



دليل الإرشادات حول تحديد وإدارة ومعالجة المواقع الملوثة بالزئبق



IPEN

آذار/مارس 2016



a toxics-free future



مستقبل خال من المواد السامة

الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات العضوية الثابتة IPEN هي شبكة عالمية رائدة من 700 منظمة غير حكومية (المنظمات غير الحكومية) تعمل في أكثر من 100 دولة نامية والبلدان التي تمر اقتصادياتها بمرحلة انتقالية. تعمل IPEN على وضع وتنفيذ سياسات وممارسات لمواد كيميائية آمنة لحماية صحة الإنسان وبيئته منه، وذلك من خلال بناء قدرات المنظمات الأعضاء فيها لتنفيذ الأنشطة على أرض الواقع، والتعلم من عمل كل منهما، والعمل على المستوى الدولي لتحديد الأولويات ووضع سياسات جديدة. وتتمثل مهمتها في مستقبل خال من المواد السامة للجميع.

أطلقت IPEN الحملة الخالية من الزئبق الرامية إلى معالجة مستوى يندر بالخطر من المخاطر الصحية البيئية والبشرية (مثل تلف الأعصاب الدائم والفشل الكلوي) التي يشكلها الزئبق في جميع أنحاء العالم. وبعد اعتماد اتفاقية ميناماتا للزئبق في عام 2013، أطلقت IPEN برنامج الأنشطة التمكينية لمعاهدة الزئبق الدولية (IMEAP). ويوفر البرنامج تمويل للمنظمات المحلية العاملة في أنشطة المصادقة والتمكين لمعاهدة الزئبق.

وقد ساعدت الأنشطة، التي تشمل حملات التوعية، ورصد التلوث بالزئبق، تقارير الحالة الوطنية، وتحديد النقاط الساخنة، إعداد الحكومات للتصديق من خلال الإرتقاء بقضية الزئبق داخل 92 دولة نامية والدول التي تمر بمرحلة انتقالية.

شكر

تتقدم الشبكة الدولية للقضاء على الملوثات العضوية الثابتة IPEN بالشكر إلى مئات المنظمات غير الحكومية ومنظمات المجتمع المدني ومجموعات العمل والمجموعات الصحية في جميع أنحاء العالم لمساهماتها في الحملة الخالية من الزئبق وبرنامج المعادن السامة لـ IPEN.

إن IPEN ممتن للدعم المالي المقدم من حكومة السويد من خلال الوكالة السويدية للتنمية (سيدا)، والجهات المانحة الأخرى التي جعلت إنتاج هذه الوثيقة ممكناً. لا تعبر الآراء الواردة في هذه الوثيقة بالضرورة عن الموقف الرسمي لأي من هذه المؤسسات التي توفر الدعم المالي.

صورة الغلاف : (الأعلى) مياه الصرف الصحي الملوثة بالزئبق متآني من مجموعة مطاحن من الكرات و قع تصريفها في بركة أسماك متعفنة (باننتين، اندونيسيا، أكتوبر 2014). أثناء يوم حار، ارتفعت فقاعات الماء إلى السطح، مغطاة بطبقة رقيقة من الزئبق [صور: BaliFokus وMedicuss]. (اليمين) داخل الحظيرة إفراز رائحة أثناء أعمال التنقيب /المصدر: الحكومة الفيدرالية الاسترالية (2013). (اليسار) التدريب الميداني XRF تايلاند /المصدر: [NichaRakpanichmanee].

دليل الإرشادات حول تحديد وإدارة ومعالجة المواقع الملوثة بالزئبق

Lee Bell

IPEN Mercury Policy Advisor

IPEN

آذار/مارس 2016

6	المخلص التنفيذي.....
7	1 مقدمة.....
8	1.1 معلومات أساسية حول الزئبق والمواقع الملوثة.....
10	1.2 اتفاقية ميناماتا والمواقع الملوثة.....
12	2 تحديد المواقع وخصائصها. ما هو الموقع الملوث بالزئبق؟.....
13	2.1 تعريف 'الموقع'.....
13	2.2 تحديد المواقع.....
15	2.3 التحقيق الأولي في الموقع.....
15	2.3.1 دراسة سطح المكتب.....
15	2.3.2 تفتيش الموقع.....
16	2.4 التحقيق الأولي في الموقع والاستجابة الإسعافية.....
17	2.5 التحقيق المفصل للموقع وتحديد خصائصه.....
	3 تحديد المواقع والفحص الأولي: دور الحكومة والمستشارين
19	والمؤسسات غير الحكومية.....
20	3.1 فحص المواقع (العينات).....
20	3.2 العينات غير المباشرة.....
21	3.3 عينات تعرض الشعر للزئبق.....
21	3.4 جمع عينات الشعر.....
22	3.5 إرسال عينات الشعر التي تم جمعها.....
22	3.6 العينات المباشرة (في الموقع).....
25	3.7 أخذ عينات من التربة والمياه من أجل التحليل المخبري.....
26	4 تقييم المخاطر.....
28	5 المواقع الملوثة: مقاربات الإدارة والمعالجة.....
29	5.1 الإدارة.....
29	5.1.1 المراقبة.....
30	5.2 المعالجة: المبادئ والمقاربات.....
30	5.2.1 مقارنة 'صالح للاستخدام'.....
33	5.3 التحقق.....
34	6 تكنولوجيا المعالجة وتقنياتها.....
35	6.1 التلوث من مصدر واحد والتلوث المنتشر.....
37	6.2 تكنولوجيا أثبتت جدارتها لمعالجة التربة الملوثة بالزئبق.....
37	6.2.1 تجريف التربة والمعالجة في الموقع (المعافاة).....
38	6.2.2 المعالجة بعد تجريف التربة (غسيل التربة وفصلها).....
39	6.2.3 عمليات المعالجة الحرارية.....

40	6.2.4	تكنولوجيات تجريف التربة وتعطيل الحركة (تجريف التربة والتخلص).....
41	6.2.5	الملغمة.....
41	6.2.6	الاستقرار والتصليب دون استرداد الرزنيق.....
42	6.2.7	استقرار/تصليب بوليمرات الكبريت.....
42	6.2.8	الاستقرار والتصليب باستخدام كبريت الاسمنت-الميكروي.....
42	6.2.9	الاحتواء في الموقع.....
44	6.2.10	عمليات التخلص خارج الموقع.....
44	6.2.11	عمليات التخلص ضمن الموقع.....
45	6.3	تكنولوجيات معالجة التربة الملوثة بالرزيق الناشئة.....
45	6.3.1	التقنيات الكهربائية الحركية.....
46	6.3.2	المعالجة بالنباتات.....
47	6.3.3	الامتزاز الحراري في الموقع.....
47	6.4	تقنيات أثبتت جدارتها في معالجة المياه الملوثة بالرزيق.....
47	6.4.1	الضخ والمعالجة.....
48	6.4.2	الحاجز النفيذ التفاعلي.....
49	6.5	تكنولوجيات معالجة المياه الناشئة.....
50	7	دراسات حالة للمواقع الملوثة بالرزيق - المصدر المنتشر والمصدر الواحد.....
50	7.1	دراسة الحالة 1: التلوث بالرزيق في نهر نورا والمناطق المحيطة به.....
51	7.1.1	إجراءات المعالجة والنتائج.....
53	7.2	دراسة الحالة 2: التلوث بالرزيق في كوداكانال، تاميل نادو، الهند.....
56	7.2.1	إجراءات المعالجة المحتملة.....
58	8	إدارة السلامة والصحة المهنية والمجتمعية في المواقع الملوثة.....
58	8.1	نظرة عامة.....
59	8.2	واجب الرعاية والمسؤولية الاجتماعية.....
60	8.3	سجلات المخاطر.....
60	8.4	المعلومات والتدريب.....
61	8.5	الإشراف.....
61	8.6	ضوابط التخزين العام والنقل للملوثات.....
61	8.7	النقل والتخزين طويل الأمد لعنصر الرزيق في المواقع الملوثة.....
64	8.8	مميزات مكان العمل ومنشآت الإسعافات الأولية.....
64	8.9	مراقبة التعرض.....
64	8.10	برامج المراقبة الصحية.....
66	9	المواقع الملوثة ومتطلبات معاهدة ميناماتا بشأن الرزيق: إشراك أصحاب الشأن.....
66	9.1	دليل الإرشادات لإشراك أصحاب الشأن في موقع ما.....
68	9.2	تطبيق إشراك أصحاب الشأن.....
68	9.3	تقييم إشراك أصحاب الشأن وتقديم التقارير.....

70المراجع. 10

الملخص التنفيذي

التوقيع على اتفاقية ميناماتا للزئبق ("معاهدة الزئبق") سنة 2013 يمثل المحاولة العالمية الأولى للقضاء على التلوث بالزئبق. ومع ذلك، فإن معاهدة الزئبق تفتقر حاليا لمبادئ توجيهية محددة بشأن تحديد وإدارة ومعالجة المواقع الملوثة وفقا للأحكام ذات الصلة (المادة 12). الإقرار بالحاجة إلى مساعدة البلدان للعمل على المواقع الملوثة.

وقد وضعت IPEN "دليل لإدارة و ترميم المواقع الملوثة بالزئبق" يقدم المشورة والتوجيه بشأن هذه القضايا.

هذا الدليل الخاص بالمواقع الملوثة لـ IPEN يقدم تحليل الطرق المعاصرة والناشئة لتحديد وإدارة ومعالجة المواقع الملوثة بالزئبق. و يتجاوز هذا الدليل التدابير و الصرف الصحي المستندة إلى تكاليف المعالجة المستدامة التي تراعي مبدأ "الملوث يدفع" وكذلك تدابير تنظيف المواقع التي تضمن حماية الأجيال. هناك مناقشات لأحدث التكنولوجيات والممارسات والتقنيات (التربة الملوثة بالزئبق والمياه السطحية والمياه الجوفية، وتقليل التلوث بالزئبق وتأثيرها على صحة الإنسان)

ويضع هذا الدليل أيضا الأدوار التعاونية التي يمكن اعتمادها بين منظمات المجتمع المدني والسلطات المحلية والوطنية والصناعة لتسهيل نتائج التلوث بالزئبق.

حسب بعض التقديرات، تم انتشار أكثر من 250000 طن من الزئبق في البيئة العالمية كنتيجة مباشرة لتعدين الذهب وتعدين الفضة على مدى السنوات الـ 300 الماضية، وترك إرث ملوثة.

آلاف الأطنان من الزئبق لا يزال تسويقها في جميع أنحاء العالم لمختلف القطاعات الصناعية والصناعات التحويلية، مما أدى إلى انتشار المواقع الملوثة بالزئبق والتي لها تأثير على البيئة وصحة الإنسان.

حاليا الزئبق في التعدين الحرقي على النطاق الصغير (ASGM) يعد مصدرا هاما ومستمرًا من المواقع الملوثة بالزئبق في العالم. يناقش هذا الدليل بعض التعقيدات المرتبطة بتحديد وتعريف المواقع الملوثة بالزئبق ASGM التي قد تمتد إلى مكب النفايات في القرى والمجتمعات المحلية والمجاري المائية وحقول الأرز. خلافا للعديد من المواقع الصناعية الملوثة التي يمكن أن تكون معزولة التنظيف و العديد من المواقع الملوثة عن طريق ASGM، تصل في البيئات الاجتماعية المعقدة حيث أن صحة الإنسان يمكن أن تتأثر بشكل كبير والمعالجة يمكن أن تعزز هذه التأثيرات.

يقدم هذا الدليل التوجهات على إدماج الاهتمامات البيئية في مواقع ASGM من خلال آليات متعددة الأطراف لأصحاب المصلحة المشتركة.

وقد وضعت IPEN هذه الوثيقة التوجيهية بهدف توفير قاعدة للبلدان لاتخاذ إجراءات ملموسة عن المواقع الملوثة في جهودها الرامية إلى تنفيذ اتفاقية ميناماتا بشأن الزئبق، والحد من التلوث بالزئبق حماية لصحة الإنسان والبيئة.

1 مقدمة

تهدف هذه الوثيقة إلى توفير مصدر للإرشادات الأولية المرتبطة بالمواقع الملوثة بالزئبق أو بمركبات الزئبق. ويتضمن ذلك إرشادات حول تحديد المواقع الملوثة بالزئبق وإدارتها وأوجه مشاركة أصحاب الشأن التي تعد أمراً حاسماً لنجاح إدارة هذه المواقع ومعالجتها. وقد تم النظر إلى التكنولوجيات المثبتة والناشئة لمعالجة المواقع الملوثة بالزئبق بالإضافة إلى التقنيات والممارسات التي من شأنها ضمان تطبيق هذه المعالجة بطريقة سليمة بيئياً.

تظهر المواقع الملوثة نتيجة لمجموعة من الممارسات البشرية بما في ذلك النشاطات الصناعية والمناجم والتخلص من النفايات. ويعد الخطر الكامن على صحة الإنسان والبيئة أهم المخاوف عند تناول شؤون المواقع الملوثة. فقد تتأثر المواقع الملوثة بمادة واحدة أو مزيج عالي التعقيد من المواد الكيميائية والمعادن، ويعتمد ذلك بالطبع على مصدر التلوث. تركز الإرشادات في هذه الوثيقة على تحديد المواقع الملوثة بالزئبق وإدارتها.

تطرح اتفاقية ميناماتا حول الزئبق، والتي تم تبنيها في عام 2013 ولكنها لم تدخل حيز التطبيق بعد، قضية المواقع الملوثة في المادة 12. تدعو الاتفاقية الأطراف إلى 'السعي' إلى اتخاذ إجراءات تتناول مسألة المواقع الملوثة. تحدد الاتفاقية عدداً من الإجراءات التي يجب على الأطراف اتخاذها بما في ذلك تطوير إرشادات حول:

- تحديد المواقع وخصائصها؛
- إشراك الجمهور؛
- تقييم المخاطر على صحة الإنسان والبيئة؛
- الخيارات المتاحة لإدارة المخاطر التي تسببها المواقع الملوثة؛
- تقييم المنافع والتكاليف؛
- التحقق من النتائج.

تشكل هذه الوثيقة جهداً أولياً في سبيل تطوير إرشادات حول مجموعة المجالات المذكورة آنفاً وتبسيط الضوء على الجوانب الأخرى من عملية معالجة المواقع الملوثة التي تتمم هذه المقاربات. وقد أوردنا ذكر بعض القضايا المشتركة بين اتفاقية الزئبق والإرشادات الواردة في اتفاقية بازل - وخاصة فيما يتعلق بالإرشادات حول نفايات الزئبق وإدارتها.

يمكن أن تتضمن عملية معالجة المواقع الملوثة بالزئبق مجموعة معقدة من الأبعاد التقنية والاجتماعية التي قد لا يكون من السهل إيجاد حل لها باستخدام ممارسات إزالة التلوث القياسية التي جرت العادة على تطبيقها على عوامل التلوث الأخرى أو في سيناريوهات محددة في بعض المواقع. وتسبب ملغمة الزئبق أثناء عمليات استخراج الذهب الحرفي ضيق النطاق ASGM قلقاً خاصاً ويعود ذلك إلى التوزيع اللامركزي لعنصر الزئبق المستخدم بالإضافة إلى التعامل معه على نطاق واسع والتحويل الحراري الذي يخضع له والتخلص منه ضمن

أوساط اجتماعية مثل المجالات التجارية أو القرى أو مناطق إنتاج الغذاء. تختلف إدارة مثل هذه المواقع جذرياً عن معالجة المواقع الصناعية. وهي تتطلب مشاركة أصحاب الشأن على نحو أكثر شمولية وتعقيداً.

وهناك كذلك فروقات جذرية بين المقاربات التي تتناول إدارة تلوث الزئبق من مصدر واحد وتلوث الزئبق من مصدر منتشر بما في ذلك الحالات التي يكون فيها الأول مسؤولاً عن حصول الثاني. كما تعرض هذه الوثيقة بعض دراسات الحالة الموجزة من أجل توضيح التحديات والمخاطر المعقدة المرتبطة بإدارة هذه الأشكال من التلوث.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تشكل هذه الوثيقة أساساً لنقاش مستقبلي بين منظمات المجتمع المدني والأطراف المنضوية تحت اتفاقية الزئبق حول الإرشادات الإضافية اللازمة لإدارة المواقع الملوثة بالزئبق لضمان تخفيض عددها وخطورتها والحد من آثارها على صحة الإنسان والبيئة.

1.1 معلومات أساسية حول الزئبق والمواقع الملوثة

لطالما عُرف عنصر الزئبق بخصائصه السامة، وباتت خطورة التلوث بالزئبق على المستوى العالمي واضحة المعالم في العقود الأخيرة من الزمن. حيث أدى تلوث الغلاف الجوي والمحيطات والبحيرات والأنهار بالزئبق إلى تأثر السلاسل الغذائية وإلى تلوث الكائنات البحرية على نطاق واسع - وهي مصدر أساسي للبروتين لقسم كبير من سكان العالم، وفي البيئة المائية، تقوم البكتيريا بتحويل الزئبق المعدني غير العضوي إلى ميثيل الزئبق العضوي عالي السمية، حيث يتراكم ميثيل الزئبق ويتضخم بيولوجياً في الكائنات المائية ويصل إلى أعلى تركيز له في الكائنات المفترسة التي تقع في قمة الهرم الغذائي مثل أسماك القرش والتونة وأبو سيف. وبالتالي فإن استهلاك البشر لهذه الأسماك الملوثة يمكن أن يؤدي إلى تراكم مستويات سامة من الزئبق في أنسجتهم.

ويمكن أن يؤدي التعرض إلى الزئبق بمستويات عالية إلى أذية في الدماغ والقلب والكلى والرئتين والجهاز المناعي لكل البشر من كافة الأعمار. وقد تضر المستويات العالية من ميثيل الزئبق في مجرى دم الأطفال الذين لم يولدوا بعد بتطور الجهاز العصبي (وكالة حماية البيئة الأمريكية 2014)، مما يقلل من قدرة الأطفال على التفكير والتعلم فيما بعد ومن شأن ذلك أن يقلل من معدل الذكاء لديهم.

تعد المواقع الملوثة بالزئبق مصدراً رئيسياً لتلوث الزئبق الناتج عن البشر وذلك بسبب الخصائص الفيزيائية للزئبق والتي تسمح له أن ينتقل إلى حالة البخار في درجة حرارة الغرفة (بمجرد أن يكون ضغط بخار الزئبق في درجة حرارة الغرفة 0.002 ملم زئبقي) ومن ثم ينتقل الزئبق إلى الجو حيث يمكن أن يستقر في بيئة مائية بعيدة عن المصدر (Rom 1992). كما يمكن للزئبق من المواقع الملوثة أن يؤثر على البيئة المحلية حيث تجرفه الأمطار إلى المجاري المائية ويصل بعدها إلى المياه الجوفية التي تنقله في نهاية المطاف إلى بيئة مائية حيث تحصل عملية التحول الميثيلي. ويمكن أن تشكل المواقع الملوثة خطراً صحياً كبيراً على المجتمعات المحلية جراء استنشاق بخار الزئبق بشكل مباشر أو من خلال الغبار الملوث أو التعرض الجلدي أو الأغذية الملوثة.

لقد أدى الاعتراف العالمي بخطورة التلوث بالزئبق إلى تبني اتفاقية ميناماتا حول الزئبق¹ في وقت ليس ببعيد، علماً بأنه قد تم فتح باب التوقيع عليها في تشرين الأول/أكتوبر من عام 2013. وتعتبر هذه الاتفاقية أداة أو معاهدة قانونية دولية تم وضعها لحماية صحة الإنسان والبيئة من انبعاث وانطلاق الزئبق ومركبات الزئبق

1 يمكن مراجعة موقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة PENU لمزيد من المعلومات حول تبني الاتفاقية <http://www.mercuryconvention.org/>

الناج عن الأعمال البشرية. حيث وقّعت 128 دولة على الاتفاقية وصادقت عليها 18 دولة. تدخل الاتفاقية حيّز التطبيق القانوني بعد مرور تسعين يوماً على تصديق خمسين دولة عليها. تستطيع الأطراف التي وقعت على اتفاقية ميناماتا للزئبق الوصول إلى موارد دولية تمكنهم من تحديد وإدارة تلوث الزئبق بشكل أفضل.

تتشرط اتفاقية ميناماتا سحب العديد من المنتجات التي تحتوي على الزئبق وتفرض قيوداً على تجارة وتوريد الزئبق كما تضع إطار عمل لتخفيض أو القضاء على انبعاثات وإطلاق الزئبق الناتج عن العمليات الصناعية والمناجم. تتناول المعاهدة مختلف عناصر المواقع الملوثة بالزئبق بموجب المادة 11 (النفائيات) والمادة 12 (المواقع الملوثة).

كما تقوم معاهدة أخرى ذات صلة، وهي اتفاقية بازل بشأن التحكم بنقل النفائيات الخطرة عبر الحدود والتخلص منها (اتفاقية بازل)²، بتقديم إرشادات حول إدارة المواقع الملوثة بالزئبق ونفاياته. ودخلت اتفاقية بازل حيز التطبيق في عام 2991 واضحة هدفها الأعلى بحماية صحة الإنسان والبيئة من الآثار الضارة للنفائيات الخطرة.

تقدم اتفاقية بازل العديد من الإرشادات التقنية حول إدارة نفائيات الزئبق وتلوث الزئبق في وثيقة موحدة (اتفاقية بازل 2102). وقد خضعت هذه الوثيقة مؤخراً لمراجعة من قبل مؤتمر الأطراف المشترك للمعاهدات الكيميائية في جنيف (الاجتماع الثاني عشر لمؤتمر الأطراف في اتفاقية بازل، والاجتماع السابع لمؤتمر الأطراف في اتفاقية روتردام، والاجتماع السابع لمؤتمر الأطراف في اتفاقية ستوكهولم). وتم تبني المراجعة السادسة للإرشادات التقنية لاتفاقية بازل من قبل مؤتمر الأطراف في اتفاقية بازل في أيار/مايو 5102. ويحتوي التنقيح الأخير إرشادات أكثر تفصيلاً عن نفائيات الزئبق والمواقع الملوثة المرتبطة بمواد اتفاقية ميناماتا حول الزئبق. يمكن الوصول إلى هذه التحديثات والتنقيحات على الموقع الإلكتروني لاتفاقية بازل.³

لا تتضمن أي متطلبات ملزمة قانونياً لمعالجة (تنظيف) المواقع الملوثة بالزئبق ولا تقدم مقترحات حول تحديد الأطراف المسؤولة عن هذه الأنشطة. تعد الحكومات الوطنية صاحبة المصلحة الرئيسية في تحديد المواقع وتقييمها ومعالجتها وذلك من خلال التشريعات واللوائح المحلية. ولكن ثمة أدواراً حاسمة لأصحاب مصلحة آخرين مثل المنظمات غير الحكومية والمجتمعات المحلية المتأثرة بالمواقع الملوثة. يمكن لهذه المجموعات أن تلعب دوراً فاعلاً في تحديد المواقع، وأخذ العينات وتحليلها (تحت إشراف سلطات مؤهلة وباستخدام حماية ملاممة)، ووضع خيارات للمعالجة ولاستخدام الأرض بعد اتمام عملية المعالجة. وعلى نطاق أوسع، يمكن للمنظمات غير الحكومية أن ترفع مستوى الوعي في المجتمع حول مصادر التلوث بالزئبق وآثاره وسبل تخفيض هذا التلوث.

تقدم هذه الوثيقة كذلك إرشادات حول مبادئ التعامل مع المواقع الملوثة التي يمكن تبنيها بغض النظر عن السياق الوطني. حيث تتضمن مجموعة من الاقتراحات حول السياسات المرتبطة بالمواقع الملوثة، والتشريعات والإدارة التي يمكن تطويرها مع أخذ السياق المحلي بعين الاعتبار بما في ذلك الموارد المحدودة والتنوع الثقافي. وبالإضافة إلى النظر إلى القضايا القانونية والتنظيمية المالية المرتبطة بالمواقع المتأثرة بالزئبق فإن هذه الوثيقة

<http://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx> 2

<http://www.basel.int/Implementation/TechnicalMatters/DevelopmentofTechnicalGuidelines/MercuryWaste/tabid/2380/Default.aspx> 3

تعطي الأولوية لحماية صحة الإنسان والسلامة البيئية من آثار التلوث بالزئبق الناتج عن الأنشطة البشرية في المواقع الملوثة.

1.2 اتفاقية ميناماتا والمواقع الملوثة

تضع اتفاقية ميناماتا حول الزئبق الخطوط العريضة للأنشطة التي يمكن للأطراف ممارستها للتعامل مع المواقع الملوثة وتقديم المعلومات للجمهور من أجل رفع مستوى وعيه حول أثرها على صحة الإنسان والبيئة. يمكن للإرشادات الموجودة في هذه الوثيقة وغيرها أن تساعد في بناء قدرات المجتمع المحلي والمنظمات غير الحكومية وصناع القرار من أجل التعامل مع المواقع الملوثة بالزئبق في بلدهم ريثما يتم التصديق على المعاهدة. لا تمنع أحكام المعاهدة أي طرف موقع من اتخاذ إجراءات مبكرة لمعالجة قضايا التلوث بالزئبق في البلد المعني.

تنص المادة 12 من اتفاقية ميناماتا حول الزئبق على ما يلي ”يسعى كل طرف إلى تحديد المواقع الملوثة بالزئبق ومركبات الزئبق وتقييمها وبأن تكون الإجراءات المتخذة للحد من المخاطر التي تشكلها هذه المواقع سليمة من الناحية البيئية“. وفي حين أن هناك العديد من البلدان التي لم تصادق على الاتفاقية بعد، فإنه بإمكان السلطات البيئية الوطنية فيها الاستفادة من الاتفاقية عن طريق تبني المقاربات المقترحة الواردة فيها عند تحديد المواقع الملوثة بالزئبق وتقييمها.

إلى حد الآن، لم تقم الأطراف المنضمة إلى الاتفاقية بوضع إرشادات محددة حول المواقع الملوثة ولكن ذلك لا يمنع الحكومات الوطنية من وضع أطر إدارية وسياسات وتشريعات من أجل تقييم المواقع الملوثة وتحديدها وتوصيفها ومعالجتها. ومن المهم أيضاً الإشارة إلى بعض العبارات الواردة في الاتفاقية حول المواقع الملوثة بالزئبق والحاجة إلى إشراك الجمهور كون نجاح معالجة هذه المواقع يمكن أن يعتمد على هذا العامل.

وفي حين أن الاتفاقية لم تضع بعد إرشادات محددة ومفصلة حول إدارة المواقع الملوثة بالزئبق فقد تم اقتراح بعض الإجراءات التي يجب اتخاذها وهي تتضمن:

- تحديد المواقع وخصائصها؛
- إشراك الجمهور؛
- تقييم المخاطر على صحة الإنسان والبيئة؛
- الخيارات المتاحة لإدارة المخاطر التي تسببها المواقع الملوثة؛
- تقييم المنافع والتكاليف؛
- التحقق من النتائج.

بالإضافة إلى ذلك، يتم تشجيع الأطراف على وضع استراتيجيات وتطبيق إجراءات بخصوص ”تحديد المواقع الملوثة وتقييمها وإعطائها الأولوية وإدارتها، ومن ثم تجري معالجتها إذا اقتضت الحاجة.“

تركز اتفاقية ميناماتا بشكل خاص على المواقع الملوثة بالزئبق ومركبات الزئبق، ولكن يمكن تطبيق الإجراءات المذكورة أعلاه بالنسبة لكافة أشكال التلوث الكيميائي.

وتتضمن المواد الأخرى في الاتفاقية والتي ترتبط بالمواقع الملوثة ما يلي:

- المادة 11 - نفايات الزئبق؛
- المادة 13 - الموارد المالية والآليات؛
- المادة 14 - بناء القدرات والمساعدة التقنية ونقل التكنولوجيا؛
- المادة 16 - الجوانب الصحية؛
- المادة 17 - تبادل المعلومات؛
- المادة 18 - المعلومات والوعي والثقافة على المستوى العام؛
- المادة 19 - البحث والتطوير والمراقبة

وفقاً للمادة 12 "المواقع الملوثة"، يتعين على مؤتمر الأطراف إعداد إرشادات حول إدارة المواقع الملوثة تتضمن أساليب ومقاربات "إشراك الجمهور" (برنامج الأمم المتحدة للبيئة 2013).

بالإضافة إلى ذلك، ووفقاً للمادة 81 "المعلومات والوعي والثقافة على المستوى العام"، يتعين على كل طرف تقديم المعلومات المرتبطة بتلوث الزئبق إلى الجمهور وكذلك "نتائج أنشطة البحث والتطوير والمراقبة وفقاً للمادة 91". كما يتعين على الأطراف توفير التعليم والتدريب ورفع مستوى وعي الجمهور بخصوص الآثار الصحية للزئبق وذلك بالتعاون مع الهيئات الحكومية الدولية ذات الصلة والمنظمات غير الحكومية والسكان المعرضين للخطر.

يتطلب إشراك الجمهور، من خلال التعاون والتنسيق بين مختلف القطاعات، مقارنة متكاملة ثنائية الاتجاه تقوم الحكومة فيها بإشراك المجتمع المدني على المستويين الوطني والإقليمي. كما يتطلب إشراك أصحاب الشأن ضمن عملية مرتبطة بالموقع المحلي ذاته. ويجب أن يكون كل إجراء من الإجراءات قادراً على تقديم المعلومات إلى الإجراءات الأخرى والتأقلم معها. وعند إشراك الجمهور، ينبغي النظر إلى السياق الثقافي والاجتماعي والسياسي المحدد للحصول على أكبر فاعلية.

ينبغي على البلدان التي لم تصادق على المعاهدة بعد أن تأخذ بعين الاعتبار الخطوات اللازمة للقيام بذلك من أجل تحسين فرص الحصول على مساعدة تقنية ونقل التكنولوجيا إليها (المادة 14) والموارد المالية (المادة 13) التي من شأنها تقديم الدعم لوضع جرد للزئبق (ونفايات الزئبق) وقواعد بيانات للمواقع الملوثة والمعلومات الهامة الأخرى اللازمة للتعامل مع التلوث بالزئبق على الصعيد المحلي.

2 تحديد المواقع وخصائصها. ما هو الموقع الملوث

بالزئبق؟

يعد وضع تعريف واضح للموقع الملوث بالزئبق أمراً ضرورياً لتناول عدد من القضايا الأساسية. ويتضمن ذلك تعريف 'الموقع' ذاته وكذلك تركيز الزئبق الموجود فيه أو شكله والذي يمكن اعتباره 'تلوثاً' بالمقارنة مع المستويات الموجودة بشكل طبيعي.

بعبارة عامة، ينبغي، وفي الحد الأدنى، اعتبار الموقع الذي يحتوي على تربة أو هواء أو ماء أو رواسب (أو مزيج منها) والذي أثر فيه عنصر الزئبق أو مركبات الزئبق أو نفايات الزئبق على أنه موقع معرض لتلوث الزئبق. وتم تحديد تركيز 31.0 جزء في المليون في التربة (0102 la te gnippiT) على أنه الحد المسموح به في التربة السليمة فيما يخص النباتات والكائنات الدقيقة.

تدعى مستويات الزئبق الموجودة في التربة التي 'تستدعي' مزيداً من التحقيقات بالمستويات الفاصلة. وهي تختلف من بلد لآخر ولكنها بشكل عام تقع ضمن نفس النطاق. وكمثال عن ذلك، فقد أوردت الإرشادات الوطنية الأسترالية حول المواقع الملوثة (مجلس حماية البيئة الوطني 1999) بأن 10 جزء في المليون من ميثيل الزئبق و15 جزء في المليون من عنصر الزئبق يعد المستوي الفاصل بالنسبة للممتلكات السكنية. أما 'مستويات التدخل الهولندية' (وزارة الإسكان الهولندية، التخطيط العمراني والبيئة 2010) فهي تستخدم 01 جزء في المليون من عنصر الزئبق كمستوى للتدخل من أجل إجراء مزيد من التقييم للمواقع المشتبه بها على أنها ملوثة بالزئبق⁴. وفي المملكة المتحدة، تقل القيمة الواردة في الإرشادات حول التربة السكنية عما سبق ذكره حيث تبلغ 1 جزء في المليون لعنصر الزئبق في التربة و11 جزء في المليون لميثيل الزئبق (وكالة البيئة في المملكة المتحدة 2009). تستخدم هذه المستويات الفاصلة في تحديد المواقع الملوثة بالزئبق التي من الممكن أن تجعل من الضروري إدارة الموقع وإخضاعه إلى مزيد من التحقيقات وربما معالجته.

من شأن هذه القضايا أن تصبح معقدة. فبعض المواقع قد تحتوي على مستويات من الزئبق أو مركبات الزئبق بشكل طبيعي بحيث تفوق المستويات التي يمكن لها أن تؤثر سلباً على صحة الإنسان والبيئة. وهكذا هو الحال في كثير من الأحيان في المواقع التي جرى أو يجري فيها الاستخراج الأولي للزئبق نظراً لوجود تركيز عالٍ من الزئبق في التربة بشكل طبيعي.

ففي العديد من البلدان يتم اعتماد مقاربات تستند إلى المخاطر عند تحديد المواقع الملوثة وإدراجها حيث تأخذ بعين الاعتبار طبيعة الموقع (على سبيل المثال بري أو مائي)، وسياقه (على سبيل المثال موقع حضري أو زراعي أو البراري)، والخطر الذي يمثله على مختلف 'المستقبلين' مثل البشر والحيوانات البرية والعمليات البيئية. يمكن لهذه المقاربة أن تكون أداة مفيدة عند تحديد أي المواقع يجب إعطاؤها الأولوية في المعالجة باستخدام الموارد المحدودة المتاحة. بشكل عام، تتم معالجة المواقع التي تشكل خطراً أكبر على صحة الإنسان والبيئة أولاً ثم

4 تمت مراجعة هذا التركيز في عام 2009 ليصبح مستوى التدخل عند 36 ملغ/كغ (جزء في المليون)، وهو يبرز استخدام مستوى مستهدف يبلغ 0.3 ملغ/كغ فقط وذلك من أجل ضمان تربة صحية مستدامة. لمزيد من المعلومات يمكن مراجعة دراسة الحالة 2 في هذه الوثيقة.

تتم معالجة المواقع التي تشكل خطراً أقل. أما بالنسبة إلى المواقع الضخمة والمعقدة وذات الخطورة العالي فيمكن تأجيل معالجتها أكثر من ذلك، وربما لسنوات أو عقود، نظراً للتعقيدات المالية والقانونية والسياسية والاجتماعية بما في ذلك الصراعات المسلحة حتى وإن كان لها أولوية في المعالجة.

2.1 تعريف 'الموقع'

ليس من الضروري أن يقتصر الموقع على الشكل البري مثل الحقل أو الغابة أو التلة. فقد يتضمن بيئة مائية مثل الجداول والأنهار والمستنقعات والأراضي الرطبة ومصبات الأنهار والخلجان. وفي حالات أخرى، يمكن أن يتضمن تضاريس متميز بخصائص برية ومائية مثل حقول الأرز والحقول المرورية وبرك تربية الأسماك. أثناء تناول تلوث الزئبق في مواقع متعددة، تختلف عمليات التحديد والتوصيف والإدارة والمعالجة (التنظيف) بشكل كبير عندما نأخذ بعين الاعتبار شكل الموقع والاستخدام الحالي له والاستخدام المخطط له بعد المعالجة.

يمكن أن تكون المواقع البرية الملوثة بالزئبق عرضة لأحداث طبيعية دورية يمكن أن ينتج عنها انتشار التلوث خارج حدود المكان مثل الفيضانات الدورية أو العرضية، والهزات الأرضية، وانجرافات التربة، وحالات الطقس المتطرفة مثل العواصف والزواجر والأعاصير التي يمكن أن تنقل الغبار الملوث من الموقع إلى مكان آخر. يجب أخذ هذه الأحداث بعين الاعتبار ويجب إدارة آثارها بالسعي إلى تخفيض انتشار الملوّثات من المواقع الملوثة المعروفة أو المشتبه بها. يمكن لهذه الأنشطة الطبيعية أن تؤدي إلى تشكل المواقع الملوثة بالزئبق من مصدر منتشر كتلك التي نجدها في نهر نورا والسهول الفيضية المحاذية له في وسط كازاخستان (راجع دراسة الحالة في القسم السابع من هذه الوثيقة). ففي هذا الموقع، تم إطلاق مياه عادمة تحتوي على كميات كبيرة من الزئبق من معمل acetdehyde (ولم تخضع بأغلبها إلى معالجة) ومن ثم اختلطت هذه المياه مع النهر والرماد المتطاير من محطات توليد الطاقة. أدى هذا النشاط إلى تكون الطمي المحمل بالزئبق (الطمي التكنولوجي) ومن ثم انتشر هذا الطمي بفعل مياه الفيضانات مخلفاً وراءه مساحات ملوثة واسعة في اتجاه مجرى النهر بعيداً عن الموقع الأولي الذي تم انبعاث الزئبق منه في بادئ الأمر (2000 Heaven et al).

2.2 تحديد المواقع

تقدم عملية تحديد المواقع الملوثة فرصة هامة لإشراك المجتمع وإحداث تفاعل بين منظمات المجتمع المدني وأصحاب الشأن الآخرين بما في ذلك المسؤولين عن البيئة والصحة. غالباً ما تتطلب عملية التحقيق في موقع مشتبه به على أنه ملوث مشاركة السكان المحليين والمسؤولين، والعمال الحاليين والسابقين بالإضافة إلى المنظمات غير الحكومية المحلية الذين قد يكون لديهم معلومات مفصلة عن تاريخ الموقع والنفابات التي تم رميها فيه أو نقلها إلى أماكن أخرى يمكن أن تكون قد أصبحت ملوثة هي الأخرى.

يمكن تحديد المواقع المشتبه بتلوثها دون استخدام أجهزة تقنية خاصة وذلك باتباع الوسائل التالية (اتفاقية بازل 2012):

- الملاحظة البصرية لوضع الموقع أو مصادر التلوث المرافقة؛
- الملاحظة البصرية لعمليات التصنيع أو العمليات الأخرى المعروفة باستخدامها أو إصدارها لملوثات خطرة على وجه التحديد؛

- تسجيل آثار سلبية على البشر أو النباتات أو الحيوانات يُفترض أن سببها القرب من الموقع؛
- النتائج الفيزيائية (مثل الرقم الهيدروجيني pH) أو التحليلية التي تظهر مستويات معينة من التلوث؛
- التقارير التي تقدمها المجتمعات المحلية إلى السلطات حول الانبعاثات المشتبه بها.

تورد اتفاقية ميناماتا حول الزئبق مجموعة من مصادر التلوث بالزئبق ومنها تصنيع المنتجات المضاف إليها الزئبق (الملحق A)، العمليات الصناعية (الملحق B)، المصادر من نقطة واحدة (الملحق D)، التخلص من النفايات ونشاطات المناجم (الملحق C) وخاصة تكرير الخامات والتخلص من المخلفات). ويجب اعتبار مراقبة المواقع التي جرت أو تجري فيها هذه الممارسات نقطة البدء لتحديد المواقع الملوثة بالزئبق وتقييمها. لن تكون كافة المواقع المرتبطة بهذه الأنشطة ملوثة ولكن هناك احتمال كبير بأن تكون هذه الأنشطة قد لوّث المياه الجوفية أو التربة أو الهواء أو البنية التحتية ويجب تقصي الأمر، وخصوصاً إذا كان من المتوخى تغيير استخدام الأرض إلى شأن أكثر حساسية (على سبيل المثال من الاستخدام الصناعي إلى السكني).

يعد استخراج الذهب الحرقي ضيق النطاق ASGM أحد أكبر مصادر التلوث بالزئبق على الصعيد العالمي. ويشير استخراج الذهب الحرقي ضيق النطاق إلى الأنشطة غير الرسمية لاستخراج الذهب والتي تجري باستخدام تكنولوجيا بدائية أو بأقل قدر ممكن من الآلات. يعد الزئبق أحد المعادن القليلة التي يتلمخ مع الذهب ويتم استخدامه لاستخراج الذهب الخالص من الذهب الخام. بعد ذلك يتم إحراق الزئبق مخلفاً وراءه قليلاً من الذهب. تسبب هذه الممارسة تلوث الهواء والماء والتربة بالزئبق على نطاق واسع. كما تؤدي إلى تعرض العاملين باستخراج الذهب الحرقي ضيق النطاق إلى الزئبق بشكل مباشر، وكذلك عائلاتهم وبعض تجار الذهب الذين يوزعون الزئبق أو يقومون بمعالجة ملغم الزئبق على نطاق جزئي في متاجرهم (IPEN 2014).

عادة ما تشكل المواقع الملوثة بالزئبق نتيجة للأنشطة الصناعية، وأنشطة المناجم الأولية، ورماد الفحم من محطات توليد الطاقة، وعمليات إنتاج الكلور⁵، وعمليات تصنيع المنتجات المضاف إليها الزئبق. ويمكن أيضاً أن يؤدي التخلص من المنتجات المضاف إليها الزئبق عن طريق رميها بمكببات النفايات أو إحراقها إلى الحصول على مواقع ملوثة بالزئبق. كما يمكن لمخلفات إحراق المنتجات المضاف إليها الزئبق، مثل الرماد المتطاير، أن تُحدث مواقع ملوثة بالزئبق في حال تم إلقاء الرماد الخطر في مواقع غير مصرح لها بذلك.

يرتبط تحديد التلوث بالزئبق بشكل وثيق مع هذه الأنواع من الأنشطة الصناعية وطرق التخلص من النفايات. تدقق السلطات التنظيمية في العديد من البلدان بخلفية الموقع عند إجراء تحقيق أولي فيه. ففي هذه المرحلة من التحقيق، يمكن للمعلومات التي يقدمها أعضاء المجتمع القريبين من الموقع أن تعطي رؤية هامة لبناء على الملاحظات التي تم جمعها على امتداد فترة طويلة من الزمن والمعرفة الدقيقة بالبيئة المحلية والثروة الحيوانية والكائنات الحية المتواجدة عبر مختلف فصول العام.

فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكتشف مزارع محلي قرب حدود الموقع أو مسار صرف المياه مجموعة غير اعتيادية من أمراض الحيوانات أو تشوه مواليدها والذي قد يكون سببه التلوث. وربما يلاحظ أحد السكان المحليين بأن هناك حاويات تغادر موقعاً صناعياً في الليل وترمي النفايات التي بداخلها. وقد يكون السكان موظفين منذ فترة طويلة في الموقع المعني كسائقين أو عمال أو مديرين ومتطلعين على ممارسات العمل المتبعة وتقنيات

5 يتضمن إنتاج الكلور في مصانع الكلور والفلويات استخدام كميات كبيرة من عنصر الزئبق وهذا من شأنه إحداث تلوث في المنشأة بسبب ما يتم إصداره وإطلاقه إلى التربة والمياه والهواء. تم استبدال العديد من مصانع الكلور والفلويات هذه بتكنولوجيا إنتاج الكلور غير المستندة إلى الزئبق مثل طريقة الغشاء. ولكن وعلى الرغم من ذلك فإن مواقع المصانع القديمة قد تبقى ملوثة حتى بعد إغلاق المنشأة أو هدمها.

التخلص من النفايات وبإمكانهم نقل هذه المعلومات إلى المحققين. قد تمر هذه الملاحظات الهامة دون أن تنتبه إليها السلطات التنظيمية التي لا تتواجد إلا بشكل متقطع أو لفترة وجيزة في الموقع الذي يجري فيه استخدام الرئبق أو مركبات الرئبق. يمكن أن تلعب الملاحظات المحلية دوراً هاماً في تقييم أثر التلوث على صحة المجتمع لأنه قد يكون بحوذة السكان المحليين معلومات محددة حول معدلات عالية من الأمراض ضمن مجتمعهم المحلي ويمكنهم نقل هذه المعلومات إلى السلطات. وقد يستطيع العاملون المحليون في المجال الصحي تقديم معلومات مشابهة حول الاتجاهات الصحية المحلية التي قد تشير إلى وجود مشكلة تلوث.

حالما يتم تحديد موقع مشتبه به على أنه فعلاً ملوث يجب اتخاذ الإجراءات التالية:

- تحقيق أولي في الموقع (ورد إسعافي في حال دعت الضرورة)
- تحقيق مفصل في الموقع
- إدارة الموقع
- المعالجة والتحقق والإدارة المتواصلة
- نقل النفايات ومعالجتها (في الموقع أو خارج الموقع)

2.3 التحقيق الأولي في الموقع

يمكن التحقيق الأولي في الموقع بشكل عام من مراجعة ل خلفية الموقع (دراسة سطح مكتب)، وتفتيش للموقع ومقابلات مع أصحاب الشأن، وإعداد تقرير. تساعد نتائج التحقيق الأولي في الموقع في تفسير كيف أصبح الموقع ملوثاً والمسار الذي يمكن أن يسلكه التعرض للمواد الملوثة بين مصادر التلوث والمستقبلين مثل الأشخاص والمحاصيل الزراعية والحيوانات البرية والثروة الحيوانية.

2.3.1 دراسة سطح المكتب

عند إجراء تحقيق في موقع صناعي، يجب أن تسعى دراسة سطح المكتب إلى إدراج مقابلات مع العمال الحاليين أو السابقين، ومع الإدارة وسائقي الشحن من أجل توسيع قاعدة المعلومات حول الأماكن الساخنة الملوثة ضمن الموقع أو خارجه.

بالإضافة إلى أصحاب الشأن، يمكن للمحققين أن الاستفادة من:

- الصور الجوية الحديثة والقديمة
- شهادات ملكية قديمة (وثائق تثبت ملكية الأراضي)
- الوثائق الحكومية المحلية (الموافقات على القيام بالتنمية الصناعية والتراخيص لمكبات النفايات).

2.3.2 تفتيش الموقع

يجب أن يتم تفتيش الموقع بعد ذلك بحضور شخص له معرفة مسبقة بالموقع. كما يجب على المراقبين أن يجمعوا المعلومات البصرية والشفهية والقصص المتداولة فيما يخص:

- الطبوغرافيا
- المسطحات المائية واتجاه الجريان
- نوع ووضع المناطق المعبدة لوقوف الآليات الثقيلة
- البنية التحتية في الموقع (حالياً وسابقاً)
- الأنشطة التي تجري في الموقع حالياً (والأنشطة السابقة إذا كان ذلك ممكناً)
- استخدامات الأراضي المجاورة
- دلائل على تلوث التربة (لطح أو روائح أو خضار يبدو عليها الإنهاك الخ...)
- أماكن تخزين المواد الكيميائية أو الوقود
- إدارة النفايات.

2.4 التحقيق الأولي في الموقع والاستجابة الإسعافية

بعد الانتهاء من التحقيق الأولي في الموقع، يقوم التحقيق المفصل للموقع بتقييم مزيد من المعلومات حول طبيعة الموقع ومدى تلوثه. ولكن يمكن أن يكشف التحقيق الأولي للموقع أن هناك تلوئاً جسيماً بالزئبق أو مواد أخرى عالية الخطورة. في حال كان التلوئ جسيماً وكان السكان القريبون للموقع في خطر التعرض له بحيث يشكل تهديداً مباشراً لصحتهم، حينها قد يكون من الواجب القيام باستجابة إسعافية قبل إجراء التحقيق المفصل للموقع.

تكون أولى الأولويات عزل المستقبلين عن التلوئ بأكبر قدر ممكن للحد من إمكانية المزيد من التعرض إلى التلوئ. وفي هذا المضمار، يمكن تشبيه المواقع الملوثة بالزئبق بأي موقع ملوث بملوثات متنقلة وسامة أخرى (بازل 2012). ففي حال لم يكن بالإمكان السيطرة على الموقع وكان الخطر كبيراً، قد يكون من الواجب إخلاء السكان والعاملين إلى أن تتم السيطرة على الموقع وعزل التلوئ. ويمكن لخاصية تطاير الزئبق على شكل بخار في درجة حرارة الغرفة العادية أن تجعل عملية العزل صعبة للغاية في المواقع التي تعرضت لمستويات حادة من التلوئ. سيتم مناقشة تكنولوجيا الحواجز كأحد أساليب الحد من بخار الزئبق الناجم عن المواقع الملوثة في هذه الوثيقة ضمن تكنولوجيا المعالجة (القسم السادس).

يمكن العثور على مزيد من المعلومات حول الاستجابة الإسعافية للتلوئ بالزئبق ضيق النطاق، الناتج عن التسرب في دليل إرشادات الاستجابة للزئبق من وكالة حماية البيئة الأمريكية (وكالة الحماية الأمريكية 2004). أما بالنسبة لقضايا التلوئ بالزئبق الأوسع نطاقاً، فيمكن العثور على إرشادات في 'بروتوكولات التقييم البيئي والصحي للزئبق الناتج عن استخراج الذهب الحرقي النطاق' (Veiga and Baker 2004) والتي يمكن تطبيقها للمواقع الصناعية أو المرتبطة بالنفايات فيما يخص التقييم الصحي وأساليب جمع العينات

2.5 التحقيق المفصل للموقع وتحديد خصائصه

ينطوي التحقيق المفصل للموقع على أخذ عينات ميدانية من الهواء والتربة والمياه الجوفية أو مصادر المياه الأخرى من أجل التأكد من وجود أو عدم وجود التلوث الذي تم تحديده أو الاشتباه بوجوده في التحقيق الأولي للموقع. وأثناء التحقيق المفصل للموقع، يجب أن تكون عملية أخذ العينات وافية بما فيه الكفاية لتحديد طبيعة التلوث وتعيين مداه الأفقي والرأسي بحيث يمكن إجراء تقييم للمخاطر على صحة الإنسان والبيئة وبعث يمكن تأسيس قاعدة للمعالجة المناسبة أو لاستراتيجية الإدارة.

يعتمد وضع تقييم للمخاطر الناجمة عن المواقع الملوثة على وضع نموذج مفسر للموقع يقدم تمثيلاً لبيانات تلوث الموقع (غالباً ما يكون على شكل مخططات أو خرائط) والمسارات المحتملة للتعرض إلى الملوث بين مصدر التلوث المؤكد أو المشتبه به وبين المستقبلين المحتملين. يمكن توصيف هذا الجانب من التحقيق بأنه 'تحديد لخصائص' الموقع.

يمكن عندها تضمين و جمع البيانات التي تم الحصول عليها أثناء التحقيق المفصل للموقع في النموذج المفاهيمي للموقع لتساهم في بناء تصور أكثر شمولية للتلوث في الموقع وكيف يمكن له أن يؤثر على البيئة وصحة الإنسان. يجب أن تخضع كافة البيانات التي تم الحصول عليها من الموقع إلى إجراءات ضمان ومراقبة الجودة من أجل التأكد من صحة البيانات المتحصلة عليها و التي تمثل بالفعل التلوث الحاصل في الموقع (راجع Veiga and Baker 2004 الصفحة 123 لمزيد من التفاصيل حول ضمان الجودة ومراقبة الجودة للمواقع المتأثرة بالزئبق). يشمل ذلك تفاصيل حول تخزين العينات والتعامل معها، وأخذ نماذج عمياء متطابقة⁶، وفترات الاحتفاظ الممكنة للعينات.

لا تعتمد نزاهة العينات ودقة النتائج على فترة تخزين العينة فحسب، بل كذلك على شروط التعامل مع العينة وحفظها وتخزينها. يجب إجراء كافة الاختبارات في أقرب وقت ممكن بعد أخذ العينات. وينصح بأن تكون الفترة المتبقية نصف فترة الاحتفاظ على الأقل عند استلام المخبر للعينة.

يشير ضمان الجودة إلى نظام الإدارة العام الذي يتضمن التنظيم، والتخطيط، وجمع البيانات، ومراقبة الجودة، والتوثيق، والتقييم، وكتابة تقارير التحقيق المفصل للموقع بينما تشير مراقبة الجودة إلى النشاطات التقنية الروتينية التي تهدف بشكل أساسي إلى مراقبة الأخطاء. تشترط الأساليب المتبعة في وكالة حماية البيئة الأمريكية لتحليل الزئبق وضع العينات في البراد في أسرع وقت ممكن وإجراء التحاليل في غضون 28 يوماً من يوم الجمع (Vega and Baker 2004).

وبعد اتباع مراحل التحقيق الأولي في الموقع والتحقيق المفصل في الموقع وبناء النموذج المفاهيمي للموقع، يمكن إجراء تقييم للمخاطر على صحة الإنسان والمستقبلين البيئيين. في كثير من الأحيان، تحدد نتائج تقييم المخاطر فيما إذا كان سيتم معالجة الموقع وكيفية القيام بذلك (إزالة التلوث إلى حد معين) أو إذا كان سيتم إدارته (يبقى التلوث في الموقع مع اتخاذ مجموعة من الإجراءات لإدارته). وعلى الرغم من استخدام تقييم المخاطر كأداة لإدارة المواقع الملوثة، فلا ينبغي أن يكون الأسلوب الأوحده الذي يحدد مستقبل موقع ملوث. فحالمًا يتم تحديد خصائص التلوث في موقع ما بشكل كاف، ينبغي عقد نقاشات عامة حول الاستخدام المستقبلي

6 من أجل التحقق من إمكانية تكرار الإجراءات المخبرية والميدانية وكذلك من أجل الإشارة إلى عدم التجانس. قم بتعيين رقمين مختلفين (فريدين) للعينات (أحدهما للعينة الأولية والأخرى للعينة المطابقة) ثم قم بإرسال العينة العمياء إلى المخبر.

له ويتضمن هذا فيما إذا كانت ستتم معالجة الموقع وكيفية القيام بذلك. حيث يمكن للحصول على موافقة المجتمع المدني حول تنظيف الموقع ووضعه المستقبلي أن يجنب القلق طويل الأمد والنزاع والإنفاق. وفي نفس الوقت يمكن له أن يخلق فرصاً للتجدد الاجتماعي في المناطق المحيطة بالمواقع والتي ربما تكون خارج دائرة الإنتاج لفترات مطولة.

3 تحديد المواقع والفحص الأولي: دور الحكومة والمستشارين والمنظمات غير الحكومية

في معظم البلدان المتقدمة تتم عملية تحديد المواقع وخصائصها، وتقييم المخاطر، والمعالجة من قبل شركات استشارية خاصة وفق ضوابط تحددها وكالات حكومية، أو بالتعاون مع مثل هذه الوكالات. وغالباً ما تجري هذه العملية ضمن إطار قانوني أو تنظيمي يستخدم معايير محددة وهيئة اعتماد من أجل القيام بهذه الأعمال ولتقديم تقارير حول المواقع المؤكدة أو المشتبه بها إلى وكالة تقوم بإجراء جرد للمواقع وتراقب إدارتها ومعالجتها.

وكجزء من هذه العملية، يتم وضع إرشادات تحدد تركيز مادة ما (مثل المواد الكيميائية أو المعادن) في التربة والرواسب والهواء والماء التي تشكل مستوى 'التحفيز' (أو تركيز العتبة) من أجل اتخاذ مزيد من الإجراءات أو من أجل اتخاذ إجراءات رسمية (التحقيق الأولي في الموقع والتحقيق المفصل في الموقع). لا تقوم جميع البلدان بوضع مستويات التحفيز الخاصة بها حيث تلجأ إلى اعتماد ما وضعته بلدان أخرى. وتضم الإرشادات التي يكثر استخدامها ما يلي: مستويات الفحص الإقليمية من وكالة حماية البيئة الأمريكي⁷، مستويات التدخل الهولندية⁸، والمعايير الكندية⁹، ومستويات التحقيق الصحية الأسترالية¹⁰، والقيم الإرشادية للتربة في بريطانيا¹¹.

يمكن أن يكون إجراء تحقيق أولي للموقع وتحقيق مفصل للموقع شاملين عملية مكلفة في حال كانت المواقع الملوثة كبيرة ومعقدة وتنطوي على أكثر من عامل تلوث واحد أو إذا كانت الأنشطة الصناعية ما تزال مستمرة. ينطوي تحديد خصائص الموقع بشكل كامل على أخذ أكثر من عينة على شكل شبكة بحيث يتم تكرار ذلك في كل فصل من فصول السنة. ويمكن كذلك أن تكون تكاليف حفر الحُفر لأخذ عينات من المياه الجوفية وتكاليف التحليلات المخبرية الخاصة للعديد من العينات باهظة الثمن وخارج قدرة المنظمات غير الحكومية. ولكن الدور الأساسي الذي يمكن أن تلعبه هذه المنظمات هو الرفع سويًا الوعي حول المواقع الملوثة المحتملة عن طريق الإشارة إلى المواقع الملوثة المشتبه بها، وتوثيق الأنشطة التي من شأنها أن تسبب التلوث، أو حتى القيام بإجراء بعض الفحوصات الأساسية للعينات. وتستطيع المنظمات غير الحكومية كذلك أن توثق جرداً للمواقع الملوثة المعروفة أو المشتبه بها من أجل مساعدة السلطات التنظيمية في إجراء المزيد من التحقيقات التي تحتاج إلى قدر كبير من الموارد.

يمكن لقيام المنظمات غير الحكومية برفع وعي الجمهور حول وجود جرد أو 'قائمة' للمواقع الملوثة أن يشجع صناع القرار في البلد على تناول تلك القضية عن طريق وضع أطر وطنية للتحقيق والمعالجة كما يمكن أن يؤدي

7 راجع وكالة حماية البيئة الأمريكية

<http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/>

8 http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2013/januari/Proposal_for_Intervention_Values_soil_and_groundwater_for_the_2nd_3rd_and_4th_series_of_compounds

9 <https://www.ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=C6953AC5-1>

10 <http://www.scew.gov.au/nepms/assessment-site-contamination>

11 <https://www.gov.uk/government/publications/land-contamination-soil-guideline-values-sgvs>

ذلك إلى وضع أطر قانونية لتحديد المسؤولية عن تنظيف المواقع والترتيبات المتعلقة بالتعويضات. أحد الأمثلة البارزة عن هذه الترتيبات هي US Superfund (وكالة حماية البيئة الأمريكية الإقليم رقم 9 2015) والذي قدّم الأموال من أجل معالجة المواقع الخطرة وقام بإنشاء قاعدة بيانات للمواقع الملوثة المعروفة التي تحتاج إلى المعالجة.

حالما يتم التأكد من أن الموقع بالفعل ملوث بالزئبق، يمكن للمنظمات غير الحكومية أن تعمل على رفع مستوى وعي المجتمع والسلطات المحلية حول الأخطار التي يشكلها هذا الموقع والإجراءات الاحترازية التي يجب اتخاذها للحد من التعرض إلى التلوث. ويعد هذا شأنًا هاماً خصوصاً بالنسبة إلى المواقع الملوثة بالزئبق القريبة من المسمكات (وخاصة بالنسبة إلى التلوث في أسفل المجرى) التي تعتبر مصدراً غذائياً والتي قد تحتوي على مستويات مرتفعة من ميثيل الزئبق (MeHg). وعلى نحو مشابه، يمكن أن تكشف الأشكال الأخرى من العينات غير المباشرة عن وجود مصادر تلوث محلية، مثل الأسنات والأسماك والقشريات والنباتات الصالحة للأكل.

3.1 فحص المواقع (العينات)

يمكن أن يقدم الفحص المباشر (في الموقع) لعينات التربة والمياه والهواء في المواقع المشتبه بها أو الفحص غير المباشر لمصادر الغذاء مثل الغطاء النباتي أو الأسماك أو العواصفير أو عينات الإنسان البيولوجية مؤشرات قوية عن وجود مواقع ملوثة ومسار تحرك الملوثات التي تخرج من الموقع.

ويمكن أخذ العينات البيولوجية في حال تطوع الأشخاص الذين يقطنون أو يعملون بالقرب من المواقع الملوثة بتقديمها. وينبغي انتهاز هذا الإجراء بعناية وذلك لأنه يجب النظر إلى الخصوصية والاعتبارات الأخلاقية بما في ذلك إمكانية تقديم الدعم والمشورة للأفراد في حال أظهرت العينات مستويات عالية من التعرض وتضم العينات الأكثر إنتشاراً التي يمكن للأشخاص تقديمها بخصوص التعرض للزئبق الشعر والبول والدم. في بادئ الأمر، يتم استخدام عينات الشعر غالباً لأنها أقل انتهاكاً لحرمة الأشخاص من الأساليب الأخرى وتحليلها أقل تكلفة نسبياً. سيتم التطرق إلى منهجية عينات الشعر لاحقاً في هذه الوثيقة.

3.2 العينات غير المباشرة

بالنسبة إلى المواقع التي يشتبه بتلوثها بالزئبق، يمكن فحص التربة والهواء بفعالية وبتكلفة منخفضة. أما بالنسبة للفحص غير المباشر، فمن المفيد أخذ عينات من السمك لأنه من الممكن مقارنتها مع مجموعة تحكم من السمك في مناطق أخرى تعلم يقيناً بأنها غير ملوثة ومن الممكن أيضاً مقارنتها مع جرعات مرجعية معروفة تحدد مستوى الزئبق الميثيلي في السمك المسموح بتناوله في الشهر الواحد. وقد وضعت إرشادات وكالة حماية البيئة الأمريكية (وكالة الحماية الأمريكية 2001) مستوى استهلاك يبلغ 0.22 جزء في المليون من ميثيل الزئبق في الشهر.

توصي المفوضية الأوروبية ومنظمة الصحة العالمية بالألا يتم التعاطي تجارياً مع الأسماك التي يفوق مستوى الزئبق فيها 1 جزء في المليون. وكما هو الحال عند أخذ عينات الديوكسين في البيض والحليب والأسماك، ينبغي الطلب من المختبرات المعتمدة أن تقوم بإجراء التحليلات. ويمكن لهذه المختبرات أن تقدم التوجيهات حول

كيفية أخذ العينات والتعامل معها وتخزينها وفترات الاحتفاظ المسموحة. إذا أظهرت النتائج بأن عينات السمك تفوق الجرعة المرجعية لميثيل الزئبق، ينبغي عندها إجراء مزيد التحقيقات لتحديد مصدر التلوث.

يمكن العثور على معلومات مفصلة حول أخذ العينات الميدانية لميثيل الزئبق في بروتوكولات المشروع العالمي للزئبق حول تقييم البيئة والصحة للزئبق الذي يصدره عمال استخراج الذهب الحرفي ضيق النطاق (مرفق البيئة العالمي/برنامج الأمم المتحدة الإنمائي/منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية، 2004 الصفحة 86).

3.3 عينات تعرض الشعر للزئبق

يمكن أن يقدم أخذ عينات من الشعر لتحليل الزئبق فيه مؤشراً على وجود تلوث محلي ومستمر بالزئبق. حيث تضع وكالة الحماية البيئية الأمريكية جرعة مرجعية تبلغ 1.0 جزء في المليون كعتبة تُستخدم لتحديد أي عينات الشعر المأخوذة من العمال المحليين أو أفراد المجتمع المحلي. يجب إجراء اختبارات لها بحثاً عن مستويات مرتفعة من الزئبق.

يمكن أن يتعرض الأشخاص إلى الزئبق من العديد من المصادر الصناعية والمناجم بما في ذلك محطات توليد الطاقة التي تعتمد على الفحم ومصانع اللب والورق والمواقع الصناعية المختلطة التي تحتوي على خليط من إنتاج الكلور والقلويات، وتكرير النفط، وحرق النفايات، وصناعة الإسمت، ومصادر محتملة أخرى للزئبق. يجب أخذ هذا بعين الاعتبار أثناء إجراء التحليل سواء كانت مستويات الزئبق المرتفعة في الشعر ناتجة عن مصدر ملوث محلي أم من مصادر منتشرة. ويمكن استخدام عينات الشعر المأخوذة من الأطفال لمعرفة إذا كان الزئبق موجوداً بمستويات مقلقة من شأنها التأثير على نمو جهاز العصبي لديهم بحيث تسمح للسلطات بالتدخل المبكر للحد من تعرضهم له. (Grandjean1999).

ويوصي المركز الوطني لمرض ميناماتا في اليابان بالإجراءات التالية عند أخذ عينات الشعر (هناك وسائل أخرى مقبولة).

3.4 جمع عينات الشعر

- قم بقص الشعر باستخدام المقص بالقرب من جذر الشعرة. يجب جمع ما لا يقل عن عشرين شعرة طول كل واحدة منها حوالي 01 سم. كلما كان طول الشعر أقصر كلما احتجنا إلى مزيد من عدد الشعرات. في حال كان طول الشعر أكثر من ذلك، يتم الاحتفاظ بالجزء القريب (من جهة جذر الشعرة) بطول يبلغ حوالي 01 سم ويتم التخلص من الجزء البعيد (من جهة طرف الشعرة) عن طريق قص ما تبقى من الشعرة. ملاحظة: يعتبر الجزء القريب من الشعرة (من جهة جذر الشعرة) ملائماً أكثر من الجزء البعيد (من جهة طرف الشعرة) لإجراء تحليل عليه بحثاً عن التعرض لميثيل الزئبق. ويعود سبب ذلك إلى محتوى ميثيل الزئبق قد ينخفض أثناء نمو الشعر تحت ظروف معينة بما في ذلك التعجيد الاصطناعي للشعر.
- ضع عينات الشعر التي تم جمعها في ظرف وضع الرقم التعريفي للمشارك عليه. استخدم ظرفاً واحداً لكل مشترك.

3.5 إرسال عينات الشعر التي تم جمعها

- قم بجمع عينات الشعر وتخزينها إلى أن يناهز عدد المشاركين الخمسين، ثم أرسل العينات مرفقة بقائمة للمشاركين. يجب ألا يتعدى عدد المشاركين المائة عن كل موقع تم جمع العينات منه.
- ينبغي أن تضم قائمة المشتركين الرقم التعريفي، الجنس، العمر، تاريخ العينة، وموقع جمع العينة.
- ملاحظة: يجب حماية المعلومات الشخصية، بما في ذلك الأسماء والعناوين، والتي يمكن استخدامها للتعرف على الأفراد المشاركين من إمكانية الوصول إليها. حيث يجب أن تخضع لرقابة صارمة من مدير محدد. وفي بعض الأحيان، قد تكون المعلومات الشخصية ضرورية، على سبيل المثال عند تقديم التغذية الراجعة لنتائج التحليلات إلى المجتمع المحلي.

3.6 العينات المباشرة (في الموقع)

يمكن أخذ عينات التربة والرواسب والمياه مباشرة من موقع ملوث معروف أو مشتبه بتلوثه من قبل المنظمات غير الحكومية بعد اتباع بعض التدريبات الأولية وتحت الإشراف. ولكن من المهم التنبيه إلى أخطار التعرض الموجودة في مثل هذه المواقع وهناك حاجة لاستخدام مستوى مناسب من أدوات الحماية الشخصية لتقليل من مخاطر التعرض. ويفضل أخذ مجموعة تمثيلية من العينات من التربة أو الرواسب من مناطق واسعة على مجرد أخذ عينات من نقطة واحدة، لأن ذلك قد يؤدي إلى تفويت بعض المناطق الساخنة وتحديد خصائص الموقع بشكل غير كافٍ.

ويعد استخدام بروتوكول لأخذ العينات يتضمن وصفاً مفصلاً لعملية أخذ العينات أمراً بالغ الأهمية. حيث ينبغي أن يتضمن وصفاً لمعدات أخذ العينات وأدواتها، ومكان كل عينة (يفضل استخدام احداثيات خطوط الطول والعرض عن طريق جهاز نظم المعلومات الجغرافية (SIG)، وملاحظات حول مظهر ورائح العينة، وسبب



الصورة رقم 1: مثال عن محقق في موقع ملوث يستخدم جهاز نقال لتحليل بخار الزئبق

المصدر: www.mercury-instrumentsusa.com



X Test-RoHS/WEEE

Polymer - Fail

ELEMENT	ppm%	+/-	
Pb	1147	18	Fail
Cd	292	21	Fail
Au	536	67	
Hg	1101	20	Inc
Cl	< 5295		
Cr	975	49	Inc
As	98	6	
Se	117	34	
Br	1085	16	Inc

Ready 14:56



الصورة رقم 2: مثال عن صورة لشاشة Polymer - Fail تظهر قراءة الشاشة الرقمية للمعادن في البوليمر. المصدر: www.innovx.com

أخذ العينة (على سبيل المثال، تقع على مسار التصريف لمعمل الكلور القلوي). إذا تم توظيف الأتماط الشبكية عند أخذ العينات، فيجب تحديد الفواصل الشبكية باستخدام المعايير الوطنية أو الدولية المناسبة وتوثيق ذلك. أحد تقنيات كشف التلوث بالزئبق في موقع يشتبه بتلوثه مع أقل قدر ممكن من العبث بالمواد التي يمكن أن تكون ملوثة (وبالتالي الحد من التعرض لها) هي استخدام أجهزة "شم" الزئبق.

وتعد أجهزة "الشم" أجهزة إلكترونية نقالة يمكنها الكشف عن المستويات العالية من الزئبق في الموقع بشكل ميداني. يتم معايرة بعض الأجهزة لاستخدامها من أجل الزئبق في التربة أو الأجسام الصلبة الأخرى ويتم معايرة غيرها من أجل بخار الزئبق. ويمكن تزويد بعض الأجهزة بأدوات إضافية لفحص مستوى الزئبق في التربة والمياه والهواء.

وتشمل أجهزة "الشم" ما يلي (بالإضافة إلى غيرها من الأجهزة):

- Metorex's X-MET 2000 Metal Master Analyser, X-Ray Fluorescence Analyser
- Milestone Inc.'s Direct Mercury Analyser (DMA-80), Thermal Decomposition Instrument
- NITON's XL-700 Series Multi-Element Analyser, X-Ray Fluorescence Analyser (XRF device)

- Lumex's RA-915+ Portable Mercury Analyser, Atomic Absorption Spectrometer, Thermal Decomposition Attachment RP 91C
- MTI, Inc.'s PDV 5000 Hand Held Instrument, Anodic Stripping Voltammeter
- Olympus Delta portable X-Ray Fluorescence Analyser

تعد هذه الأجهزة النقالة مفيدة وخاصة عند أخذ قراءات سريعة في عدة نقاط من موقع ما. وهذا من شأنه المساعدة في تحديد المناطق الساخنة.

ويعتبر جهاز تحليل الأشعة السينية الفلوري المبين أعلاه (راجع الصورة رقم 2) مثلاً عن جهاز تحليل للعينات الصلبة (التربة والأشياء) يمكن برمجته ببرامج مختلفة لتحليل المنتجات الاستهلاكية والأوساط البيئية مثل التربة. يتم وضع الجهاز بالقرب من الهدف ومن ثم يتم تشغيله. يظهر على الشاشة بعد ذلك التحليل باستخدام وحدة الجزء في المليون. يختص هذا النوع من الأجهزة بالمعادن الثقيلة ولكن يمكنه كشف المواد الكيميائية الأخرى في حال تمت معايرته بشكل صحيح.

ويمكن لأجهزة التحليل مثل جهاز التحليل 'Lumex' أن يكون فعالاً في كشف بخار الزئبق في المواقع الملوثة (راجع الصورة رقم 3). يمكن أن يكون شراء هذه الأجهزة مكلفاً للغاية، ولكن هناك العديد من البلدان التي تلجأ إلى استئجاره لفترات مختلفة.

إن دور المنظمات غير الحكومية في القيام بالفحص الأولي لمستويات العينات في الموقع قد أثبتت فعاليته الكبيرة في العديد من البلدان في رفع درجة الوعي حول المواقع الملوثة وتحفيز السلطات على تناول مسألة التلوث الناجم عن هذه المواقع. وسواء كان ذلك عن طريق استخدام اختبارات الشعر البسيطة أم الاستخدام المعقد



الصورة رقم 3: جهاز Ohio Lumex RA915+ Portable Mercury Vapor Analyser الذي يمكن تعديله لأخذ عينات من التربة والمياه. المصدر: ohiolumex.com

لأجهزة الشم، فإن هناك العديد من الخيارات التي يمكن للمنظمات غير الحكومية أخذها بعين الاعتبار لتحديد المواقع الملوثة الناجمة عن الزئبق والمعادن الأخرى.

3.7 أخذ عينات من التربة والمياه من أجل التحليل المخبري

عند الرغبة بأخذ عينات من التربة والمياه من موقع مشتبه بتلوثه إلى المخبر من أجل تحليلها يُنصح باستشارة مخبر معتمد يستخدم وسائل تحليل معترف بها دولياً قبل أخذ العينات. حيث سيقدم لكم النصيحة حول البروتوكولات الصحيحة لأخذ العينات بما في ذلك نوع وعاء تخزين العينة الصحيح. وتعد هذه التفاصيل مهمة لأن بعض المواد المستخدمة في أخذ العينات وتخزينها (مثل البلاستيك والمعادن) يمكن لها أن تلوث العينات مما يعطي نتائج خاطئة. وفي بعض الحالات تقدم المخابر وعاء لحفظ العينات بحيث يكون معداً مسبقاً لضمان عدم حصول انتقال غير مقصود للتلوث. كما سيقدم لكم النصيحة حول فترات الاحتفاظ وإذا كان هناك حاجة لوضع العينات في البراد أو التلاجة (السمك على سبيل المثال).

4 تقييم المخاطر

يعد تقييم المخاطر في المواقع الملوثة عنصراً هاماً عند تحديد تعرض المستقبلين البشريين والبيئيين إلى التلوث وكذلك من أجل اتخاذ القرار بإدارة الموقع أو معالجته. كما يمكن لتقييم المخاطر أن يكون أداة هامة في تحديد أولويات معالجة مواقع متعددة وذلك بعد تحديد أي منها يشكل الخطر الأكبر. يعرض هذا القسم نظرة عامة موجزة عن المبادئ الأساسية في تقييم المخاطر وولفت عناية القارئ إلى الإرشادات الشاملة أثناء تطبيق تقييم المخاطر في المواقع الملوثة بالرئيق.

تعتبر نماذج تقييم المخاطر مقيدة إلى حد بعيد. وتنطوي العديد من القيم المستخدمة كمدخلات إلى النموذج على قيم يضعها المسؤولون عن تقييم المخاطر بشكل شخصي. كما يمكن للنماذج أن تكون مقيدة بالبيانات السمية التي عادة ما تكون مستندة إلى تحليل مركبات كيميائية إفرازية وخصائص الاستجابة للجرعة المرتبطة ب¹². يمكن أن تتأثر المواقع الملوثة بمادة كيميائية أو معدن واحد ولكنها عادة تتأثر بمجموعة من المعادن والملوثات، وخاصة إذا كان الموقع يُستخدم لإلقاء مزيج من النفايات.

في بعض الحالات، وعندما تتواجد مواد كيميائية في الموقع كمزيج، يمكن أن تتأزر هذه المواد الكيميائية في إحداث أثر سمّي بحيث يكون الناتج السميّ الإجمالي أكبر بكثير من مجموع سمية المكونات الداخلة فيه. وعادة ما يتم إساءة تمثيل زيادة قوة سمية بعض المواد الكيميائية من قبل مواد أخرى في نماذج تقييم المخاطر التقليدية، ولكن يجري العمل على تجاوز هذه النقطة. ومع إنتاج أكثر من 100 ألف نوع من المواد الكيميائية المختلفة (Winder et al 2004)، يبقى إجراء تحليلات شاملة لكافة التفاعلات الممكنة ضمن إطار عمل تقييم المخاطر تحدياً طويلاً الأمد يمكن أن يحل محله تقنيات تقييم أخرى في المستقبل.

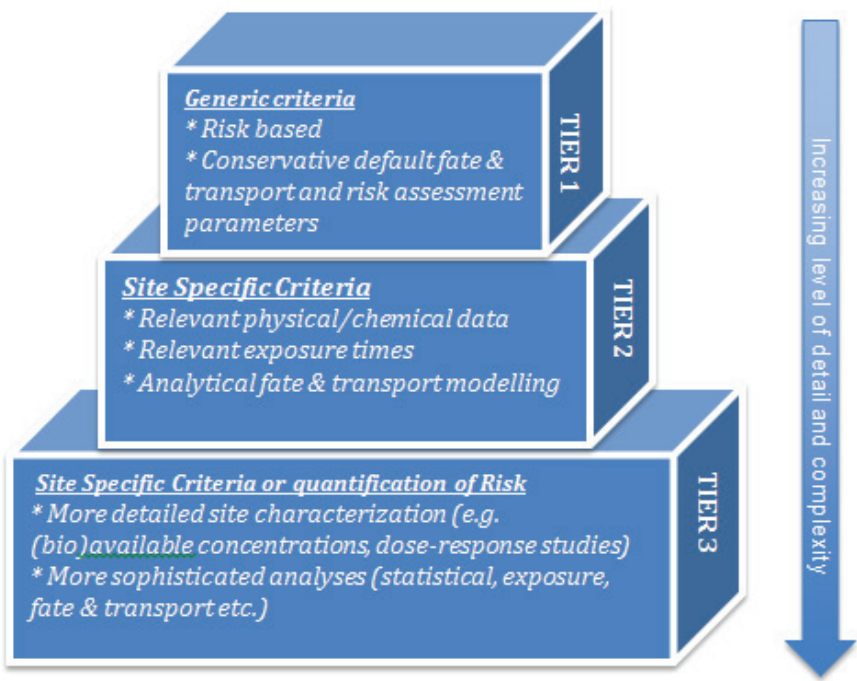
وهمة بديل للتقييم الكمي لمخاطر للمواد الكيميائية التي تكون على شكل مزيج ألا وهي المقايسة البيولوجية bioassays، ويتم اختبارها حالياً إن كانت تؤدي الغرض في تحديد الأثر السمي لمصادر التلوث. والمقايسة البيولوجية هي عبارة عن فحص يُستخدم لتقييم القوة السمية النسبية لمادة كيميائية ما عن طريق تقييم أثرها على الكائنات الحية. تقدم المقايسة البيولوجية، وضمن سياق الاختبارات البيئية، تقييماً شاملاً للسمية الكاملة للنفايات السائلة أو عينات المياه والرواسب والتربة من المواقع الملوثة. توجد العديد من الإرشادات المتاحة بالنسبة للذين يفكرون باستخدام المقايسة البيولوجية كإجراء متمم لتقييم المخاطر أو لتحسين تقييم وتحديد خصائص المياه الملوثة (enHealth 2012) والتربة (Hooper 2008) والرواسب (Barcelo and Petrovic 2006).

يعد تقييم مخاطر المواقع الملوثة بالرئيق ممكناً باستخدام النماذج الحالية ولكنه يخضع لبعض القيود الهامة التي من الممكن أن تقلل من شأن تعرض المستقبلين المحتمل إلى التلوث. والمشكلة الرئيسية هي غياب الخصائص المحددة للموقع وغياب تقدير التوافر البيولوجي لمواد محددة في النماذج الحالية. يختلف التوافر البيولوجي حسب الشكل الذي يتخذه الرئيق والمركبات ذات الصلة. ويمكن تعريفه على أنه 'جزء من مركب في مصفوفة يمكن أن تمتصه الكائنات الحية عندما يتم تحريره من المصفوفة. يصبح هذا المركب الممتص متوافراً

12 تصف علاقة الاستجابة للجرعة العلاقة بين أروحية الآثار الصحية الضارة وشدتها وبين مستوى وحالة التعرض للعامل (الجرعة المقدمة).

ليحدث أثراً بيولوجياً (Stein et al 1996). أحد الأمثلة النموذجية عن هذا هو وجود مستويات عالية من الزئبق في السمك بينما لا يوجد مستويات عالية منه في الرواسب حيث تم صيد السمك.

تمتلك نماذج تقييم المخاطر التقليدية نهجاً أقل تحديداً لأنها تستخدم بيانات التركيز الإجمالي وتفترض وجود مُعامل ثابت للأثر الفعلي على المستقبل عند وضع ملف حول المخاطر الكائنة في موقع ما في وقت ما، كما تفترض وجود حالة مستقرة (وكالة حماية البيئة الأمريكية 1996).



الصورة رقم 4: المستويات الثلاث في تقييم مخاطر الأراضي الملوثة. قد تختلف الخطوات بعض الشيء باختلاف البلدان وأطر تقييم المخاطر. المصدر: (Ohlsson et al 2014)

5 المواقع الملوثة: مقاربات الإدارة والمعالجة

يتناول هذا القسم المقاربات المختلفة لإدارة المواقع الملوثة بالزئبق ومعالجتها. سيتم التركيز على المواقع الصناعية الملوثة من النوع الذي يتوقع وجوده نتيجة للنشاطات الصناعية السابقة والحالية في أوروبا وأمريكا، ولكن يمكن تطبيق هذه المعلومات في البلدان الأخرى.

يعد إنتاج الكلور في مصانع الكلور والقلويات باستخدام إجراء المهبط (الكاثود) الزئبقي مصدراً أساسياً للتلوث بالزئبق وذلك بسبب الكميات الكبيرة من الزئبق المستخدمة في عملية الإنتاج، وفقدان الانبعاثات الهاربة أثناء مرحلة البخار، والتسرب والتخلص من النفايات.

ومع أن مصانع الكلور والقلويات تعتبر مصدراً رئيسياً للتلوث الصناعي، فإن هناك أنشطة أخرى يمكن أن تسبب التلوث بالزئبق مثل حفظ الأخشاب ($HgCl_2$)، وإنتاج البطاريات وإعادة تدويرها، وأنشطة صناعية أخرى مثل إنتاج الموازين الحرارية والبدالات الكهربائية. وسيتم مناقشة مثال عن تلوث بالزئبق من مصدر واحد من مصنع موازين حرارية في القسم 7.2.

يمكن أن تسبب العمليات الصناعية التي تستخدم المحفّرات الزئبقية تلوثاً في الموقع ويمكن أن تؤثر على المواقع الأخرى من خلال التخلص من النفايات. كما يعد إنتاج النفط والغاز مصدراً للزئبق لأنه يتم تجريد الإنتاج ومصانع التكرير من الزئبق من أجل حماية المعدات من التآكل.

ويعد التخلص من النفايات (النفايات الصلبة والأوحال والنفايات السائلة) الناتجة عن الأعمال الصناعية سبباً في تلوث العديد من المواقع بالزئبق. حيث تم تلوث نهر نورا ومجرى الفيضانات المجاورة له في وسط كازخستان بالزئبق عندما تم التخلص من النفايات السائلة لمعمل ينتج مادة $acetaldehyde$ في النهر. وأدى ذلك إلى تأثر مجرى النهر حيث تم رصد تلوث الأسماك في نهر نورا بالميثيل الزئبقي. وأدى ذلك بدوره إلى ارتفاع مستويات الزئبق بين سكان تيميرتاو الذين يتناولون السمك الذي يصيدونه من نهر نورا (Sir 2015a).

بالإضافة إلى نفايات $acetaldehyde$ السائلة، قام مصنع مطاط اصطناعي في تيميرتاو بإلقاء 2000-3000 طن من الزئبق في نهر نورا والمناطق المجاورة مما ساهم في زيادة انتشار تلوث الزئبق في وادي نورا مع ما يحمله ذلك من آثار خطيرة على صحة عشرات الآلاف من الأشخاص الذين يستخدمون مياه النهر والآبار بالإضافة إلى الاستخدامات الأخرى للنهر مثل الري الزراعي، ومياه الشرب للماشية، والسباحة، وصيد السمك (Sir 2015a). تتطرق دراسة حالة إلى هذا الموقع بالتفصيل في القسم السابع.

في بعض الأحيان، يتم اتخاذ قرار عقب إجراء تقييم المخاطر و/أو بعد إجراء بعض المداولات بأنه يجب أن تتم إدارة الموقع وليس معالجته. وقد ينطوي ذلك على عزل التركيز الأعلى للتلوث ضمن الموقع، وإشادة سور وتركيب لافتات من أجل تحذير الناس من الخطر، والقيام بمراقبة دورية للموقع عن طريق الملاحظة البصرية والمعدات التقنية (مثل أجهزة "شم" بخار الزئبق) من أجل ضمان عدم ارتفاع مستويات التعرض إلى التلوث. وفي معظم الحالات التي تكون فيها المياه الجوفية مهددة بالخطر، فإنه يجب مراقبة الآبار في أعلى المجرى وفي أسفل المجرى بالنسبة إلى جريان المياه، وذلك من أجل أخذ عينات وتحديد خصائص الانتشار المحتمل

للمواد الملوثة. ويجب مراجعة هذه البيانات مرة واحدة في السنة على الأقل من أجل ضمان أن يكون قد تم عزل التلوث بالفعل.

وسواء تم اتخاذ القرار بإدارة الموقع أم بمعالجته، فإنه يجب منع حدوث مزيد من التلوث لموقع ملوث معروف. بالإضافة إلى ذلك، لا يجب أن تؤدي إدارة موقع ملوث معروف أو معالجته إلى خلق أو انتشار مزيد من المواقع الملوثة (على سبيل المثال من خلال رمي النفايات خارج الموقع، أو التخلص من القصاصات الخشبية الملوثة، والمياه العادمة الخ).

عادة ما يتم اختيار إدارة الموقع لأسباب اقتصادية حيث لا تكون الموارد المتاحة كافية لإجراء معالجة شاملة. ولكن وفي بعض الحالات، يمكن أن يؤدي التعامل مع التلوث من خلال عمليات المعالجة إلى أضرار بيئية أكثر من تركه على وضعه الراهن. فقد أفادت بعض التقارير بأن تجريف الرواسب في موقع ملوث بالزئبق أدى إلى إعادة ظهور الرواسب المحملة بالزئبق والتلوث المرافق لها في البيئة المائية مسببة ارتفاعاً بمستويات الزئبق في الكائنات الحية في أسفل المجرى (Anchor Environmental 2003). يجب ألا تكون إدارة التلوث في المناطق السكنية الخيار الأول إذا كانت المعالجة الشاملة ممكنة.

5.1 الإدارة

يجب أن تعكس استراتيجيات إدارة المواقع الملوثة الحاجة لحماية كافة قطاعات البيئة، البيولوجية منها والفيزيائية. وخلال عمليات التقييم والمعالجة للمواقع يجب اتخاذ إجراءات للحد من انبعاث المواد الملوثة إلى الهواء والترية والمياه.

يشكل الزئبق صعوبات خاصة لأنه يملك خاصية الانبعاث على شكل بخار في درجات الحرارة العادية بما في ذلك خطر انبعاث البخار أثناء التعامل مع الرواسب المشبعة بالزئبق، وهدم الأنوية الملوثة بالزئبق، وحفر حُفر الاختبار.

ويمكن أن تشكل الحفر التي يتم حفرها من أجل مراقبة المياه الجوفية مساراً لانبعاث بخار الزئبق من التلوث الموجود تحت الأرض. ويجب القيام بمراقبة حذرة ودورية باستخدام أجهزة الكشف عن بخار الزئبق في كافة المواقع التي تم التعامل معها سابقاً لضمان سلامة العمال والسكان القريبين وأفراد المجتمع.

لا يجب المضي قدماً بعمليات التنظيف إذا كان من شأنها التسبب بآثار أكثر ضرراً من ترك الموقع دون أي تعامل معه. وينبغي إعادة مراجعة هذا القرار مع ظهور تقنيات أحدث أو في حال توافر استراتيجيات تنظيف جديدة مع مرور الوقت أو إذا تم ملاحظة أن المخاطر ستزداد بسبب انتقال المواد الملوثة إلى خارج الموقع أو خارج حدود الأنوية العازلة.

5.1.1 المراقبة

في حال تم اتخاذ قرار بأن هناك موقعاً ملوثاً بالفعل ولكن الظروف أو تقييم المخاطر يدفعان نحو إدارة الموقع بدلاً من معالجته، عندها يجب وضع خطة مراقبة والعمل على تنفيذها.

يجب أن يكون التحقيق المفصل للموقع قد حدد الخصائص الجيولوجية والمائية وحركة المياه في الموقع لاستخدامها في تقييم المخاطر وتحديد خيارات الإدارة و/أو المعالجة.

فبالنسبة إلى المواقع الملوثة بالزئبق (والمواقع المتأثرة بالمركبات العضوية المتطايرة)، يجب أن تتضمن المراقبة فيها مراقبة الأبخرة في المناطق ذات الصلة التي حددها مسح التربة الذي يجب أن يكون قد تم إجراؤه أثناء التحقيق المفصل للموقع. وينطبق ذلك على عنصر الزئبق فحسب، لأنه لا يمكن لمراقبة الأبخرة الكشف عن أملاح الزئبق التي يمكنها أن تشكل خطراً على المياه الجوفية وذلك لقدرتها على الانحلال.

وتعتبر مراقبة المياه الجوفية أمراً هاماً من أجل مراقبة حركة عمود الملوثات ومو حجمه بما في ذلك التلوث الذي يسببه 'تأثير السحب إلى الأسفل' الناتج عن الحفر والآبار خارج الموقع والمستخدمة في إنتاج المياه والتي من شأنها التأثير على حركة أعمدة التلوث خارج اتجاه التدفق الطبيعي.

بشكل عام، تتم مراقبة مياه الآبار والحفر في 'أعلى المجرى' (بالنسبة إلى المياه الجوفية) وفي 'أسفل مجرى' أثناء التحقيق المفصل للموقع من أجل المساعدة في تحديد الخصائص المائية ووضع مخطط دقيق لتلوث المياه الجوفية. وحالما يتم تحديد خصائص عمود التلوث عن طريق العينات والنماذج، يجب وضع المزيد من حفر المراقبة في 'أسفل المجرى' أمام العمود المتقدم لتحديد مدى انتشاره ومعايرة حركته بالمقارنة مع النماذج السابقة. يمكن عندها تعديل الفرضيات حول حركة العمود المستقبلية وتقييم أثر مخاطرها. توجد هناك أساليب دولية لمراقبة المياه الجوفية مثل إيزو المياه الجوفية 2006 - ISO 17852.

5.2 المعالجة: المبادئ والمقاربات

ينبغي أن يكون الهدف الأساسي للمعالجة جعل الموقع مقبولاً وآمناً لاستمرار استخدامه الحالي على المدى الطويل وزيادة استخداماته المستقبلية إلى أكبر قدر عملي ممكن.

يجب تدعيم عمليات المعالجة المعقدة عن طريق وضع 'خطة عمل المعالجة' وتطبيقها. العناصر الأساسية لخطة عمل المعالجة هي:

- تحديد أصحاب الشأن الرئيسيين والمسؤوليات.
- وضع أهداف المعالجة والمعايير المقبولة لعمليات التنظيف.
- تقييم خيارات المعالجة وتحديد خيار المعالجة المفضل.
- توثيق منهجية المعالجة بما في ذلك التصريح/الرخصة الرسمية المطلوبة.
- وضع خطة إدارة بيئية.
- تحديد برنامج التحقق من أجل إثبات إكمال المعالجة بنجاح، بما في ذلك عمليات المراقبة (وكالة حماية البيئة في تسمانيا 2005).

5.2.1 مقارنة 'صالح للاستخدام'

في حال التأكد من تلوث الموقع وأنه يشكل خطراً مستمراً على صحة الإنسان و/أو البيئة، عندها يجب القيام بمعالجته. يشير مصطلح المعالجة بشكل عام إلى إزالة و/أو معالجة التلوث من أجل الحد من تعرض البشر له

التسلسل الهرمي المفضل لخيارات معالجة وإدارة المواقع الملوثة

أ) معالجة التربة في الموقع، بحيث يتم تدمير الملوث أو تقليل الخطر المرتبط به إلى حد مقبول دون إحداث آثار سلبية على البيئة والعمال والمجتمع الملاصق للموقع أو المجتمع بشكل عام.

ب) معالجة التربة المستخرجة خارج الموقع بحيث يتم تدمير الملوث أو تقليل الخطر المرتبط به إلى حد مقبول. وبعد ذلك يتم إعادتها إلى الموقع دون إحداث آثار سلبية على البيئة والعمال والمجتمع الملاصق للموقع أو المجتمع بشكل عام.

في حال لم يكن من الممكن تطبيق أي من الخيارين السابقين، عندها يجب أن تتضمن الخيارات الأخرى التي يتم أخذها بعين الاعتبار ما يلي:

أ) إزالة التربة الملوثة إلى موقع أو منشأة معتمدين، ثم يتم استبدالها بتربة نظيفة لتملاً مكانها.

ب) عزل التلوث في الموقع عن طريق منشأة لاحتواء يتم تصميمها وإدارتها بشكل ملائم. ثم تجري مراقبة استراتيجيات المعالجة ومراجعتها بشكل دوري بعد ذلك.

ج) ترك المواد الملوثة على وضعها بشرط ألا يكون هناك خطر محدد على البيئة أو المجتمع أو أن يكون في الموقع أدوات التحكم المناسبة. يتطلب هذا إعادة تقييم إجراءات المعالجة مع مرور الوقت وذلك من أجل مراعاة ظهور تقنيات وممارسات معالجة جديدة يمكن الاستفادة منها وتطبيقها.

والحد من المخاطر التي يشكلها على الصحة أو البيئة. في بعض البلدان يتم اتباع مقاربة 'صالح للاستخدام' حيث يتم تنظيف الموقع إلى حد معين بناء على الاستخدام المستقبلي المقترح للموقع. وغالباً ما تقوم اللوائح التنظيمية للمواقع الملوثة بتصنيف استخدامات المواقع ضمن الفئات التالية:

- سكني
- حدائق وترفيه
- تجاري
- صناعي.

تستند هذه اللوائح إلى تعرض المستقبلين البشريين المحتمل - ومدة التعرض بشكل خاص. وتحدد سيناريوهات التعرض مستويات التلوث المسموح بها بالنسبة إلى كل فئة من فئات الاستخدام لهذه المواقع. وبشكل عام، فإن استخدام الأراضي 'السكني' يمتلك أقل مستوى المسموح به لتلوث التربة من بين كافة الفئات الأخرى وذلك بسبب إمكانية تعرض السكان لفترات طويلة (42 ساعة في اليوم) واحتمال وجود الأطفال في الموقع وممارستهم لسلك 'pica' (Edward et al 1997) وهو يعني أن يقوم الأطفال بتناول كميات صغيرة من التراب من خلال وضع يدهم في فمهم.

وتتضمن حسابات التعرض سيناريوهات تناول الأغذية التي يتم إنتاجها على الصعيد الشخصي. ويعد هذا أمراً هاماً فيما يتعلق بالزئبق وخاصة بالنسبة إلى الأشخاص الذين يستهلكون السمك والخضراوات المنتجة محلياً. ويصبح ذلك مهماً بدرجة أكبر عندما نأخذ بعين الاعتبار مواقع استخراج الذهب الحرفي ضيق النطاق والتي عادة ما تتجاوز حدود 'الموقع' الذي يتم فيه الاستخراج لتصل إلى تكرير الخامات وملغمة الزئبق في القرى المجاورة لبرك الأسماك وحقول الأرز. ومع أن تكديس ميثيل الزئبق في السمك أمر معروف منذ بعض الوقت، فإن هناك الآن دلائل متزايدة تشير إلى تكديس الزئبق في الأرز. ويثير ذلك مشاكل معقدة من ناحية التعامل مع التلوث بالزئبق ضمن سياق نشاطات استخراج الذهب الحرفي ضيق النطاق، وخاصة في جنوب شرق آسيا حيث يجري إنتاج الأغذية المرتبطة بالأرز والسمك بالقرب من مناطق سكنية تتم فيها ملغمة الزئبق للذهب.

وترتفع مستويات الملوثات المسموح بها في فئة 'الحداثق والترفيه' وترتفع أكثر بالنسبة إلى فئة 'التجاري'، وتبلغ أعلى مستوياتها بالنسبة إلى المواقع 'الصناعية' في الوقت الراهن أو من المخطط استخدامها لأغراض صناعية في المستقبل. يسمح بمستويات أعلى من تلوث التربة في المواقع التجارية والصناعية وذلك بافتراض بأن العمال لن يتعرضوا سوى إلى ساعات محدودة في اليوم، وقد يستخدمون أجهزة الحماية الشخصية لأسباب مهنية، ولأن أسطح الموقع قد تكون معزولة بالفار أو بالاسمنت المسلح للحد من التلوث.

لا يتم اختيار هذه المقاربة بناء على تقييم المخاطر فحسب، بل يتم اختيارها أيضاً وفقاً لمقاربة التكلفة/الفائدة حيث قد لا يتم اعتماد نفس معايير المعالجة في المواقع الصناعية (مما يوفر من التكلفة بشكل كبير بالنسبة إلى مالكي الموقع أو الجهات المسؤولة عنها) التي تعتمد عليها أو تتطلبها المواقع السكنية. المشكلة التي تطرحها هذه المقاربة هو أنها تترك التلوث مكانه ليتم التعامل معه في وقت لاحق أو من قبل الأجيال اللاحقة. ولا تعد وقائية أو مستدامة أو من أفضل الممارسات ولكنها مفيدة من الناحية الاقتصادية لأولئك المسؤولين عن معالجة الموقع.

ويمكن أن تؤدي هذه المقاربة إلى مزيد من المشاكل البيئية. فعلى سبيل المثال، قد تقرر الجهات الرسمية بأنه يجب معالجة موقع سكني بحيث يكون هناك 2 جزء في المليون أو أقل من عنصر الزئبق في التربة. ولكن قد يُسمح لموقع صناعي أن يقوم بمعالجة موقع شديد التلوث ويترك حتى 002 جزء في المليون من عنصر الزئبق في التربة. لن ينبعث من الموقع السكني، على الأغلب، كميات كبيرة من بخار الزئبق أو المياه الجارية إلى الهواء المحيط أو المجتمع المحلي، بينما ستسمر الانبعاثات الهاربة من الموقع الصناعي لسنوات عديدة وقد تسبب انتقال الزئبق إلى المياه الجوفية. وفي السيناريو الأسوأ، يمكن أن تمضي عدة عقود ويتم فقدان السجلات التلوث لهذه المواقع أو نسيانها، ومن ثم يتم إعادة تطوير الموقع ليصبح موقعاً سكنياً وتكرر دورة التعرض مرة أخرى.

وهناك قضية أخرى وهي التكاليف المستقبلية لتنظيف المواقع التي تمت معالجتها بشكل جزئي فحسب. فمن المرجح أن تكون التكلفة المستقبلية أعلى وأن ينتشر التلوث مع مرور الوقت مما يزيد من نطاق المعالجة المستقبلية للموقع ومصاريفها ومداها وخاصة إذا أصبحت الأرض تستخدم لسيناريوهات أكثر حساسية مثل الاستخدام السكني.

أما المقاربة البديلة فهي معالجة الموقع بشكل كامل في أول فرصة سانحة بغية تجنب التكلفة والإزعاج والمخاطر المرتبطة بالمعالجة المتكررة للموقع في السنوات المقبلة. وبالنسبة إلى الاستدامة البيئية (المساواة بين الأجيال، ومن قام بالتلوث هو من يدفع، ومبدأ الحيطة) فإن هذه المقاربة أقرب ما يكون لأفضل الممارسات.

وحيثما تُعتبر معالجة الموقع تامة يجب اتخاذ مزيد من الخطوات لضمان فعالية العملية.

5.3 التحقق

بعد الانتهاء من المعالجة، يجب إثبات بأن أهداف المعالجة قد تم تحقيقها فيما يخص تركيز تلوث التربة والمياه والهواء وتكامل عملية الاحتواء. يجب ألا يمثل الموقع خطراً على صحة الإنسان والبيئة بعد ذلك. يجب أخذ عينات من التربة والمياه الجوفية والرواسب والكائنات الحية والأبخره من أجل التحقق وذلك بغية ضمان بأن الأهداف قد تم تحقيقها بالفعل. ويجب الاستمرار بأخذ عينات من المياه الجوفية بعد فترات مطولة لأخذ بالحسبان التغيرات الموسمية والمؤثرات الأخرى.

ويجب أن تتضمن خطط المراقبة المستمرة خطة طوارئ للتعامل مع أي قصور في المعالجة، والتقارير غير المتوقعة التي يمكن أن تظهر حول وجود تلوث في بيانات المراقبة يمكن أن يكون قد نتج عن تحديد خاطئ للخصائص، أو نقاط ساخنة لم تكن معروفة، أو مؤثرات من خارج الموقع.

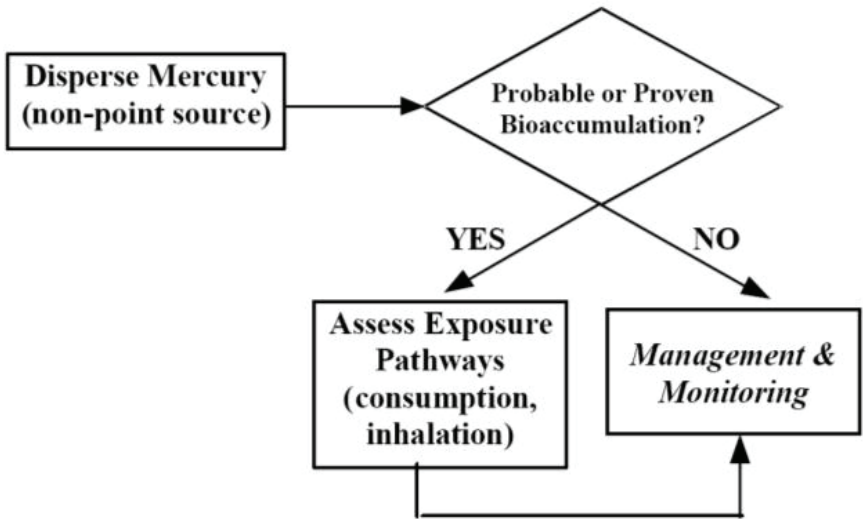
6 تكنولوجيا المعالجة وتقنياتها

تتطلب المواقع الملوثة تكنولوجيا معالجة للتعامل مع التحديات الفريدة المرتبطة بالخصائص والسلوك المعقد لعنصر الزئبق ومركبات الزئبق، وخاصة قدرة الزئبق على دخول طور البخار في درجة حرارة الغرفة العادية وقدرة بعض أنواع الزئبق على الانتقال نحو الأسفل في التربة.

عند تنفيذ معالجة المواقع الملوثة بالزئبق فإنه من المهم تقييم حركة الزئبق تحت السطح وإدارتها، وتجنب انبعاثه إلى الهواء والمياه والتربة.

عند التفكير باختيار التكنولوجيا المناسبة ووضع استراتيجية معالجة للمواقع، يجب التطرق إلى ثلاث قضايا أساسية:

1. وضع نموذج مفاهيمي شامل للموقع يتضمن تحقيقاً مفصلاً للموقع يوضح فيه الانبعاثات المحتملة للزئبق من الموقع الناتجة عن استخدام تكنولوجيا المعالجة وكذلك كافة التحولات (مثل التحول من الحالة الصلبة إلى البخار) التي يمكن أن تسببها هذه التكنولوجيا. يعتمد هذه على التحديد الدقيق لأنواع الزئبق المحتمل وجودها في الهواء والتربة والمياه وخطرها المحتمل على صحة الإنسان والبيئة.
2. لا يمكن تدمير عنصر الزئبق. لذلك يجب أن تأخذ سياسة المعالجة في الحسبان إدارة نفايات الزئبق المتبقية بما في ذلك الحفاظ على استقرارها ونقلها والتخلص منها.



الصورة رقم 5: الاستجابة إلى التلوث بالزئبق من مصدر منتشر كما اقترحتها (Hinton et al 2001)

3. تنطوي تكنولوجيايات المعالجة على خطر نقل الزئبق أثناء أعمال المعالجة إلى مكان آخر. ويجب أن تأخذ خطط 'الصحة والسلامة أثناء المعالجة' للعمال والجمهور هذا الأمر بالحسبان. للمزيد من المعلومات يمكن مراجعة القسم رقم 8.

وكما ذكر سابقاً في هذه الوثيقة، فإن مقاربات المعالجة المستندة إلى المخاطر يمكن أن تؤدي إلى نتائج مختلفة تماماً عن أهداف المعالجة المستدامة التي تدعو إلى إدراج مبادئ الاستدامة ضمن أهداف المعالجة المقترحة.

تشمل مقارنة المعالجة المستدامة الاعتبارات الاجتماعية والبيئية والاقتصادية أثناء عمليات تنظيف الموقع بما في ذلك مبدأ من يقوم بالتلوث هو من يدفع والمساواة بين الأجيال. يتم اختيار المقاربة المستندة إلى المخاطر، كما اقترح Eurochlor (2009) عند التركيز على الاعتبارات الاقتصادية. وبناء عليه، هناك حاجة لتطوير مقارنة معالجة مستدامة تعزز الأهداف الاجتماعية. وقد تكون هذه الأهداف مرتبطة أو متكاملة مع الأهداف الاجتماعية فيما يخص تحسين الصحة، ونتائج التعلم، وسبل العيش البديلة (وخاصة في مواقع استخراج الذهب الحرقي ضيق النطاق)، وتطوير القطاعات الزراعية والسلمكية التي تساهم بمجملها في تحقيق الأهداف الاجتماعية بمحاربة الفقر.

6.1 التلوث من مصدر واحد والتلوث المنتشر

يجب أن يستند تطبيق استراتيجيات وتكنولوجيا معالجة الزئبق إلى طريقة انتشار التلوث. فقد يأخذ التلوث شكل المصدر الواحد (مثل مصنع كلور وقلويات سابق) أو يأخذ خصائص التلوث من مصدر منتشر حيث يتواجد الزئبق بعيد عن مصدره الأساسي بسبب التصريف في البيئة المائية مثل الأنهار والجداول وما يتبع ذلك من الترسيب في ضفاف الأنهار أو الخزانات المائية أو مصبات الأنهار.

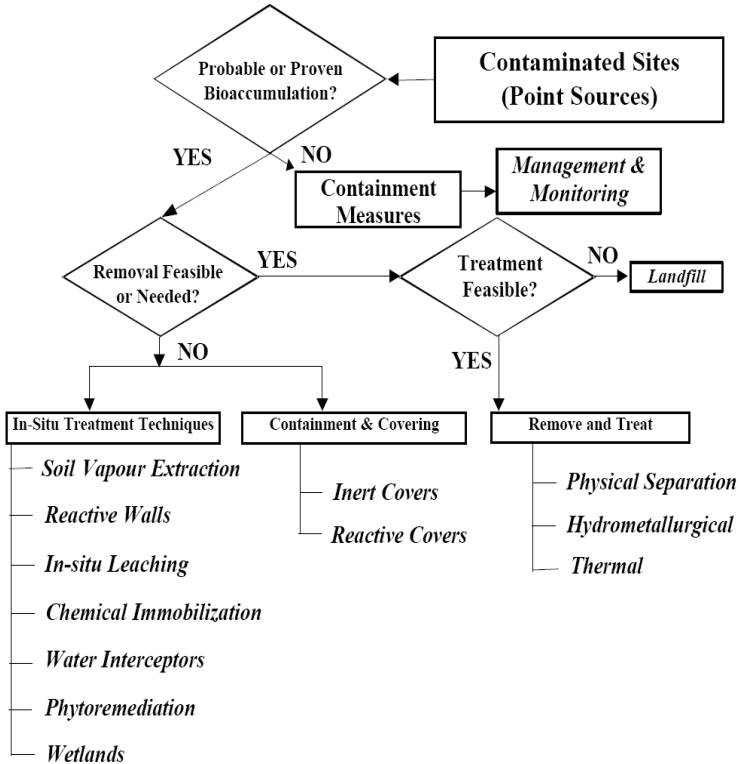
اقترح (Hinton et al 2001) استجابتين استناداً إلى طبيعة تلوث الزئبق إن كانت من مصدر واحد أم من مصدر منتشر. فبالنسبة إلى التلوث من مصدر منتشر، يرى هنتون بأن الإجراءات العلاجية عادة ما تكون غير قابلة للتنفيذ.

أما بالنسبة إلى المصدر الواحد فإن الاستجابة التي اقترحها هنتون هي بأن يتم النظر إلى إمكانية 'الحفر ومن ثم الإلقاء/المعالجة' وإذا لم يكن ذلك ممكناً يجب إجراء تقييم لتلك التلوث في الموقع واستخدام تقنيات الحجب. وفي كلتا الحالتين، يرى هنتون بأن التوافر البيولوجي للزئبق هو المحرك وراء استراتيجيات المعالجة. ففي غياب مقارنة للمعالجة للتلوث بالزئبق من مصدر منتشر يمكن عندها تطبيق تعديلات على السلوك المستند إلى المخاطر. ويمكن أن ينطوي ذلك على توفير معلومات للجمهور من أجل الحد من التعرض إلى التربة والرواسب المحملة بالزئبق، وتقليل أو تجنب استهلاك الكائنات الحية الملوثة (وخاصة السمك)، وتغيير الاستخدام الحالي للأرض (على سبيل المثال الاستخدام الزراعي) من أجل تجنب المناطق التي ترتفع فيها مستويات التلوث. وقد تتضمن الاستجابات مراقبة صحة الجمهور والتدخل بالنسبة للأفراد الذين تأثرت صحتهم سلباً بالتلوث.

وفي الآونة الأخيرة، يتم تطوير تكنولوجيايات ناشئة قد تستطيع تناول مسألة التلوث المنتشر كالمعالجة النباتية على سبيل المثال. وهي عبارة عن عملية يتم فيها زرع نباتات في المناطق الملوثة وذلك بغية تجميع الزئبق في الجذور أو في البراعم والأوراق، ومن ثم يتم حصاد هذه النباتات.

تتم الإشارة أحياناً إلى المعالجة النباتية *phytoremediation* التي تعرف بالتوطيد النباتي *phytostabilisation* أو الاستخلاص النباتي *phytoextraction* أو التطاير النباتي *phyto-volatilisation* حيث تجعل النباتات الرئيق يتطاير إلى البيئة (Want et al 2012). أحد القضايا الرئيسية المرتبطة بهذه التكنولوجيا هي كيفية تناول مخلفات المواد (النباتات التي تم حصدها والملوثة بالرئيق) لضمان عدم انتقال الرئيق (على سبيل المثال عن طريق الحرق) أو استهلاكه كمنتجات غذائية.

هناك العديد من التكنولوجيات التي يتم تطبيقها بالنسبة إلى التلوث بالرئيق من مصدر واحد. وقد يتم استخدامها بشكل انفرادياً أو على شكل 'سلسلة المعالجة'. وقد أثبتت العديد من التكنولوجيات جدارتها ويتم تطبيقها بشكل دوري بالنسبة إلى تلوث التربة والمياه. بينما لا تزال هناك تكنولوجيات ناشئة لها إمكانيات متفاوتة بالنسبة إلى هذين الوسطين البيئيين.



الصورة رقم 6: الاستجابة إلى التلوث بالرئيق من مصدر واحد كما اقترحها (Hinton et al 2001)

6.2 تكنولوجيا أثبتت جدارتها لمعالجة التربة الملوثة بالزئبق

6.2.1 تجريف التربة والمعالجة في الموقع (المعافاة)

وفقاً لهذه المقاربة، تتم إزالة أعلى تراكيز تلوث التربة عن طريق تجريفها ومعالجتها ويلى ذلك تطبيق إجراءات العزل مثل الاحتواء ضمن الموقع ووضع غطاء مناسب (من أجل منع انبعاث الأبخرة). ويمكن التخلص من المواد ذات التركيز العالي خارج الموقع في مكب تم تصميمه للنفايات الخطرة.

يفضل تطبيق هذه المقاربة في المناطق الساخنة ضمن المواقع الملوثة لأن تجريف التربة على نطاق واسع يعقد من شأن قضايا السلامة والتكلفة والتقنيات المستخدمة على المساحات الجغرافية الواسعة. أكبر مشكلة مرتبطة بهذه المقاربة هي انتقال الغبار الملوث بالزئبق وبخار الزئبق (يمكن أن تجرف الأمطار التربة الملوثة بالزئبق من الموقع أثناء عمليات تجريف التربة أو أن تؤدي إلى نفاذ نفايات الزئبق المنحلة إلى التربة). ويجب أخذ مخاطر هذه المقاربة بالنسبة إلى العمال والجمهور المتواجد قرب الموقع بعين الاعتبار.

ولا يجب الافتراض بأن المواقع الملوثة هي عبارة عن مساحات فارغة لأنه قد تتواجد عليها بنايات تستخدم لأغراض صناعية أو غيرها. ويمكن أن يسبب هدم هذه البنائات انبعاثات ضخمة من بخار الزئبق كما هو الحال مع تجريف التربة. وقد تحتوي هياكل البنائات والمواد المتواجدة فيها تراكيز عالية من الزئبق وبالتالي فهناك حاجة لإجراء تحقيق مفصل ودقيق للموقع ولبناء نماذج مفاهيمية قبل البدء بالأعمال الرئيسية.

أحد الأساليب المتبعة للحد من مخاطر انبعاث الزئبق أثناء عمليات تجريف التربة هي القيام بهذه العمليات ضمن هيكل مؤقت ومعزول بحيث يكون ضغط الهواء سلبياً وإقامة حاجز يحجب المستقبلين الخارجيين.



الصورة رقم 7: المعالجة باستخدام مستودع التحكم بالروائح وسلسلة المعالجة

المصدر: الحكومة الفيدرالية الأسترالية (2013)



الصورة رقم 8: داخل مستودع التحكم بالروائح أثناء عمليات التجريف. المصدر: الحكومة الفيدرالية الأسترالية.

وتوضح الصورة أدناه (الصورة رقم 7) مستودع ذا ضغط هواء سلبي (حوله دائرة سوداء) تم استخدامه في نيو ساوث ويلز في أستراليا أثناء معالجة موقع مصنع غاز سابق يحتوي على ملوثات متطايرة (الحكومة الفيدرالية الأسترالية 2013). تم بناء مستودع التحكم بالروائح، والذي تبلغ مساحته 3,800 متر مربع والمصنوع من الحديد الصلب والقماش، في القسم الشمالي من 'موقع بلاتيبوس'.

تجري عمليات معالجة المواد الملوثة ضمن مستودع التحكم بالروائح. وتتم فلتره كل الهواء الموجود ضمن مستودع من خلال نظام التحكم بالانبعاثات قبل إطلاقه إلى البيئة من خلال المدخنة (توجد دائرة بيضاء حول سلسلة معالجة البخار والمدخنة).

6.2.2 المعالجة بعد تجريف التربة (غسيل التربة وفصلها)

غسيل التربة والتمهيد للمعالجة: تمتلك معظم أشكال الرئيق قابلية الانجذاب نحو التربة الدقيقة والرواسب وتكون معدلات الامتزاز أعلى بالنسبة إلى الطين والذبال (المواد العضوية). يقلل الفصل المادي لحبيبات الرمل الدقيقة الملوثة بالرئيق عن حبيبات الرمل الخشنة والحصى من الكمية الإجمالية التي يجب احتواؤها. وتتألف عملية الفصل المادي من ثلاث إلى خمس مراحل وتتضمن الفصل المادي (هما في ذلك الفصل الميكانيكي) من خلال النخل والفرز وغسيل التربة باستخدام الماء أو محلول غسيل مثل المواد الحمضية أو البوليمرات أو surfactants (مواد تقلل من توتر سطح السائل الذي تكون منحلّة فيه).

حاملًا ينتهي غسل التربة أو فصلها يمكن إجراء الخطوة الثالثة من المعالجة باستخدام العمليات الحرارية.

6.2.3 عمليات المعالجة الحرارية

تعتمد عمليات المعالجة الحرارية لإزالة الزئبق من التربة على تطبيق الحرارة والضغط المنخفض لتحرير الزئبق من خلال التطاير وذلك بسبب ضغط بخاره المنخفض والذي يبلغ 0.002 ملم زئبق في درجة حرارة 25 درجة مئوية (ATSDR 1999). ولا يعد إحراق نفايات الزئبق قابلاً للتطبيق في معالجة المواقع الملوثة بسبب ارتفاع خطر انبعاث الزئبق.

تتطلب معظم أساليب المعالجة الحرارية التفكير ملياً قبل تطبيقها بسبب قيامها بتحويل الزئبق إلى الحالة البخارية. ويمكن أن تشكل الانبعاثات من هذه التكنولوجيات خطراً كبيراً وهي تتطلب أجهزة التحكم بتلوث الهواء باهظة الثمن. وحتى مع استخدام أجهزة التحكم بتلوث الهواء الشاملة فإنه من الصعب السيطرة على انبعاثات الزئبق.

بعد أن تتم إزالة التلوث من مكانه الأصلي، يمكن معالجته في الموقع أو خارج الموقع باستخدام العمليات الحرارية والتكنولوجيات التالية هي الأكثر شيوعاً في الاستخدام:

- الامتزاز الحراري خارج الموقع (سيتم شرح أسلوب للمعالجة ضمن الموقع تحت قسم التكنولوجيات الناشئة)
- الإحراق
- أفران التقطير.

يمكن إجراء الامتزاز الحراري بطريقتين: (أ) الامتزاز الحراري غير المباشر، (ب) الامتزاز الحراري المباشر.

الامتزاز الحراري غير المباشر - يجب اعتبار الامتزاز الحراري غير المباشر خيار المعالجة المفضل عند معالجة المواقع الملوثة بالزئبق. بشكل عام، يتم تعريض القسم الخارجي من حجرة التسخين إلى الحرارة ومن ثم تنتقل الحرارة إلى النفايات عبر جدران الحجرة. لا يحدث اتصال بين شعلة الموقد أو غازات الاحتراق مع النفايات أو الغازات الناتجة (وكالة البيئة البريطانية 2012) وبالتالي يتم تجنب تلوث الغازات الناتجة.

ويعود ذلك مهمماً لمعالجة المصفوفات الملوثة بالزئبق لأنه يمكن إطلاق نواتج موقد الاحتراق إلى الهواء الخارجي مباشرة طالما يتم استخدام وقود "نظيف" مثل الغاز الطبيعي أو البروبان. ينبغي أن يكون الهدف من الامتزاز الحراري هي زيادة استرداد الملوثات المتطايرة إلى الحد الأقصى من خلال تكتيف الغازات الناتجة. يستند أحد مبادئ التشغيل الأساسية الذي يميز الامتزاز الحراري عن إحراق النفايات إلى أن الامتزاز الحراري يقوم بالاسترداد الأمثل للملوثات الممتزة من الغاز بينما يقوم الإحراق الحراري بتدميرها (وكالة البيئة البريطانية 2012).

الامتزاز الحراري المباشر - لا ينصح بهذا الإجراء لمعالجة التلوث بالزئبق بسبب خطر انبعاث الزئبق الهارب أثناء العملية. ولكن سبق وأن تم تطبيقه في الماضي في عدة مواقع. حيث يتم تطبيق الحرارة بواسطة الإشعاع بشكل مباشر من شعلة احتراق و/أو الحرارة بواسطة الحمل الحراري من الاتصال المباشر مع غازات الاحتراق. تدعى هذه الأنظمة التي تستخدم هذه الأنواع من انتقال الحرارة بأنظمة الامتزاز الحراري بواسطة الاتصال المباشر أو اللهب المباشر (الحكومة الأمريكية 1998).

والهدف أيضاً من هذه العملية هو زيادة استرداد الملوثات المتطايرة إلى الحد الأقصى من خلال تكتيف الغازات الناتجة. ولكن تنشأ تعقيدات إضافية بسبب الاتصال المباشر بين غازات الاحتراق والبخار الصادر من النفايات،

مما يزيد من تكلفة معالجة مجموعة الغازات الناتجة. قد يكون انبعاث بخار الزئبق مرتفعاً إلى درجة غير مقبولة في مجموعة الغازات التي لا تمتلك مستويات عالية من القدرة على التحكم بتلوث الهواء. حتى عند استخدام أجهزة تحكم بتلوث الهواء عالية التقنية واتباع تقييم صارم لآثار البيئة واتباع كافة إجراءات الترخيص، فقد يكون من الصعب السيطرة على انبعاثات الزئبق.

وأحد الأمثلة الحديثة هو الفشل الحاصل نتيجة استخدام وحدة امتزاز حراري ذات حرارة مباشرة كان قد تم بناؤها من أجل تدمير نفايات الزئبق في موقع ملوث في شركة Orica للمواد الكيميائية في سيدني، أستراليا. فعلى الرغم من الضمانات التي تم تقديمها بأن تكون العملية آمنة، قام المصنع بتجاوز الحدود المسموح بها في الانبعاثات في الهواء وخضع لإجراءات قانونية. فبعد أخذ عدة عينات من الهواء، سجلت وكالة حماية البيئة في نيو ساوث ويلز مستوي من الزئبق يبلغ 0.0049 غرام لكل متر مكعب - ويمثل هذا أكثر من ضعف الحد الرسمي المسموح به والذي يبلغ 0.002 غرام لكل متر مكعب. ربما استمر هذا التجاوز في انبعاث الزئبق حوالي الشهر قبل أن يتم اكتشافه. تم إغلاق مصنع الامتزاز الحراري المباشر بعد هذه التجاوز وتم تغريم شركة Orica بمبلغ \$750,000 عن هذا التجاوز وغيره من التجاوزات البيئية.¹³

أفران التقطير - تعمل أفران التقطير عادة في درجة حرارة ما بين 425 إلى 540 درجة مئوية في ضغط هواء سلبى من أجل زيادة تطاير الزئبق والتقليل من أحجام الغازات الناتجة (وكالة حماية البيئة الأمريكية 2007). وتستخدم عادة للكميات الصغير من التربة التي تحتوي على تراكيز عالية من الزئبق (<260 جزء في المليون) ولا يمكنها معالجة أكثر من 1 إلى 2 طن في اليوم (Merly and Hube 2014).

الإحراق - يعد الإحراق عملية تدمير باستخدام الاحتراق الحراري في درجات حرارة مرتفعة من أجل تدمير الملوثات وخاصة المركبات العضوية. لا يمكن تدمير الزئبق كعنصر، ولكن عندما يوضع في جو احتراق فإنه على الأغلب يتحول إلى الحالة البخارية أو يلتصق بجسيمات الانبعاث. لا يصف الإحراق كتكنولوجيا ملائمة لمعالجة نفايات الزئبق بسبب الاحتمال الكبير بانبعاث بخار الزئبق. ويعد خطر انبعاث بخار الزئبق عالياً لدرجة غير مقبولة وخاصة عند معالجة التربة والرواسب الملوثة بالقرب من المجتمعات المحلية. يمكن استخدام مجموعة من التكنولوجيات أقل تكلفة وتعقيداً وتمتلك مخاطر أقل بكثير. وبالتالي، لا يعتبر الإحراق قابلاً للتطبيق في الأحجام الضخمة من المواد الملوثة بسبب احتمال انبعاث وإطلاق الزئبق (Merly and Hube 2014).

6.2.4 تكنولوجيات تجريف التربة وتعطيل الحركة (تجريف التربة والتخلص)

تسمى الأدبيات الأخرى هذا الأسلوب بعملية 'الحفر والتفريغ' مع المعالجة لتعطيل الحركة. يمكن احتواء النفايات التي تمت إزالتها في الموقع عن طريق الحجب أو يمكن التخلص منها خارج الموقع في مكب تم تصميمه للنفايات الخطرة. ويشير تعطيل حركة الزئبق إلى المعالجة التي تحد بشكل كبير من قدرته على التسرب في الحالة السائلة أو الأبخرة الناتجة. تتضمن تقنيات تعطيل الحركة ما يلي:

- الملغمة (مع المركبات المعدنية الأخرى)
- الاستقرار (عادة من خلال التفاعلات الكيميائية مع مركبات الكبريت والبوليمرات).
- التصليب (الاستقرار الفيزيائي من خلال المزج مع مواد صلبة غير خطيرة).

13 راجع: <http://www.epa.nsw.gov.au/epamedia/EPAMedia14072901.htm>

تعرف وكالة حماية البيئة الأمريكية الملغمة على أنها: انحلال وتصلب الزئبق في معادن أخرى مثل النحاس والنيكل والزنك والقصدير، ويكون الناتج صلباً وغير متطاير. إنها فرع من تكنولوجيا التصلب ولا تنطوي على تفاعل كيميائي. تُستخدم عمليتان عامتان في ملغمة الزئبق في النفايات: الاستبدال المائي واللامائي. تنطوي العملية المائية على مزج معدن أساس مجزأً إلى حبيبات ناعمة مثل الزنك أو النحاس في المياه الملوثة التي تحتوي أملاح الزئبق المنحلة؛ يحول المعدن الأساس الأملاح الزئبقية إلى عنصر الزئبق الذي ينحل بدوره في المعدن ليشكل أشابة معدنية صلبة تحتوي على الزئبق وتدعى الأملغم. وتنطوي العملية اللامائية على مزج مسحوق المعدن الناعم في نفايات الزئبق السائلة مما ينتج عنها أملغم صلب.

واعترفت وكالة حماية البيئة الأمريكية (2007) بأن الملغمة هي أفضل تكنولوجيا متاحة أثبتت جدارتها في معالجة عنصر الزئبق السائل الملوث بمواد مشعة. وهذا اعتبار هام عند وضع خطط المعالجة للمواقع التي تحتوي على ملوثات متنوعة بما في ذلك الزئبق والنيوكليدات المشعة.

6.2.6 الاستقرار والتصلب دون استرداد الزئبق

تنطوي عمليات الاستقرار على تفاعلات كيميائية يمكنها الحد من إمكانية انتقال النفايات وفي بعض الحالات تحد من درجة تسممها. ويستطيع التصلب تغيير الخصائص الفيزيائية للسائل أو الوحل ليصبح صلباً ولكن دون أن يغير التركيب الكيميائي للنفايات. وباستخدام هاتين التقنيتين سوياً فإنهما يستطيعان الحد من سمية النفايات وإمكانية انتقالها. يستخدم الاستقرار والتصلب بشكل شائع مع تلوث التربة ووحل النفايات والرماد والسوائل (معاهدة بازل 2012). وينطوي الاستقرار والتصلب على ربط الملوثات أو تطويقها بكتلة مستقرة (التصلب) أو استخدام تفاعلات كيميائية بين عامل الاستقرار والملوثات للحد من إمكانية انتقالها (الاستقرار).

تنطوي عملية التصلب على مزج التربة أو النفايات الملوثة بمواد رابطة مثل اسمنت Portland، واسمنت بولمر الكبريت، ومواد لاصقة من الكبريتيد والفوسفات، واسمنت غبار الأفران، وراتنجات البوليستر، ومركبات polysiloxane وذلك من أجل تكوين طين أو معجون أو مادة شبه سائلة، ومن ثم يترك لبعض الوقت ليتحول إلى الحالة الصلبة (وكالة الحماية البيئية الأمريكية 2002).

يمكن تغليف النفايات بطريقتين: microencapsulation ويتم أثناءها مزج النفايات مع مواد التغليف قبل أن يحدث التصلب، و macroencapsulation وفيها يتم صب مواد التغليف فوق كتلة النفايات وحولها، وبالتالي يتم تغليفها ضمن كتلة صلبة (وكالة الحماية البيئية الأمريكية 2007).

أكثر التحولات الكيميائية شيوعاً هي إضافة جرعات من الكبريت إلى النفايات لتكوين كبريتيد الزئبق. يجب تحويل كل الزئبق إلى كبريتيد الزئبق (HgS) لتقليل من القدرة على الترشيح والتطاير إلى حدود مقبولة. بشكل عام، يتكون كبريتيد الزئبق عن طريق خلط الزئبق والكبريت في درجة حرارة معتدلة وضمن فترة معينة إلى أن تتشكل كبريتات الزئبق. وقد يكون من الضروري إجراء عزل عن البيئة باستخدام التغليف والتخلص في مكب نفايات تم تصميمه خصيصاً لذلك، أو في مستودع دائم تحت الأرض لأن المستويات المرتفعة من الكلوريد في المياه المترشحة يمكنها أن تزيد من انبعاث الزئبق (اتفاقية بازل 2012). عادة ما تتواجد مستويات مرتفعة من الكلوريد في مكبات النفايات البلدية وتعتبر غير ملائمة لمثل هذه الشكل من التخلص من النفايات.

في بعض الحالات الخاصة يمكن إعادة تحويل HgS إلى عنصر الزئبق. وفي حال الرغبة بتحويل عنصر الزئبق إلى HgS للتخلص منه بشكل دائم فإنه يجب أن يكون معلوماً بأنه في وقت ما من المستقبل يمكن عكس هذا الإجراء.

6.2.7 استقرار/تصليب بوليمرات الكبريت

تعطي عملية استقرار البوليمرات ميزة إضافية بأنه من الصعب عكس منع استرداد عنصر الزئبق من المصفوفة. تتألف عملية استقرار/تصليب بوليمرات الكبريت¹⁴ من خطوتين: يتم استقرار الزئبق من خلال الكبريت كخطوة أولى في تكوين كبريتيد ميتا-الزئبق (meta-cinnabardust: López et al, 2010, López-Delgado et al, 2012) وفي الخطوة الثانية يتم دمج كبريتيد الزئبق هذا وإجراء microencapsulation ضمن مصفوفة بوليمرات الكبريت في درجة حرارة 531 مئوية، مما ينتج عنه سائل يتم تبريده إلى درجة حرارة الغرفة العادية ضمن قوالب من أجل الحصول على كتل صلبة (المونوليث).

تقدم الخطوة الثانية من العملية حاجزاً إضافياً للزئبق يمنع ويجتنب انبعاث الزئبق في البيئة ويقلل من احتمال تحوله إلى أشكال أخرى من الزئبق. ويتم تحويل الزئبق في هذه العملية التي تستهلك قليلاً من الطاقة، وتصدر كميات قليلة من الزئبق، ولا تستهلك المياه، ولا تولد نفايات سائلة أو أي نفايات أخرى (اتفاقية بازل 2012).

6.2.8 الاستقرار والتصليب باستخدام كبريت الاسمنت-الميكروبي

تعد معالجة نفايات الزئبق بكبريت الاسمنت-الميكروبي إحدى تكنولوجيات الاستقرار والتصليب. وينتج عنها مصفوفة صلبة تضمن حجز الزئبق بسبب ترسبه على شكل مركبات غير قابلة للانحلال مثل الأوكسيدات والهيدروأوكسيدات والكبريتيدات.¹⁵

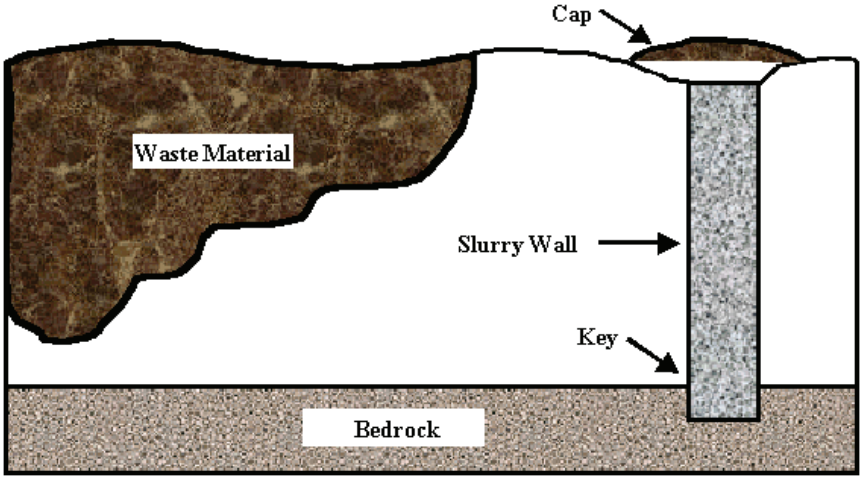
6.2.9 الاحتواء في الموقع

وهي عملية إنشاء عزل هندسي للمساحة الملوثة بالزئبق من المواد غير الملوثة المحيطة بها وتتضمن الحجب لمنع انبعاث البخار. يتم تصميم حواجز مادية لمنع الزئبق من الانتقال أفقياً وشفافياً (من خلال التربة أو إلى الهواء). هناك العديد من أشكال الاحتواء التي تستخدم تقنيات مختلفة بما في ذلك وضع جدار طيني أو ستار من الجص (تدعى كذلك جدران القطع) عن طريق حفر خنادق عميقة في التربة حول التلوث ومن ثم ملئها بالطين مثل البنتونيت/الاسمنت وخلاطات التربة.

تتضمن فوائد هذه المقاربة البساطة النسبية والتطبيق السريع مع انخفاض التكلفة بالمقارنة مع تجريف التربة (والمخاطر المرتبطة بتجريف التربة). يسمح العزل باستخدام الحجب وحواجز البخار وجدران القطع بالسيطرة على حركة الزئبق وإدارته. ولكن هناك قيود لهذه المقاربة حيث أنه لا يتم تخفيض سمية الزئبق وكميته، ويمكن أن يتم العبث بالمياه الجوفية، ويمكن أن تؤدي إلى تكوين نفايات ملوثة أثناء حفر الخندق (Merly and Hube 2014). وينبغي كذلك مراقبة فعالية هذا الاحتواء على المدى البعيد ويمكن أن تكون مثل هذه الآليات غير ملائمة بالنسبة إلى الأماكن التي تزداد فيها الأنشطة الزلزالية.

14 للمزيد من المعلومات: www.ctndm.es

15 للمزيد من المعلومات: www.cemintech.com; info@cementinternationaltechnologies.com



الصورة رقم 9: مقطع يظهر العزل باستخدام جدار طيني والحجب.



الصورة رقم 10: حفر الخندق ووضع الطين
المصدر: www.dewindonepasstrenching.com

6.2.10 عمليات التخلص خارج الموقع

يجب أن تحقق نفايات الزئبق وبقاياها الناتجة عن معالجة المواقع الملوثة والتي يجب التخلص منها خارج الموقع معايير الترخيص ومعايير القبول الإقليمية و/أو الوطنية التي تتطلبها منشأة النفايات التي ستستقبلها. بشكل عام، لا ينطبق ذلك على عنصر الزئبق الذي تم استرداده من عمليات مثل الامتزاز الحراري غير المباشر أو التقطير. يعد عنصر الزئبق مادة يمكن المتاجرة بها لأغراض مسموح بها وفقاً لاتفاقية ميناماتا للزئبق (باستثناء الزئبق الذي تم استرداده من منشآت سابقة للكور والفلويات والذي يتم انتاجه من عمليات التنقيب الأولية لأغراض محددة). ولكن هناك بعض القيود المطبقة على تصدير عنصر الزئبق كما هو الحال في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي.

بالنسبة إلى نفايات الزئبق، تمتلك أوروبا معايير قبول صارمة نسبياً لمنشآت النفايات وفقاً للوائح التنظيمية - التوجيه الأوروبي 1999/31/EC والقرار 2003/33/E والقرار 14/11/2008 1102/2008 والتوجيه 2011/97/CE.

يملك التخلص من نفايات الزئبق خارج الموقع بعض السلبيات مثل تكلفة تجريف التربة المرتفعة ونقلها إلى الموقع الذي سيتم التخلص منها فيه (واحتمال الحاجة إلى إجراء معالجة تمهيدية لتحقيق معايير القبول في موقع التخلص من النفايات). وبالنسبة إلى الاستدامة، فإنه من الممكن أن يترك المشروع بصمة كربونية مرتفعة خاصة عندما يتم نقل كميات كبيرة.

يبين الجدول التالي حدود ترشيح الزئبق الرسمية من النفايات لأنواع متعددة من منشآت التخلص من النفايات (مكببات النفايات) التي تدرج من المكببات الخاملة (غير المتحركة) إلى مكببات نفايات المواد الخطرة.

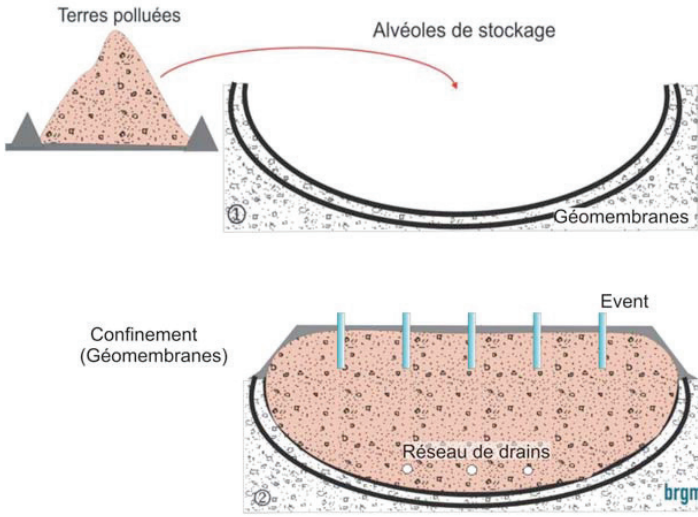
6.2.11 عمليات التخلص ضمن الموقع

يتم عادة التخلص من الرواسب الملوثة والتربة المتبقية بعد معالجة التربة لتلوث الزئبق ضمن الموقع عن طريق الدفن. وهي عبارة عن حجرة هندسية تم تصميمها خصيصاً لعزل النفايات الملوثة بالزئبق عن البيئة المحيطة. ولها ميزة توفير تكلفة النقل إلى منشأة خارج الموقع.

قيم حدود ترشيح الزئبق لأنواع المكببات المختلفة وفقاً للقرار 2003/33/EC، الملحق

نوع مكب النفايات	L/S = 10 l/k		L/S = 2 l/k
	CO (اختبار الترشيح) mg/l	مادة mg/kg جافة	
معايير المكببات للنفايات الخاملة	0.002	0.01	0.003
المعايير للنفايات غير الخطرة التي تكون على شكل حبيبات، يتم قبولها في نفس الحجرة النفايات الخطرة غير المشعة والمستقرة	0.03	0.2	0.05
معايير النفايات الخطرة المقبولة في مكببات نفايات المواد غير الخطرة	0.03	0.2	0.05
معايير النفايات المقبولة في مكببات نفايات المواد الخطرة	0.3	2	0.5

المصدر: BiPro (2010) شروط المنشآت ومعايير القبول للتخلص من الزئبق المعدني.



الصورة رقم 11: رسم توضيحي لدفن النفايات ضمن الموقع. المصدر: (Colombano et al 2010)

تتضمن المرابا الرئيسية لهذا 'القبر' القاعدة الطينية ذات النفاذية المنخفضة أو القاعدة الاسمنتية التي تستخدم بطانة اصطناعية مثل EDPH، والحجب، واستخراج الغازات. وقد تم تصميم ذلك لمنع هروب الغازات، واختراق مياه الأمطار، واختراق المياه الجوفية، وانتقال الملوثات. وتعد التكلفة المرتبطة بالمراقبة طويلة المدى لهذا البناء لضمان سلامته وقيامه باحتواء الملوثات مرتفعة جداً. ويعتمد هذا البناء أيضاً على استقرار الأنشطة الزلزالية.

6.3 تكنولوجيا معالجة التربة الملوثة بالزئبق الناشئة

6.3.1 التقنيات الكهربائية الحركية

تُستخدم عدة مصطلحات لوصف تقنيات تستند إلى نفس المبدأ: المعالجة الكهربائية الحركية، الاستخراج الكهربائي الحركي، الاستصلاح الكهربائي، والاستعادة الكهربائية، والفرز الكهربائي. هناك ثلاث ظواهر نقل مسؤولة عن انتقال الزئبق الكهربائي الحركي في التربة. تدعى آلية انتقال جسيمات الزئبق التي تمتلك سطحاً مشحوناً، Hg^0 أو الرواسب الغروانية على سبيل المثال، بـ *electrophoresis*. ويمكن نقل كافة الأنواع الأيونية إلى القطب السالب أو القطب الموجب عن طريق الهجرة الكهربائية. ويمكن نقل كافة الأنواع المشحونة وغير المشحونة الموجودة في السائل الذي يترشح عن التربة نحو القطب السالب باستخدام التناضح الكهربائي (Merly and Hube 2014).

وقد أثبتت المعالجة الكهربائية للتربة الملوثة بالزئبق، عن طريق استخدام عوامل مرغبة (EDTA)، جدارتها كبديل جذاب يمكن عن طريقه إزالة الزئبق من تربة التثقيب الملوثة بالزئبق (Robles et al 2012) (Garcia-Rubio et al 2011). حيث مكنت إضافة العوامل المرغبة تشكيل مركبات التنسيق التي تعزز الهجرة الكهربائية. وقد أظهر (Garcia-Rubio et al 2011) بأنه، في التربة منخفضة النفاذية الهيدروليكية،

يعطي اليوديد المعزز بالمعالجة الكهربية الحركية ذات فعالية الاسترداد التي يعطيها الغسل بالمياه الدافئة في الموقع باستخدام تركيز التخليب (chelating) المثالي، ولكن يمكن إنجاز المعالجة الشاملة بفترات زمنية أقصر بعشرات المرات.

6.3.2 المعالجة بالنباتات

تستخدم المعالجة بالنباتات لإزالة أو نقل أو استقرار أو تدمير الملوثات في التربة والرواسب والمياه الجوفية. يمكن تطبيق المعالجة بالنباتات في كافة الإجراءات البيولوجية والكيميائية والفيزيائية التي تتأثر بالنباتات (كما في ذلك الريزوسفير) والتي تساعد في تنظيف المواد الملوثة. يمكن استخدام النباتات في معالجة المواقع من خلال تعدين المركبات العضوية السامة وكذلك من خلال تجميع وتركيز المعادن الثقيلة والمركبات غير العضوية الأخرى ونقلها من التربة إلى النباتات فوق الأرض.

يمكن تطبيق المعالجة بالنباتات على التربة والطين والرواسب والمواد الصلبة الأخرى والمياه الجوفية في الموقع أو خارج الموقع. وتقوم دراسات حالية بالبحث في فعالية تقنيات المعالجة بالنباتات عن طريق استخدام النباتات لإزالة الزئبق من التربة والوسائط البيئية المختلطة مثل حقول الأرز. كما يمكن تطبيقها بشكل مباشر في مناطق استخراج الذهب الحرقي ضيق النطاق حيث يكون الأرز والسمك (واللذان عادة ما يتم إنتاجهما في نفس حقول الأرز) هما مصدرا الطعام الشائع ويكونان عرضة للتلوث بالزئبق الناتج عن نشاطات استخراج الذهب الحرقي ضيق النطاق. وقد أثبتت فعاليتها في المناطق الزراعية التي تكون عرضة للمياه الدافئة بشكل دوري والتي تتوضع فيها رواسب ملوثة في المناطق المنخفضة.



الصورة رقم 12: عملية امتزاز حراري في الموقع شاملة على تلوث للمركبات العضوية في الولايات المتحدة الأمريكية. المصدر: (Merly and Hube 2014)

وأظهرت الدراسات بأن كل من الأرز المعدل وراثياً والأرز البري تمكنا من إزالة أيونات Hg^{+2} عندما تمت زراعتها في وسط زراعي مائي ذو مستويات عالية من الزئبق (Meagher and Heaton 2005). يجب إجراء مزيد من الاستقصاء لتقييم أثر الانبعاثات المنتشرة من تنج النباتات ولضمان ألا يسمح للبشر باستهلاك الأرز الملووث. كما يجب الانتباه إلى الدورة الكاملة لحياة النباتات مفرطة التراكم ومصير تلك النباتات، لأنه من الممكن أن يتم حصادها بشكل غير مقصود واستخدامها كمحصول زراعي أو كوقود وذلك بغية تجنب هضمها أو انبعاثها من عمليات الاحتراق.

وبالإضافة إلى الأرز، فقد لوحظ بأن شجرة الحور القطني لها القدرة على معالجة الزئبق. وتنمو أشجار الحور القطني الشرقية (*Populus deltoids*) بسرعة في ظروف متنوعة، بما في ذلك ضفاف الأنهار والسهول الفيضية (APGEN 2003).

وقد يكون للمعالجة بالنباتات تطبيقات في المواقع الملوثة بالزئبق من مصدر منتشر مثل نهر نورا والأراضي الزراعية المحيطة به في وادي نورا. حيث سببت الفياضانات تلوثاً واسع النطاق يصعب إدارته بالوسائل التقليدية. ويمكن أن يكون لزراعة المحاصيل التي تعد مفرطة التراكم بالنسبة إلى الزئبق (النباتات مفرطة التراكم هي تلك التي تستطيع استخراج مادة ملوثة محددة ورفع تركيزها إلى 100 أو 1000 ضعف التركيز الذي تتواجد فيه في التربة) فوائد علاجية هامة مع مرور الوقت وبتكلفة منخفضة نسبياً. ويجب التعامل بعناية أثناء إدارة الكتلة البيولوجية الناتجة والتي تحتوي على الزئبق.

6.3.3 الامتزاز الحراري في الموقع

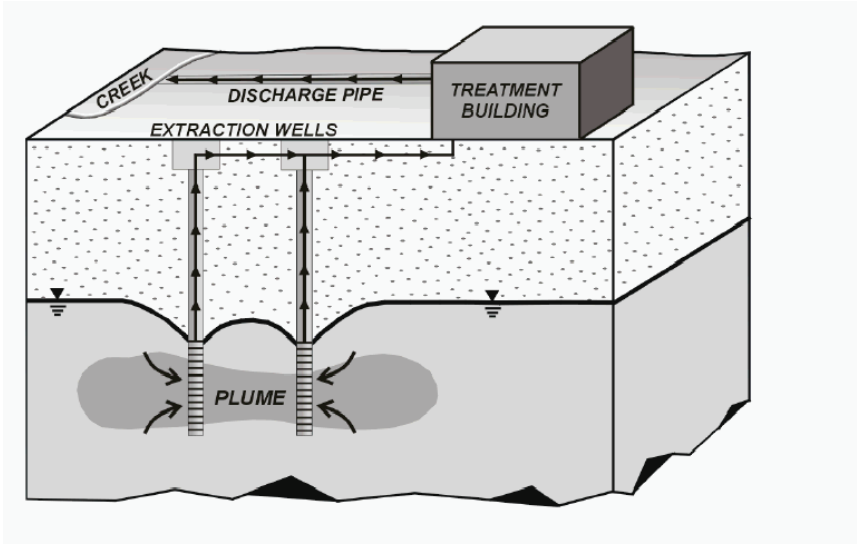
الامتزاز الحراري في الموقع هو تكنولوجيا يتم تطبيقها في حالات تلوث التربة الشديد بمزيج من المواد العضوية الخطرة (الدوكسينات، PAHs، PCBs) مع وجود عوائق تقنية وجغرافية تمنع إجراء تجريف للتربة على نطاق واسع والحاجة لإجراء العملية ضمن فترة زمنية قصيرة (Merly and Hube 2014). وهو ينطوي على حقن الحرارة واستخراج الأبخرة من التربة ويمكن استخدامه في المواقع الملوثة بالزئبق أو المواقع التي تحتوي على مزيج من الزئبق/الدوكسين. وأظهرت التجارب بأنه قد تمت إزالة 99.8% من الزئبق في مصفوفات التربة باستخدام الامتزاز الحراري في الموقع (Merly and Hube 2014) ولكن لا تزال هذه التكنولوجيا في طور التطوير.

تستهلك هذه العملية الطاقة بشكل كبير وتتطلب شبكة كثيفة من الحفر التي يتم حفرها من أجل التسخين واستخراج الأبخرة. وقد يكون من الصعب التحكم من انبعاث بخار الزئبق المنتشر. وبالإضافة إلى ذلك، يزيد العدد الكبير من الحفر من خطر تلوث أنظمة المياه الجوفية عن طريق التسرب ويجب مراقبة ذلك بدقة لضمان سلامة عزل غلاف الحفر.

6.4 تقنيات أثبتت جدارتها في معالجة المياه الملوثة بالزئبق

6.4.1 الضخ والمعالجة

وهي أكثر المعالجات المطبقة لمعالجة المياه الجوفية الملوثة بالزئبق شيوعاً. ويمكن تطبيقها لمعالجة المحلول الملحي الزئبقي الذي يتواجد بكثرة في معامل الخلايا الزئبقة الكلور-والقلويات. ينطوي هذا الأسلوب على حفر



الصورة رقم 13: مبادئ الضخ والمعالجة. قسم العلوم الجغرافية في جامعة Texas A&M

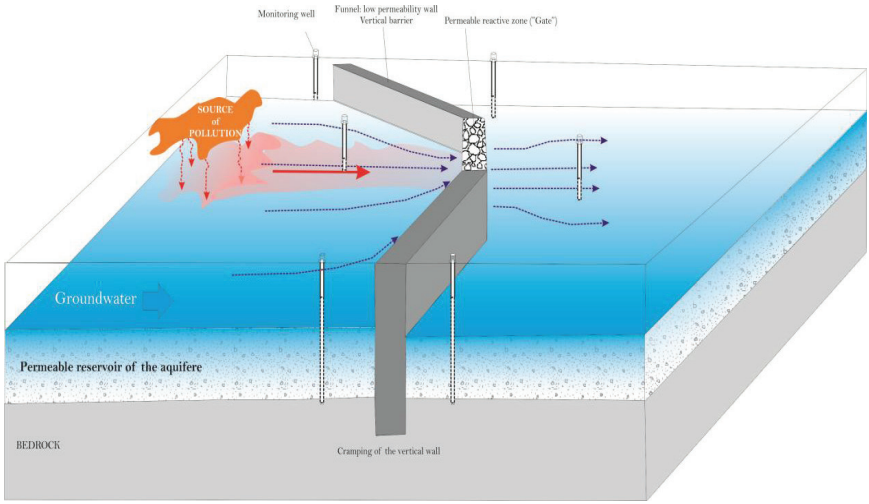
حُفِرَ ضمن مجال المياه الجوفية الملوثة، وضخ المياه الملوثة إلى السطح ومعالجتها باستخدام وسائط فلترية. يهدف هذا التصميم إلى الاستيلاء على كامل العمود الملوث (أو على الأقل القسم الأعظم منه) ضمن فترة زمنية محددة (لأن تكلفة الصيانة المستمرة مرتفعة) ومن ثم معالجة المياه ليصبح مستوى الزئبق فيها منخفضاً.

تعتمد فعالية نظام الضخ والمعالجة على الهيدروجيولوجيا ونوع الملوثات، وهذه العملية بطيئة جداً.

6.4.2 الحاجز النفيذ التفاعلي

تستخدم تكنولوجيا رئيسية أخرى لمعالجة المياه الملوثة بالزئبق ألا وهي الحاجز النفيذ التفاعلي. تتألف تكنولوجيات الحاجز النفيذ التفاعلي من معالجة سلبية في الموقع للمياه الجوفية بحيث يتم إزالة الزئبق من المياه الجوفية التي تجري من خلال وسيط نفيذ تفاعلي ينطوي على امتصاص الزئبق و/أو التقليل منه كيميائياً. يتم اعتراض عمود الزئبق عن طريق جدار غير نفيذ يتعامد مع جريان المياه الجوفية ومصمم لتشكيل قمع باتجاه منطقة النفاذ التفاعلية ("البوابة") حيث تحصل إزالة الزئبق. وتكون هذه الحواجز الجانبية عادة جدران قطع طينية (Merly and Hube 2014).

جرى استخدام هذه التكنولوجيا في أوروبا وأستراليا والولايات المتحدة في العديد من المواقع لمعالجة مجموعة من الملوثات بما في ذلك المحاليل المعالجة بالكحول، والهيدروكربونات، والمركبات غير العضوية. وتم استخدام المواد التفاعلية بما في ذلك النحاس والبيريت والكربون المنشط الحبيبي كعوامل فلترية وتحويل في قسم 'البوابة' التفاعلية من الحاجز.



الصورة رقم 14: مبدأ القمع والبوابة في حاجز النفيذ التفاعلي (منقول بتصريف من Colombano et al 2010)

وتعد التكلفة المنخفضة لهذا النظام بالمقارنة مع أنظمة الضخ والمعالجة أهم ميزاته. ولكن يتطلب استخدام الكربون المنشط الحبيبي من أجل امتصاص المركبات الزئبقية مراقبة واستبدال دوريين بعد الوصول إلى الإشباع ويجب عندها أن تتم معاملته كنفائات زئبق بما يرافق ذلك من تكاليف.

6.5 تكنولوجيا معالجة المياه الناشئة

هناك عدد من تكنولوجيا معالجة المياه الملوثة بالزئبق التي يتم تطويرها حالياً، ولكنها لا تزال في أغلبها في طور التطوير. وهي تتضمن:

- المعالجة البيولوجية
- تكنولوجيا النانو
- مواد الامتصاص البديلة
- تكنولوجيا التخر والتلبد البديلة.

وهي ما تزال في مراحل تطورها الأولى ولن يتم التطرق إليها بالتفصيل في هذه الوثيقة. ويمكن الاطلاع على مزاياها النسبية في (Dash and Das 2012) و (Merly and Hube 2014).

7 دراسات حالة للمواقع الملوثة بالزئبق - المصدر المنتشر والمصدر الواحد

توثق دراستي الحالة أدناه شكلين منفصلين من أشكال المواقع الملوثة بالزئبق التي سبق وأن تمت مناقشتها في القسم 1.6 من دليل الإرشادات هذا - مصدر التلوث المنتشر ومصدر التلوث الواحد. يوجد الموقع الأول في جمهورية كازخستان، وهي بلد كان يقع تحت الحكم السوفياتي وعانى من آثار التلوث الناجمة عن التصنيع أثناء فترة الحكم السابق. ويقع الموقع الثاني في إقليم تاميل نادو في الهند. تبحث دراسة الحالة الأولى التلوث بالزئبق المنتشر على نطاق واسع على امتداد نهر نورا والمناطق المجاورة له. وتتطرق دراسة الحالة الثانية إلى مصدر تلوث بالزئبق واحد محدد من معمل موازين حرارية في كودايكانال. تختلف المقاربتان اللتان تم انتهاجهما لتحديد خصائص ومعالجة كل من الموقعين وهما تظهران تعقيدات وتحديات إدارة المواقع الملوثة بالزئبق.

7.1 دراسة الحالة 1: التلوث بالزئبق في نهر نورا والمناطق المحيطة به

ينبع نهر نورا من الإقليم الجبلي في شرق كازخستان ويمر في إقليم كارغندا الصناعي ويقطع مسافة حوالي ألف كيلومتر في البحيرات الطرفية في كورغالدزينو والتي تعد أراض رطبة هامة دولياً. أصبحت هذه الأراضي الرطبة أول موقع في كازخستان يتم تحديده على أنه 'موقع رامسار' نظراً لأهميته الخاصة حيث سجلت بحيرة تنغز وجود أكثر من 300 نوع من الطيور المائية يعتبر العديد منها مهددة بالخطر. وعلى مدى عقود من الزمن، قام مصنع acetaldehyde في تيميرتاو، وهي أحد المدن الواقعة على نهر نورا وتعرف باسم 'كاربيد'، بإلقاء كميات كبيرة من نفايات الزئبق وملوثات أخرى في النهر قبل أن يتم إغلاقه في عام 1991 (Ullrich et al 2007, Sir 2015a).

وفي النهر، ارتبط الزئبق مع ملايين الأطنان من الرماد المتطاير من محطة توليد طاقة مشكلاً 'الطمي التكنولوجي' الذين يتوزع على السهول الفيضية أثناء فيضانات الربيع (Heaven et al 2000). وفي عام 2003، قدم المصرف الدولي قرضاً بقيمة 40 مليون دولار لحكومة كازاخستان من أجل القيام بأعمال المعالجة طويلة المدى لآثار الزئبق. بدأ العمل في عام 2007 وتم الانتهاء منه في عام 2013 (Sir 2015a). قبل البدء ببرنامج المعالجة، كانت التربة السطحية تحتوي على ما يقدر بثلاثة وخمسين طنناً من الزئبق، وكان الطمي الذي يتسبب على امتداد ضفتي النهر يحتوي على خمسة وستين طنناً تقريباً، بالإضافة إلى اثنين وستين طنناً في مستنقع "زور" الذي يبعد حوالي 1.5 كم عن مدينة تيميرتاو.

تتحكم الظروف الهيدرولوجية الموسمية في نهر نورا بتراكيز الزئبق في المياه السطحية، حيث كانت غالبية عمليات نقل كتلة الزئبق تحصل أثناء الفيضانات الربيعية السنوية أثناء تحرك الترسبات القاعية الملوثة (Ullrich et al 2007). كانت الترسبات التي تقع ضمن قسم النهر الذي يمتد على مسافة 20 كم من مصب مياه التصريف وباتجاه مجرى النهر ملوثة للغاية. حيث تم العثور على تراكيز تفوق الحد القانوني المسموح فيه بكازخستان والذي يبلغ 2.1 ملغ/كغ على مسافة 75 كم من تيميرتاو باتجاه مجرى النهر في بحيرة انتوماك.

وتم العثور على تراكيز فاقت 10 ملغ/كغ لإجمالي الزئبق (وهو قيمة حد التدخل الهولندي) على مسافة 60 كم في اتجاه مجرى النهر (Heaven et al 2000).

وقد وُجد بأن مستنقع زور، الذي يقع بالقرب من مدينة تيميرتاو ولا يبعد سوى أقل من 1 كم عن أقرب قرية، يحتوي على تراكيز عالية من الزئبق وكان هناك مخاوف بالنسبة إلى جودة إمدادات مياه الشرب للقرويين على المدى البعيد. وقد وجد أيضاً بأن تراكيز الزئبق في الأسماك كانت مرتفعة على بعد 100 كم من المصدر باتجاه مجرى النهر وفي معظم أنواع السمك، ولم يكن هناك أي انخفاض ملحوظ في مستويات الزئبق على امتداد هذه المسافة. واقترح بعضهم بأن هذا ربما يعكس النقل النهري لميثيل الزئبق من المواقع الموجودة في أعلى المجرى أو زيادة إنتاج ميثيل الزئبق ضمن الموقع في أسفل المجرى (Ullrich et al 2007).

وقد جرت دراسة في عام 2009 على تراكيز الزئبق في عينات الشعر من تيميرتاو وأربع قرى في السهول الفيضية (تشكالوفو، غاغارينسكوي، سمرقند، روستوفكا) والتي تبعد بين 1.5 إلى 35 كم عن المصب. وبينت هذه الدراسة بأن 17% من السكان فاقوا الحد الآمن الذي يبلغ 1 ميكروغرام لكل جرام من الزئبق في الشعر والذي وضعته وكالة حماية البيئة الأمريكية. واعتُبر هؤلاء الأشخاص بأنهم عرضة للخطر (Hsiao et al 2009).

وفي أكبر مركزين من هذه المراكز السكانية (تيميرتاو وتشكالوفو)، عبّر العديد من السكان عن مخاوفهم من التلوث بالزئبق وأفادوا بأنهم لا يتناولون السمك النهري الذي يصطادونه. وأظهرت النقاشات التي جرت مع بائعي الأسماك بأنهم يدركون حساسية مسألة الزئبق في السمك وبأنهم غالباً ما يعلنون مصدر الأسماك في مخزونهم (Hsiao et al 2009). ربما كان هناك فعلاً وعي لدى سكان هذين المركزين السكانيين حول التلوث بالزئبق ومن الممكن أن يكون استهلاك السمك لديهم أقل، ولكن القرى النهرية الثلاث الأخرى كانت تستهلك سمكاً يتم اصطياده محلياً أكثر بكثير من السمك الذي يتم شراؤه، حيث بلغت النسبة حوالي 80% من إجمالي وجبات السمك. وبالتزامن مع هذه الدراسة، وجد بأن حوالي 84% من عينات السمك فاقت مستوى الأمان الذي وضعته كازخستان والذي يبلغ 0.3 ميكروغرام لكل جرام وبأن 33% فاقت عتبة 0.5 ميكروغرام لكل جرام (Hsiao et al 2009).

ملخص نتائج وآثار التلوث بالزئبق في نهر نورا:

- مستويات غير آمنة من التلوث بالزئبق في ترسبات النهر ورتبة السهول الفيضية والأسماك، وفقدان المياه العذبة والأسماك النظيفة والأراضي الزراعية النظيفة مما نتج عنه آثار اقتصادية سلبية.
- الآثار الصحية المحتملة في البالغين الناجمة عن الزئبق.
- الآثار الصحية العصبية المحتملة في الأطفال الناجمة عن الزئبق، وما يستتبعها من مشاكل تعليمية واقتصادية.
- الانتشار المستقبلي المحتمل للترسبات المحملة بالزئبق والتي يمكن أن تتكدس في الأراضي الرطبة في رامسار حيث يصب النهر وما تحمله من مخاطر على الحياة البرية المهددة بالانقراض.

7.1.1 إجراءات المعالجة والنتائج

عُرفت إجراءات المعالجة التي جرت بين عامي 2007 و 2013 "بمشروع تنظيف نهر نورا". وعلى الرغم من معالجة كميات كبيرة من تلوث الزئبق، إلا أنه لا تزال هناك مخاوف حيال تحقيق الأهداف الرئيسية للمشروع.

فالأهداف الرئيسية للمشروع كان تنظيف مجرى نهر نورا، بما يضمن إدارة فعالة لموقع مكب النفايات الذي كان يحتوي على التربة الملوثة، وكذلك إعادة تأهيل سد إنتوماك الذي يسيطر على جريان المياه ويعمل كمصيدة لترسبات البحيرة الملوثة بالزئبق (Sir 2015a).

لقد أدت أعمال تجريف قاع النهر وتنظيف ضفتيه (من أجل إزالة الطمي التكنولوجي الملوث بالزئبق) إلى تحسين الظروف البيئية في نهر نورا. ففي بداية المشروع، تراوحت مستويات التلوث بالزئبق في التربة والترسبات ما بين 50 إلى 1500 ملغ/كغ. وفي عام 2012، تمت إزالة التربة الملوثة بالزئبق من أجل تحقيق مستويات الأمان المعتمدة دولياً بالنسبة للتربة السطحية والتي تبلغ 2.1 ملغ/كغ للاستخدام الزراعي و 10 ملغ/كغ لاستخدامات الأرض الأخرى. وتم تنظيف المناطق البعيدة إلى مستوى 50 ملغ/كغ (Sir 2015a). وتحسنت جودة المياه في النهر وأصبحت مستويات الزئبق في المياه أقل من تلك الموضوعه في الإرشادات فيما يخص مياه الشرب. وتم معالجة موقع معمل كاربايد وتم التخلص من مليوني طن من التربة الملوثة بوضعها في مكب للنفايات الخطرة يستطيع استقبال مزيد من النفايات في حال دعت الضرورة لإجراء المزيد من أعمال المعالجة.

وتم تنظيف قسم من النهر يبلغ طوله 30 كيلومتراً، ويمتد من بحيرة سمرقند إلى قرية روستوفكا، من التلوث بالزئبق بما في ذلك المنطقة المجاورة لمستنقع زور. وفرت إجراءات المعالجة حوالي 6,234 هكتاراً من الأراضي للأغراض الزراعية ورعي الماشية مما سيشكل فائدة كبيرة للمجتمعات الواقعة على امتداد نهر نورا في المستقبل المنظور. وقد تحسنت جودة الهواء أيضاً، حيث انخفضت مستويات بخار الزئبق من المجال 6,000 - 140,000 نانوغرام لكل متر مكعب إلى ما هو أقل من الحد الرسمي الذي يبلغ 300 نانوغرام لكل متر مكعب (Sir 2015a).

وفي عامي 2013-2014 أجرت جمعية Arnika من جمهورية التشيك مسحاً جزئياً للعينات للتحقق من صحة النتائج وذلك بغية تقييم آثار التلوث بعد عمليات المعالجة. أظهرت اختبارات هذه المنظمة غير الحكومية وجود كميات مرتفعة من المعادن الثقيلة (الزئبق والكروم والرصاص والكاادميوم) في عينات الترسبات، كما أظهرت مستويات مرتفعة من الزئبق في عينات السمك، ومستويات عالية من PCDD/Fs في بعض عينات البيض. ويشير ذلك إلى أنه يجب اتخاذ مزيد من الإجراءات لضمان تنظيف النهر إلى حد مقبول. ويتضمن تقرير (Sir 2015a) شرحاً شاملاً لنظام العينات وتاريخاً مفصلاً لتلوث الموقع بالزئبق في نهر نورا.

قامت المعالجة بالفعل بتخفيض تلوث الزئبق في العديد من أجزاء نهر نورا والمناطق المحيطة به، ولكن هناك العديد من المواقع التي لا تزال ملوثة ومستوى التلوث فيها يفوق الحد الذي تم وضعه للمعالجة في مشروع التنظيف هذا. وما تزال مستويات الزئبق مرتفعة جداً في روستوفكا وتيميرتاو بما في ذلك كراسني غوركي وتشكالوفا وسمرقند وغازينسكو. وكذلك هو الحال بالنسبة إلى مستويات النحاس والكروم والقصدير (Sir 2015a).

وما تزال مستويات الزئبق في أسماك النهر تفوق إرشادات الاستهلاك الآمن. ويجب إصدار تحذيرات لحماية المجموعات السكانية الحساسة (النساء الحوامل والأطفال). ونظراً لوجود الأماكن الساخنة التي عثرت عليها المنظمة غير الحكومية Arnika، ونظراً للتلوث غير المباشر والمستمر للأسماك، فإنه يُنصح بأن يتم أخذ عينات للتربة والمياه والكائنات الحية بشكل مستمر لتقييم الحاجة لاتخاذ مزيد من إجراءات التنظيف.

7.2 دراسة الحالة 2: التلوث بالزئبق في كودايكانال، تاميل نادو، الهند

كودايكانال هي بلدة صغيرة جبلية يسكنها حوالي 40 ألف شخص وتقع في جنوب الهند في ولاية تاميل نادو. وتشتهر المنطقة كمعلم سياحي بسبب البحيرات والشلالات ومنحدرات الغرانيت ووديان الأشجار التي تتواجد فيها. وكونها تقع على ارتفاع 2000 متر فوق مستوى سطح البحر فإن مناخها أبرد كثيراً من المناطق المحيطة بها. حيث كان عامل المناخ البارد عاملاً حاسماً في إنشاء معمل للموازن الحرارية من قبل شركة Ponds India في عام 1983، والتي تم الاستحواذ عليها من خلال الاندماج مع شركة Hindustan Unilever Limited في عام 1987 (الحكومة الهندية 2011).

امتدت فترة عمل معمل الموازن الحرارية من عام 1983 إلى 2001 حين تم إغلاقه بعد ادعاءات بقيامه ببيع خرذة الزجاج الملوثة بالزئبق إلى ورشات إعادة تدوير محلية في بلدة كودايكانال. وجرى تحقيق في ساحة الخرذة التي كانت تحتوي نفايات ملوثة بالزئبق، وجرت إزالة الخرذة الملوثة وتم إجراء بعض المعالجة. ولكن بقي الموقع الرئيسي لمعمل الموازن، والذي يقع على قمة جبل غابات فوق البلدة، ملوثاً بالزئبق ولا يزال يخضع إلى مزيد من التحقيقات وهناك مقترحات عديدة لمعالجته.

وقد وُجد بأن ممارسات العمل في الموقع أدت إلى وجود "أماكن ساخنة" بسبب التلوث بالزئبق في الموقع وفي جدول يمر من خلال موقع المعمل. بالإضافة إلى ذلك، أدت انبعاثات الزئبق الهاربة أثناء فترة تشغيل المنشأة إلى تراكيز عالية من الزئبق في التربة في موقع المعمل كما كان لها آثار خارج الموقع (URS Dames and Moore 2001).

وقد وجدت التحقيقات اللاحقة بأن بحيرة كوداي، وهي معلم سياحي بارز يقع شمال الموقع، قد تلوثت أيضاً نتيجة الانبعاثات من معمل الموازن الحرارية (Karunasagar et al., 2006). حيث بينت مياه البحيرة وجود HgT بلغت قيمته 465-356 ng 1-1، ومستويات من ميثيل الزئبق بلغت 50 ng 1-1، وأظهرت ترسبات بحيرة كوداي وجود 350-276 ملغ/كغ من HgT مع حوالي 6% من ميثيل الزئبق. بينما بينت عينات السمك من البحيرة وجود 290-120 ميكروغرام/كيلوغرام HgT.

كما أظهرت نتائج عينات الهواء التي تم أخذها خارج حدود معمل الموازن الحرارية وجود مستويات مرتفعة جداً من تراكيز الزئبق حيث بلغت 1.32 ميكروغرام/متر مكعب (Balarama Krishna et al., 2003). وفي المقابل، تبلغ مستويات الزئبق في الجو في المناطق التي تعتبر غير ملوثة تبلغ 0.5-10 نانوغرام/متر مكعب (Horvat et al., 2000).

أما بالنسبة للناحية المهنية، فقد وضع المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية في الولايات المتحدة حداً أقصى مسموح به من التركيز ويبلغ 0.05 ملغ/متر مكعب. وقد خلصت دراسات أخرى بأن مستويات الزئبق في الهواء التي تزيد عن 0.01 ملغ/متر مكعب تعتبر غير آمنة لبعض المجموعات من النساء الحوامل (Moienafshari et al., 1999).

وخارج الموقع تم العثور على مزيد من التلوث في النباتات مثل الأشنات والطحالب، والتي تعرف بتكديسها للزئبق. وتراجعت التراكيز مع الابتعاد عن المعمل، حيث تدرجت نتائج العينات من "حوالي 0.2 ملغ/كغ"

بمسافة 20 كم عن المعمل (Balarama Krishna et al., 2003) إلى 87 ملغ/كغ وزن جاف في الموقع نفسه (URS Dames & Moore 2002).

ويعد تلوث التربة في موقع المعمل مرتفعاً ويعود ذلك إلى سببين، الأول هو الترسب الجوي من انبعاثات الزئبق الهارب والثاني ممارسات العمل في الموقع مثل التخلص من النفايات. وخلص تقييم بيئي أجراه URS Dames and Moore (2002) بأن هناك أربع مناطق ساخنة رئيسية في الموقع تحتوي على تراكيز عالية من الزئبق في التربة. وهذه المناطق الساخنة هي:

- المنطقة الساخنة A - حيث تراكيز الزئبق بين 10 و 30 ملغ/كغ في 40% من المساحة الإجمالية البالغة 1800 متر مربع. وتوجد بالقرب من الفرن القديم ومستودع خردة الزجاج.
 - المنطقة الساخنة B - وهي عبارة عن مساحة تبلغ 3040 متر مربع وتقع جنوب شرق المنطقة الساخنة A وجنوب بحيرات باث. حيث تراكيز الزئبق بين 10 و 30 ملغ/كغ في 60% من الموقع وتصل إلى أكثر من 500 ملغ/كغ في مساحة 25 متر مربع من هذه المنطقة.
 - المنطقتين الساختنيتين C1 و C2 - وتقعان جنوب بناء المعمل وبحيرات باث. وهما عبارة عن مساحة تبلغ 8590 متر مربع تحتوي 60% منها على تراكيز زئبق ما بين 10 و 30 ملغ/كغ.
- وهناك منطقة أخرى تحتوي على تراكيز تلوث أقل (بين 0.1 و 10 ملغ/كغ) وتسمى المنطقة D وتحتوي على ما إجماله 57 كغ من الزئبق (URS Dames and Moore, 2002).

ولكن شكك بعض الموظفين السابقين بهذه النتائج حيث أشاروا إلى احتمال وجود تراكيز في التربة أعلى من تلك المذكورة (ادعى بعض العمال بوجود مواقع كانت تستخدم كمبكات للزئبق) ولكن لم يتم اكتشافها بسبب منهجية أخذ العينات التي تم اعتمادها. وقد تعززت هذه الآراء عندما قام URS Dames and Moore بمقارنة كتلة الزئبق في المعمل حيث تم التوصل إلى استنتاج مفاده بأن كان قد تم التقليل من شأن انبعاثات الزئبق أثناء فترة تشغيل المنشأة. حيث بينت المقارنة الأولية فقدان 550 كيلوغرام من الزئبق (إلى البيئة) دون وجود سجلات لها. وقام بتقييم لاحق للموقع أجراه URS Dames and Moore 2002 بأخذ بعين الاعتبار كمية من الزئبق المستوردة لم يكن قد تم الكشف عنها قبل ذلك وتبلغ 10,810 كيلوغرام كان قد كشف عنها العمال السابقون. فقام المستشارون (URS Dames and Moore 2002) بمراجعة مقارنة كتلة الزئبق في الموقع وتوصلوا إلى نتيجة مفادها بأن إجمالي الكميات المفقودة دون سجلات تبلغ 2,031 كيلوغرام، حيث بلغ الفقدان في باباما شولا 1,350 كغ.

ووجد تحقيق أجرته وزارة العمل والتوظيف (الحكومة الهندية 2011) بأن كمية الزئبق الفعلية التي يمكن أن يكون قد تم انبعاثها إلى البيئة تبلغ 10,974 كغ. وبينما يستمر الجدل حول مدى انبعاث الزئبق من الموقع، فإنه من الواضح بأنه قد حصل تلوث كبير بالزئبق في الموقع وترك آثاراً سلبية كبيرة خارج الموقع في المجسمات المائية والغابات الملاصقة للمعمل التي تتمتع بوضع خاص من الحماية. وأورد تقرير لدراسة أجراه المعهد الوطني لبحوث الهندسة البيئية في الهند وجود آثار خارج الموقع أيضاً. حيث تم العثور على مستويات عالية من الزئبق في 60% من عينات الترسبات المأخوذة من الجداول المجاورة للموقع وكانت النتائج كما يلي:

LPI: 0.507 mg/kg, PSI: 0.353 mg/kg, LP5: 0.228 mg/kg

جرت بعض أعمال المعالجة الجزئية بعد إغلاق المعمل. ففي أيار/مايو من عام 2003، تم شحن 290 طناً من المواد الملوثة بالزئبق (تضمنت مياه التصريف من المعمل والزجاج وعنصر الزئبق) إلى الولايات المتحدة للمعالجة ولاسترداد الزئبق. ولكن معظم التربة الملوثة لا تزال في الموقع. واقترح مالكو الموقع معالجة ما تبقى من التربة الملوثة بالزئبق في الموقع باستخدام تكنولوجيا غسيل التربة والتقطير الحراري.¹⁶ وكما هو الحال مع كافة التكنولوجيات الحرارية لمعالجة نفايات الزئبق، فإنه يلزم استخدام أجهزة خاصة بالزئبق قادرة على التحكم بتلوث الهواء من أجل ضمان ألا يتم انبعاث بخار الزئبق إلى البيئة المجاورة. وحتى مع اتخاذ هذه الاحتياطات، يمكن أن تبقى إشكالية انبعاث الزئبق من المعالجة الحرارية المباشرة.

ويثير هذا الموقع الملوث بالزئبق قضايا في ذات السياق فيما يخص معايير معالجة التربة الملوثة بالزئبق. حيث يمكن تنظيف العديد من المواقع الصناعية الملوثة بما يتوافق مع المتطلبات الوطنية دون إحداث أي جدل كونها موجودة ضمن مجمعات صناعية أو مناطق مشابهة لا تقع قرب مناطق سكنية أو مناطق بيئية حساسة. أما في حالة كودايكانل، فهناك مستقلون بيئيون شديداً الحساسية بالقرب من الموقع ومن شأن ذلك أن يؤثر على معايير المعالجة النهائية للتربة وللمصفوفات الأخرى. ويتأخم الموقع الملوث النظام البيئي في غابة بامبار شولا، والتي تعد غابة قديمة ومحمية طبيعية تشرف عليها حكومة ولاية تاميل نادو وتحتوي نباتات وحيوانات مهددة بالانقراض.

وقد تتطلب الطبيعة العذرية لهذا النظام البيئي والآثار الذي خلفها معمل الموازين الحرارية خارج الموقع إجراءات معالجة أكثر حساسية من تلك المقترحة في الوقت الراهن. في بادئ الأمر، اقترحت شركة Hindustan Lever Limited (وهي شركة فرعية من شركة Unilever) إجراء معالجة للموقع إلى حد التدخل الهولندي (السكني) والذي يبلغ 10 ملغ/كغ (أي ترك الزئبق في تربة الموقع بحيث لا يتجاوز تركيزه 10 جزء في المليون). ولكن وبعد مفاوضات مع مجلس الحد من التلوث في تاميل نادو، تم تخفيف معايير التنظيف إلى حد 25 ملغ/كغ. لا تمتلك الهند حالياً معايير تطبيقية للتربة فيما يخص التلوث بالزئبق، وبالتالي يجب أن يأخذ أي حد يتم اقتراحه حساسية موقع كودايكانال في الحسبان.

وقدر URS Dames and Moore بأن استخدام معيار تنظيف تبلغ قيمته 10 ملغ/كغ سيؤدي إلى إزالة ومعالجة 4100 م³ من التربة والترسبات الملوثة في الموقع. أما المعيار المقترح والذي تبلغ قيمته 25 ملغ/كغ سيؤدي إلى معالجة كميات أقل بكثير وبتكلفة أقل أيضاً. لا يعكس حد التدخل الهولندي الذي يبلغ 01 ملغ/كغ بالضرورة نتائج معالجة "مستدامة" (وهو يعد مقارنة تعطي أولوية لمبدأ الحيطة والمساواة بين الأجيال ومن قام بالتلوث هو الذي يدفع)، بل إنه يعتبر تقييماً للمخاطر يستند إلى مقارنة التعرض إلى التلوث. ولهذا السبب، فإن هولندا تضع "مستوى مستهدف" تبلغ قيمته 0.3 ملغ/كغ (MHSPE 1994). ويعتبر ذلك مستوى مستداماً بحيث تكون مخاطره على النظام البيئي ضئيلة، ويسمح للتربة أن تستعيد كامل وظائفها لحياة الإنسان والنبات والحيوان (مما في ذلك الميكروبات والحيوانات الدقيقة التي تعيش في التربة).

وقد حددت دراسة واحدة على الأقل (Tipping et al., 2010) بأن الحد الحرج للزئبق في التربة فيما يخص صحة الكائنات الحية في التربة يصل إلى 0.13 ملغ/كغ. ويعتبر الوصول إلى هذه التراكيز المنخفضة من الزئبق في التربة من خلال تكنولوجيا المعالجة الحالية تحدياً صعباً؛ ولكن هناك بعض التقنيات والتكنولوجيات التي تدعي بأنها تقترب من هذا المستوى.

7.2.1 إجراءات المعالجة المحتملة

بعد الأخذ بعين الاعتبار المناطق الحساسة المجاورة لمعمل الموازين الحرارية السابق، يجب النظر إلى معايير المعالجة التي تستند إلى أهداف الاستدامة وتوسعي نحو استعادة التربة لكامل وظائفها ضمن الموقع وحوله كذلك. ويجب اعتبار الطبيعة العذرية للنظام البيئي في غابة بامبار شولا المُستقبل الأساسي في أي تقييم للتعرض وذلك بسبب استمرار انبعاث بخار الزئبق من الموقع وما يترتب على ذلك خارج الموقع. ستؤدي معايير المعالجة المقترحة حالياً إلى استمرار انبعاث بخار الزئبق من الموقع وإمكانية انبعاثه إلى الأنظمة البيئية المائية المحلية من خلال هطول الأمطار والترشيح والانتقال عبر المياه السطحية. لقد تم بالفعل إثبات الصلة بين مصدر التلوث وبين المستقبلين البيئيين الهامين مثل بحيرة كوداي (Karunasagar et al., 2006).

وفي هذا المثال الذي أدناه، فإنه ينبغي معالجة مصدر التلوث - ألا وهو التربة في موقع المعمل - وفق أعلى مستوى ممكن للحد من استمرار انبعاث الزئبق في البيئة المحلية. وقد تحتاج المقاربة المستدامة المنشودة إلى تعديل بعض المقترحات ومعايير المعالجة الحالية. ويمكن عن طريق استخدام كل من غسيل التربة ووحدة الامتزاز الحراري الفراغي تحقيق المستويات العليا من المعالجة من أجل حماية المستقبلين الحساسين والحد من انتشار مزيد من التلوث. حيث يمكن أن يساعد غسيل التربة في فصل المواد الأكثر خشونة من التربة والتي يكون احتمال التصاق الزئبق فيها أقل. يمكن عندها فحص هذه المواد الخشنة واعتبارها نظيفة أو في حال كانت لا تزال ملوثة يمكن سحقها لتصبح أكثر نعومة ويتم إرسالها ليتم معالجتها مع بقية المواد. عند ذلك يمكن وضع المواد الناعمة، التي تحتوي على معظم الزئبق المسبب للتلوث، ضمن وحدة التقطير الفراغي. واستطاعت نسخة فرنسية من هذه التكنولوجيا من معالجة التربة الملوثة بحيث أصبحت تحتوي في النهاية على أقل من 1 جزء في المليون (1ملغ/كغ) وبلغت قيمة الترشيح أقل من 0.001 ملغ/ليتر (UNEP/ISWA 2015). بعد ذلك أصبح من الممكن إعادة ملء الموقع بالتربة.



الصورة 15: وحدة التقطير الفراغية بالحرارة غير المباشرة.

المصدر: econ industries GmbH ورد ذكرها في UNEP/ISWA 2015

من غير المرجح أن تكون عمليات غسيل التربة والتقطير الحراري التي اقترحتها الشركة المالكة HUL قادرة على تحقيق هذا المستوى من معالجة التربة، ويمكن أيضاً أن تواجه مشاكل فيما يخص بخار الزئبق في حال تم استخدام تكنولوجيا حرارية مباشرة. فمن الأفضل استخدام وحدة الامتزاز الحراري الفراغي بحرارة غير مباشرة الموصوفة آنفاً عند القيام بالمعالجة النهائية، مع الاحتفاظ بخطوة غسيل التربة. إذا أمكن تحقيق تراكيز منخفضة من الزئبق في التربة باستخدام هذه التقنية، يمكن عندها إزالة مصدر التلوث المستمر للمجري المائية وغابة بامبار شولا. وينبغي الاستمرار بمراقبة المستقبلين البيئيين حول الموقع لضمان تحديد كافة الأماكن الساخنة ومعالجتها.

وقد يكون هناك ضرورة لإجراء مزيد من المعالجة للتعامل مع تلوث ترسبات بحيرة كوداي من أجل ضمان بأنه ومع مرور الوقت ستتمكن أنواع السمك المحلية من استعادة عافيتها من تبعات مستويات الزئبق العالية المتواجدة في أجسامها.

8 إدارة السلامة والصحة المهنية والمجتمعية في

المواقع الملوثة

يعد بناء القدرات الاجتماعية من خلال التدفق الحر للمعلومات الأساس الذي يضمن بأن تكون إدارة الصحة والسلامة المهنية متناغمة مع صحة وسلامة المجتمع في المناطق المحيطة بالمواقع الملوثة. ينبغي أن تكون كافة تقارير التحقيقات في المواقع وخطط الصحة والسلامة وسجلات المخاطر وخطط المعالجة وخطط نقل النفايات متوفرة لأصحاب الشأن وفي أقرب وقت ممكن ليتمكنوا من مناقشتها وتعديلها.

يمكن أن تحتوي معالجة المواقع الملوثة على عدد من المراحل:

- التحقيق الأولي في الموقع
- التحقيق المفصل للموقع
- إدارة الموقع
- المعالجة والتحقق والإدارة المستمرة
- نقل النفايات ومعالجتها.

يجب تناول قضايا السلامة والصحة المهنية والمجتمعية في كافة مراحل العملية. ويجب أن يكون من المتعارف عليه أيضاً بأن عمال الموقع يحصلون على معدات حماية ومراقبة خاصة لا تكون متاحة للأشخاص خارج حدود الموقع، كما أن لديهم فترات تعرض أقل في الموقع (أقل من 8 ساعات في اليوم). ويجب تحديد المستويات التي تستدعي المراقبة (مستويات التحذير) بالنسبة إلى الانبعاثات المنتشرة لتأمين الحماية للأشخاص خارج الموقع كونهم لا يمتلكون معدات الحماية ويكونون عرضة لفترة مطولة (تصل إلى 24 ساعة في اليوم).

يجب النظر إلى هذا الاختلاف عند احتساب مخاطر التراكيز المقبولة لتلوث الهواء ومتوسط فترات التعرض بحيث يتم معايرتها بما يناسب المستقبلين الحساسين في المجتمع (مثل الأطفال والعجزة والنساء الحوامل والأشخاص الذين يعانون من مشاكل في جهاز المناعة).

8.1 نظرة عامة

قد تسبب المواقع الملوثة مخاطر على صحة وسلامة عمال وأفراد المجتمع أثناء عمليات التحقيق والمعالجة. وعلى الرغم من أن آثار هذه المخاطر ضمن الموقع قد تختلف عن آثارها خارج الموقع، فإنه ينبغي تناولها ضمن إطار واحد من أجل ضمان الشفافية والمساءلة.

يمكن مواجهة مخاطر في كافة مراحل العمل في الموقع. وقد تتضمن هذه المخاطر المعادن الثقيلة الأخرى غير الرئيق، بالإضافة إلى المحاليل العضوية المتطايرة والهيدروكربونات والمبيدات الحشرية والمواد الكيميائية الصناعية والملوثات العضوية الثابتة والمواد المشعة. وقد تكون هذه الملوثات بحالة الصلبة أو السائلة أو البخار

أو الغبار ضمن التربة أو الهواء أو المياه الجوفية. وتتضمن المخاطر المحتملة الأخرى: الحرائق، والانفجارات، والأماكن الضيقة، وخطوط نقل الغاز، والكهرباء والآلات، والتعامل بشكل يدوي، ومخاطر النقل.

في بعض مناطق النزاع السابقة والحالية، قد تتأثر المواقع الملوثة بالذخائر غير المتفجرة المدفونة تحت الأرض. يجب اتخاذ احتياطات خاصة عند التحقيق في مواقع تحتوي على ذخائر غير متفجرة ويجب استشارة أشخاص لهم خلفية عسكرية يستطيعون البحث عن مثل هذه الأجهزة وإبطال مفعولها. ويساعد إجراء تحقيق أولي واسع النطاق للموقع يتضمن كافة الاستخدامات السابقة للموقع على تحديد إمكانية وجود مواد مشعة وذخائر غير متفجرة كما يساعد في تحديد إن كان هناك حاجة لإجراء مزيد من البحث المفصل عن مثل هذه المواد. ففي بعض الحالات، تم العثور على ذخائر غير منفجرة في مكبات نفايات بلدية قديمة حيث كانت قواعد عسكرية قريبة تقوم بإلقاء الذخائر والمعدات الحربية.

يجب أن تضمن عملية إدارة المواقع الملوثة عدم تعرض العمال وأفراد المجتمع إلى المخاطر. وفي حين يقع على مسؤولية أصحاب العمل واجب رعاية الموظفين، فإن إدارة الموقع الإجمالية يقع على عاتقها مسؤولية اجتماعية تجاه المجتمع بشكل عام. فقد ينطوي العمل في المواقع الملوثة على مخاطر من مواد خطرة لا تكون تحت السيطرة ولا توجد معلومات كافية حول هوية هذه المواد وتركيزها. يجب اتخاذ احتياطات ووضع افتراضات أن يحتوي الموقع على مخاطر جسيمة على صحة وسلامة العمال والمجتمع بشكل عام. ويجب التعامل مع المناطق الملوثة على أنها مناطق خطرة إلى أن تثبت الاختبارات عكس ذلك.

8.2 واجب الرعاية والمسؤولية الاجتماعية

يجب أن تضمن إدارة المواقع الملوثة ما يلي:

- هناك التزام كامل بكافة قوانين الصحة والسلامة ذات الشأن، ويتم تقديم الاستشارة والتعاون للعمال وممثلي الصحة والسلامة الحكوميين.
- يتم توفير مكان عمل ونظام آمن للموظفين يؤمنان الحماية من المخاطر.
- يتم تزويد المجتمع بالمعلومات وحمايته من المخاطر الناجمة عن الموقع. ويتضمن ذلك الغبار والأبخرة والمياه الجارية والتربة.
- يتلقى كل العمال المعلومات والتعليمات والتدريب والتوجيهات ذات الصلة بالموقع لكي يستطيعوا العمل بطريقة آمنة دون التعرض إلى المخاطر.
- يتم تقديم ملابس ومعدات حماية شخصية ملائمة إلى العمال دون أي تكلفة إضافية عندما لا يكون بالإمكان تقليل المخاطر إلى حدود مقبولة.
- يتم تنصيب كافة المعدات وتركيبها كي تُستخدم بشكل آمن.
- تتم كافة عمليات التعامل مع المواد في الموقع وتجهيزها وتخزينها ونقلها والتخلص منها بأسلوب لا يعرض العمال أو أفراد المجتمع إلى الخطر.
- يتم توفير كافة تقارير التحقيقات في الموقع، وخطط الصحة والسلامة، وسجلات المخاطر (راجع القسم التالي)، وخطط المعالجة، وخطط نقل ومعالجة النفايات إلى جميع العمال وأصحاب الشأن.

8.3 سجلات المخاطر

يجب أن تضمن إدارة المواقع الملوثة أن يكون لدى العمال والمجتمع إمكانية الوصول إلى سجل المخاطر الذي ينبغي أن يتم تحديثه بشكل دوري. ويقدم هذا السجل المخاطر التي تم التعرف عليها، وتقييماً لمخاطر حصول إصابة أو ضرر، والإجراءات التي تم اتخاذها للقضاء عليها أو الحد من المخاطر. يجب حماية العمال والمجتمع عن طريق التخفيف من حدة آثار المخاطر.

ويتضمن تطبيق تسلسل هرمي لتدابير الرقابة يتدرج من الإجراءات الأكثر فعالية إلى الإجراءات الأقل فعالية ما يلي:

1. **الإزالة** - إزالة الخطر أو ممارسات العمل الخطرة.
2. **الاستبدال** - استبدال ممارسة عمل خطيرة بوحدة أقل خطورة.
3. **العزل** - فصل الخطر أو ممارسات العمل عن الأشخاص المنخرطين في العمل (أنظمة تطويق أو تحكم عن بعد أو حواجز فيزيائية).
4. **ضوابط هندسية** - تعديل الأدوات أو المعدات أو أنظمة الحماية في الآلات.
5. **ضوابط إدارية** - ممارسات عمل تحد من المخاطر، وتعليمات، وتدريب، ولافئات تحذير.
6. **ألبسة ومعدات حماية شخصية** - يتم توفيرها بعد تطبيق إجراءات السيطرة الأخرى وعندما يكون هناك حاجة للمزيد من إجراءات الحماية.
7. **مراقبة ومراجعة مستمرة لتدابير السيطرة** - من أجل ضمان الفعالية والوقاية من العواقب غير المقصودة. يجب أن يستند تواتر المراقبة والمراجعة إلى مستوى الخطر، ونوع ممارسات العمل، والمعمل أو الآلات المعنية، بالإضافة إلى العوامل البيئية.

8.4 المعلومات والتدريب

يجب أن تضمن إدارة المواقع ما يلي:

- توفير المعلومات إلى العمال والمجتمع بشكل عام وتوعيتهم بكافة المخاطر التي تم تحديدها وذلك عن طريق سجلات المخاطر. ويجب أن تتضمن المعلومات المرتبطة بالملوثات المعروفة والمشتبه بها.
- تدريب العمال الجدد وتقديم المعلومات والإرشادات والتدريب والإشراف حول إجراءات الأمان إلى كافة العمال.
- تقديم تدريب خاص للعمال الذين يتعاملون مع مواد خطيرة يتضمن الآثار الصحية، وتدابير السيطرة، والرد الإسعافي والاستخدام الصحيح لمعدات الحماية الشخصية.
- الحفاظ على سجلات تدريب العمال الجدد وتدريب العمال الآخرين حول التعامل مع المواد الخطرة.
- تدريب كافة العمال على إجراءات الإخلاء الإسعافية وتوفيرها للمجموعات المعرضة للخطر من أجل المساعدة في وضع إجراءات رد إسعافية في حال تأثرت منطقة ما خارج الموقع.

8.5 الإشراف

يجب توفير إشراف ملائم لكل العمال من أجل ضمان ألا يتعرضوا للمخاطر ومن أجل أن يعتنوا بصحتهم وسلامتهم وصحة وسلامة الآخرين: ويتطلب ذلك:

- أن يمتلك المشرفون المهارات والمعرفة والسلطة لأداء دورهم.
- أن يكون التدريب مستمراً مع مراجعة دورية لإجراءات السلامة.
- استخدام معدات الحماية الشخصية ضمن ظروف عمل مناسبة.

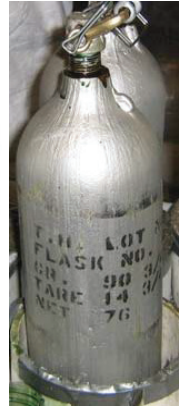
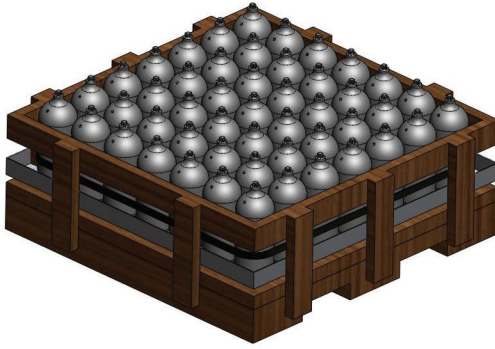
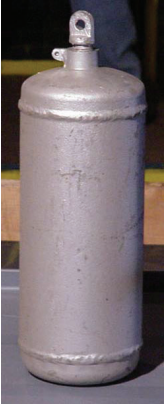
8.6 ضوابط التخزين العام والنقل للملوثات

المبادئ الأساسية لضوابط التخزين والنقل:

- حصر إمكانية الوصول في الأشخاص المفوضين حصراً.
- تخزين الملوثات في مكان بارد وآمن وجيد التهوية مع استخدام لافتات تبين المواد وتركيزها ومخاطرها وضوابطها.
- مراقبة التلوث الجوي ودرجات الحرارة في أماكن التخزين من أجل ضمان أن تكون ضمن المستويات المقبولة.
- اختيار حاوية ملائمة للتخزين، مثل الحاويات المقاومة للاهتراء والانحلال.
- ضمان بأن تحتوي كافة الحاويات على ملصقات تصفها بشكل صحيح وأن تبقى هذه الملصقات ظاهرة بشكل سليم.
- ضمان بأن توضع ملصقات على المواد غير المعروفة بحيث يتم توصيفها على أنها 'مواد غير معروفة' - يجب أن يتم التعامل معها بحذر شديد.
- التحقق من توافق المواد التي يتم تخزينها سوياً وفصلها في حال تطلب الأمر ذلك. يجب تجنب مخاطر الاختلاط وانتقال التلوث بين المواد.
- التحقق من أن الحاويات لا تسرب ولا يرشح عنها شيء.
- ضمان توفر معدات مكافحة الحرائق والمعدات الإسعافية.
- ضمان وجود إجراءات إخلاء منظمة والقيام بتدريبات دورية على الحالات الإسعافية.
- ضمان بأن تكون كافة الملوثات مؤمنة قبل النقل وأثناءه.
- ضمان إزالة التلوث عن كافة الأدوات والمعدات قبل مغادرة الموقع.
- يجب تخزين ونقل كافة المواد الكيميائية والتربة والسوائل الملوثة وفقاً للقوانين السارية.

8.7 النقل والتخزين طويل الأمد لعنصر الزئبق في المواقع الملوثة

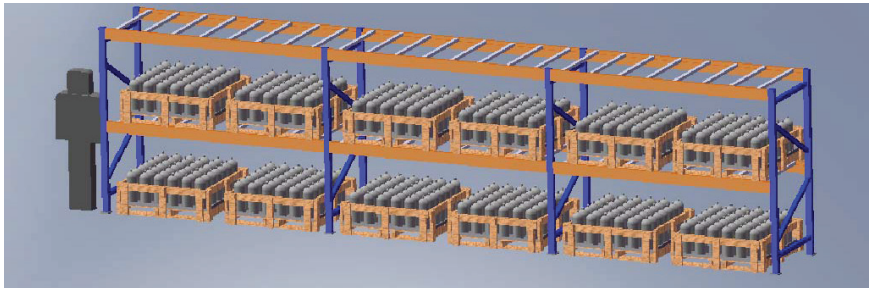
قد ينتج عن بعض جهود معالجة المواقع الملوثة استرداد عنصر الزئبق الحر من بعض المناطق ضمن الموقع أو من عمليات المعالجة والاسترداد في الموقع. يتطلب نقل عنصر الزئبق وتوضيبه تخطيطاً دقيقاً واستخدام عربات



الصورة رقم 16: أمثلة عن توضيب الزئبق - قوارير قياسية لعنصر الزئبق حجمها 3 ليتر، بشكل إفرادي وموضبة ضمن صندوق 49×3 ليتر مع درج مدمج في حال حصل انسكاب. المصدر: وزارة الطاقة الأمريكية (2009)

مجهزة بشكل مناسب. وقد أدى الحظر الأمريكي على تصدير الزئبق إلى وضع معايير صارمة لتوضيب عنصر الزئبق وتوثيقه ونقله وقبوله وتخزينه في منشآت بهدف سحبه من السوق بشكل دائم.

وضعت وزارة الطاقة الأمريكية إرشادات شاملة (U.S. DoE 2009) حول الإجراءات العملية والإدارية المطلوبة للقيام بهذه النشاطات عندما استوجب التعامل مع آلاف الاطنان من عنصر الزئبق الذي كان من المخطط تخزينه بشكل دائم. تتضمن الإرشادات التفصيلية التوضيب، وإجراءات التحميل والتنزيل عن العربات، وشكل الواجهة في منشأة التخزين، ونقل الزئبق بين الأوعية، وإرشادات التوضيب النهائية للتخزين. وتم عرض إجراءات المراقبة البيئية عبر كافة مراحل العمل بشكل مفصل. وفي الولايات المتحدة، عادة ما يتم توضيب الكميات الصغيرة من الزئبق في قوارير معدنية تحتوي على ثلاثة لترات.



الصورة رقم 17: وضع الصناديق التي تحتوي على 3×94 ليتر قوارير زئبق ضمن رفوف من أجل تخزينها بشكل دائم. المصدر: وزارة الطاقة الأمريكية (2009)



الصورة رقم 18: مثال عن قارورة من الفولاذ وزنها 34 كيلوغرام ووحدة تخزين 1 طن متري.
المصدر: Bethlehem Apparatus Co. Hellertown, PA.

بعد تجميع عدد كافٍ من القوارير وفحص سلامتها الهيكلية، يمكن وضعها ضمن صناديق تحتوي على أدرج مدمجة في حال حصل انسكاب ووضع هذه الصناديق على رفوف.

توجد هذه الرفوف المصممة لتقاوم الزلازل على أرض معزولة ومائلة (بحيث تكون درجة الميلان 3 درجات) وفي منتصف الغرفة للسماح بإجراء فحص بصري وإجراء أعمال الاحتواء في حال دعت الضرورة بذلك. وتمتلك الرفوف كذلك أجهزة إطفاء الحرائق ولا يتجاوز ارتفاعها الثلاثة أمتار.

ووفقاً لكمية عنصر الزئبق التي تم استردادها في الموقع الملوث، قد يكون من الضروري استخدام أحجام توضيب أكبر من حجم القوارير القياسية والذي يبلغ 2.5 أو 3 لتر. في هذه الحالات، يتم استخدام حاويات خاصة يبلغ حجمها 1 طن متري تحقق شروط النقل والتخزين طويل الأجل الصارمة.

يتم حالياً تطوير مجموعة من الإرشادات حول معايير تخزين عنصر الزئبق متوسط وطويل الأجل الذي يتم تداوله كسلعة أو تم سحبه من الأسواق (الاستخدامات المسموحة). ويمكن الحصول على معلومات هامة حول هذا الموضوع مصدرها اتفاقية بازل، الإرشادات التقنية المحدثة للإدارة البيئية السليمة للنفايات التي تتألف من الزئبق أو مركبات الزئبق أو تحتوي عليه أو ملوثة به (المراجعة السادسة) وكذلك من UNEP/ISWA التي أصدرت حديثاً المرجع العملي لتخزين نفايات الزئبق والتخلص منها.

8.8 ميزات مكان العمل ومنشآت الإسعافات الأولية

يجب وضع شروط محددة للميزات التي يجب توافرها في المواقع الملوثة كجزء من خطط السلامة والصحة في كل موقع على حدا. وعند الضرورة، يجب توفير منشآت إزالة التلوث التالية (دون أن تقتصر عليها):

- غرف الاستحمام
- معدات لغسل الأيدي
- معدات لغسل العيون
- منطقة نظيفة منفصلة
- منطقة لإزالة تلوث كافة المعدات، بما في ذلك منطقة لغسيل المشاحنات. إذا كان هناك مستويات عالية من التلوث، ينبغي عندها توفير وحدة إزالة تلوث منفصلة للعمال تكون إضافية ومنفصلة عن أقسام النظافة والغسيل الأخرى.
- يتطلب التسمم بالزئبق تدخلاً ومعالجة طبية خاصة تتضمن chelation (معالجة لتسريع خروج الزئبق من الجسم) كما تتطلب إبعاد العامل عن مصدر التعرض حتى إتمام المعالجة. كما يجب التحقق في مصدر التعرض وإزالته.

8.9 مراقبة التعرض

تعد مراقبة التعرض وسيلة لقياس تعرض الأشخاص العاملين إلى الملوثات في الموقع. وفي بعض الحالات، قد يكون من الملائم إجرائها لأفراد المجتمع. يجب أن يقوم بعملية مراقبة التعرض شخص كفؤ وفق معايير المراقبة المعترف بها. ويجب توفير نتائج مراقبة التعرض لأي شخص يحتمل تعرضه للملوثات الخطرة. وفي حالة المواقع الملوثة بالزئبق، قد تشكل المراقبة عن طريق أخذ عينات من الشعر بشكل دوري جزءاً من برنامج مراقبة التعرض يقوم بها مخبر معتمد يتبع إجراءات ضمان الجودة/مراقبة الجودة ولديه خبرة في تفسير نتائج التحليل.

8.10 برامج المراقبة الصحية

بالإضافة إلى متطلبات المواد الخطرة التي سبق وأن مررنا عليها، يجب القيام ببرامج مراقبة صحية بالنسبة إلى العمال وأفراد المجتمع المعروفين بأنهم تعرضوا لمادة خطرة تستدعي القلق. وتتضمن ما يلي (دون أن تقتصر عليها):

- الأسبستوس
- الزرنيخ غير العضوي
- الكروم غير العضوي
- الزئبق غير العضوي
- الكادميوم
- الرصاص

- ميثيل الزئبق
- الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات
- الثليوم
- المبيدات الفوسفات العضوي
- الملوثات العضوية الثابتة.

يمكن إنشاء سجل صحي من قبل العاملين في المجال الصحي وتحت إشراف أطباء سريريين وخبراء علم التسمم. ويمكن إضافة العمال و/أو السكان المحتمل تعرضهم إلى السجل ومن ثم مراقبة وضعهم الصحي مع مرور الوقت. وفائدة هذه المقاربة أنه يمكن تدريب العاملين المحليين في المجال الصحي على تشخيص الأعراض المشتركة التي تدل على التعرض إلى ملوثات محددة وتحديد المراحل الأولى من الأعراض في المرضى من أجل التعرف على مجموعة الملوثات المرتبطة بالمشاكل الصحية في مجتمع محلي والتي قد تترك أثرها على الموقع وتؤدي إلى تعرض طويل الأمد للسكان.

9 المواقع الملوثة ومتطلبات معاهدة ميناماتا بشأن الزئبق: إشراك أصحاب الشأن

تضع اتفاقية ميناماتا حول الزئبق الخطوط العريضة للأنشطة التي يمكن للأطراف ممارستها للتعامل مع المواقع الملوثة ولتقديم المعلومات للجمهور من أجل رفع مستوى الوعي حول أثرها على صحة الإنسان والبيئة. يمكن للإرشادات الموجودة في هذه الوثيقة وغيرها أن تساعد في بناء قدرات المجتمع المحلي والمنظمات غير الحكومية وصناع القرار من أجل التعامل مع المواقع الملوثة بالزئبق في بلدنهم. كما يمكنها كشف معلومات هامة للقطاع الصناعي حول المواقع الملوثة مما يزيد من فعالية تقييم المواقع ويحد من التكاليف ويقلل من النزاعات الاجتماعية المحتملة.

إلى حد الآن، لم تقم الأطراف المنضمة إلى الاتفاقية بوضع إرشادات محددة حول المواقع الملوثة ولكن ذلك لا يمنع الحكومات الوطنية من وضع أطر إدارية وسياسات وتشريعات من أجل تقييم المواقع الملوثة وتحديدها وتوصيفها ومعالجتها. ومع توجه البلدان للتصديق على اتفاقية الزئبق فإنه من المهم الإشارة إلى بعض العبارات المحددة الواردة في الاتفاقية حول المواقع الملوثة بالزئبق والحاجة إلى إشراك الجمهور.

تحت المادة 12 "المواقع الملوثة"، يُطلب من مؤتمر الأطراف أن يقوموا بتحضير إرشادات حول إدارة المواقع الملوثة تتضمن أساليب ومقاربات "إشراك الجمهور" (UNEP 2013).

بالإضافة إلى ذلك، ووفقاً للمادة 18 "المعلومات والوعي والثقافة على المستوى العام"، يُطلب من كل طرف توفير المعلومات العامة حول التلوث بالزئبق وكذلك "نتائج أنشطة البحث والتطوير والمراقبة وفقاً للمادة 19". كما يتعين على الأطراف توفير التعليم والتدريب ورفع مستوى وعي الجمهور بخصوص الآثار الصحية للزئبق وذلك بالتعاون مع الهيئات الحكومية الدولية ذات الصلة والمنظمات غير الحكومية والسكان المعرضين للخطر.

يتطلب إشراك الجمهور وتعزيز المجتمع المدني، من خلال التعاون والتنسيق بين مختلف القطاعات، مقارنة متكاملة ثنائية الاتجاه يشترك المجتمع المدني فيها على المستويين الوطني والإقليمي. كما يتطلب إشراك أصحاب الشأن ضمن عملية مرتبطة بالموقع المحلي ذاته. ويجب أن يكون كل إجراء من الإجراءات قادراً على تقديم المعلومات إلى الإجراءات الأخرى والتأقلم معها. وعند إشراك الجمهور، ينبغي النظر إلى السياق الثقافي والاجتماعي والسياسي المحدد للحصول على أكبر فاعلية.

9.1 دليل الإرشادات لإشراك أصحاب الشأن في موقع ما

ينطوي إشراك أصحاب الشأن في تحديد المواقع الملوثة بالزئبق وتقييمها ومعالجتها على المشاركة الفعالة للأفراد والمجتمعات المحلية والمنظمات غير الحكومية والقطاعات الصناعية والسلطات الحكومية والجهات الأخرى المهتمة أو من المحتمل تأثرها بالموقع الملوث والعمليات المرتبطة بتنظيفه. يمكن أن يضم أصحاب الشأن: أصحاب الأرض والسكان الذين يعيشون بالقرب من (أو ضمن) الموقع، المجتمعات المحلية والقطاعات

الصناعية التي طالتها آثار التلوث بالزئبق المستمرة، السلطات الصحية والبيئية وغيرها من السلطات التنظيمية، والمنظمات غير الحكومية والطاقم الإداري والعمال في الموقع.

في الحالات التي يكون لدى قطاع صناعي ما موقعاً ملوثاً ويريد إشراك أصحاب الشأن بعمليات المعالجة، يكون من المفيد حينها إشراك طرف ثالث (مثل المستشارين والأكاديميين) لقيادة عمليات المشاركة بصفتهم وسيطاً مستقلاً. ويمكن أن يكون ذلك مفيداً على نحو خاص عندما يكون هناك مشاكل تتعلق بالثقة أو نزاعات سابقة بين بعض أصحاب الشأن. قد تواجه بعض الشركات مشاكل عندما يستحوذون على موقع ملوث كجزء من عملية اندماج الشركات أو إجراء مشابه ولكن لا تكون هذه الشركات مسؤولة عن إحداث التلوث (ولكنها تكون مسؤولة عن إجراء المعالجة).

وربما تكون النزاعات السابقة بين الملوّثين الأصليين وأصحاب الشأن، مثل السكان المحليين على سبيل المثال، قد أغلقت الطريق أمام معالجة الموقع. في مثل هذه الحالات، يستطيع مالكو الموقع الجدد إعادة ضبط العلاقة مع المجتمعات المحلية من خلال خطة لإشراك أصحاب الشأن بشكل حقيقي بحيث يستفيدون من الحوار القائم على الاحترام حول وضع الموقع المستقبلي الذي يحقق متطلبات كافة الأطراف ويبعيد الأرض إلى مستوي يتم الاتفاق عليه.

وقد تستفيد القطاعات الصناعية التي تمتلك مواقع ملوثة من المعلومات التي يمتلكها أصحاب الشأن حول الاستخدامات السابقة للموقع وأماكن المناطق الساخنة حيث يمكن أن يكون قد تم استخدامها كمكبات للنفايات من قبل. ويمكن أن يضم هؤلاء: السكان المحليين وسائقي الشاحنات وشخصيات المجتمع وغيرهم ممن يمتلكون معرفة قديمة بالموقع وممارسات العمل التي كانت قائمة فيه. قد يكون هذا النوع من المعلومات مفيداً للغاية أثناء مراحل التقييمين الأولي والمفصل مما يقلل التكلفة عن طريق الاعتماد على عينات أكثر دقة وفعالية. ولهذا السبب، يجب أن يبدأ إشراك أصحاب الشأن في أسرع وقت ممكن عندما تُطرح فكرة المعالجة للنقاش.

يملك أصحاب الشأن الحق في الحصول على المعلومات المرتبطة بالعوامل الصحية البيئية التي تؤثر على حياتهم وحيوة أطفالهم وعائلاتهم ومستقبل مجتمعاتهم.

إن الهدف من إشراك أصحاب الشأن هو اتخاذ قرارات نوعية بشأن عملية المعالجة بالإضافة إلى تحسين عملية اتخاذ القرار ذاتها. ويمكن أن يختصر الإشراك ثنائي الاتجاه، والذي ينقل المعلومات اللازمة ويعزز مشاركة أصحاب الشأن في عملية اتخاذ القرار، من التكاليف بشكل كبير ويحسن من مصداقية المنظمات المنخرطة في إدارة المواقع الملوثة. ويستفيد أصحاب الشأن عن طريق المساهمة في تحسين القرارات المتخذة لإدارة المخاطر وخيارات إدارة المواقع المقبولة والتي تحقق صحة وسلامة ومزايا أفضل.

يجب أن يبدأ إشراك أصحاب الشأن في أسرع وقت ممكن وأن يستمر خلال عمليات تحديد المواقع الملوثة وتقييمها ومعالجتها وإدارتها. بالإضافة إلى ذلك، يجب إشراك أصحاب الشأن عندما تظهر قضايا جديدة يمكن أن تشكل خطراً على الصحة أو البيئة أو تثير مخاوف الجمهور.

يمكن ادماج عملية التحضير والبحث لإشراك أصحاب الشأن مع عملية تحديد الموقع وتوصيفه. حيث تمتلك كل عملية منها القدرة على تقديم المعلومات للعملية الأخرى. ويجب أن تكون خطة إشراك أصحاب الشأن مرنة وتستجيب للظروف المتغيرة والمعطيات التي يقدمها أصحاب الشأن.

9.2 تطبيق إشراك أصحاب الشأن

يجب توفير ملخص موجز عن خطة إشراك أصحاب الشأن المتفق عليها إلى جميع المعنيين على شكل بيان نوايا'. ويتضمن ذلك ما يلي:

- معلومات أساسية عن الموقع، وبيان حول المشروع، والغرض من عملية الإشراك وأهدافها.
- وصف للقضايا الأساسية التي من المتوقع تناولها والاستخدامات المستقبلية الممكنة للأرض.
- بيان حول نوع الإشراك المنشود وتقنيات الإشراك التي سيتم استخدامها.
- الالتزام حول كيفية استخدام المعلومات الواردة في العملية مع تقديم تغذية راجعة لأصحاب الشأن وكيفية استخدام المعطيات التي قدموها في الوصول إلى القرارات.
- جدول زمني لبرنامج الإشراك يتيح وقتاً كافياً لأصحاب الشأن كي يناقشوا الآراء المعروضة حول القضايا ومن ثم يصبون قادرين على تكوين رأيهم الخاص بهم.
- مصادر لمزيد من المعلومات بما في ذلك معلومات الاتصال لطاقت العمل المعني وممثلي أصحاب الشأن.
- ينبغي أن يتم تصميم تقنيات إشراك أصحاب الشأن بما يتناسب مع السياق المحلي ويأخذ بالحسبان العوامل الثقافية والاجتماعية وفصول السنة التي قد تؤثر على المشاركون. وتتضمن الأمثلة عن هذه التقنيات ما يلي:

- الاجتماعات العامة
- الاجتماعات في الموقع
- المعلومات المطبوعة
- ورشات العمل
- خطط الاجتماعات.

يجب تقديم تغذية راجعة لأصحاب الشأن في كل مرحلة من مراحل عملية الإشراك، على سبيل المثال: بعد الاجتماعات الرئيسية وعند الانتهاء من البرنامج. ويجب أن يتضمن ذلك ملخصاً عن المعطيات التي قدمها أصحاب الشأن وكيف تم التعامل معها ودمجها في عملية اتخاذ القرار، بالإضافة إلى توثيق الميزات الرئيسية لعملية الإشراك. يجب أن تتضمن التغذية الراجعة كذلك العوامل الأخرى التي تقع خارج نطاق عملية الإشراك والتي من الممكن أن تؤثر على عملية اتخاذ القرار.

9.3 تقييم إشراك أصحاب الشأن وتقديم التقارير

يعد تقييم العمليات والنتائج جزءاً لا يتجزأ من برنامج إشراك أصحاب الشأن ويمكنه المساعدة في:

- تحديد فيما إذا كان أصحاب الشأن مقتنعين بأن العملية عادلة وتحقق التوقعات المرجوة.

- تحسين أنشطة وبرامج إشراك أصحاب الشأن المستقبلية.
- تحديد فيما إذا كان هناك ضرورة لأنشطة إشراك مستمرة.
- تحسين فعالية العمليات المستقبلية من ناحية التكلفة.

يجب أن يشارك جميع أصحاب الشأن في عمليتي التقييم والتغذية الراجعة حول فعالية البرنامج في كافة مراحل خطة إشراك أصحاب الشأن، وكذلك بعد الانتهاء من المشروع. يتيح ذلك تطبيق مقاربة إدارية مرنة والقيام بالتحسينات الضرورية. ويجب النظر إلى فكرة توكيل مهمة التقييم إلى منظمة منفصلة لتقوم بتحليل نجاح البرنامج بموضوعية أكبر.

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Mercury. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. 1999.
- Anchor Environmental (2003) Effects of Resuspended Sediments Due to Dredging Operations. Literature Review of Effects of Resuspended Sediments due to Dredging Operations. Prepared for Los Angeles Contaminated Sediments Task Force Los Angeles, California.
- Applied PhytoGenetics (APGEN). 2003 Cited in US EPA (2007) Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Washington, DC 20460.
- Australian Federal Government (2013) Platypus Remediation Project. Sydney Harbour Federation Trust. Community Newsletter edition 8.
- Balarama Krishna M.V., Karunasagar, D., Arunachalam, J., (2003) Study of Mercury Pollution near a Thermometer Factory using Lichens and Mosses. *Environmental Pollution* 124 (2003) 357-360.
- Barcelo, D. and Petrovic, M. (2006) Sustainable Management of Sediment Resources Vol 1: Sediment Quality and Impact Assessment of Pollutants. Elsevier, 29 Sep 2006.
- Basel Convention (2007). Updated general technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs). <http://www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.pdf>.
- Basel Convention (2012). Technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of elemental mercury and wastes containing or contaminated with mercury. As adopted by the tenth meeting of the Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal (decision BC-10/7). Geneva, Secretariat of the Basel Convention: 67.
- Bellanger, M, et al, 2013, Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. Available from, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3599906/>
- BiPro (2010) Requirements for facilities and acceptance criteria for the disposal of metallic mercury. 07.0307/2009/530302. Final report 16 April 2010. For the European Commission, Brussels. Beratungsgesellschaft für integrierte Problemlösungen.
- Bozek, F., et al. (2010). "Implementation of best available techniques in the sanitation of relict burdens." *Clean Technologies and Environmental Policy* 12(1): 9-18.
- Colombano, S., Saada, A., Guerin, V., Bataillard, P., Bellenfant, G., Beranger, S., Hube, D, Blanc, C., Zornig et al. Girardeau, C., (2010) Which techniques for which treatments – A cost-benefit analysis. BGRM
- Dash, H., and Das,S., (2012) Bioremediation of mercury and the importance of bacterial mer genes. *International Biodeterioration & Biodegradation* 75 (2012) 207-213.
- Dyusembayeva, N. K. (2014). Экология Балхаша и генетическое здоровье населения (Environment Quality and Genetic Health of Inhabitants in Balkhash City). Toxics Free Kazakhstan: International conference, August - 7, 2014. Astana.
- Environment Agency UK. (2009) Soil Guideline Values for mercury in soil Science Report SC050021 / Mercury SGV. Technical note. Environment Agency, Rio House, Almondsbury, Bristol BS32 4UD.

- Environment Agency UK (2012) Treating waste by thermal desorption – How to comply with your environmental permit Additional guidance for: Treating waste by thermal desorption (An addendum to S5.06) 382_12 – Guidance. Bristol, United Kingdom.
- Environmental Health Committee (enHealth) 2012, The role of toxicity testing in identifying toxic substances: A framework for identification of suspected toxic compounds in water, Department of Health and Ageing, Canberra.
- Environmental Protection Authority of Tasmania - Contaminated Site Assessment (2005) as outlined in the *National Environment Protection (Assessment of Site Contamination) Measure 1999*. <http://epa.tas.gov.au/regulation/contaminated-site-assessment>.
- Eurochlor (2009). Management of mercury contaminated sites, *Env. Prot. 15*, 2nd Edition, November 2009, Eurochlor publication .
- European Commission (2011). Commission Regulation (EU) No 1259/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for dioxins, dioxin-like PCBs and non dioxin-like PCBs in foodstuffs (Text with EEA relevance). European Commission. Official Journal of the European Union. EC 1881/2006: 18-23.
- Garcia-Rubio A., J.M. Rodriguez-Maroto, C. Gomez-Lahoz (2011) Electrokinetic remediation: The use of mercury speciation for feasibility studies applied to a contaminated soil from Almaden. *ELECTRO-CHIMICA ACTA*, Volume: 56, Issue: 25 , Pages: 9303-9310
- Government of India (2011) Report of the Technical Committee Constituted by the Ministry of Labour and Employment, Government of India in connection with the Writ Petition No.8291 of 2006 in the Hon'ble High Court of Madras. Ponds Hindustan Unilever ex-mercury Employees Vs M/S Hindustan Unilever Ltd & 6 Others.
- Grandjean, P., et al (1999) Methylmercury Exposure Biomarkers as Indicators of Neurotoxicity in Children Aged 7 Years. *American Journal of Epidemiology*, 1999;149:301-5.
- Heaven, S., Ilyushchenko, M. A., Kamberov, I. M., Politikov, M. I., Tanton, T. W., Ullrich, S. M. and Yanin, E. P. (2000) Mercury in the River Nura and its floodplain, Central Kazakhstan: II. Floodplain soils and riverbank silt deposits. *Science of The Total Environment*, Vol 260, Issue: 1-3 p45-55
- Hinton J., Me Veiga M. (2001). "Mercury Contaminated Sites: A Review of Remedial Solutions", NIMD National Institute for Minamata Disease), Forum 2001. March 19 20, 2001, Minamata, Japan.
- Hooper, M. (2008) Soil Toxicity and Bioassessment Test Methods for Ecological Risk Assessment: Toxicity Test Methods for Soil Microorganisms, Terrestrial Plants, Terrestrial Invertebrates and Terrestrial Vertebrates. Prepared for the Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency
- Horvat, M., Jeran, Z., Jacimovic, R., Miklavcic, V., (2000) Mercury and other elements in lichen near the INA Naftapljin gas treatment plant, Molve, Croatia. *Journal of Environmental Monitoring*, 2, 139-144.
- Hsiao, H, Ullrich, S, Tanton, T, (2009), "Burdens of mercury in residents of Temirtau, Kazakhstan I: Hair mercury concentrations and factors of elevated hair mercury levels", *Science of the Total Environment*, Vol 409, Iss 11, 2011 pp 2272-2280. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709012753>
- IPEN (2014) An NGO Introduction to Mercury Pollution and the Minamata Convention on Mercury. May 2014 <http://ipen.org/documents/ngo-introduction-mercury-pollution-and-minamata-convention-mercury>

- Kajenthira, A, Holmes, J, McDonnell, R, (2012) "The role of qualitative risk assessment in environmental management: A Kazakhstani case study", *Science of the Total Environment*, Vol 420, pp 24-32. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969711015294>
- Kania, J & Kramer, M, 2011, Non Profit Management: Collective Impact, *Stanford Social Innovation Review*, Winter 2011. Available from http://www.ssireview.org/articles/entry/collective_impact
- Kania, J & Kramer, M, (2013), "Embracing Emergence: How Collective Impact Addresses Complexity", *Stanford Social Innovation Review*, Jan 2013. Available from, http://www.ssireview.org/blog/entry/embracing_emergence_how_collective_impact_addresses_complexity
- Karunasagar, D., Balarama Krishna M.V., Anjaneyulu, Y., Arunachalam, J., (2006), Department of Atomic Energy (DAE). Studies of mercury pollution in a lake due to a thermometer factory situated in a tourist resort: Kodaikkanal, India. *Environmental Pollution*, 143 (2006) 153-158.
- Li, P., Feng, X., Chan, H.M., Zhang, X., Du, B. (2015) Human Body Burden and Dietary Methylmercury Intake: The Relationship in a Rice-Consuming Population. *Environ Sci Technol*. 2015 Aug 18;49(16):9682-9. doi: 10.1021/acs.est.5b00195. Epub 2015 Jul 27.
- López, F.A., López-Delgado, A., Padilla, I., Tayigi, H. and Alguacil, F.J. (2010): Formation of metacinnabar by milling of liquid mercury and elemental sulfur for long term mercury storage, *Science of the Total Environment*, 408 (20), 4341-4345.
- López-Delgado, A., López, F.A., Alguacil, F.J., Padilla, I. and Guerrero, A. (2012): A microencapsulation process of liquid mercury by sulfur polymer stabilization/solidification technology. Part I: Characterization of materials. *Revista de Metalurgia*, 48(1), 45-57.
- Marsh et al., 1995b; Boishio and Henshel, 2000, cited in Hsiao, H, Ullrich, S, Tanton, T, 2009, "Burdens of mercury in residents of Temirtau, Kazakhstan I: Hair mercury concentrations and factors of elevated hair mercury levels", *Science of the Total Environment*, Vol 409, Iss 11, 2011 pp 2272-2280. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709012753>
- Meagher. R., and Heaton. A.C.P., (2005) Strategies for the engineered phytoremediation of toxic element pollution: mercury and arsenic. *Journal of Independent Microbiology and Biotechnology*. (2005) 32:502-513.
- Merly. C., and Hube. D., (2014) Remediation of Mercury Contaminated Sites. Snowman Network: Knowledge for sustainable soils. Project No. SN-03/08. February 2014.
- MHSPE, Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (1994) Intervention values and target values soil quality standards. Directorate-General for Environmental Protection, Department of Soil Protection, The Hague, The Netherlands.
- Moienshahi, R., Bar-Oz, B., Koran. G., (1999) Occupational exposure to mercury. What is a safe level? *Can Fam Physician*. 1999 Jan; 45: 43-45.
- National Environmental Engineering Research Institute (NEERI) (2015) Interim report - Assessment of mercury levels in soil, sediment, and water samples from the offsite area of Hindustan Unilever Limited factory (HUL), Kodaikanal, Tamilnadu- INDIA 26th October 2015.
- National Environmental Protection Council (NEPC) of Australia (1999) NEPM Schedule B (1) - Guideline on Investigation Levels for Soil and Groundwater. <http://www.esdat.com.au/Environmental%20Standards/Australia/NEPM%20Tables.pdf>
- NIOSH (1992) NIOSH recommendations for occupational safety and health: compendium of policy documents and statements. National Institute for Occupational Safety and Health. Department of Health and Human Services. Publication No. 92-100. Cincinnati, Ohio.
- Ohlsson. Y., Back.P. and Vestin., J. (2014) Risk Assessment of Mercury Contaminated Sites. SNOWMAN NETWORK - Knowledge for sustainable soils Project No. SN-03/08

- Petrlík, J. (2014). POPs and heavy metals pollution in Ekibastuz and Balkhash. Presentation for the conference held within the project "Empowering the civil society in Kazakhstan through improvement of chemical safety" on 7th August 2014 in Astana, Kazakhstan.
- Randall, P, Ilyushchenko, M, Lapshin, E, Kuzmenko, L, 2007, "Case Study: Mercury Pollution near a Chemical Plant in Northern Kazakhstan." Available from: <http://pubs.awma.org/gsearch/em/2006/2/randall.pdf>
- Robles I, M. G. Garcia; S. Solis (2012). Electroremediation of Mercury Polluted Soil Facilitated by Complexing Agents. *International Journal of Electrochemical Science*, Volume: 7 Issue: 3 Pages: 2276-2287.
- Rom, W.N. ed. (1992). *Environmental & Occupational Medicine*. 2nd ed. Boston: Little Brown and Company.
- Sir, M. (2015). Results of environmental sampling in Kazakhstan: heavy metals in sediments and soils (Final report). In: *Toxic Hot Spots in Kazakhstan*. Arnika – Toxics and Waste Programme, Prague – Karaganda, 2015. Available at: <http://english.arnika.org>
- Sir, M. (2015 a). Results of environmental sampling in Kazakhstan: mercury, methylmercury, PCBs and OCPs contamination of the River Nura (Final report). Contaminated sites and their management. Case studies: Kazakhstan and Armenia. J. Petrlík. Prague-Karaganda, Arnika - Toxics and Waste Programme.
- Stein ED, Cohen Y, Winer AM. (1996) Environmental distribution and transformation of mercury compounds. *Crit Rev Environ Sci Technol*. 1996; 26:1-43.
- Tipping, E, et al, Critical Limits for Hg (II) in soils, derived from chronic toxicity data, *Environmental Pollution* (2010), doi:10.1016/j.envpol.2010.03.027
- Ullrich, S, Ilyushchenko, M, Kamberov, I, Panichkin, V, Tanton, T, (2004), "Mercury pollution around a chlor-alkali plant in Pavlodar, Northern Kazakhstan", *Materials and Geoenvironment*, Vol 51, Iss 1, pp 298 – 301.
- Ullrich, SM, Ilyushchenko, MA, Uskov, GA, Tanton, TW, (2007), "Mercury distribution and transport in a contaminated river system in Kazakhstan and associated impacts on aquatic biota", *Applied Geochemistry*, Vol 22, Iss 12 pp. 2706-2734. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292707002090>
- UNEP (2013) Minamata Convention on Mercury: Text and Annexures. Available from, http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_English.pdf
- UNEP/ISWA (2015) *Practical Sourcebook on Mercury Waste Storage and Disposal*.
- UNITAR (2014) <http://www.unitar.org/thematic-areas/advance-environmental-sustainability-and-green-development/mercury-0>
- United Nations (2015). United Nations *Enable* website provides generic information on the process of treaty adoption. <http://www.un.org/disabilities/default.asp?id=230>
- URS Dames and Moore (2001) Summary Report. Environmental Site Assessment and Preliminary Risk Assessment for Mercury. Kodaikanal Thermometer Factory, Tamil Nadu. Prepared for Hindustan Lever Limited (HLL), Mumbai. 24 May 2001.
- URS Dames and Moore (2002) Environmental Site Assessment for Mercury. Kodaikanal Thermometer Factory, Tamil Nadu. Prepared for Hindustan Lever Limited (HLL), Mumbai.
- US DoE (2009) U.S. Department of Energy. Interim Guidance on Packaging, Transportation, Receipt, Management, and Long-Term Storage of Elemental Mercury. November 13, 2009. Prepared by Oak Ridge National Laboratory.

- US EPA (1996) Mercury study report to Congress - Volume III: An assessment of exposure from anthropogenic mercury emissions in the United States - EPA-452/R- 96-001c, April 1996.
- US EPA (2001) Water quality for the protection of human health: methylmercury. EPA-823-R-01-001, US EPA, Office of Science and Technology, Office of Water, Washington, D.C. 20460.
- US EPA (2004) Mercury Response Guidebook (for Emergency Responders)
<http://www.epa.gov/mercury/spills/#guidebook>
- US EPA (2007) Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste and Water. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Washington, DC 20460.
- US EPA (2012) Phytotechnologies for site cleanup.
<http://www.clu-in.org/download/remed/phytotechnologies-factsheet.pdf>
- US EPA (2014, 29-12-2014). "Mercury - Basic information." Retrieved 05-04-2015, 2015, from <http://epa.gov/mercury/about.htm>.
- US Environmental Protection Agency, 2014, "Environmental Effects: Fate and Transport and Ecological Effects of Mercury", Available from <http://www.epa.gov/hg/eco.htm>
- US EPA Region 9 (2015) <http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/>
- US Government (1998) Overview of Thermal Desorption Technology. An Investigation Conducted by Foster Wheeler Environmental Corporation and Battelle Corporation on behalf of the US government. Contract Report CR 98.008-ENV.
- Veiga, M.M. and Baker R.F. (2004), Global Mercury Project Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-Scale Gold Miners. Vienna, Austria: GEF/UNDP/UNIDO, 2004, 294p.
- Wang J., X. Feng, C. Anderson, W. N. Christopher (2012) Remediation of mercury contaminated sites - A review. *Journal of Hazardous Materials*, Volume: 221, 1-18.
- Watson, A., Petrlík, J. (2015). "Dangerous State of Play – Heavy Metal Contamination of Kazakhstan's Playgrounds." Public Interest Consultants and Arnika – Toxics and Waste Programme. In: Arnika, EcoMuseum, CINEST 2015: Toxic Hot Spots in Kazakhstan. Monitoring Report. Arnika – Toxics and Waste Programme, Karaganda – Prague, April 2015.
- Winder. C., and Stacey. N., (2004) Occupational Toxicology, Second Edition Chris Winder, Neill H. Stacey (ed) CRC Press; 2 edition (February 25, 2004).
- WHO, 1990; Castoldi, 2001 cited in Hsiao, H, Ullrich, S, Tanton, T, 2009, "Burdens of mercury in residents of Temirtau, Kazakhstan I: Hair mercury concentrations and factors of elevated hair mercury levels", *Science of the Total Environment*, Vol 409, Iss 11, 2011, pp 2272-2280. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709012753>



a toxics-free future

www.ipen.org

ipen@ipen.org

[@ToxicsFree](https://www.instagram.com/ToxicsFree)