บทที่ 4
การประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ

การประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินถึงอันตรายทางนิเวศที่อาจเกิดขึ้นจากโครงการหรือกิจกรรมที่เสนอมา เช่น กรณีของการขยายโรงงานผลิตเยื่อกระดาษเคแอล ซึ่งการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศมักเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมินความเสี่ยงทางนิเวศเป็นกระบวนการในการประเมินความเป็นไปได้และขนาดผลกระทบทางนิเวศจากแรงกดดันที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการตัดสินใจทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถระบุปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและแสดงถึงระดับความสำคัญของปัญหา รวมถึงให้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการปฏิบัติการ ทั้งนี้การประเมินความเสี่ยงทางนิเวศสามารถใช้ในหลายสถานการณ์ รวมถึง

- ประเมินความเสี่ยงทางนิเวศจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่เป็นอยู่
- พยากรณ์ความเสี่ยงทางนิเวศจากการพัฒนาต่างๆตามแผน
- เปรียบเทียบความเสี่ยงของทางเลือกในการพัฒนา
- ประเมินประสิทธิภาพของทางเลือกต่างๆ ในการบรรเทาผลกระทบ
- จัดลำดับความเสี่ยงจากแรงกดดันที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะให้ความสำคัญกับมาตรการลดผลกระทบ
- พัฒนาเกณฑ์เฉพาะของพื้นที่สำหรับมาตรการลดผลกระทบ

ทั้งนี้นิยามของคำศัพท์ที่มักใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศสามารถแสดงดังตารางที่ 1 โดยองค์ประกอบทั้งสี่ของการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศจะแสดงรายละเอียดในตอนต่อไป

การกำหนดปัญหา

การกำหนดปัญหาเป็นขั้นตอนแรกและอาจเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ ขั้นตอนนี้จะระบุขอบเขตและจุดที่ต้องสนใจสำหรับการประเมิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกำหนดปัญหาถือเป็นขั้นตอนที่เป็นฐานของทั้งกระบวนการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ

การกำหนดปัญหาที่ดีทำให้เกิดประโยชน์ต่อการประเมินความเสี่ยง เนื่องจาก

- เป็นโอกาสอันดีในการสื่อสารระหว่างนักประเมินความเสี่ยงและนักจัดการสิ่งแวดล้อม โดยทำให้มั่นใจว่าการประเมินความเสี่ยงจะสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการ

ตารางที่ 1 นิยามศัพท์ของการประเมินความเสี่ยง

จุดหมายการประเมิน (Assessment Endpoints)	องค์ประกอบทางนิเวศซึ่งต้องการการปกป้อง โดยจุดหมายการประเมินเป็นถ้อยแถลงหรือเป้าหมายที่เกี่ยวกับลักษณะพิเศษของระบบนิเวศ (เช่น ผลกระทบด้านการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ) ซึ่งต้องมีการประเมินหรือมีการปกป้องภายในระบบนิเวศ ตัวอย่างเช่น ในแม่น้ำโขงนั้นจุดหมายการประเมินคือการปกป้องการทำประมงเป็นพิเศษ
ตัวแบบกรอบแนวคิด (Conceptual Model)	เป็นชุดของสมมติฐานที่แสดงว่าแรงกดดันส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางนิเวศอย่างไร ซึ่งมักนำเสนอให้เห็นเป็นภาพโดยใช้รูปแบบของแผนผังความเชื่อมโยงระหว่างกล่องข้อความและลูกศรเพื่อแสดงความสัมพันธ์ นอกจากนี้ตัวแบบกรอบแนวคิดยังแสดงถึงความเสี่ยงทางนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างจุดหมายการประเมินและจุดหมายการวัด รวมถึงเส้นทางการรับสัมผัสที่เป็นไปได้
เหตุการณ์ร่วม (Co-Occurrence)	ความกดดันที่ส่งผลกระทบทางอ้อมต่อองค์ประกอบทางนิเวศ ตัวอย่างเช่น นกบางชนิดอาศัยอยู่บนสันทรายในแม่น้ำระหว่างการอพยพและชอบอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่โล่ง ถ้ามีการสร้างสะพานปิดกั้นทัศนวิสัย นกพวกนี้ก็จะไม่อยู่ในบริเวณนั้น จะเห็นว่าสะพานที่อยู่ใกล้แม่น้ำ (ซึ่งโดยปกติเป็นที่อยู่ของนก) ทำให้นกย้ายหนีไป สะพานจึงเป็นเหมือนกับแรงกดดันแม้ว่าจะไม่มีการสัมผัสกับตัวสัตว์เลย
การรับสัมผัส (Exposure)	เหตุการณ์ร่วมหรือการบรรจบระหว่างแรงกดดันและตัวรับผลกระทบ ซึ่งการรับสัมผัสมีความสัมพันธ์กับขนาดและชนิดของแรงกดดันรวมถึงตัวรับผลกระทบที่ปรากฏ
จุดหมายการวัด (Measurement Endpoints)	ลักษณะทางนิเวศที่วัดได้ซึ่งมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางนิเวศที่มีคุณค่า (จุดหมายการประเมิน) ตัวอย่างเช่น ถ้าการปกป้องประมงน้ำจืดเป็นจุดหมายการประเมิน จะได้จุดหมายการวัดคือการมีชีวิตอยู่หรือการขยายพันธุ์ของประชากรปลาน้ำจืดในท้องถิ่น
ตัวรับผลกระทบ (Receptor)	องค์ประกอบทางนิเวศ (เช่น แต่ละตัว, ประชากร, ชุมชน หรือระบบนิเวศ) ที่ได้รับผลกระทบจากการรับสัมผัสโดยแรงกดดัน
ความเสี่ยง (Risk)	ความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลกระทบที่ไม่พึงปรารถนากับองค์ประกอบทางนิเวศ
แรงกดดัน (Stressor)	สิ่งต่างๆ ด้านกายภาพ เคมี หรือชีววิทยา ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางนิเวศ (เช่น แต่ละตัว, ประชากร, ชุมชน หรือระบบนิเวศ)

- มุ่งให้เกิดการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวกับสารปนเปื้อน เส้นทางของการได้รับสัมผัสและตัวรับผลกระทบ
- เปิดโอกาสให้สาธารณชนมีส่วนเกี่ยวข้อง
- ให้เกณฑ์ในการตัดสินใจที่ชัดเจนสำหรับการจัดการด้านต่างๆ
- ลดต้นทุนโดยรวมของการประเมินทางสิ่งแวดล้อม

ในการกำหนดปัญหา มีขั้นตอนดำเนินการหลายขั้น ตั้งแต่ การรวบรวมข้อมูลที่เหมาะสม การอธิบายลักษณะของพื้นที่ศึกษา การระบุแรงกดดันและตัวรับผลกระทบ การอธิบายลักษณะของตัวรับผลกระทบและการสร้างตัวแบบกรอบแนวคิด ทั้งนี้ในการทำให้การกำหนดปัญหามีความสมบูรณ์จำเป็นจะต้องมีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพระหว่างนักประเมินความเสี่ยงและนักจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อให้มั่นใจว่าการประเมินความเสี่ยงจะช่วยสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจ ทั้งนี้ก่อนมีการใช้การประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ นักจัดการสิ่งแวดล้อมและนักประเมินความเสี่ยงต้องเห็นพ้องต้องกันในเป้าหมาย ขอบเขตและช่วงเวลาของการประเมินความเสี่ยง

การรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่

พื้นฐานของการกำหนดปัญหาคือ ทำอย่างไรให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมเกี่ยวกับแรงกดดัน (เช่น โรงงานผลิตเยื่อกระดาษเคแอล) ลักษณะเฉพาะ และลักษณะของโอกาสในการรับสัมผัสของระบบนิเวศที่มีความเสี่ยง ซึ่งการประเมินข้อมูลที่ได้ในขั้นต้นมักเตรียมการไว้สำหรับทำตัวแบบกรอบแนวคิด หรือ ระบุจุดหมายการประเมิน ในกรณีของโรงงานเคแอลยิ่งมีความรู้ในเรื่องชนิดและปริมาณของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาและสภาพทางชีววิทยาของสิ่งมีชีวิตทางน้ำที่ได้รับสัมผัสโดยน้ำทิ้งมากเท่าไร ก็จะยิ่งสามารถหาเส้นทางการรับสัมผัสและความสัมพันธ์ระหว่างกันมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งถ้าข้อมูลที่ได้รับมีน้อย นักจัดการสิ่งแวดล้อมต้องยืนยันให้มีการขยายช่วงเวลาการตรวจสอบสภาพพื้นฐานก่อนจะเริ่มต้นการประเมินความเสี่ยง

การอธิบายลักษณะของพื้นที่ศึกษา

นับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการกำหนดปัญหาและทำให้นักประเมินความเสี่ยงมีโอกาสเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา ในขั้นตอนนี้จะรวมการศึกษาที่หลากหลายที่ช่วยในการระบุขอบเขตของการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ ตัวอย่างเช่น การประเมินพื้นที่ศึกษาที่เคยมีมาก่อนหน้าเพื่อหาประวัติการปนเปื้อน รวมถึงการอธิบายลักษณะโดยรอบของพื้นที่ เพื่อหาว่ามีพื้นที่อื่นๆ สนับสนุนให้เกิดแรงกดดันมายังระบบนิเวศเพิ่มเติมหรือไม่

การระบุแรงกดดัน

การระบุแรงกดดันเป็นขั้นตอนที่ถัดมาของการกำหนดปัญหา แรงกดดันเป็นสิ่งต่างๆ ด้านกายภาพ (เช่น สภาพความรุนแรงในธรรมชาติ หรือ การสูญเสียที่อยู่อาศัย), เคมี (เช่น อินทรีย์สาร หรือ อนินทรีย์สาร) หรือชีววิทยา ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบทางนิเวศ ทั้งนี้การประเมินความเสี่ยงทางนิเวศส่วนมากจะเกี่ยวกับแรงกดดันทางเคมี และเพื่อการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงต้องมีการพิจารณาแรงกดดันที่เป็นธรรมชาติทางเคมี การระบุแรงกดดันและการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางสิ่งแวดล้อมจะเป็นการช่วยเลือกองค์ประกอบทางนิเวศที่อาจอยู่ในภาวะเสี่ยง ผลทางนิเวศที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงตัวกลางที่เกี่ยวข้อง (เช่น อากาศ ดิน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน หรือ เนื้อเยื่อของสัตว์ เป็นต้น)

การระบุและอธิบายลักษณะของตัวรับผลกระทบ

หลังจากมีการระบุแรงกดดันแล้ว ขั้นตอนต่อมาเป็นการอธิบายสิ่งที่คาดว่าจะเป็นตัวรับผลกระทบ โดยตัวรับผลกระทบเป็นองค์ประกอบทางนิเวศ (เช่น แต่ละตัว ประชากร ชุมชน หรือ ระบบนิเวศ) ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากแรงกดดัน ทั้งนี้ตัวรับผลกระทบมักเป็นประชากรหรือสัตว์ในท้องถิ่น โดยการเลือกตัวรับผลกระทบควรขึ้นอยู่กับ

- องค์ประกอบด้านพื้นที่และระบบนิเวศที่คาบเกี่ยวกับแรงกดดัน
- ศักยภาพด้านความไวต่อแรงกดดัน
- ภาวะของชนิดพันธุ์ที่ใกล้สูญพันธุ์หรือถูกคุกคาม
- นกอพยพหรือปลาในที่ที่มีประชากรชุกชุม
- ความสำคัญทางนิเวศ
- คุณค่าความงดงามหรือวัฒนธรรมของชุมชนท้องถิ่น
- ความสำคัญทางด้านการพักผ่อนหย่อนใจและการพาณิชยกรรม
- แหล่งอาศัยที่มีค่าหรือมีความอ่อนไหว

เมื่อเลือกตัวรับผลกระทบแล้วก็มีความเป็นไปได้ที่จะเลือกจุดหมายการประเมินและจุดหมายการวัด ซึ่งจุดหมายการประเมินเป็นองค์ประกอบเฉพาะทางนิเวศหรือตัวรับผลกระทบที่ต้องมีการปกป้อง ตัวอย่างเช่น จุดหมายการประเมินอาจเป็นการดำรงไว้ซึ่งพันธุ์ปลาในแม่น้ำโขงที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยจุดหมายการประเมินอาจระบุในระดับต่างๆ ของการรวมตัวกัน (ชนิดพันธุ์ ประชากร ชุมชน ระบบนิเวศ) อย่างไรก็ตาม ถ้าตัวรับผลกระทบทางนิเวศไม่ได้อยู่ในรายการของชนิดพันธุ์ที่ต้องปกป้องหรือใกล้สูญพันธุ์ ทางเลือกจุดหมายการประเมินมักอยู่ในระดับของประชากรหรือสูงกว่า ซึ่งในหลายกรณีผลตอบสนองในระดับชุมชีพมักเป็นประเด็นที่ต้องให้

ความสนใจมากที่สุด ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างชุมชีพสิ่งมีชีวิตหน้าดินเป็นตัวชี้วัดถึงผลกระทบของสารปนเปื้อนในระบบนิเวศทางน้ำทั้งหมด

จุดหมายการวัดเป็นการเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างสภาพของพื้นที่ศึกษาและเป้าหมายการจัดการ ซึ่งตั้งขึ้นโดยจุดหมายการประเมิน จุดหมายการวัดควรวัดค่าจุดหมายการประเมินออกมาเป็นตัวเลขได้ และใช้หาผลตอบสนองทางนิเวศต่อแรงกดดันรวมทั้งสามารถโยงกลับไปที่คุณค่าขององค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมหรือการระบุลักษณะของจุดหมายการประเมิน ทั้งนี้จุดหมายการวัดควรหามาจากการศึกษาในภาคสนามหรือในห้องปฏิบัติการและควรรวมการวัดผลกระทบ (เช่น ภาวะการตาย ความผิดปกติของการขยายพันธุ์) หรือการรับสัมผัส (เช่น ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในเนื้อเยื่อ) ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้พันธุ์ปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นจุดหมายการประเมิน ก็อาจได้จุดหมายการวัดข้อหนึ่งคือ ความสำเร็จในการขยายพันธุ์ของชนิดพันธุ์นี้ เป็นต้น

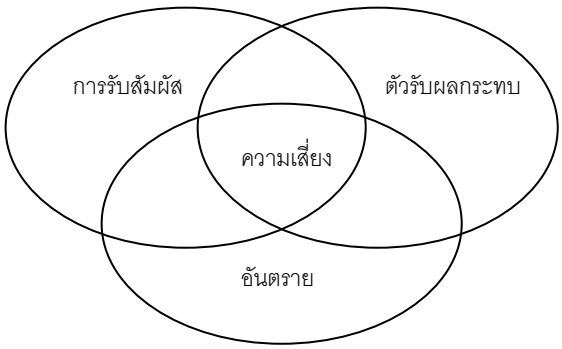
ตัวแบบกรอบแนวคิด

โดยทั่วไปตัวแบบกรอบแนวคิดเป็นการเขียนบรรยายและแสดงให้เห็นภาพเพื่อพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางนิเวศและแรงกดดันต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการสร้างแผนภาพเพื่อเสนอสมมติฐานว่าแรงกดดันมีผลต่อตัวรับผลกระทบได้อย่างไร ตัวแบบดังกล่าวจะรวมการอธิบายถึงระบบนิเวศที่อาจอยู่ในภาวะเสี่ยงและความสัมพันธ์ระหว่างจุดหมายการประเมินและจุดหมายการวัด

การประเมินการรับสัมผัส

การประเมินการรับสัมผัสเป็นขั้นตอนที่สองของการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ และเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากถ้าไม่มีการรับสัมผัสก็จะไม่มีความเสี่ยง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 สภาพของความเสี่ยงทางนิเวศ



การรับสัมผัสเป็นเหตุการณ์ร่วมหรือการสัมผัสระหว่างแรงกดดันและตัวรับผลกระทบ โดยการประเมินการรับสัมผัสจะเกี่ยวกับการอธิบายลักษณะของแรงกดดันและพิจารณาปัจจัยต่างๆ เช่น แหล่งกำเนิด ขนาด ความถี่ ช่วงระยะเวลาและเส้นทางการรับสัมผัส ทั้งนี้องค์ประกอบหลักของการประเมินการรับสัมผัสรวมถึง

- แหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนและลักษณะการปล่อยสารของแหล่งกำเนิด เช่น สารปนเปื้อนถูกปล่อยอย่างต่อเนื่อง ปล่อยอย่างไม่สม่ำเสมอ หรือ ไม่ปล่อยเลย
- การเคลื่อนย้ายของสารปนเปื้อนและกลไกในการเคลื่อนย้าย รวมถึงกระบวนการเกิดความเสียหาย (ตัวอย่างเช่น เกิดอะไรขึ้นเมื่อสารปนเปื้อนนี้เข้าสู่สิ่งแวดล้อม เช่น การเปลี่ยนรูป การระเหย การดูดซับ และการแยกตัว)
- เส้นทางการรับสัมผัส เป็นการระบุเส้นทางการรับสัมผัสที่เป็นไปได้ในแต่ละแรงกดดันและตัวรับผลกระทบ โดยต้องระบุองค์ประกอบของเส้นทางการรับสัมผัสทั้งสี่ประการให้ครบ (ได้แก่ แหล่งกำเนิดหรือแรงกดดัน การเคลื่อนย้ายไปจุดสัมผัส การสัมผัส และการดูดซับโดยตัวรับผลกระทบ)
- ปริมาณการรับสัมผัส เป็นปริมาณการรับสัมผัสของตัวรับผลกระทบซึ่งมักแสดงเป็นปริมาณต่อหน่วย (เช่น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) สำหรับตัวรับผลกระทบ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและนก หรือแสดงเป็นความเข้มข้น (เช่น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสำหรับตะกอน หรือ มิลลิกรัมต่อลิตรสำหรับน้ำ) สำหรับตัวรับผลกระทบ เช่น ปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

เป้าหมายของการประเมินการรับสัมผัสคือการประมาณความเข้มข้นของสิ่งแวดล้อมหรือการกระจายความเข้มข้นของสารปนเปื้อนแต่ละชนิดในตัวกลางที่มีต่อตัวรับผลกระทบแต่ละตัวที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัส

การประเมินผลกระทบ

การประเมินผลกระทบเป็นขั้นตอนที่สามของการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ ซึ่งขั้นตอนนี้จะหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดดันและตัวรับผลกระทบ เพื่อนำไปเชื่อมโยงกับผลกระทบทางนิเวศของสารปนเปื้อน สิ่งที่สำคัญก็คือการอธิบายลักษณะของผลกระทบ กล่าวคือการบรรยายผลกระทบที่เกิดจากแรงกดดัน เพื่อเชื่อมโยงผลกระทบเข้ากับจุดหมายการประเมินและประเมินว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงตามระดับของแรงกดดันอย่างไร ซึ่งการเชื่อมโยงนี้มักหาได้จากการศึกษาเอกสารที่มีข้อมูลความเป็นพิษ หรือโดยการทดลองเพื่อทดสอบความเป็นพิษในห้องปฏิบัติการ แต่วิธีการอื่นๆ ก็สามารถนำมาใช้ได้ด้วย

เป้าหมายของการประเมินผลกระทบคือการหาความเข้มข้นการรับสัมผัสที่สูงสุดหรือการกระจายของความเข้มข้นของการรับสัมผัสที่สูงสุดสำหรับสารปนเปื้อนแต่ละตัวที่จะไม่ทำให้เกิดผลกระทบทางนิเวศที่ยอมรับไม่ได้ต่อตัวรับผลกระทบ

การอธิบายลักษณะความเสี่ยง

การอธิบายลักษณะความเสี่ยงเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ และทำให้นักประเมินความเสี่ยงสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดดัน ผลกระทบและสิ่งต่างๆ ทางนิเวศ ซึ่งข้อสรุปที่ได้จะทำให้ทราบเหตุการณ์ของการรับสัมผัสและความเสียหายจากผลกระทบที่คาดการณ์ไว้ การอธิบายลักษณะของความเสี่ยงเป็นการรวมผลลัพธ์จากการประเมินการรับสัมผัสและการประเมินผลกระทบเพื่อหาความเป็นไปได้ที่ผลกระทบทางลบจะเกิดขึ้นเนื่องจากการรับสัมผัสจากแรงกดดัน และขนาดของผลกระทบ ซึ่งการอธิบายลักษณะของความเสี่ยงมีสามขั้นตอน คือ

1. การคำนวณเพื่อประมาณความเสี่ยง
2. การวิเคราะห์ความไม่แน่นอน
3. การแปลความหมายความสำคัญทางนิเวศ

การประมาณความเสี่ยง

การประมาณความเสี่ยงสามารถคำนวณได้หลายวิธีและหลายเทคนิค โดยเทคนิคหนึ่งที่ใช้บ่อยคือเทคนิควิธีการหาร (Quotient Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สำหรับสารปนเปื้อนชนิดหนึ่งๆและเส้นทางการรับสัมผัสเพียงทางเดียวที่เข้าสู่ตัวรับผลกระทบ วิธีการนี้สามารถใช้ระบุถึงความเสี่ยงที่มีแต่ไม่สามารถหาขนาดหรือความน่าจะเป็นได้ สำหรับวิธีการประมาณค่าจะหาได้จากการหารค่าคาดหวังของความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อม (Expected Environment Concentration : EEC) หรือความเข้มข้นการรับสัมผัสของสารเคมี ด้วยค่าความเข้มข้นอ้างอิงของผลกระทบ (Benchmark Effects Concentration : BC) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่าผลหารอันตราย (Hazard Quotient : HQ) หรือ ผลหารความเสี่ยง (Risk Quotient : RQ) ดังนี้

$$HQ = \frac{EEC}{BC}$$

ค่า EEC สามารถวัดได้โดยตรงหรือทำนายจากตัวแบบผลเสียทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Fate Models) ส่วนค่าอ้างอิง (Benchmark) เป็นระดับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในตัวกลางของสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำผิวดิน หรือ เนื้อเยื่อของปลา ที่พิจารณาแล้วว่า “ปลอดภัย”

กล่าวคือมีค่าต่ำในระดับที่คาดว่าจะไม่เกิดผลกระทบทางลบขึ้น โดยค่าอ้างอิงของแต่ละพื้นที่ศึกษาอาจหาจากการประเมินผลกระทบ หรือ ค่าอ้างอิงทั่วไปที่ใช้ในการปกป้องสิ่งแวดล้อมที่อาจกำหนดโดยหน่วยงานของภาครัฐและนำมาใช้บังคับกับทุกโครงการหรือกิจกรรมที่มีผลกระทบที่ใกล้เคียง ซึ่งระดับผลกระทบที่ยอมรับได้ควรเลือกในช่วงของการปรึกษากับนักจัดการสิ่งแวดล้อมระหว่างขั้นตอนการกำหนดปัญหา โดยทั่วไปถ้าค่า HQ น้อยกว่าหนึ่งแสดงว่าพื้นที่ศึกษามีความเสี่ยงน้อย และไม่มีความจำเป็นต้องดำเนินการขั้นอื่นต่อ แต่ถ้าค่า HQ มากกว่าหนึ่งแสดงว่ามีความเสี่ยงและจะต้องดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ความไม่แน่นอน

การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนเป็นขั้นตอนที่สองของการอธิบายลักษณะของความเสี่ยง โดยการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนทำให้สามารถระบุและหาขนาดความไม่แน่นอนในการกำหนดปัญหา การประเมินการรับสัมผัสและผลกระทบ และการอธิบายลักษณะของความเสี่ยง รวมทั้งทำให้นักจัดการสิ่งแวดล้อมทราบถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ ทั้งนี้ในการกำหนดเกณฑ์อ้างอิงที่ยอมรับได้ที่ต่ำไปมีผลมาจากช่องว่างของความรู้ที่สำคัญ ส่งผลให้องค์ประกอบทางนิเวศไม่ถูกปกป้อง ในทางกลับกันหากมีข้อมูลที่มากพอ เกณฑ์อ้างอิงอาจถูกกำหนดให้เน้นการป้องกันจนเกินไป ทำให้ระบบบำบัดน้ำทิ้งมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูง ซึ่งผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความไม่แน่นอน คือการประเมินผลกระทบของความไม่แน่นอนในการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศและอธิบายแนวทางในการลดความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น ซึ่งที่มาของความไม่แน่นอนหลักๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2

ความสำคัญทางนิเวศ

การแปลความหมายความสำคัญทางนิเวศของการประเมินความเสี่ยงทำให้การตัดสินใจมีความเชื่อมั่นอย่างสูงและแสดงถึงการเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างการประมาณความเสี่ยงกับการสื่อสารของผลลัพธ์การประเมิน ซึ่งการแปลความหมายความสำคัญทางนิเวศนี้ควรอธิบายถึงธรรมชาติและขนาดของผลกระทบ รูปแบบทางพื้นที่และทางระบบนิเวศของผลกระทบ และศักยภาพในการพื้นคืนได้เมื่อมีการนำแรงกดดันออกไป โดยจะต้องมีการตอบคำถามดังต่อไปนี้

- ชนิดพันธุ์ใดที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด
- ช่วงใดของปีที่ความเสี่ยงจะเกิดขึ้น
- ความเสี่ยงเกิดขึ้นทั่วทั้งพื้นที่หรือเกิดเป็นเฉพาะจุดที่มีความเสี่ยงสูง
- สารปนเปื้อนมีการเคลื่อนย้ายจากแหล่งกำเนิดไปสู่ตัวรับผลกระทบได้อย่างไร (เช่น จากน้ำท่าผิวดิน การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน ห่วงโซ่อาหาร หรือได้รับจากดิน)

- รู้อะไรบ้างเกี่ยวกับนิเวศวิทยา ชีววิทยา หรือพฤติกรรมของชนิดพันธุ์ที่อยู่ในภาวะเสี่ยง ซึ่งส่งผลต่อความเสี่ยงเหล่านี้ (คือ ทำให้บรรเทาลงหรือเพิ่มขึ้น)
- มีช่วงชีวิตไหนของสิ่งมีชีวิตที่เสี่ยงกว่าช่วงอื่นๆ
- ชนิดพันธุ์ชนิดใดที่ต้องเป็นกังวลเนื่องจากชนิดพันธุ์เหล่านี้เป็นปัจจัยในการสร้างที่อยู่อาศัยหรือเป็นแหล่งอาหารสำหรับชนิดพันธุ์วิกฤติที่เป็นห่วง
- อะไรเป็นช่องว่างของความรู้และข้อมูลที่เป็นอุปสรรคในการสร้างให้เกิดการคาดการณ์ความเสี่ยงที่พอเพียง

ตารางที่ 2 แหล่งที่มาของความไม่แน่นอนที่สำคัญ

ขอบเขตของความไม่แน่นอน	**องค์ประกอบของความไม่แน่นอน**
การกำหนดตัวแบบกรอบแนวคิด	- ผลลัพธ์จากการกำหนดปัญหา - ข้อสมมุติที่ไม่ถูกต้องซึ่งยากในการระบุ วัดค่าและทำให้ลดลง
ข้อมูลและข่าวสาร	- การใช้ข้อมูลหรือข่าวสารที่ไม่สมบูรณ์ - ความน่าเชื่อถือของการตัดสินและข้อสมมุติของผู้เชี่ยวชาญ
โอกาสในการเกิด (ความแปรผันตามธรรมชาติ)	- เป็นลักษณะเฉพาะพื้นฐานของแรงกดดันและตัวรับผลกระทบ - แม้สามารถที่จะรู้และบรรยายได้แต่ทำให้ลดลงไม่ได้ - เป็นเรื่องของการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ
ความผิดพลาด	- เกิดจากการออกแบบการทดลอง การวัด การเก็บตัวอย่าง กระบวนการต่างๆ หรือระหว่างการสร้างแบบจำลอง - สามารถลดความผิดพลาดโดยการปฏิบัติที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการ การกำหนดข้อตกลง การวิเคราะห์ความว่องไว การสอบเทียบและเทียบเคียงตัวแบบ รวมถึงงานภาคสนามที่ถูกต้อง

การจัดการความเสี่ยง

เมื่อทำการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศเป็นที่เรียบร้อยแล้วนักจัดการสิ่งแวดล้อมและหน่วยงานของภาครัฐที่มีอำนาจตัดสินใจต้องมีการตัดสินใจถึงความเสี่ยงทางนิเวศที่มี โดยในการตัดสินใจจะต้องอยู่บนพื้นฐานขององค์ประกอบทางนิเวศที่มีความเสี่ยง มูลค่าทางนิเวศ และต้นทุน (คือ ทั้งที่เป็นตัวเงินหรือผลประโยชน์อื่นๆ) ในการปกป้องหรือต้นทุนที่มีถ้าไม่ปกป้องทรัพยากร ซึ่งเมื่อมีการหาข้อสรุปออกมานักจัดการสิ่งแวดล้อมไม่เพียงแต่จำเป็นต้องพิจารณาผลลัพธ์จาก

การประเมินความเสี่ยงแต่ต้องพิจารณาถึงประเด็นด้านสังคม เศรษฐกิจและการเมืองด้วย และเพื่อเป็นการช่วยในการตัดสินใจควรต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลเหล่านี้

- เป้าหมายของการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศ
- ความเกี่ยวข้องระหว่างจุดหมายการประเมินและจุดหมายการวัด
- ขนาดและขอบเขตของผลกระทบซึ่งมักจะเป็นประเด็นสำคัญของความขัดแย้งระหว่างนักจัดการทรัพยากรและนักจัดการสิ่งแวดล้อม โดยข้อมูลเกี่ยวกับมูลค่าทางนิเวศต้องเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำมาใช้ได้โดยรวมการบรรยายด้านพื้นที่และระบบนิเวศ และถ้าเป็นไปได้ควรรวมถึงศักยภาพการฟื้นคืน
- ข้อสมมุติและความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นระหว่างการประเมินความเสี่ยง
- สรุปภาพรวมของระดับของความเสี่ยงพร้อมกับการวิเคราะห์น้ำหนักของเหตุการณ์
- ศักยภาพของความเสี่ยงที่จะการเพิ่มขึ้นหรือเสริมเข้ามาจากแรงกดดันอื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้พิจารณาแล้ว (ถ้าเป็นไปได้)

การประเมินความเสี่ยงทางนิเวศสามารถเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญมากในการรวมการจัดการสิ่งแวดล้อมเข้ากับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมหากได้นำมาใช้อย่างเหมาะสม เนื่องจากจะทำให้ได้วิธีการที่ได้มาตรฐานและกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ทางนิเวศรวมทั้งการระบุความไม่แน่นอนที่มี ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงทางนิเวศเป็นประโยชน์สำหรับคนที่ต้องตัดสินใจเพราะช่วยแก้ปัญหาที่ยากลำบาก ซึ่งได้แก่ปัญหาที่ว่าความสมบูรณ์ของทรัพยากรจำนวนเท่าไรที่ยอมแลกกับผลประโยชน์ทางสังคมและเศรษฐกิจที่คาดว่าจะมีในการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมนั้นๆ