العلف الغير مأكول.

مقدار الكربون في المحصول = الإنتاج × النسبة المئوية للكربون في الأسماك.

مقدار الكربون الخارج في التنفس والإفرازات = مقدار الكربون في العلف المأكول × النسبة المئوية للكربون الخارج في التنفس والإفرازات.

مقدار الكربون في مُخلفات الأسماك = مقدار الكربون في العلف المأكول – مقدار الكربون في المحصول – مقدار الكربون الخارج في التنفس والإفرازات.

مثال عملي:

الإنتاج = ١٠٠٠ طن متري

معامل التحويل الغذائي = ٢

النسبة المئوية للعلف الغير مأكول = ١٠٪

نسبة الكربون في الأسماك = ١٤٪

النسبة المئوية للكربون في العلف = ٥٠٪

النسبة المئوية للكربون الخارج في التنفس والإفرازات = ٦٠٪

على ذلك:

مقدار الكربون في المُدخلات العلفية = (٢ × ١٠٠٠) × ٥٠٪ = ١٠٠٠ طن

مقدار الكربون في العلف الغير مأكول = ١٠٠٠ × ١٠٪ = ١٠٠ طن

مقدار الكربون في العلف المأكول = ١٠٠٠ – ١٠٠ = ٩٠٠ طن

مقدار الكربون في المحصول = ١٠٠٠ × ١٤٪ = ١٤٠ طن

مقدار الكربون الخارج في التنفس والإفرازات = ١٠٠٠ × ٦٠٪ = ٦٠٠ طن

مقدار الكربون في فضلات الأسماك = ٩٠٠ – ١٤٠ – ٦٠٠ = ١٦٠ طن

في المثال المذكور أعلاه،

في المثال السابق، سوف تكون هناك حاجة إلى تقدير أو حساب للقيم المُستخدمة في أنواع مُحددة من الأسماك المُستزرعة، وسوف يتم تقديرها فقط في عموم أنواع الأسماك. القيمتين الرئيسيتين المذكورين آنفاً هما الموضوع تحتهما خط وتُمثلان ٢٦٠ طن من الكربون المُضاف إلى البيئة لكل ١٠٠٠ طن من الأسماك المُنتجة. هذه القيمة كبيرة وسوف ترسُب في قاع البحر، مؤديةً إلى زيادة تركيزات العناصر الغذائية في قاع البحر. بالإضافة إلى ذلك، هناك ٦٠٠ طن من الكربون ستدخُل إلى البيئة كمُخلفات ذائبة، مُعظمها في صورة ثاني أكسيد الكربون.

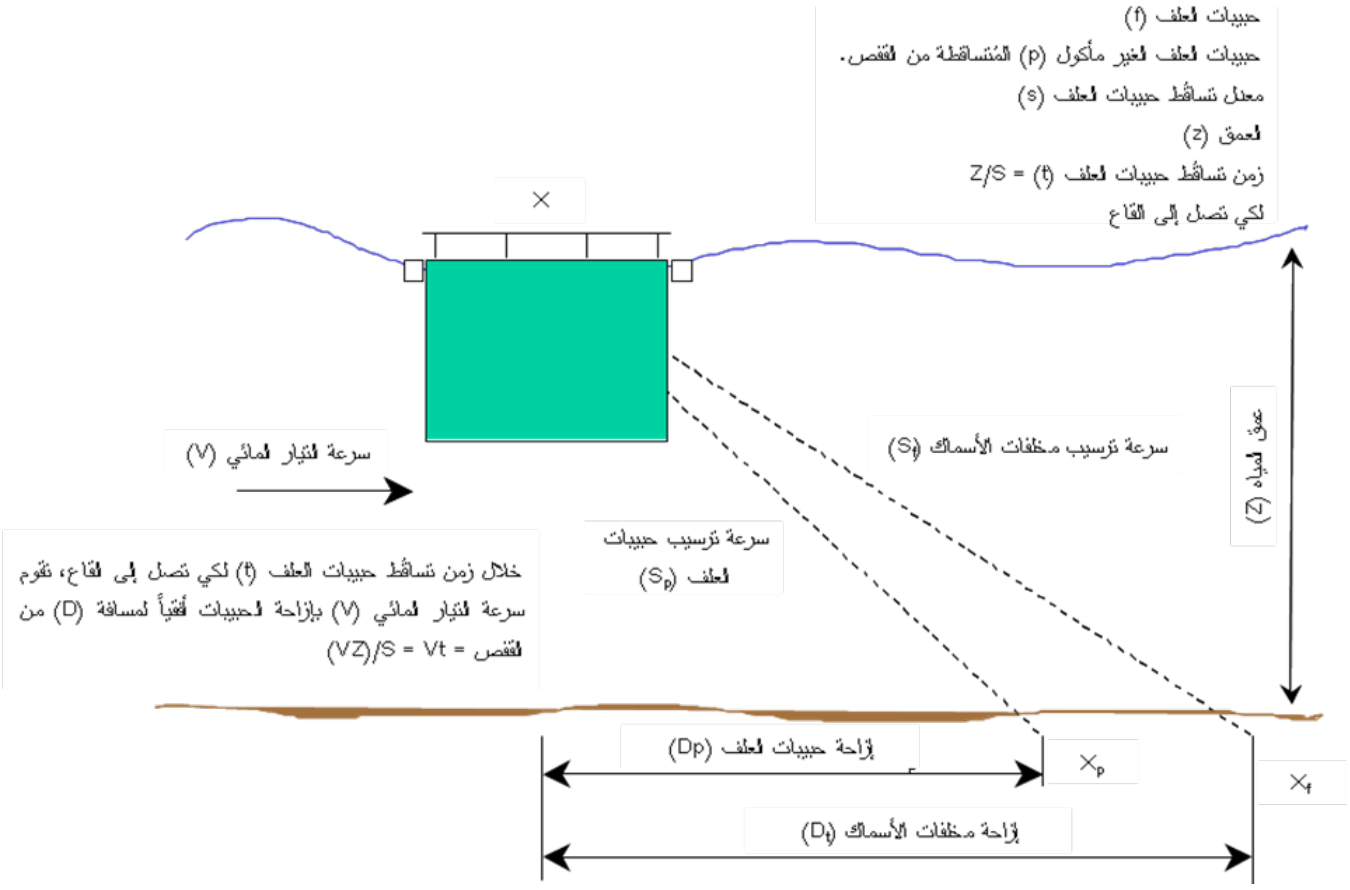
يُمكن تقدير توزيع جُزئيات المُخلفات في البيئة (الشكل 32) لتقديم تقييم عام عن مساحة الحيز المكاني الذي ترسُب فيه فضلات الأعلاف ومُخلفات الأسماك على قاع البحر، الكتلة الأكبر المُترسبة من مُخلفات الأسماك (انظر الإطار رقم 2) سوق تنتقل إلى حد أبعد من حبيبات الأعلاف نتيجة لبطيء سُرعة رسوبها (أصغر في الكُتلة والكثافة)، وإجمالاً يُمكن وضع صورة عامة لنمط الترسيب المُحتمل بالشكل رقم (33).

ومع ذلك، تجدُر الإشارة إلى أن عُمق المياه يُمكن أن يتغير في جميع أنحاء الموقع، فالمياه لا تتحرك في اتجاه واحد؛ بل يتغير اتجاهها في حالات المد المختلفة (أو الرياح)، كما يُمكن أن تتغير سرعة واتجاه التيارات المائية بتغيُر العمق، وكذلك فإن مُخلفات الأسماك (على وجه الخصوص) تختلف في الحجم والشكل ولها مُعدلات ترسيب مُتغيرة، كما هو الحال في فضلات الأعلاف.

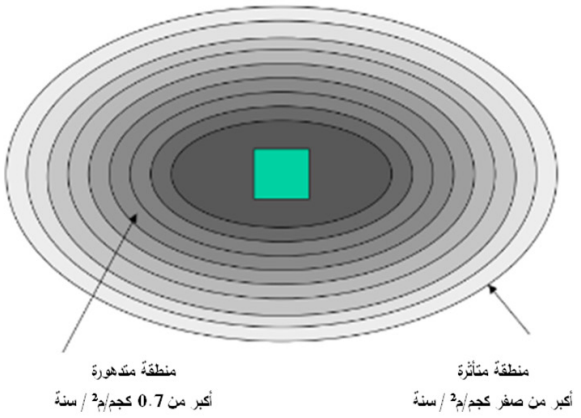
وبالتالي لا بُد من إجراء تقييم أكثر تطوراً لانتشار المخلفات باستخدام نماذج الحاسب الآلي، مثل MERAMOD13، التي لها القُدرة على مُعالجة التغير في الزمان والمكان.

فيما يتعلق باختيار الموقع، يكون انتشار المُخلفات مسألة خاصة بالمملكة العربية السعودية، حيث يكون من المُحتمل تواجُد المزارع السمكية بالقُرب من أنظمة الشعاب المرجانية، وسوف يكون من المُهم التأكُد من أن المُخلفات التي ترسبت من المزارع السمكية لن تنتشر فوق الشعاب المرجانية. من المُهم أن يتم قياس سُرعة واتجاه التيارات المائية في الموقع المُقترح وتسجيل عُمق المياه حتى يتسنى إجراء بعض تقديرات الانتشار الأفُقي المُحتمل لفضلات الأعلاف ومُخلفات الأسماك، لضمان عدم وضع الأقفاص قريبة جداً من نظام الشعاب المرجانية، ولا يُمكن تقديم أي معايير مُحددة بهذا الشأن لأنها سوف تختلف من موقع إلى آخر.

[13]للمزيد من المعلومات: http://www.ecasatoolbox.org.uk/the-toolbox/species-eia/models/meramod/pdf



شكل (32): ترسيب فضلات حُبيبات الأعلاف ومُخلفات الأسماك



شكل (33): رسم تخطيطي14 يوضح ترسيب فضلات الأعلاف ومخلفات الأسماك على قاع البحر أسفل المزرعة السمكية (باللون الأخضر) الناتجة عن اختلاف سُرعات ترسيب الجزيئات.

النص يُحدد تقديرات مساحة التدهور على أساس ترسُب 0.7 كيلو جرام /م2/ سنة، مع أعلى تأثير بالقُرب من الأقفاص وأقل تأثير بعيداً عنها. النص يُحدد تقديرات مساحة التدهور على أساس ترسُب 0.7 كيلو جرام /م2/ سنة، ويكون أعلى تأثير لها بالقُرب من الأقفاص وأقل تأثير بعيداً عنها. يجب اختبار وتحديد هذه القيم في المملكة العربية السعودية.

والمناطق المتدهورة هي التي يتم الترسيب فيها بمعدلات تزيد عن 0.7 كيلوجرام / م2/ سنة ويكون أعلى تركيز لهذه الرواسب بالقرب من الأقفاص وأقل تركيز بعيداً عنها، وعلى ذلك سيتعين اختبار وتقدير قيم المملكة العربية السعودية.

ودون معرفة واضحة لأعماق المياه وسُرعات التيارات المائية في المواقع المُحتملة داخل المملكة العربية السعودية، فمن غير المُمكن معرفة الانتشار المكاني المُحتمل للمُخلفات. الإطار رقم (3) يُقدم مثالاً لتوضيح كيفية تقدير مسافات الإزاحة.

إطار (٣): تقدير مسافة الإزاحة لمُخلفات أسماك الدنيس من عمليات الاستزراع في الأقفاص

من المُعتقد أن سرعة ترسيب مُخلفات أسماك الدنيس تتراوح بين ٠,٠٥ – ٣,٩٤ سم/ثانية بمُتوسط ٠,٤٨ سم/ثانية.

عند عمق مياه ٣٠ متر (Z في شكل رقم ٣٢) ومتوسط سُرعة ترسيب مُحددة بحوالي (٠,٤٨ سم/ثانية؛ S_f في شكل رقم ٣٢) فإن الجُزيئات يُمكن أن تستغرق حوالي ١٠٠ دقيقة للوصول إلى قاع البحر.

وعند متوسط سرعة تيار ١٠ سم/ ثانية (V في شكل رقم ٣٢) يُمكن أن تنتشر مُخلفات أسماك الدنيس أفُقياً على مساحة حوالي ٦٠٠ متر.

في الواقع يختلف حجم جزيئات المُخلفات، فتترسب الجُزيئات الأصغر حجماً بعيداً، بينما جُزيئات المُخلفات وحبيبات العلف الأثقل وزناً تستقر ضمن حدود هذه المسافة. أيضاً سوف تختلف سُرعة التيارات المائية والأعماق حول الموقع في وقت (تغيير المد والرياح) لذلك يُمكن تكوين صورة دقيقة لذلك فقط عن طريق نموذج الحاسب الآلي.

إن انتشار المُخلفات هام لتحقيق الاستدامة البيئية في مشروعات الاستزراع في الأقفاص، ويُمكن أن يُلحق الضرر بقاع البحر إذا كان حجم الترسُبات تحت الأقفاص كبيراً. تقوم جُزيئات المادة المُترسبة بتغيير كيمياء رواسب قاع البحر من خلال زيادة احتياجات البكتيريا من الأكسيجين لمُعالجة جُزيئات المادة، وفي المناطق التي ترتفع فيها مُعدلات الترسيب؛ يُمكن أن يحدث إنخفاض في تركيز الكبريتيد وتوليد غاز الميثان مما يؤدي إلى إنتاج كبريتيد الهيدروجين وغاز الميثان على التوالي، وكلاهما سام للأحياء المائية. ويجب التأكيد على أن هذا الأمر قاسي، وإذا حدث ذلك فهذا يعني في الحقيقة أن الموقع غير مُناسب للاستزراع المائي. إن اختيار الموقع الجيد والتحكم في المُخلفات من خلال التغذية المُقتصدة، على سبيل المثال، يقلل من احتمال حدوث مثل هذه الظروف القاسية.

14 Source Gillibrand et al 2002, available from http://www.scotland.gov.uk/Uploads/Documents/Report63.pdf

ترسيب المواد الغنية بالعناصر الغذائية يُغير أيضاً من تنوع الأحياء القاعية، وتحت الظروف القياسية تعيش الأنواع الموجودة في وعلى رواسب القاع مُتزنة مع البيئة المائية استجابةً للتنافس على المساحات والموارد، وكيمياء الرواسب لأحجام الحبيبات الموجودة وغير ذلك. عند إضافة قدر زائد من العناصر الغذائية للنظام البيئي يكون هناك اتجاه للحد من تنوع الأحياء المائية في مناطق الترسيب المُرتفع، ولكن يزداد التنوع في المناطق التي تنتقل فيها الرسوبيات (مُعتدلة الترسيب) قبل أن يعود إلى وضعه الطبيعي على مسافة بسيطة من الأقفاص. سوف تختلف أنواع الأحياء المائية واستجاباتها مع نوع رواسب القاع (الطين، الرمل، الصخر) لذلك فمن المُهم أن يتم إجراء بعض أشكال الاستطلاع لتسجيل الظروف العادية قبل تشغيل المزارع السمكية، ولرصد التغيُرات التي تحدث للموقع خلال سنوات العمل.

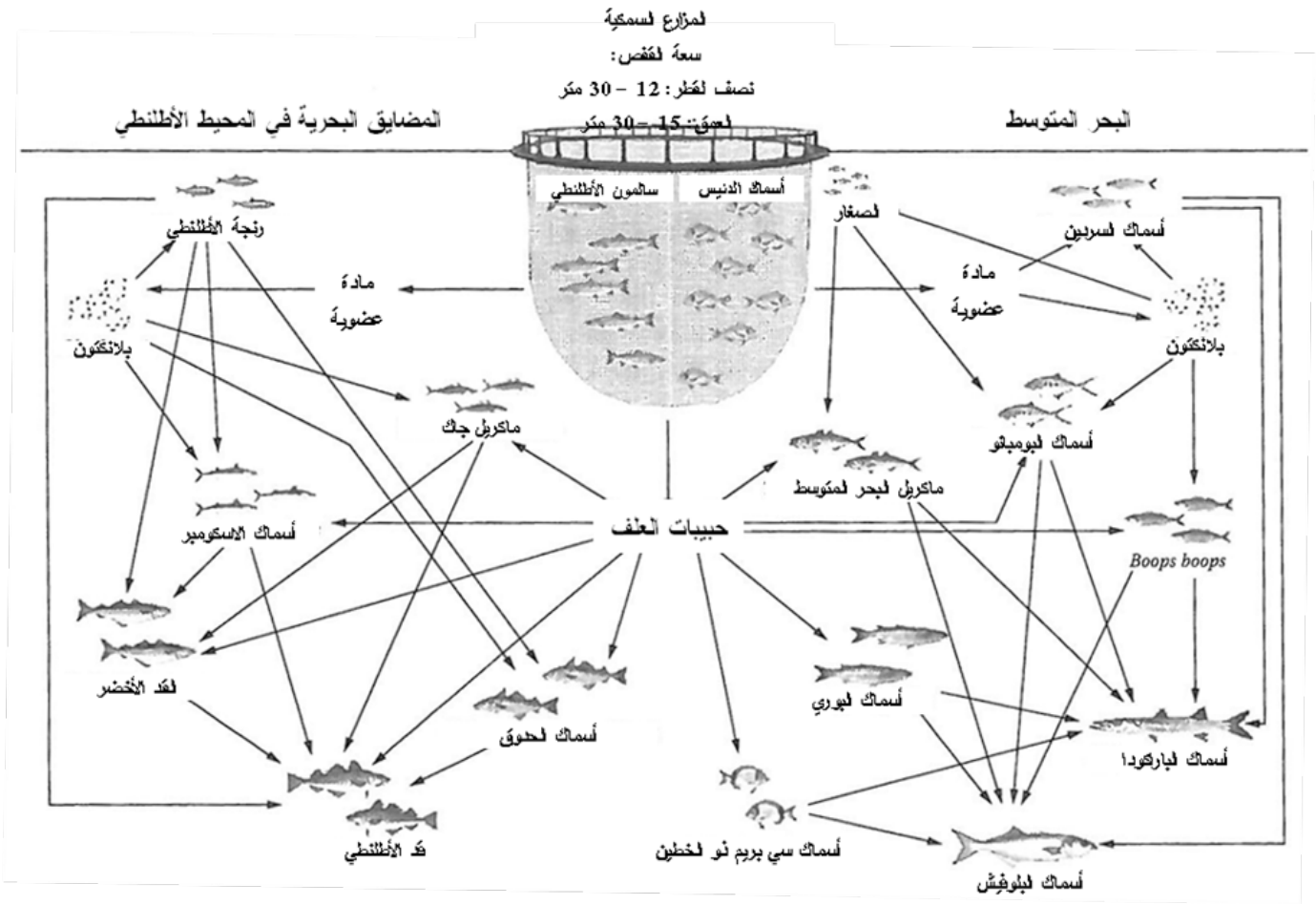
3-5 النظم البيئة الهشة

إنطلاقاً من المخطط أعلاه (قسم 5-2) نعرض مُذكرة موجزة عن الشعاب المُرجانية وغيرها من النُظم الحرجة التي يُمكن أن تتأثر بالاستزراع في الأقفاص.
ساحل البحر الأحمر في المملكة العربية السعودية عبارة عن نظام هش إلى حدٍ ما، تكون فيه المياه شحيحة ذات إنتاج أولي مُنخفض. يشتمل ساحل البحر الأحمر على النظم البيئية الحرجة مثل الأعشاب البحرية وأشجار المانجروف والشعاب المُرجانية، وكلها تكون مُعرضة للتغيُرات الطفيفة في درجة حرارة ومناخ البحر، والتي ستكون مُعرضة لآثار عمليات الاستزراع في الأقفاص، من خلال أحمال العناصر الغذائية الذائبة المُرتفعة؛ إلى الاختناق من أحمال الجزيئات الدقيقة؛ إلى التلف أثناء إنشاء وتشغيل مزرعة الأقفاص؛ ومن حركة الملاحة والافتقار العام إلى العناية والاهتمام. تعتمد استدامة البحر الأحمر ككُل على المدى الطويل، على الحفاظ على هذه النُظم البيئية في حالة جيدة وعدم التأثير على الحالة الطبيعة من خلال سوء التخطيط والتنفيذ وعمليات تشغيل مزارع الأقفاص. عند اختيار موقع، من المُهم استخدام الخرائط؛ وقواعد بيانات نُظم المعلومات الجغرافية والوسائل الأخرى للحصول على تصور للمناطق التي تشتمل على هذه الملامح الهامة ولاختيار المناطق و/أو المواقع التي لا تؤثر عليها.

4-5 ظاهرة تجمُع الأسماك

على غرار أي بنية أُخرى دائمة أو شبه دائمة في البحر، قد تكون مزارع الأسماك بمثابة أنظمة يتم حولها تجمُع الأسماك (شكل رقم 34). ذلك يُمكن أن يحدث لعدد من الأسباب:

- يُمكن أن تكون الأقفاص والشباك بمثابة ملاذ آمن للأسماك، التي تميل إلى الحماية التي توفرها لها تلك الهياكل في البحر.
- الأطواق والشباك العائمة وأربطة المخاطيف والمخاطيف وأية مُعدات أخرى والبنية التحتية تحت سطح الماء، توفر السطح الذي تلتصق عليه الكائنات الحية (تُسمى مُجتمعة بالحشف). ويُمكن أن تشمل هذه المجموعة بعض أنواع الطحالب الدقيقة، والرخويات ذوات الصدفتين، والشعاب المُرجانية، والقواقع والديدان، والإسفنج، واللافقاريات الدقيقة، والحيوانات البحرية ذات القشور الجيرية والعديد من أنواع الحيوانات البحرية الأخرى، والتي بدورها يُمكن أن تتغذى على بعض أنواع الأسماك، على سبيل المثال.
- يتم إهدار قدر مُعين من الأعلاف وتدخُل إلى البيئة المُحيطة بالأقفاص السمكية، فتنجذب إليها الأسماك الطليقة في البيئة الطبيعية وتتغذى عليها؛ وتلك بدورها تجذب الأنواع المُفترسة والأنواع الأخرى، لذلك يُمكن وضع نظام بيئي مُصغر كما في (شكل رقم 34).
- قد تزيد مُستويات العناصر الغذائية الذائبة حول مزارع الأسماك، التي قد تؤدي إلى زيادة إنتاجية البلانكتون النباتي في الموقع (وإن لم تصل بالضرورة إلى مُستويات مُرتفعة أو حالات التراكُم الغزير)، مع زيادة مُماثلة في البلانكتون الحيواني. هذه الزيادة قد تجذب الأنواع التي تتغذى على العوالق بأنواعها.
- باعتبارها وسيلة لجذب الأسماك، قد يكون لجذب الأسماك آثاراً إيجابية على مزرعة الأسماك؛ عن طريق الحد من التأثيرات الناجمة عن فضلات الأعلاف ومُخلفات الأسماك، على سبيل المثال؛ تتغذى الأسماك الطليقة على مواد الفضلات وتُحد من تأثيرها على قاع البحر، أو عن طريق تقليل مقدار الحشف على الشباك وغيرهامن البنى التحتية الأخرى. هُناك، مع ذلك، أيضاً آثاراً سلبية أهمها جذب المُفترسات التي قد تُهاجم الشباك بعد ذلك للوصول إلى المخزون السمكي.



شكل (34): رسم توضيحي لمزرعة سمكية كوسيلة لجذب الأسماك15. قد تجذب الأسماك الهامة اقتصادياً، أو تلك التي ليست لها أهمية اقتصادية أو تلك التي قد تكون بمثابة مُفترسات للأسماك المُستزرعة.
(After Sanchez-Jerez et al., 2011)

فيما يتعلق باختيار الموقع، وكإجراء وقائي، من المُستحسن أن تكون جميع شباك القفص مُزدوجة (وضع شبكة كبيرة خارج الشبكة التي تحتوي على مخزون الأسماك المُستزرعة) كوسيلة للحد من خطر تعرُض الشباك للهجوم والتلف، والحد من حالات دخول الأسماك المُفترسة إلى الشبكة الرئيسية، وكإجراء لمنع هروب الأسماك المُستزرعة. ليس من المُحتمل التمكُن من صيد الأسماك الطليقة في موقع المزرعة السمكية على المُستوى التُجاري، إلا بواسطة صنارة الصيد، حيث تكون شباك الجر وغيرها من أشكال الشباك مُعرضة للتشابك مع البنية الأساسية للقفص.

:Source: **Sanchez-Jerez et al 2011**, available at [15]

p.187-208%20Artificial%20reefs%20in%20fisheries%20management%202011.pdf http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/Kapitler/2011/Uglem%20Coastal%20fish%20farms%20

عند وضع مرافق الاستزراع المائي في البحر، هُناك عدد من الاعتبارات الأُخرى اللازم أخذها في الاعتبار عند اختيار الموقع ترتبط بما يلي:

1) تقليل الخلافات مع المُنتفعين الآخرين؛
2) تجنُب المناطق التي تم تحديدها لاستخدامات أخرى أو المحظورة بطريقة أُخرى.
3) اختيار المناطق التي يمكن وصول الشركة إليها بسهولة، فيما يتعلق بوضع البنية الأساسية في البحر، ونقل البضائع والخدمات والأشخاص من وإلى موقع الأقفاص حسب الاقتضاء.
4) الوصول إلى المرافق والبنية الأساسية على الأرض.

يتناول هذا القسم بصفة عامة بعض هذه الاعتبارات؛ فعند اختيار الموقع قد تكون أحد هذه الاعتبارات العامل الوحيد الذي يعني أن موقع القفص المُقترح غير مُناسب، حتى عندما تكون كافة الظروف الأُخرى مُلائمة.

6. إعتبارات أخرى لتحديد مواقع مرافق الاستزراع المائي

6-1 تقليل الخلافات مع المُنتفعين الآخرين

يُمكن أن تتواجد مشاريع الاستزراع المائي في المناطق الساحلية بإنسجام مع المُنتفعين الآخرين بالبيئة البحرية، وتكون الخلافات المُحتملة مع الأشخاص الذيم يقومون بالصيد ورياضة الصيد بصورة مشروعة، ونقل البضائع، وتموين السفن، والسياحة وسياحة الغوص وغيرها من الاستخدامات الواضحة للبيئة البحرية والتي قد يتم إنجازها في المناطق المُناسبة أيضاً للاستزراع المائي.

لذا يجب تقدير وجود الأطراف المعنية الأخرى أيضاً، مثل:

مُجتمعات الصيادين

يُمكن أن تنشأ الخلافات في الواقع مع الصيادين من أجل التنافُس على الحيز المكاني. قد تكون هُناك مساحات مُستغلة عادةً بواسطة مُجتمعات الصيادين المحلية في بعض المناطق والتي قد تكون مُناسبة للاستزراع المائي، مما يؤدي إلى حدوث تنافس على استخدامها ويحتاج الأمر إلى تسوية، وقصر الوصول إلى مناطق الصيد التقليدية على الصيادين فقط هي الطريقة المُثلى التي ستُحِد من الخلافات والمُصادمات بين قطاع المصايد والمُزارعين.

القُرب من المناطق السياحية

على الرغم من أن السياحة لم تُستثمر بشكل كامل على ساحل البحر الأحمر، وتتمثل المناطق السياحية غالباً في الأحياء السكنية المُخصصة للأجازات الموسمية قريباً من مناطق المُدن الكبيرة، والتداخُل مع الاستزراع المائي يُمكن أن يُولد خلافات واحتجاجات تجاه مرافق الاستزراع، سواء على الأرض أو في البحر. لذا يجب أن تأخذ دراسة اختيار الموقع هذا الجانب بعين الاعتبار مع تقييم القطاع السياحي في المنطقة.

القُرب من أنشطة الاستزراع المائي الساحلي

قد تزيد المُستويات الطبيعية للبكتيريا حول أقفاص الأسماك وقد تتأثر نوعية المياه كذلك في موضع الأقفاص مما قد يُسبب مشاكل للمزارع التي تستخدم هذا المصدر من المياه. لذلك، يجب أن تقع الأقفاص السمكية المُرخصة على مسافة مُناسبة من مآخذ المياه؛ كما يجب أيضاً أن تكون هُناك منطقة عازلة بين مزارع الأقفاص المُرخصة بعضها البعض، وبين مصارف مياه مرافق الاستزراع المائي الداخلية.

الأنشطة الصناعية الأخرى

قد تُؤدي مياه الصرف والمصارف التي تأتي من مناطق الصناعات الثقيلة إلى تدهور مواصفات جودة المياه.

6-2 المناطق المُخصصة أو المحظورة

قد لا تكون هُناك مناطق مُعينة مُخصصة أو محظورة واضحة يُمكن إدراجها في الوقت الحالي، على سبيل المثال، خطوط الكابلات المغمورة بالمياه، في حين البعض الآخر يكون ظاهراً مثل مناطق مرافىء السفن (التزود بالوقود). تُوفر الخرائط (شكل رقم 35) وقواعد بيانات نُظم المعلومات الجغرافية الاختيار الأفضل للتحقُق من القيود المفروضة داخل مُخطط المنطقة، حتى يُمكن تجنُبها عند تدقيق النظر إلى موقع مرافق الاستزراع المائي. يجب أيضاً تخصيص منطقة عازلة بين حدود المناطق المُخصصة أو المحظورة. قد تختلف المسافة العازلة، ولكنها رُبما يجب أن تكون كحد أدنى 1 كم لتوفير بعض المرونة لمُستخدمي المياه الآخرين.

شكل (35): مثال لمناطق بحرية محظورة في خريطة ملاحية.

المناطق المحظورة الاستثنائية

مثل المناطق ذات الأهمية الأثرية يجب تجنُبها، حيث يُمكن أن تتضرر الآثار أو الاكتشافات الأُخرى من جراء تثبيت حبال المراسي تحت الماء أو الإنشاءات على الأرض.
ينبغي تجنُب المناطق المحمية مثل المُتنزهات الطبيعية أو المواقع الأثرية للحد من أي نوع من الأخطار قد تُهددها.
يجب تجنب مراكز تفريغ النفايات ومنافذ الصرف تحت الماء على طول الساحل، كما يجب أن تقع المنطقة المُرخصة على مسافة 1 كم على الاقل من هذه المراكز.
يجب تسليط الضوء على المناطق التي توجد بها كابلات تحت الماء أو خطوط أنابيب على خريطة المشروع ولا يتم وضع مراسي أو توزيع أقفاص قد تصطدم مع الكابلات/ خطوط أنابيب.

منطقة الملاحة النظامية

غالباً ما تقع مناطق رسو السفن بالقُرب من الموانئ والممرات المائية أو المناطق الصناعية وقد تكون مُخصصة لسُفن الحاويات وسُفن النقل الأخرى، بما في ذلك سُفن التزود بالوقود. تُستخدم هذه المناطق كمركز للرسو المؤقت لإدارة حركة المرور والسُفن التي تعتزم الانتظار في المرساة. المناطق التي عادةً ما يُشار إليها في الخرائط الملاحية ولا يُمكن أن تشغلها مزارع أقفاص الاستزراع المائي، مثل هذه المناطق يكون تعُرضها لخطر الإصطدام واضح.

سوف تتم الأشارة على هذه الخرائط إلى طُرق الملاحة أو الممرات الملاحية للسُفن الكبيرة (ناقلات النفط، سُفن الركاب، سُفن الشحن، الخ)، وأيضاً تعُرضها لخطر الإصطدام. يجب أن تفصل الطُرُق الملاحية بالإضافة إلى المنطقة العازلة مواقع الأقفاص عن هذه الطُرُق، وإذا كانت قريبة من ممر ملاحي أو الطريق المُنتظم لسُفن الشحن فمن المُستحسن أن يتم تزويد مواقع الأقفاص بأضواء ملاحية، لكي تكون مرئية في الليل. وهُناك سبب آخر لتجنب مثل هذه المناطق هو أن السُفن الكبيرة التي تمُر عبر طرق الملاحة المُحددة يُمكن أن تُسبب إزعاجاً لعملية إنتاج الأسماك، فيما يتعلق بالأمواج السطحية الناشئة عن السُفن وحركة المُحرك تحت المياه وضوضاء المروحة، التي يُمكن أن تُسبب إجهاداً للأسماك.

مناطق الحماية العسكرية

يجب ألا يتم اختيار أي منطقة مُحددة كمنطقة عسكرية أو منطقة حماية عسكرية كموقع مُحتمل للاستزراع المائي. يُمكن أن تكون هُناك مناطق تُمنع الملاحة فيها أو تكون مناطق ميدان للرماية البحرية حيث لا يُمكن وضع أقفاص نشاط الاستزراع المائي فيها.

3-6 الدخول اليومي إلى البحر

الدخول يومياً إلى البحر هو شرط أساسي وضروري لمواقع الاستزراع المائي في الأقفاص، ولا ينبغي وضع أو فرض قيود على الدخول إلى عمل مُعين للاستزراع المائي. هُناك عدد من الأعمال الإدارية الهامة التي تتطلب هذا الدخول اليومي إلى البحر، منها:

- احتياج الأسماك إلى التغذية؛
- الاحتياج إلى تقييم صحة وسلامة المخزون السمكي؛
- الحاجة إلى استكمال أعمال الترميم والصيانة العامة؛
- الحاجة إلى تغيير الشباك أحياناً؛
- الحاجة إلى التحقُق من أمن الموقع وتقييمه؛
- الحاجة إلى إنجاز التدابير العامة للموقع البحري.

بالإضافة إلى ذلك، هُناك حاجة أيضاً إلى الدخول في حالات الطوارئ لضمان أن الترميمات يُمكن إنجازها في حالة حدوث تلف ينتج بفعل الرياح وحركة الأمواج، والإصطدام، وهجوم المُفترسات أو أي أضرار جنائية. تشمل الاحتياجات المُحتملة الأخرى استرداد الأسماك الهاربة، عندما يكون من المُعتاد محاولة استعادة هروب مقدار كبير من المخزون السمكي عن طريق نثر مزيج من الأعلاف خارج القفص واستخدام الشباك الكيسية في جمع الأسماك لتجنب الضرر البيئي الناتج عن خلال الهروب.

العمل الدوري أمر بالغ الأهمية أيضاً، حيث يتطلب الأمر وضع الأقفاص والمراسي وغيرها من البنية التحتية في البداية، واستبدالها عند الحاجة؛ أو عند نقل الزريعة إلى الموقع وعند نقل حصاد الأسماك من البحر إلى الأرض في وقت الحصاد.

عندما تبعد المواقع مسافة طويلة عن الشاطئ، فإن تكاليف وقود النقل اليومية والمقدار الفاقد من طاقة عمل الموظفين (الذين يبددون الوقت في التنقل وليس العمل)، وتنفيذ العمل السابق ذكره، يُمكن أن يُغير الربحية والاستدامة الاقتصادية للمشروع. لذلك هُناك حاجة لتحقيق توازُن في المسافة ما بين المشروع إلى الشاطىء لتوفير الظروف البيئية اللازمة لاستزراع الأسماك وصيانة البنية التحتية، والحاجة لزيارة الموقع يومياً من أجل القيام بتلك العمليات الاعتيادية وفي الظروف الأخرى، القيام بتلك العمليات غير المُتوقعة أو غير الاعتيادية.

المسافة من الشاطئ هي وجهة نظر للشركة المعنية عند اختيار موقعها، والتي يجب أن تُوازن بين الفوائد البيئية الإيجابية لكون الأقفاص بعيدة قليلاً عن الشاطىء، في مُقابل الحقائق الاقتصادية لكونها بعيدة جداً عن الشاطىء، لضمان كُلاً من الاستدامة البيئية والاقتصادية.

4-6 الوصول إلى البنية التحتية على الأرض

بالإضافة إلى المسائل البيئية والإدارية المُتعلقة ببُعد المسافة عن الشاطئ عند اختيار موقع المزرعة السمكية، هُناك معايير أخرى تأخذ في الاعتبار بُعد المسافة عن الموقع، وهي على وجه الخصوص:

- القُرب من الميناء/ الرصيف/ مرفأ رسو القوارب، تحميل وتفريغ الطاقم والمُعدات؛
- القُرب من المقر على الشاطئ ومرافق تخزين الأعلاف، والمُعدات ومكاتب الطاقم؛
- الوصول إلى الطُرق للنقل؛
- الوصول إلى مرافق التجهيز، حيث أنها غير مُكتملة في الموقع؛
- الكهرباء وخدمات توفير المياه الصالحة للشرب؛
- القُرب من الأسواق للتسويق المحلي؛
- القُرب من المطار الرئيسي/ الموانيء للتصدير.

المعياران الأوليان غالباً ما يكونا لنفس الموقع، وداخل المملكة العربية السعودية حيثُ لا يوجد ما يكفي من المرافئ/ الأرصفة/ المراسي المُتاحة لرسو القوارب وأعمال الشحن والتفريغ، وقد يتطلب الأمر من الشركات بناء هذه المرافق على الساحل وسيكون من الصواب إنشاء مركز على الساحل (تخزين / مكاتب / مرافق أُخرى) كجزء مُتكامل من هذا الاستثمار. لاحظ أن اختيار مواقع لمرافق الساحل، وتنفيذ البنية التحتية على الساحل يحتاج طلب مُستقل إلى أمانة البلدية. من المُستحسن أن يسير اختيار موقع المرافق الساحلية بالتوازي مع أي عمل لاختيار موقع الأقفاص.

[16]Magill *et al* 2006, available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848605003893

إرشادات و معايير

عن الجوانب الفنية والبيئية لاختيار مواقع الاستزراع المائي
في الأقفاص العائمة بالمملكة العربية السعودية

ISBN 978-92-5-609600-5

9 789256 096005

I6719AR/1/01.17