

บทคัดย่อจากรายงาน ‘มลพิษจากอุตสาหกรรมไฮเทค’ การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างการผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์¹

การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีอยู่อย่างแพร่หลายในสังคม ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือไปจนถึงคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะและโน้ตบุ๊กกลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนจำนวนมาก ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีภาพลักษณ์ที่สะอาดเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าอื่นๆ ทั้งที่ในความจริงอาจจะต่างไป

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีความกังวลมากขึ้นต่อการใช้สารเคมีและวัตถุอันตรายในการผลิตสินค้า โดยส่วนใหญ่จะพุ่งความสนใจไปที่ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากสารเคมีเหล่านั้น ซึ่งอาจได้จากการใช้สินค้าและการนำไปทิ้งหรือการนำสินค้ากลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ ในขณะที่มีการให้ความสนใจต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตน้อยกว่า อุตสาหกรรมชนิดนี้ใช้ทรัพยากรจำนวนมาก ทั้งในรูปของสารเคมี พลังงาน และน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตแผงวงจรพิมพ์ (Printed Wiring Board: PWB) และชิปเซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor chip) กระบวนการผลิตสำหรับชิ้นส่วนทั้งสองอย่างมีความซับซ้อน และต้องพึ่งพาสารเคมีจำนวนมาก โดยสารเคมีหลายชนิดที่ใช้ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (อย่างเช่น ตัวทำละลาย) มีความกังวลอย่างมากต่อสารเคมีจำนวนมากที่ใช้ในอุตสาหกรรมชนิดนี้ ทั้งต่อการแพร่ของสารเคมีภายในโรงงานและการแพร่ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมโดยผ่านการปล่อยน้ำเสีย

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อย่างเช่น คอมพิวเตอร์ มีองค์ประกอบที่ซับซ้อนอย่างมาก โดยประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ มากมาย การผลิตสินค้าแต่ละชิ้นต้องพึ่งพากระบวนการผลิตระดับโลก โดยองค์ประกอบแต่ละชิ้นจะได้รับการผลิตในโรงงานที่เชี่ยวชาญโดยเฉพาะในหลายประเทศ ก่อนที่จะประกอบเข้ากันเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย

การศึกษานี้เกิดขึ้นเพื่อชี้ให้เห็นการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อย่างเช่น คอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ได้เป็นรายงานที่มีการสอบสวนอุตสาหกรรมการผลิตอิเล็กทรอนิกส์โดยละเอียด หากเป็นความพยายามทำความเข้าใจต่อสารเคมีที่ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจากบางภาคส่วนของอุตสาหกรรมเหล่านี้ โดยผ่านการนำเสนอกรณีศึกษา “โดยย่อ” ในสามภาคการผลิตสำคัญของอุตสาหกรรมชนิดนี้ ในแต่ละภาคการผลิต ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบบริเวณโรงงานและนิคมอุตสาหกรรมใน 4 ประเทศ โดยมีรายชื่อของโรงงานและนิคมอุตสาหกรรมที่ทำการวิจัยปรากฏอยู่ในตารางด้านล่างนี้

ประเทศ	ชื่อโรงงาน/นิคมอุตสาหกรรม	ภาคการผลิต
จีน	Compeq	แผงวงจรพิมพ์
จีน	Fortune	แผงวงจรพิมพ์
ไทย	บริษัท เอลเลค แอนด์ เอลเทค (ประเทศไทย) จำกัด (Elec & Eltek: EETH)	แผงวงจรพิมพ์
ไทย	นิคมอุตสาหกรรมนวนคร	แผงวงจรพิมพ์
ไทย	บริษัท ซีเคแอล อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน	แผงวงจรพิมพ์
ไทย	บริษัท เคซีอี เทคโนโลยี จำกัด นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค	แผงวงจรพิมพ์
ไทย	บริษัท พีซีทีที จำกัด สวนอุตสาหกรรมโรจนะ	แผงวงจรพิมพ์

¹ รายงานทางเทคนิคเลขที่ 01/2007 ของห้องปฏิบัติการงานวิจัยกรีนพีซ มหาวิทยาลัยเอ็กซ์เตอร์ สหราชอาณาจักร, กุมภาพันธ์ 25 50. สามารถดาวน์โหลดรายงานฉบับสมบูรณ์ (ภาษาอังกฤษ) ได้ที่ <http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/cutting-edge-contamination-a.pdf>

ฟิลิปปินส์	Gateway Business Park	ชิพเซมิคอนดักเตอร์
ฟิลิปปินส์	On Semicon	ชิพเซมิคอนดักเตอร์
ฟิลิปปินส์	Cavite Export Processing Zone, CEPZA	ชิพเซมิคอนดักเตอร์
เม็กซิโก	Kemet	ชิพเซมิคอนดักเตอร์
เม็กซิโก	Sanyo Video, Tijuana	ประกอบโทรทัศน์และจอ LCD
เม็กซิโก	Sony, Tijuana	ประกอบโทรทัศน์และจอ LCD
เม็กซิโก	Parque Integral (Flextronics), Guadalajara	ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
เม็กซิโก	Jabil, Guadalajara	ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
เม็กซิโก	Solectron, Guadalajara	ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
เม็กซิโก	Sanmina-SCI plant 3, Guadalajara	ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
เม็กซิโก	HP, Guadalajara	ประกอบคอมพิวเตอร์และชิ้นส่วนอื่นๆ
เม็กซิโก	IBM, Guadalajara	ประกอบคอมพิวเตอร์และชิ้นส่วนอื่นๆ

มีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่หลากหลายจากหลายแหล่งการผลิต แม้ว่าเราจะไม่สามารถรวบรวมตัวอย่างทุกชนิดมาจากโรงงานแต่ละแห่งได้ โดยมีการวิเคราะห์น้ำเสียและตะกอนที่ถูกปล่อยออกมาผ่านท่อ/คลองในโรงงานบางแห่ง โดยเฉพาะโรงงานที่ผลิตแผงวงจรพิมพ์ และจากโรงงานประกอบชิ้นส่วนแห่งหนึ่งด้วย ในนิคมอุตสาหกรรมบางแห่ง จะมีการส่งน้ำเสียจากโรงงานหลายแห่งมาที่โรงบำบัดน้ำเสียรวม และในกรณีที่เป็นไปได้ เราได้เก็บรวบรวมและวิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด รวมทั้งโคลน /ตะกอนจากโรงบำบัดเหล่านี้ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำใต้ดินจากหลายแหล่ง เพื่อศึกษาผลกระทบต่อแหล่งน้ำใต้ดิน ในบางกรณี อย่างเช่น ในกรณีของโรงงานผลิตชิพเซมิคอนดักเตอร์ เราไม่สามารถเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำเสียได้ ทำให้การศึกษาเน้นไปที่ตัวอย่างน้ำใต้ดินที่เก็บรวบรวมได้จากบริเวณใกล้เคียงโรงงาน

แม้ว่าการศึกษานี้จะมีข้อจำกัดหลายประการสืบเนื่องจากขอบเขตการศึกษาโดยรวม และโอกาสที่จำกัดในการเข้าถึงตัวอย่างบางประเภทจากโรงงานบางแห่ง แต่ก็เป็นรายงานที่ให้ข้อมูลอย่างมากเกี่ยวกับการปนเปื้อนด้านสิ่งแวดล้อมจากภาคการผลิตต่างๆ ในอุตสาหกรรมเหล่านี้ ซึ่งที่ผ่านมายังไม่มีข้อมูลมากนัก การศึกษานี้ชี้ให้เห็นสภาพการปนเปื้อนด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในแหล่งการผลิตหลายแห่งในหลายประเทศ

เราได้พบหลักฐานการปนเปื้อนด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากสารเคมีหลายชนิดในแหล่งผลิตทุกแห่งจากที่สำรวจทั้ง 3 ภาคการผลิต ซึ่งสารเคมีหลายชนิดเป็นสารที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งสารเคมีที่เป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งทราบกันดีว่าเป็นพิษต่อมนุษย์และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีการพบสารเคมีบางชนิดในแหล่งน้ำที่มากกว่าหนึ่งภาคการผลิต รวมทั้งกลุ่มของสารเคมีที่เป็นพิษที่ดำรงอยู่อย่างยาวนานในสิ่งแวดล้อม อาทิ

- โพลีโบรมิเนเตดไดฟีนีลอีเธอร์ (polybrominated diphenyl ethers: PBDEs) ซึ่งใช้อย่างแพร่หลายเพื่อหน่วงการลุกติดไฟ หรือที่เรียกว่าสารหนไฟประเภทโบรมีน
- พทาเลท(phthalates) ซึ่งใช้อย่างแพร่หลายเป็นสารเสริมสภาพพลาสติก (plasticizer) หรือเพื่อให้พลาสติกมีความนุ่ม
- ตัวทำละลายคลอรีนบางชนิด
- ปริมาณโลหะหนักจำนวนมาก

สารเคมีหลายที่พบหลายชนิด (ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์สุดท้าย) ได้ถูกพบในแหล่งรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศจีนและอินเดีย (ในงานวิจัยของกรีนพีซเมื่อไม่กี่ปีมานี้) [อ้างอิง (Brigden และคณะ ค.ศ. 2005)] รวมทั้งโลหะหนักบางชนิด พทาเลท และ สารทนไฟโบรมีนประเภท PBDEs

การวิเคราะห์เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่ถูกซื้อในยุโรปในปีค.ศ.2006 ก็พบด้วยว่ามีส่วนประกอบซึ่งเป็นสารผสมของ PBDEs [อ้างอิง (Brigden และคณะ ค.ศ. 2006)] แม้ว่าจะมีส่วนประกอบที่แตกต่างไปจาก PBDEs ที่พบในแหล่งผลิต

สารเคมีชนิดอื่นที่พบในแหล่งน้ำทิ้งและในตัวอย่างน้ำใต้ดินจะแตกต่างกันไปในแต่ละภาคการผลิต ซึ่งชี้ให้เห็นกระบวนการผลิตที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น พบสารทนไฟประเภทโบรมีนชนิด TBBPA และสารเคมีที่เกี่ยวข้อง photoinitiator เฉพาะแหล่งที่ผลิตแผงวงจรพิมพ์ ความแตกต่างเหล่านี้สะท้อนถึงกระบวนการผลิตที่ต่างกันในแต่ละภาคการผลิต แม้ว่าสาเหตุส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะประเภทของสารตัวอย่างที่เก็บได้จากโรงงานในแต่ละอุตสาหกรรม เหล่านี้อาจมีข้อจำกัด (อย่างเช่น ไม่มีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตชิพเซมิคอนดักเตอร์ เนื่องจากไม่สามารถระบุแหล่งน้ำทิ้งจากโรงงานที่ไปสำรวจได้)

สารทนไฟ (Flame-retardants) เป็นสารเคมีที่นำไปใช้ในการผลิตวัตถุติดไฟหลายชนิดอย่างเช่น เคส (เช่น เคสคอมพิวเตอร์) และชิ้นส่วนของสินค้าอิเล็กทรอนิกส์หลายประเภทเพื่อป้องกันการลุกไหม้ กลุ่มสารเคมีที่มีการใช้อย่างแพร่หลายสองกลุ่ม ได้แก่ สารทนไฟประเภทโบรมีน (อย่างเช่น PBDEs และ TBBPA) และสารประกอบฟอสฟอรัส (อย่างเช่น TPP)

- **โพลีโบรมิเนตเตด ไดฟีนีล อีเธอร์ (Polybrominated diphenyl ethers: PBDEs)** เป็นสารเคมีที่ดำรงอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลายาวนาน ซึ่งบางประเภทสามารถสะสมตัวในสิ่งแวดล้อมได้เป็นจำนวนมาก และส่งผลกระทบต่อพัฒนาการด้านสมองของสัตว์ มีการตั้งข้อสังเกตว่า PBDEs หลายตัวเป็นสารรบกวนต่อมไร้ท่อ (endocrine disruptor) ซึ่งส่งผลกระทบต่อฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตและพัฒนาการด้านเพศ ทั้งยังมีรายงานผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกันด้วย

- **เตตระโบรมโอบิสเฟโนล-เอ (Tetrabromobisphenol-A: TBBPA)** มีหลักฐานว่า TBBPA อาจส่งผลกระทบต่อฮอร์โมนไทรอยด์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการศึกษาและพัฒนาการ และจากการศึกษาของร่างกายสิ่งมีชีวิตทำให้พบว่าอาจมีผลกระทบต่อระบบฮอร์โมนอื่นๆ ระบบภูมิคุ้มกัน ตับและไต เมื่อเร็วๆ นี้มีการแสดงความกังวลต่อสารเคมีที่ก่อตัวขึ้นในระหว่างการย่อยสลายของ TBBPA ในสิ่งแวดล้อม

- **ไตรฟีนีลฟอสเฟต (Triphenylphosphate: TPP)** เป็นสารที่มีพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสามารถดำรงอยู่ในระบบเอ็นไซม์หลักในเลือดของมนุษย์ ทั้งยังอาจเป็นสาเหตุให้เกิดอาการผิวหนังอักเสบในบางคน และเป็นสารรบกวนต่อมไร้ท่อ

พทาเลท (Phthalates) ได้รับการใช้อย่างแพร่หลายเป็นสารเสริมสภาพพลาสติกในการผลิตพลาสติก โดยเฉพาะในการผลิตพีวีซี (เช่น การผลิตสายเคเบิลและอุปกรณ์ยืดหยุ่นชนิดต่างๆ) แม้ว่าจะมีการใช้ในอีกหลายอุตสาหกรรมด้วย สารพทาเลทหลายชนิดเป็นพิษต่อสัตว์และมนุษย์ เมื่อมีการแตกตัวเป็น metabolites ในร่างกาย DEHP เป็นสารพทาเลทที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย และทราบกันว่ามีพิษต่อระบบสืบพันธุ์ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบสืบพันธุ์ทั้งของตัวเมียและตัวผู้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (อย่างเช่น พัฒนาการของอวัยวะในวัยเด็ก) ส่วนสารพทาเลทชนิดอื่นๆ (อย่างเช่น DBP และ BBP) เป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์ ทั้ง DEHP และ DBP ได้ถูกจัดว่าเป็น “สารที่มีพิษต่อการสืบพันธุ์” ในสหภาพยุโรป สารพทาเลท บางชนิด (DINP และ DIDP) อาจส่งผลกระทบต่อตับและไต ในกรณีที่ได้รับในปริมาณต่อครั้งเป็นจำนวนมาก

มีสารประกอบจำนวนมากที่คัดแยกได้จากน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมา และจากตัวอย่างอื่นที่เก็บมา ที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ เป็นเหตุให้ไม่ทราบถึงคุณสมบัติและผลกระทบ สำหรับสารเคมีบางชนิดที่จำแนกได้จากน้ำเสีย (อย่างเช่น สารประเภทตัวเริ่มปฏิกิริยา (photo-initiator) ที่ใช้ในการผลิตแผงวงจรพิมพ์) เรามีข้อมูลในส่วนนี้น้อยมากทั้งในแง่ของความเป็นพิษและคุณสมบัติด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของกระบวนการผลิตและสารเคมีที่ใช้ในภาคการผลิตบางส่วน เป็นเหตุให้ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้และแพร่กระจายของสารเคมีเหล่านี้

เรายังได้พบการบำบัดน้ำเสียที่ไม่มีประสิทธิภาพในโรงบำบัดของนิคมอุตสาหกรรมบางแห่งในประเทศไทย ซึ่งมีการผลิตแผงวงจรพิมพ์ เช่นเดียวกับนิคมอุตสาหกรรมอื่นอีกจำนวนมาก โดยปกติแล้วโรงบำบัดน้ำเสียกลางจะได้รับของเสียที่ผสมกันจากโรงงานหลายแห่ง แม้ว่ากระบวนการบำบัดจะช่วยย่อยสลายสารเคมีบางชนิด แต่ก็ไม่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับสารเคมีอินทรีย์ที่ดำรงอยู่ยาวนาน (persistent organic chemicals) และโลหะหนักในน้ำเสีย ในการศึกษาครั้งนี้ทำให้พบว่าสารเคมีเหล่านี้ยังคงปรากฏอยู่ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดและถูกปล่อยออกไปสู่สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การสะสมตัวของโคลนในโรงบำบัดน้ำเสียยังทำให้น้ำที่ถูกปล่อยออกมาปนเปื้อนไปด้วยโลหะหนักและสารเคมีอินทรีย์ที่ดำรงอยู่ยาวนาน สำหรับสารเคมีบางชนิดที่ใช้ในการผลิตแผงวงจรพิมพ์ (อย่างเช่น สารประกอบที่เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสารเหล่านี้จะถูกย่อยสลายหลังผ่านกระบวนการบำบัดในบางแห่งอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่โรงงานทุกแห่งจะมีระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นเหตุให้มีการพบสารเคมีเหล่านี้ในน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาโดยตรงจากโรงงานผลิตแผงวงจรพิมพ์อื่นๆ (ทั้งโรงงาน Fortune และ Compeq ในจีน) สืบเนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับสารประกอบเหล่านี้มีอยู่น้อย ทำให้เรายังไม่ทราบผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

นอกจากสารเคมีที่จำแนกได้จากเครือข่ายระบบน้ำเสียแล้ว เรายังพบหลักฐานการปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดินจากสารเคมีจำพวกคลอรีนและโลหะหนัก (อย่างเช่น นิกเกิล) ในแหล่งอุตสาหกรรมบางแห่ง เราพบสารเคมีจำนวนมากเหล่านี้ในบริเวณใกล้เคียงกับโรงงานที่มีการใช้สารเคมีเหล่านี้ การปนเปื้อนน้ำใต้ดินเป็นสิ่งที่น่ากังวลอย่างยิ่ง เพราะเป็นแหล่งน้ำดื่มของหลายชุมชนในพื้นที่

นอกจากนี้เรายังตรวจพบสารไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes: THMs) จากตัวอย่างน้ำใต้ดินบางแห่งในทุกภาคการผลิต สารเคมีเหล่านี้เป็นผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ซึ่งเป็นวิธีฆ่าเชื้อโรคที่พบโดยทั่วไปอย่างเช่น ตามบ่อเปิด และน่าจะเป็นแหล่งกำเนิดของกลุ่มตัวอย่างสารเคมีชนิดนี้

แม้จะมีความซับซ้อนของตัวอย่างที่เก็บรวบรวมได้และมีการวิเคราะห์ แต่ก็มีลักษณะเฉพาะของการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในภาคการผลิตแต่ละประเภทดังนี้

ภาคการผลิตแผงวงจรพิมพ์

สำหรับโรงงานผลิตแผงวงจรพิมพ์ที่ทำการศึกษา เราพบว่าน้ำเสียและตะกอนที่ปล่อยออกมาผ่านท่อ/คลองของโรงงานประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดที่น่าจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีการตรวจพบสารเคมีบางกลุ่มตลอดทั้งเครือข่ายท่อระบายน้ำเสียและในโรงบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งในน้ำเสียที่ถูกปล่อยโดยตรงเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งที่เป็นการปล่อยจากโรงบำบัดน้ำเสียหรือจากโรงงานแต่ละแห่ง ประกอบด้วยสารเคมีที่เป็นพิษและดำรงอยู่อย่างยาวนานในสิ่งแวดล้อม อาทิ สารทนไฟประเภทโบรมีน PBDEs และสารพทาเลท รวมทั้งโลหะหนักจำนวนมาก นอกจากนี้เรายังพบสารทนไฟประเภทอื่นๆ ในน้ำเสียจากโรงงานในจีน เช่น สาร TBBPA (ซึ่งมักใช้ในการผลิตแผงวงจรพิมพ์) และสาร TPP โปรดดูคำอธิบายเกี่ยวกับสารทนไฟด้านล่าง

เรายังตรวจพบสารทนไฟประเภทโบรมีน PBDEs ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในน้ำเสียและ/หรือตะกอนจากทุกแหล่งผลิต รวมทั้งในน้ำเสียที่ปล่อยออกโดยตรงสู่สิ่งแวดล้อม แม้ว่าสาร PBDEs จะปรากฏในหลายตัวอย่าง แต่ก็มีคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างมาก และมีปริมาณแตกต่างกันในตัวอย่างที่เก็บได้จากแต่ละแห่ง ลักษณะการแพร่กระจายชี้ให้เห็นว่าโรงงานเหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารเคมีเหล่านี้

สารเคมีชนิดอื่นที่พบโดยเฉพาะในภาคการผลิตแผงวงจรพิมพ์ยังถูกพบในเครือข่ายท่อระบายน้ำเสียในแหล่งผลิตเกือบทุกแห่ง ทั้งในรูปของสารประกอบที่เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาและโลหะหนักในปริมาณสูง อย่างเช่น ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี

ตัวเริ่มปฏิกิริยา (Photoinitiators) และสารประกอบที่เกี่ยวข้อง ตัวเริ่มปฏิกิริยาจะใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตเพื่อเป็นตัวนำให้เกิดกระบวนการ polymerisation และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตแผงวงจรพิมพ์ สารเคมีที่ประกอบด้วย เบนโซฟีโนน (Benzophenone) และ อะซีโตฟีโนน (acetophenone) เป็นสารที่ใช้มาแต่เดิม แม้ว่าในปัจจุบันจะเริ่มมีการใช้สารประกอบชนิดใหม่อย่างเช่น ไธซานธอน (thioxanthenes) ด้วย ขณะนี้มีข้อมูลน้อยมากเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากสารประกอบเหล่านี้ โดยเฉพาะสารประกอบที่เพิ่งมีการนำมาใช้

- **เบนโซฟีโนน (Benzophenones)** จากการทดลองในสัตว์ทำให้พบว่า สารตั้งต้น (parent compound) ของ benzophenone อาจมีพิษต่อตับและไต สาร Benzophenone และสารอนุพันธ์บางชนิดของมันอาจส่งผลกระทบต่อระบบฮอร์โมนเอสโตรเจน

- **อะซีโตฟีโนน (Acetophenones)** แม้จะมีการใช้มาเป็นเวลาหลายปี แต่ก็ไม่มีข้อมูลมากนักเกี่ยวกับความเป็นพิษของสารชนิดนี้ อะซีโตฟีโนนโดยตัวของมันเองเป็นสารมีพิษ การได้รับสารชนิดนี้อาจส่งผลในเชิงระบบประสาทต่อมนุษย์ รวมทั้งผลต่อเลือด สารชนิดนี้ในรูปสารระเหยอาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีรายงานผลกระทบต่อปอดไตและตับในการทดลองกับสัตว์

- **ไธซานธอน (Thioxanthenes)** เป็นสารที่ใช้ในกระบวนการ photoresist เพื่อผลิตแผงวงจรพิมพ์ เราไม่มีข้อมูลมากนักเกี่ยวกับสารประกอบประเภทนี้ แม้ว่าจะเป็นที่ทราบกันว่าสารอนุพันธ์บางชนิดจากไธซานธอน มีอันตรายอย่างมากต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ และอาจส่งผลกระทบต่อในระยะยาวต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ แม้จะมีการแพร่กระจายในปริมาณที่ต่ำ

ทองแดงและนิกเกิลเป็นสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ในบางกรณีมีการใช้สารเคมีชนิดอื่นๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้เกิดอุปสรรคในการคัดแยกโลหะออกจากน้ำเสีย การปล่อยทองแดงเข้าสู่แหล่งน้ำอาจทำให้เกิดผลกระทบที่รุนแรง ที่โรงงาน EETH ในไทย เราตรวจพบน้ำเสียที่ประกอบด้วยทองแดงเป็นจำนวนสูงสุดในบรรดาแหล่งผลิตต่างๆ ที่สำรวจ โดยพบในปริมาณที่มากเกือบ 2 เท่าของค่าที่อนุญาตให้มีได้สูงสุดตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในประเทศไทย

โลหะ โลหะบางชนิดถูกนำมาใช้ในการผลิตแผงวงจรพิมพ์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ โดยเฉพาะทองแดง รวมทั้งนิกเกิลและโลหะชนิดอื่นๆ

ทองแดง ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าสูง ในกระบวนการผลิตแผงวงจรพิมพ์บางขั้นตอนจะมีการใช้สารประกอบทองแดงที่ละลายในน้ำด้วย สิ่งมีชีวิตในน้ำจะอ่อนไหวต่อทองแดงเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะทองแดงในรูปที่ละลายน้ำได้ และถูกปล่อยเข้าสู่แหล่งน้ำซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบมหาศาล แม้ในปริมาณที่ต่ำมาก ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นประกอบด้วย การลดลงของอัตราการเติบโตและการเจริญพันธุ์ รวมทั้งการเพิ่มขึ้นอัตราการเสียชีวิต

นิเกิล มีการใช้ในการผลิตแผงวงจรพิมพ์ด้วย รวมทั้งการใช้นิเกิลในกระบวนการชุบโลหะในรูปที่เป็นตัวทำละลายในน้ำ การได้รับสารประกอบนิเกิลเข้าไปอาจเกิดผลในทางพิษต่อมนุษย์และสัตว์ โดยเฉพาะผลกระทบต่อระบบประสาทและลำไส้ และแม้แต่ระบบหัวใจ ประชากรร้อยละ 2-5 มีความอ่อนไหวต่อนิเกิล และจะได้รับผลกระทบแม้ได้รับนิเกิลเพียงปริมาณน้อยต่อครั้ง สารประกอบนิเกิลบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็งสำหรับมนุษย์และสำหรับสัตว์บางชนิด

ตัวอย่างน้ำใต้ดินที่เก็บจากบริเวณใกล้โรงงานผลิตแผงวงจรพิมพ์มักไม่ได้รับผลกระทบจากสารเคมีที่พบในการสูมตัวอย่างครั้งนี้ แม้จะมีการพบปริมาณโลหะบางชนิดจำนวนมากในตัวอย่างน้ำเสีย แต่ระดับโลหะในน้ำใต้ดินถือว่าไม่สูง อย่างไรก็ตาม มีตัวอย่างน้ำใต้ดินตัวอย่างหนึ่งที่เก็บจากบริเวณใกล้นิคมอุตสาหกรรมไฮเทคในไทย ประกอบด้วยนิเกิลในระดับที่สูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก และสูงกว่าค่าปริมาณนิเกิลตามมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินของไทยเกือบ 5 เท่า

ภาคการผลิตชิพเซมิคอนดักเตอร์

มีการตรวจพบสารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Chemicals: VOCs) ในตัวอย่างที่เก็บได้จากแหล่งผลิตชิพเซมิคอนดักเตอร์แต่ละแห่ง สารอินทรีย์ระเหยที่จำแนกได้ประกอบด้วยสารเคมีประเภทคลอรีนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายในภาคอุตสาหกรรมหรือเป็นตัวขจัดคราบน้ำมัน (degreasing agent) ซึ่งหลายชนิดมีรายงานถึงพิษที่มีต่อระบบประสาทส่วนกลาง ตับและไต

สารอินทรีย์ระเหยประเภทคลอรีน (Chlorinated volatile organic chemicals: VOCs) สารคลอรีนจำพวกมีเทน (methanes) อีเทน (ethanes) และ อีthin (ethenes) จำนวนมากได้ถูกใช้หรือเคยถูกใช้อย่างแพร่หลายเพื่อเป็นตัวทำละลายในกระบวนการผลิต ทั้งในการทำความสะอาดพื้นผิวในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (แผงวงจรพิมพ์และชิพเซมิคอนดักเตอร์) โดยเฉพาะสาร 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-trichloroethane) ไตรคลอโรอีthin (trichloroethene) และ เตตระคลอโรอีthin (tetrachloroethene) สารเคมีเหล่านี้อาจเป็นสารก่อมะเร็งต่อมนุษย์ และโดยส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ตับ และไต และอาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ตา และเยื่อในจมูก บางชนิดสามารถซึมผ่านผิวหนังโดยตรง การใช้และจัดเก็บสารทำละลายประเภทคลอรีนอย่างแพร่หลาย ทำให้มีการปล่อยสารเคมีเหล่านี้สู่สิ่งแวดล้อมรวมทั้งแหล่งน้ำใต้ดิน

กรณีการปนเปื้อนที่แพร่หลายที่สุดพบในนิคมอุตสาหกรรม Cavite Export Processing Zone (CEPZA) ในฟิลิปปินส์ โดยมีการพบสารอินทรีย์ระเหยประเภทคลอรีน (อีthinและอีเทน) ในตัวอย่างแหล่งน้ำใต้ดิน 5 แห่ง ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างทั้งหมดใกล้ใจกลางนิคมอุตสาหกรรม การแพร่กระจายของสารเคมีเหล่านี้ในแหล่งน้ำใต้ดินแสดงให้เห็นถึงการแพร่กระจายของผลกระทบจากนิคมอุตสาหกรรม CEPZA สู่อำเภอ ในสามตัวอย่างที่วิเคราะห์ พบว่ามีสารอีthinประเภทคลอรีน ในปริมาณที่มากกว่าระดับสูงสุดสำหรับน้ำดื่มตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก และ/หรือกรมคุ้มครองสิ่งแวดล้อม สหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency: EPA) ในตัวอย่างหนึ่งมีการสำรวจพบปริมาณ tetrachloroethene ที่มากกว่าค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกถึง 9 เท่า และมากกว่าค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของกรมคุ้มครองสิ่งแวดล้อม สหรัฐฯ ถึง 70 เท่า

ในแหล่งผลิตอื่นๆ เราไม่พบข้อมูลที่ชัดเจนในเรื่องนี้ มีการตรวจพบสารอินทรีย์ระเหยประเภทคลอรีนในการสูมตัวอย่างเดียวจากนิคมอุตสาหกรรม Gateway ในฟิลิปปินส์ ในกรณีของโรงงาน On Semicon ในฟิลิปปินส์ เราพบว่ามีการปนเปื้อนน้ำใต้ดินจำนวนมากที่สุดทางด้านทิศใต้ของโรงงาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาจมีแหล่งกำเนิดสารพิษที่ยังไม่ได้ตรวจพบอยู่อีกแห่งหนึ่ง

ตัวอย่างที่เก็บได้จากภาคการผลิตนี้บางส่วนประกอบด้วยโลหะในปริมาณมากโดยเฉพาะสังกะสี แม้ว่าปริมาณที่พบในปัจจุบันยังไม่น่าจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในรูปของน้ำดื่ม และในหลายกรณี แหล่งกำเนิดของโลหะเหล่านี้ยังไม่ชัดเจน แม้ว่าเราจะพบโลหะเป็นจำนวนมากในบริเวณใจกลางโรงงาน On Semicon

ข้อมูลเหล่านี้ให้ภาพโดยย่อเกี่ยวกับการปนเปื้อนน้ำใต้ดินในแต่ละแห่งการผลิต ทั้งนี้ไม่ได้เป็นจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่จะทำการสำรวจแหล่งน้ำใต้ดินอย่างละเอียด ทั้งผู้ศึกษาก็ไม่สามารถทำเช่นนั้นได้เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเข้าถึงแหล่งน้ำใต้ดินในแต่ละที่ แต่ก็มีคามจำเป็นอย่างชัดเจนที่จะต้องทำการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณสารอินทรีย์ระเหยประเภทคลอรีนในแหล่งน้ำใต้ดินตามแหล่งผลิตซีพีเอ็มคอนดัคเตอร์ ทั้งนี้เพื่อสำรวจสภาพการปนเปื้อนโดยรวมของแหล่งน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะในเขตนิคมอุตสาหกรรม CEPZA ของฟิลิปปินส์ เนื่องจากเราไม่สามารถเก็บตัวอย่างของเสียจากการผลิต (อย่างเช่น น้ำเสีย) จากโรงงานในภาคการผลิตนี้ได้ เป็นเหตุให้ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและขอบเขตการแพร่กระจายของสารเคมีในแหล่งน้ำเสียสำหรับภาคการผลิตนี้

ภาคการประกอบชิ้นส่วน

ในแหล่งผลิตที่เราทำการศึกษาที่เม็กซิโก ซึ่งเป็นโรงงานประกอบชิ้นส่วน พบว่ามีปริมาณโลหะจำนวนมากในมากกว่าครึ่งหนึ่งของตัวอย่างน้ำใต้ดินที่เก็บมาวิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนิกเกิลและสังกะสี ระดับของนิกเกิลใน 3 ตัวอย่าง (1 ตัวอย่างจากบ่อน้ำใกล้กับโรงงาน Sanyo Video ในเมือง Tijuana และอีก 2 ตัวอย่างที่เก็บได้จากบริเวณนิคมอุตสาหกรรม Flextronics ในเมือง Guadalajara) พบว่ามีปริมาณที่สูงกว่ามาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก โดยปริมาณสูงสุดที่พบมีค่าสูงกว่าค่าของมาตรฐานองค์การอนามัยโลกมากกว่า 2 เท่า ทั้งนี้ไม่พบการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระเหยประเภทคลอรีนในตัวอย่างน้ำใต้ดินเหล่านี้

เราสามารถเก็บตัวอย่างน้ำเสียได้จากโรงงานประกอบชิ้นส่วนเพียงแห่งเดียวคือโรงงาน IBM ที่เมือง Guadalajara เราพบสารเคมีที่น่าจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจำนวนมากในน้ำเสียเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นไนลฟีโนล (nonyl phenols: NP), พทาเลท และร่องรอยของสาร PBDEs 2 ชนิด ซึ่งเป็นสารทนไฟชนิดที่กล่าวข้างต้น สาร NP เป็นสารเคมีที่ดำรงอยู่ยาวนานและเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และสามารถสะสมตัวในสิ่งแวดล้อมได้ สาร NP มักจะก่อตัวขึ้นจากการย่อยสลายของสารไนลฟีโนล อีโธซีเลท (nonylphenol ethoxylates: NPEs) ซึ่งเป็นกลุ่มของสารเคมีที่ใช้ในการชำระคราบบนพื้นผิว เรายังพบสาร NPE ชนิดหนึ่งในแหล่งน้ำเสียที่เดียวกัน รวมทั้งสารพทาเลท DEHP ด้วย

ไนลฟีโนล (Nonylphenol: NP) เป็นสารเคมีที่เกิดจากการแตกตัวของสารกำจัดคราบอย่างสารไนลฟีโนล อีโธซีเลท (nonylphenol ethoxylate: NPE) แม้จะมีรายงานว่ามีการใช้เป็น antioxidant ในพลาสติกบางชนิด โดยสารชนิดนี้เป็นสารรบกวนต่อมไร้ท่อที่สำคัญ สามารถทำให้เกิดลักษณะกะเทย (intersex) (มีทั้งลักษณะของเพศผู้และเมียในตัวเดียวกัน) ในปลา ไนลฟีโนลยังสะสมในห่วงโซ่อาหารและอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อ DNA และต่อการทำงานของอสุจิในมนุษย์

กล่าวโดยรวมแล้ว ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การใช้สารเคมีอันตรายและวิธีปฏิบัติในการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมด้วยสารเคมีอันตรายหลายชนิด ซึ่งบางชนิด

สามารถดำรงอยู่อย่างยาวนานและสะสมตัวเพิ่มขึ้นในสิ่งแวดล้อม กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่สามารถกำจัดสารเคมีจำนวนมากที่ใช้ในการผลิตได้ ซึ่งรวมทั้งสารทนไฟประเภทโบรมีนและโลหะหนัก

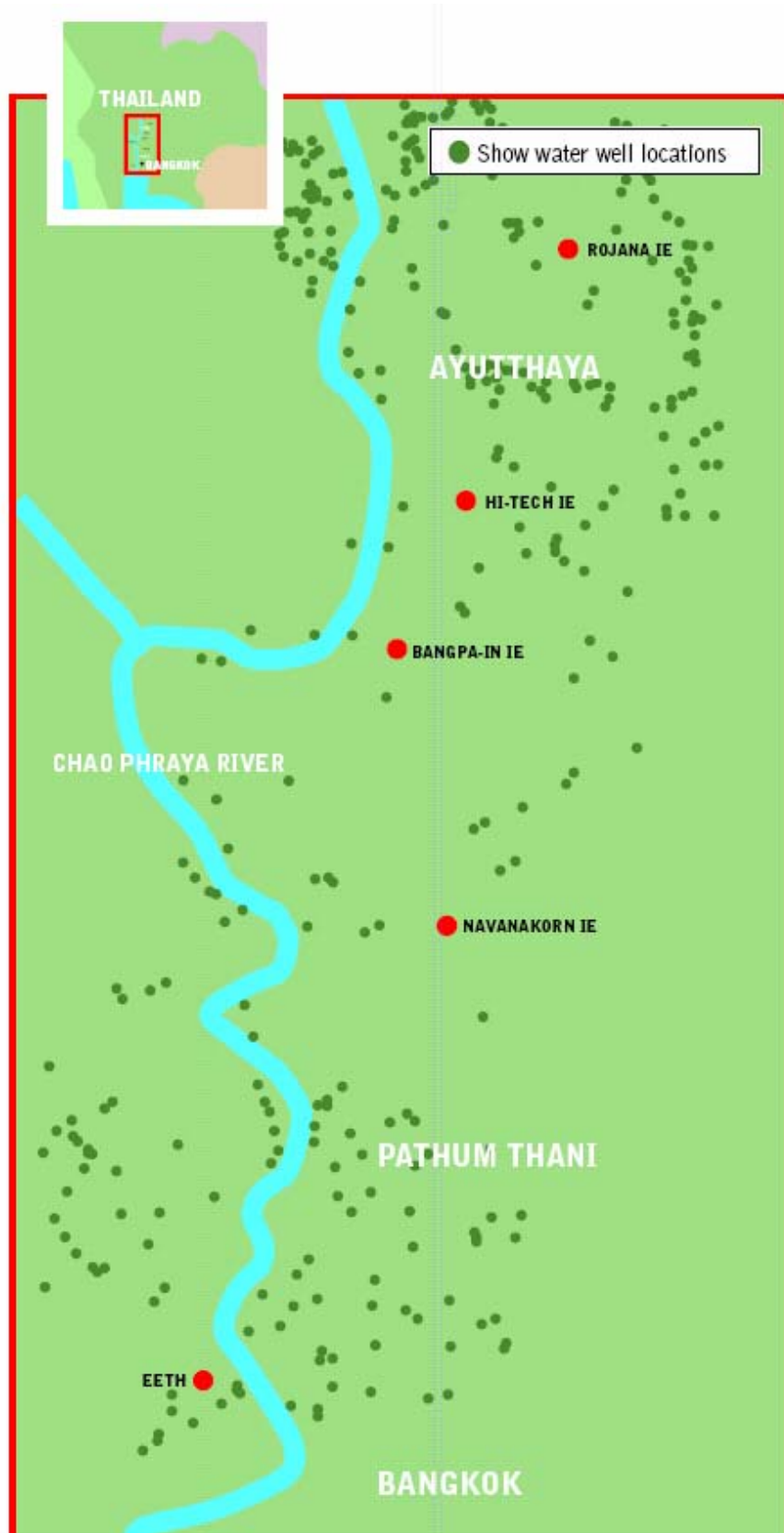
สำหรับแหล่งที่พบว่ามีสารปนเปื้อนของน้ำใต้ดิน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่ของสารเคมีเพิ่มเติมเข้าไปยังแหล่งน้ำโดยทันที และต้องมีการศึกษาแหล่งน้ำโดยละเอียดเพื่อให้ทราบระดับการปนเปื้อนและให้มีแนวทางในการบำบัด ในกรณีที่มีการใช้น้ำใต้ดินปนเปื้อนเพื่อบริโภค จำเป็นต้องมีการนำน้ำดื่มสะอาดจากแหล่งที่ยั่งยืนอื่นๆ มาทดแทนเป็นการชั่วคราว

แม้ว่าอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในระดับโลกเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ทรัพยากรจำนวนมาก ซึ่งรวมทั้งสารเคมีอันตรายหลายประเภท แต่กลับเป็นอุตสาหกรรมที่ไม่ค่อยอยู่ใต้มาตรการควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้บางส่วนอาจเป็นเพราะการพัฒนาและวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วของภาคการผลิตนี้ ในระดับที่กระบวนการผลิตล้ำหน้าไปไกลกว่าการพัฒนา มาตรการควบคุม

ในแง่ที่เกี่ยวข้องกับผู้ทำงานและการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม เราพบว่ามีสัญลักษณ์บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างภายในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ นโยบายของสหภาพยุโรปในการจำกัดการใช้สารอันตรายบางประเภทในอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หรือที่เรียกว่า RoHS Directive ได้ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมชนิดนี้นอกเหนือจากในยุโรป และมีผลกระทบต่อบางบริษัทตั้งแต่ก่อนที่นโยบายนี้จะมีผลบังคับใช้อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2549 เสียอีก นโยบายฉบับนี้ซึ่งป้องกันการใช้โลหะหนัก อย่างเช่น ตะกั่ว สารปรอท แคดเมียม และเฮกซะวาเลนไทโครเมียม และสารทนไฟประเภทโบรมีน เช่น PBBs และ PBDEs (ยกเว้น deca BDE และการใช้โลหะด้วยวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง) อย่างไรก็ตามตาม RoHS Directive ไม่ได้ควบคุมการใช้สารอันตรายทุกชนิด รวมทั้งสารทนไฟประเภทโบรมีน ชนิด TBBPA นอกจากนี้ RoHS Directive กล่าวถึงเพียงส่วนน้อยของปัญหาทั้งหมด โดยเน้นที่การป้องกันไม่ให้เกิดสารเคมีอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่กำหนดในสหภาพยุโรปเท่านั้น แต่หากปราศจากการเปลี่ยนแปลงในสายพานการผลิตแล้ว นโยบาย RoHS Directive เพียงอย่างเดียวไม่น่าจะช่วยแก้ปัญหาการใช้สารเคมีอันตรายจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่มีการใช้ในระหว่างขั้นตอนการผลิตได้ ทั้งยังไม่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมและไม่ช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีเหล่านี้ในกระบวนการผลิต

สิ่งที่จำเป็นอย่างเร่งด่วนคือการเปลี่ยนวิธีคิดในขั้นพื้นฐาน และการกระตุ้นให้บริษัทผู้ผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาการใช้สารเคมีและวัตถุอันตราย การสัมผัสสารเคมีในที่ทำงาน และปัญหาการจัดการของเสีย ซึ่งควรจะเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนประจำของบริษัท การวิจัยและการพัฒนาของบริษัทโดยไม่จำเป็นต้องรอให้มีกฎหมายมาบังคับ และโดยไม่บ่าเบียดความรับผิดชอบจากกฎหมายที่มีอยู่ หากมองในแง่ของเทคโนโลยี การผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ยังคงอยู่ในตำแหน่งที่มีเทคโนโลยีล้ำหน้าที่สุดและมีอนาคตในเชิงเศรษฐกิจที่เข้มแข็ง ซึ่งไม่มีเหตุผลว่าเหตุใดอุตสาหกรรมนี้จะไม่ควรจะเป็นผู้นำในด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม การทดแทนสารเคมีอันตรายด้วยวัสดุที่ปลอดภัยกว่า การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร การคุ้มครองสุขภาพคนงานที่มากขึ้น และการป้องกันการก่อกมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด กล่าวโดยสรุป ในสภาพที่มีการแข่งขันเพื่อความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เป็นสำคัญอย่างยิ่งที่อุตสาหกรรมผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์จะต้องไม่เพิกเฉยต่อความจำเป็นในการป้องกันมลพิษและการผลิตที่ยั่งยืนที่ควรคู่ขนานไปด้วยกัน

ภาคผนวก: ผลวิเคราะห์ตัวอย่างที่เก็บในประเทศไทย



รูปที่ 1.1 แผนที่แหล่งที่มีการผลิตแอมวงจรมิพิที่ทำการสำรวจ แผนที่นี้จัดทำขึ้นจากแผนที่น้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

(<http://www.dgr.go.th>)

รหัสตัวอย่าง	ประเภท	วันที่	สถานที่
โรงงาน เอลเลค แอนด์ เอลเทค (Elec & Eltek: EETH)			
MI06024	น้ำเสีย	16 พ.ค.49	คลองด้านหลังโรงงาน EETH ใกล้บริเวณกลางของโรงงาน
MI06025	ตะกอน	16 พ.ค.49	คลองด้านหลังโรงงาน EETH ใกล้บริเวณกลางของขอบโรงงาน (จุดเดียวกับ MI06024)
MI06026	ตะกอน	16 พ.ค.49	คลองด้านหลังโรงงาน EETH ทางต้นน้ำ (ทิศตะวันตก) ใกล้ขอบมุมโรงงาน
MI06027	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 300 เมตร ทางทิศเหนือของโรงงาน EETH (G1185)
MI06028	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของโรงงาน EETH (MN0258)
นิคมอุตสาหกรรมนวนคร			
MI06032	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในวัด อยู่ห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของนิคมฯ นวนคร (JICB0005)
MI06033	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของนิคมฯ นวนคร (NB0052)
MI06034	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในวัด อยู่ห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกของนิคมฯ นวนคร (MQ0546)
MI06059	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลใกล้แพลตฟอร์มที่อยู่อาศัยภายในนิคมฯ นวนคร
นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน			
MI06036	น้ำเสีย	26 พ.ค.49	ช่องตรวจท่อน้ำเสีย (manhole) ด้านหน้าโรงงาน CKL ก่อนน้ำเสียจะถูกส่งไปโรงบำบัดน้ำเสียรวมของนิคมฯ; ขณะเก็บตัวอย่าง พบมีน้ำเสียกำลังกระเพื่อมอยู่
MI06037	ตะกอน	16 พ.ค.49	ปากทางเข้าท่อน้ำเสียสำหรับเข้าไปตรวจ (manhole) ด้านหน้าโรงงาน CKL; ขณะเก็บตัวอย่าง พบว่าน้ำเสียอยู่นิ่ง
MI06038	น้ำเสีย	26 พ.ค.49	รางทิ้งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงบำบัดน้ำเสียรวม
MI06039	โคลน	16 พ.ค.49	บ่อโคลน (แห้ง) ภายในโรงบำบัดน้ำเสียรวม
MI06040	โคลน	16 พ.ค.49	บ่อโคลน (แฉะ) ภายในโรงบำบัดน้ำเสียรวม
MI06035	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำดื่มที่ผ่านการกรองแล้วภายในโรงงาน CKL
MI06041	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในโรงเรียน อยู่ห่างประมาณ 3 กิโลเมตร ทางทิศเหนือของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน (QO859)
MI06043	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในโรงเรียน อยู่ห่างประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทางทิศใต้ของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน (MQ0519)
MI06044	น้ำใต้ดิน	16 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกของนิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน (G1223)
นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค			
MI06045	น้ำเสีย	17 พ.ค.49	ช่องตรวจท่อน้ำเสีย (manhole) ด้านหน้าโรงงาน KCE ก่อนน้ำเสียจะถูกส่งไปโรงบำบัดน้ำเสียรวม
MI06046	น้ำเสีย	26 พ.ค.49	บ่อน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วภายในโรงบำบัดน้ำเสียรวม เตรียมจะถูกปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม
MI06047	ตะกอน	17 พ.ค.49	บ่อน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วภายในโรงบำบัดน้ำเสียรวม เตรียมจะถูกปล่อยทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม ที่เดียวกับ MI06046
MI06048	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกของนิคมอุตสาหกรรมไฮเทค (MQ0923)
MI06049	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกของนิคมอุตสาหกรรมไฮเทค

MI06050	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในโรงเรียน อยู่ห่างประมาณ 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของนิคมอุตสาหกรรมไฮเทค (G1344)
MI06051	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 2 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของนิคมอุตสาหกรรมไฮเทค (14444)
สวนอุตสาหกรรมโรจนะ			
MI06052	น้ำเสีย	26 พ.ค.49	ช่องตรวจท่อน้ำเสีย (manhole) ด้านหน้าโรงงาน PCTT ; ก่อนน้ำเสียจะถูกส่งไปโรงบำบัดน้ำเสียรวมเฟสที่ 1
MI06053	น้ำเสีย	17 พ.ค.49	น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วขณะที่กำลังถูกปล่อยออกจากโรงบำบัดน้ำเสียรวมเฟสที่ 1 ลงสู่คลอง
MI06054	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกของสวนอุตสาหกรรมโรจนะ (MQ0738)
MI06055	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของสวนอุตสาหกรรมโรจนะ (MQ0629)
MI06056	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในชุมชน อยู่ห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของสวนอุตสาหกรรมโรจนะ (02578)
MI06057	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในวัด อยู่ห่างประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของสวนอุตสาหกรรมโรจนะ
MI06058	น้ำใต้ดิน	17 พ.ค.49	แท็งก์น้ำบาดาลในอพาร์ทเมนท์ อยู่ห่างประมาณ 1.5 กิโลเมตร ทางทิศตะวันออกของสวนอุตสาหกรรมโรจนะ(17496)

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลตัวอย่างน้ำเสีย ตะกอน โคลน และน้ำใต้ดินที่เก็บจากบริเวณแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ในประเทศไทย

ตัวอย่างทั้งหมด 32 ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ได้ถูกเก็บจาก 5 แหล่งการผลิตในประเทศไทย เพื่อมาทดสอบ ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำใต้ดิน 19 ตัวอย่าง น้ำเสียจากโรงงาน 7 ตัวอย่าง ตะกอน 4 ตัวอย่าง และโคลน 2 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำเสีย ตะกอน และโคลนแสดงอยู่ในตาราง 1.2 และ 1.4 สารอินทรีย์ระเหยถูกตรวจพบในตัวอย่างน้ำ 5 ตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งก็ถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเพิ่มเติม (กรดอนุพลวิเคราะห์ที่ตาราง 1.6) ส่วนข้อมูลปริมาณโลหะแสดงอยู่ในตาราง 1.3 และ 1.5 ข้อมูลสำหรับตัวอย่างน้ำใต้ดินจะแสดงอยู่ในตาราง 1.7-1.8

โรงงาน เอลเลค แอนด์ เอลเทค (Elec & Eltek: EETH)

มีทั้งหมด 5 ตัวอย่างที่ถูกเก็บจากบริเวณโรงงาน EETH ซึ่งประกอบด้วยตัวอย่างน้ำเสีย 1 ตัวอย่าง (MI06024) ตะกอน 2 ตัวอย่าง (MI06025 และ MI06026) จากคลองที่ปนเปื้อนน้ำเสีย และน้ำใต้ดิน 2 ตัวอย่าง (MI06027 และ MI06028) ตัวอย่างน้ำเสียมีปริมาณทองแดงที่สูงถึง 3710 ไมโครกรัม/ลิตร และสารอินทรีย์ระเหยประเภทคลอรีนหลายชนิด แม้ในปริมาณที่ต่ำก็ตาม ประกอบไปด้วยตัวทำละลายประเภทคลอรีน เตตระคลอโรมีเทน (tetrachloromethane); ไตร-ไตร- และ เตตระ-คลอรีเนตเตท อีthin (di-, tri- and tetra-chlorinated ethene) ไตรคลอโรอีเทน (trichloroethane) เฮกซาคลอโรบิวทาไดเอิน (hexachlorobutadiene), รวมทั้งไตรฮาโลมีเทน (trihalomethanes: THMs)

สารประกอบอินทรีย์ชนิดอื่นที่ตรวจพบในตัวอย่างนี้คือ ไดคลอโรเบนซีน (dichlorobenzene), แคมฟอร์ (camphor) และพทาเลท เอสเตอร์ (phthalate esters) สองชนิด ได้แก่ ไดเอทิล พทาเลท (diethyl phthalate: DEP) และไดเอทิลเฮกซิล พทาเลท (diethylhexyl phthalate: DEHP).

ตัวอย่างตะกอน MI06025 ที่เก็บจากคลองเดียวกัน พบว่ามีปริมาณทองแดงที่สูงมากถึง 22,650 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของตัวอย่างตะกอน โลหะชนิดอื่น เช่น เบริลเลียม ตะกั่ว นิกเกิล และสังกะสี ยังถูกพบในระดับที่สูงกว่าที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมด้วย นอกจากนี้ยังพบทองแดงและดีบุกในปริมาณที่สูงในตัวอย่างตะกอนจากคลองด้านต้นน้ำ MI06026 แต่อย่างน้อยกว่าที่พบในตัวอย่าง MI06025 ตัวอย่างตะกอนทั้ง 2 ตัวอย่าง พบว่าประกอบไปด้วยไดคลอโรเบนซีน (dichlorobenzene) และ PBDEs แม้ในระดับที่ต่ำ

สำหรับน้ำใต้ดินทั้งสองตัวอย่าง ไม่พบว่ามีโลหะในระดับที่สูงและไม่พบว่ามีสารอินทรีย์ระเหย

สถานที่	EETH			นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค		
	MI06024	MI06025	MI06026	MI06045	MI06046	MI06047
หมายเลขตัวอย่าง	น้ำเสีย	ตะกอน	ตะกอน	น้ำเสีย	น้ำเสีย	ตะกอน
ประเภทตัวอย่าง	น้ำเสีย	ตะกอน	ตะกอน	น้ำเสีย	น้ำเสีย	ตะกอน
จำนวนสารประกอบอินทรีย์ที่จำแนกได้	41	14	13	25	17	17
จำนวนที่ระบุชนิดได้ (% จากทั้งหมด)	15(36%)	4 (29%)	3 (23%)	12 (48%)	3 (18%)	2 (12%)
พีบีดีอี (PBDEs)	-	(3)	(2)	-	-	(2)
คลอรีเนตเตด เบนซีน (Chlorinated benzene)	1	(1)	(1)	-	(1)	-
ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes)	(4)	-	-	(1)	-	-
ได- หรือ เตตราคลอโรมีเทน (Di- or tetrachloromethanes)	(1)	-	-	(1)	-	-
คลอรีเนตเตด อีเทน/อีธีน (Chlorinated ethanes/ethenes)	(5)	-	-	-	-	-
เฮกซะคลอโรบิวทาไดเอิน (Hexachlorobutadiene)	(1)	-	-	-	-	-
เบนโซฟีโนน, คลอโรฟีนิล (Benzophenone, chlorophenyl)	-	-	-	2	-	-
เบนโซฟีโนน (Benzophenone) และสารอนุพันธ์ของมัน	-	-	-	3	-	-
สารอนุพันธ์ของไดฟีนิลเอทานอน (Diphenylethanone)	-	-	-	2	-	-
สารอนุพันธ์ของ Xanthen-9-one	-	-	-	1	-	-
พทาเลท (Phthalates)	2	-	-	1	1	-
Stigmast-5-en-3-ol	-	-	-	-	1	-
กรดกำยาน (Benzoic acid) และสารอนุพันธ์ของมัน	-	-	-	1	-	-
อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbons) อื่นๆ	1	-	-	-	-	-

ตารางที่ 1.2 สารอินทรีย์ที่ระบุได้ในตัวอย่างน้ำเสียและตะกอน จากแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ได้แก่ EETH และนิคมอุตสาหกรรมไฮเทคในประเทศไทย จำนวนสารประกอบที่ระบุได้ในแต่ละกลุ่มสาร (#) หมายถึงสารประกอบที่ระบุได้ในระดับที่ต่ำ จากการวิเคราะห์โดยใช้วิธี selective SIM (-) หมายถึงตรวจไม่พบ

สถานที่	โรงงาน EETH			นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค		
	MI06024	MI06025	MI06026	MI06045	MI06046	MI06047
หมายเลขตัวอย่าง	น้ำเสีย	ตะกอน	ตะกอน	น้ำเสีย	น้ำเสีย	ตะกอน
โลหะ	ไมโครกรัม/ลิตร	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ไมโครกรัม/ลิตร	ไมโครกรัม/ลิตร	มิลลิกรัม/กิโลกรัม
พลวง (Antimony)	-	-	-	-	-	-
แบเรียม (Barium)	33	153	147	30	15	125
เบริลเลียม (Beryllium)	-	5.8	1.1	-	-	1.7
บิสมัท (Bismuth)	-	-	-	-	-	-
แคดเมียม (Cadmium)	-	-	-	-	-	-
โครเมียม (Chromium)	-	61	49	-	-	57
โคบอลต์ (Cobalt)	-	19	9	-	-	9
ทองแดง (Copper)	3710	22650	4260	1010	432	134
ตะกั่ว (Lead)	-	151	39	-	-	22
แมงกานีส (Manganese)	732	224	116	2240	411	132
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	-	-	-	-	-	7
นิกเกิล (Nickel)	21	107	27	56	251	26
ดีบุก (Tin)	-	463	93	90	-	75
วานาเดียม (Vanadium)	-	30	38	-	-	72
สังกะสี (Zinc)	65	190	70	77	295	77

ตารางที่ 1.3 ปริมาณโลหะในตัวอย่างน้ำเสียและตะกอนจากแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ได้แก่ EETH และนิคมอุตสาหกรรมไฮเทคในประเทศไทย หน่วยความเข้มข้นที่ใช้สำหรับตัวอย่างตะกอนและโคลน คือ มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ ไมโครกรัม/ลิตร สำหรับตัวอย่างน้ำเสีย (-) หมายถึงตรวจไม่พบ

นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค

สำหรับบริเวณนิคมอุตสาหกรรมไฮเทค มีทั้งหมด 7 ตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์ ประกอบไปด้วย น้ำเสีย 2 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นน้ำเสียจากโรงงาน KCE ที่ยังไม่ผ่านการบำบัด (MI06045) และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงบำบัดน้ำเสียร่วม (MI06046), ตัวอย่างตะกอน 1 ตัวอย่างจากโรงบำบัดน้ำเสียร่วม (MI06047), และตัวอย่างน้ำใต้ดิน 4 ตัวอย่าง (MI06048-MI06051) น้ำเสียจากโรงงาน KCE ที่ยังไม่ผ่านการบำบัด พบว่าประกอบไปด้วยสารพทาเลท เอสเตอร์ ไดไอโซบิวทิล (diisobutyl phthalate: DiBP) และอะโรมาติก คีโตน (aromatic ketones) จำนวนหนึ่ง (ตัวเริ่มปฏิกิริยาและสารประกอบที่เกี่ยวข้อง); ไดฟีนีล-เมทาโนน (เบนโซฟีโนน) [diphenyl-methanone (benzophenone)] และสารอนุพันธ์สองชนิดของคลอริเนตเตด ไดฟีนีล-มีธาโนน (chlorinated diphenyl-methanone), สารอนุพันธ์สองชนิดของไดฟีนีล-อีธาโนน (diphenyl-ethanone) และสารอนุพันธ์ของ xanthen-9-one ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับ “Quantacure ITX” นอกจากนี้ยังพบเบนโซอิก เอสเตอร์ (benzoic ester) และสารระเหยประกอบประเภทคลอโรอินอีกสองชนิดด้วย ได้แก่ ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) และคลอโรฟอร์ม (chloroform) ที่ความเข้มข้น 1.1 ไมโครกรัม/ลิตร และ 1.9 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดแล้ว (MI06046) ประกอบไปด้วยพทาเลท เอสเตอร์ (phthalate ester) ไดเอทิลเฮกซิล พทาเลท (diethylhexyl phthalate: DEHP) รวมทั้งร่องรอยของไดคลอโรเบนซีน (dichlorobenzene) ตัวอย่างน้ำเสียทั้งสองตัวอย่างประกอบไปด้วยทองแดงและนิกเกิลในระดับที่สูง น้ำเสียจากโรงงาน KCE (MI06045) มีระดับทองแดงที่สูง

กว่า (1010 ไมโครกรัม/ลิตร), ขณะที่ตัวอย่างน้ำเสียที่บำบัดแล้ว (MI06046) มีระดับนิกเกิลที่สูงกว่า (251 ไมโครกรัม/ลิตร) ซึ่งมีสังกะสีในระดับสูงเช่นกัน

ตัวอย่างตะกอน (MI06047) ที่เก็บจากบ่อน้ำเสียบำบัดแล้วในโรงบำบัดน้ำเสียรวม (บ่อเดียวกับที่เก็บตัวอย่างน้ำ) ประกอบไปด้วยทองแดงและดีบุกในระดับที่สูง สารประกอบอินทรีย์ที่ระบุได้จากตัวอย่างนี้คือ PBDEs สองชนิดในระดับที่ต่ำ สำหรับตัวอย่างน้ำใต้ดิน 4 ตัวอย่างที่เก็บมา มีตัวอย่างหนึ่ง (MI06049) ที่ประกอบไปด้วยโลหะสองชนิดในระดับที่สูงกว่าที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม เช่น สังกะสีและนิกเกิล (นิกเกิลที่ระดับ 96 ไมโครกรัม/ลิตรหรือประมาณ 10 เท่าของระดับที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม) ระดับสังกะสีในตัวอย่างน้ำใต้ดินอีกสองตัวอย่าง (MI06048, MI06050) ก็อยู่ในระดับที่สูงเช่นกัน แม้ไม่สูงเท่ากับในตัวอย่าง MI06049 ส่วนสารอินทรีย์ระยะเหี้ยน ไม่ปรากฏว่าพบในตัวอย่างน้ำใต้ดินหรือน้ำเสียบำบัดแล้วจากโรงบำบัดน้ำเสีย

นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน

ตัวอย่างที่เก็บมาจากบริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปะอินมีทั้งหมด 9 ตัวอย่าง โดยมีน้ำเสีย 2 ตัวอย่าง MI06036 (น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงงาน CKL) และ MI06038 (น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงบำบัดน้ำเสียรวม), ตะกอนจากท่อเก็บตัวอย่างหน้าโรงงาน CKL 1 ตัวอย่าง (MI06037), โคลนจากภายในโรงบำบัดน้ำเสียรวม 2 ตัวอย่าง (MI06039-40), และน้ำใต้ดิน 4 ตัวอย่าง MI06035, MI06041, MI06043-44 ตัวอย่างน้ำใต้ดินเลขที่ MI06041 อยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของนิคมอุตสาหกรรมไฮเทค 3 กิโลเมตร

น้ำเสียทั้ง 2 ตัวอย่างประกอบไปด้วยทองแดงในปริมาณที่สูง โดยน้ำเสียจากโรงงาน CKL มีทองแดงที่ 1780 ไมโครกรัม/ลิตร ขณะที่น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีทองแดงที่ 570 ไมโครกรัม/ลิตร ตัวอย่างน้ำเสียทั้งสองยังประกอบไปด้วยนิกเกิลและสังกะสีในระดับสังเกตได้ที่ 59-114 และ 134-153 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำเสียทั้งสองมีลักษณะต่างกันสำหรับส่วนประกอบอินทรีย์ที่จำแนกได้ ตัวอย่างน้ำเสีย MI06036 จากท่อน้ำเสียใต้ดินของโรงงาน CKL มีคุณสมบัติของตัวเริ่มปฏิกิริยา (photoinitiators) และสารประกอบที่เกี่ยวข้อง; สารอนุพันธ์ของไดฟีนีลเมธาโนน (เบนโซฟีโนน) [diphenylmethanone (benzophenone) derivatives] รวมทั้งสารอนุพันธ์ประเภทคลอรีน, สารอนุพันธ์ 2 ชนิดของไดฟีนีลเอธานอน (diphenylethanone derivatives), และเอสเทอร์ของกรดกำยาน (benzoic acid esters) ตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว MI06038 จากโรงบำบัดน้ำเสียรวมซึ่งโรงงาน CKL และโรงงานอื่นๆ ส่งน้ำเสียไปบำบัด ประกอบไปด้วยไดบutil พทาเลท (dibutyl phthalate: DBP), PBDEs สองชนิด (BDE-47 และ BDE-99) ในระดับที่ต่ำ, สารอนุพันธ์ของเทอริโอเฟน (terthiophene derivative) แต่ไม่พบว่ามีส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับสารเริ่มปฏิกิริยาอยู่ในน้ำเสียจากโรงงาน CKL

ตัวอย่างตะกอน MI06037 จากท่อน้ำเสียใต้ดินอีกท่อหนึ่งของโรงงาน CKL (ไม่มีน้ำไหลระหว่างการเก็บตัวอย่าง) ประกอบไปด้วยทองแดงในระดับที่สูงมาก (ร้อยละ 7.6% โดยน้ำหนัก) และดีบุก (ร้อยละ 6.3) รวมทั้งตะกั่วและสังกะสีในระดับสูง ทั้งยังประกอบไปด้วย PBDEs สองชนิดซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่พบในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว รวมทั้งไดคลอโรเบนซีน (dichlorobenzene) แม้ในระดับที่ต่ำ

ในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างโคลนทั้งสองตัวอย่าง (MI06039 & MI06040) จากโรงบำบัดน้ำเสียรวมประกอบไปด้วยโลหะหนักชนิดเดียวกับที่พบในน้ำเสียในระดับที่สูงมาก เช่น ทองแดง (ร้อยละ 8.4-8.9) ดีบุก (ร้อยละ 0.33-0.63) และสังกะสี (ร้อยละ 0.48-0.58) รวมทั้งพลวง บิสมาท นิกเกิล และตะกั่วในระดับสูงกว่าที่พบได้ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่ปนเปื้อนสารพิษทั่วไป เช่น ในดินและตะกอน ตัวอย่างโคลนยังประกอบไปด้วย PBDEs ชนิดเดียวกับที่พบในน้ำเสียที่บำบัดแล้ว

ตัวอย่างโคลนหมายเลข MI06039 ประกอบไปด้วยอัลลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (aliphatic hydrocarbons) หลายชนิด สารอนุพันธ์ของไซคลิกซิล็อกเซน (cyclic siloxane) และไดฟีนีลอีเทอร์ (diphenyl ether)

ส่วนสารอินทรีย์ระเหยนั้น ไม่ปรากฏว่าพบในตัวอย่างน้ำใต้ดินที่เก็บมาวิเคราะห์ แต่พบว่ามีทองแดงในตัวอย่างน้ำใต้ดินหมายเลข MI06035 และพบสังกะสีในตัวอย่างหมายเลข MI06044 ในระดับที่สูงกว่าที่พบทั่วไปในน้ำบาดาลเล็กน้อย

สถานที่	นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน					สวนอุตสาหกรรมโรจนะ	
	MI06036	MI06038	MI06037	MI06039	MI06040	MI06052	MI06053
หมายเลขตัวอย่าง	น้ำเสีย	น้ำเสีย	ตะกอน	โคลน	โคลน	น้ำเสีย	น้ำเสีย
ประเภทตัวอย่าง							
จำนวนสารประกอบอินทรีย์ที่จำแนกได้	63	39	14	32	14	29	32
จำนวนที่ระบุชนิดได้ (% จากทั้งหมด)	9(14%)	5(13%)	3(21%)	12(38%)	2(14%)	8 (28%)	8(25%)
พีบีดีอี (PBDEs)	-	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	-
คลอรีเนตเตด เบนซีน (Chlorinated benzene)	-	-	(1)	-	-	(1)	-
ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes: THMs)	-	-	-	-	-	(1)	(2)
ได- หรือ เตตราคลอโรมีเทน (Di- or tetrachloromethanes)	-	-	-	-	-	(1)	-
เบนโซฟีโนน, คลอโรฟีนิล (Benzophenone, chlorophenyl)	1	-	-	-	-	-	-
สารอนุพันธ์อื่นๆ ของเบนโซฟีโนน (benzophenone)	2	-	-	-	-	-	-
สารอนุพันธ์ของไดฟีนีลเอทานอน (Diphenylethanone)	2	-	-	-	-	-	-
พธาลเอท เอสเตอร์ (Phthalate esters)	-	1	-	-	-	1	3
กรดคาร์บาไมไธดิโออิก (Carbamodithioic acid) , ไดเมทิล-, เมทิล เอสเตอร์ (dimethyl-, methyl ester)	-	-	-	-	-	-	1
l-Limonene	-	-	-	-	-	1	-
กรดกำยาน (Benzoic acid) และสารอนุพันธ์ของมัน	4	-	-	-	-	-	-
ไซโคลเตตราซิล็อกเซนส์ (Cyclotetrasiloxanes)	-	-	-	1	-	-	-
อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (aromatic hydrocarbons) อื่นๆ	-	1	-	2	-	-	-
อัลลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic hydrocarbons)	-	1	-	7	-	-	2

ตารางที่ 1.4 สารอินทรีย์ที่ระบุได้ในตัวอย่างน้ำเสีย ตะกอน และโคลนจากแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน และสวนอุตสาหกรรมโรจนะในประเทศไทย จำนวนสารประกอบที่ระบุได้ในแต่ละกลุ่มสาร (#) หมายถึงสารประกอบที่ระบุได้ในระดับที่ต่ำ จากการวิเคราะห์โดยใช้วิธี *selective SIM* (-) หมายถึงตรวจไม่พบ

สถานที่	นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน					สวนอุตสาหกรรมโรจนะ	
	MI06036	MI06038	MI06037	MI06039	MI06040	MI06052	MI06053
หมายเลขตัวอย่าง	น้ำเสีย	น้ำเสีย	ตะกอน	โคลน	โคลน	น้ำเสีย	น้ำเสีย
ประเภทตัวอย่าง	น้ำเสีย	น้ำเสีย	ตะกอน	โคลน	โคลน	น้ำเสีย	น้ำเสีย
โลหะ	ไม่โครกรัม/ลิตร	ไม่โครกรัม/ลิตร	มิลลิกรัม/ กิโลกรัม	มิลลิกรัม/ กิโลกรัม	มิลลิกรัม/ กิโลกรัม	ไม่โครกรัม/ลิตร	ไม่โครกรัม/ลิตร
พลวง (Antimony)	-	-	-	70	49	-	-
แบเรียม (Barium)	95	36	792	286	327	37	33
เบริลเลียม (Beryllium)	-	-	0.4	0.4	0.3	-	-
บิสมัท (Bismuth)	-	-	-	79	106	-	-
แคดเมียม (Cadmium)	-	-	-	-	-	-	-
โครเมียม (Chromium)	-	-	91	110	133	-	203
โคบอลต์ (Cobalt)	-	-	3	30	22	-	-
ทองแดง (Copper)	1780	570	75900	89000	84400	73	106
ตะกั่ว (Lead)	-	-	323	112	91	-	-
แมงกานีส (Manganese)	479	311	603	1360	2500	26	73
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	-	-	4	9	4	-	-
นิกเกิล (Nickel)	59	114	114	1410	598	17	153
ดีบุก (Tin)	-	-	62600	3350	6290	-	81
วานาเดียม (Vanadium)	-	-	19	15	8	-	-
สังกะสี (Zinc)	153	134	164	5790	4780	94	1470

ตารางที่ 1.5 ปริมาณโลหะในตัวอย่างน้ำเสีย ตะกอน และโคลนจากแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน และสวนอุตสาหกรรมโรจนะในประเทศไทย หน่วยความเข้มข้นที่ใช้สำหรับตัวอย่างตะกอนและโคลน คือ มิลลิกรัม/กิโลกรัม และไมโครกรัม/ลิตร สำหรับตัวอย่างน้ำเสีย (-) หมายถึงตรวจไม่พบ

สวนอุตสาหกรรมโรจนะ

ในจำนวนทั้งหมด 7 ตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณสวนอุตสาหกรรมโรจนะ ประกอบไปด้วยตัวอย่างน้ำเสีย 2 ตัวอย่าง คือ MI06052 (น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงงาน PCTT) และ MI06053 (น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงบำบัดน้ำเสียรวม), และน้ำใต้ดินอีก 5 ตัวอย่าง คือ MI06054-MI06058. ตัวอย่างน้ำเสียทั้งสองตัวอย่างประกอบไปด้วยพทาเลทเอสเทอร์ (phthalate esters) โดยมีไดเอทิลเฮกซิล พทาเลท (diethylhexyl phthalate: DEHP) ในน้ำเสียจากโรงงาน PCTT ส่วนในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว ประกอบไปด้วยส่วนผสมของไดเอทิลเฮกซิล พทาเลท (diethylhexyl phthalate: DEHP), ไดบิวทิล พทาเลท (dibutyl phthalate: DBP) และไดไอโซบิวทิล พทาเลท (diisobutyl phthalate: DiBP) น้ำเสียจากโรงงาน PCTT (MI06052) ยังประกอบไปด้วยสารประกอบคลอรีนและสารประกอบโบรมีน ได้แก่ PBDEs สามชนิด, ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane), คลอโรฟอร์ม (chloroform) และไดคลอโรเบนซีน (dichlorobenzene). ไดคลอโรมีเทน

(Dichloromethane) และคลอโรฟอร์ม (chloroform) ที่พบในตัวอย่างนี้มีความเข้มข้นที่ 2.2 ไมโครกรัม/ลิตร และ 35.5 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ. นอกจากนี้พบธาตุแฮโลเจนที่กล่าวข้างต้นแล้ว ในตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงบำบัดน้ำเสียรวม (MI06053) ยังประกอบไปด้วยสารอนุพันธ์ของกรดคาร์บาโมไดธิโออิก (Carbamodithioic acid), อัลลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน (aliphatic hydrocarbons) สองชนิด, คลอโรฟอร์ม (chloroform) ที่ระดับ 0.9 ไมโครกรัม/ลิตร และร่องรอยของโบรโมไดคลอโรมีเทน (bromodichloromethane) ตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วนี้ยังประกอบไปด้วยโลหะบางชนิดในระดับที่สูงกว่าระดับที่พบได้ทั่วไปในน้ำผิวดิน ได้แก่โครเมียม ทองแดง นิกเกิล ดีบุก และสังกะสี ในตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงาน PCTT พบว่ามีทองแดงเท่านั้นที่อยู่ในระดับค่อนข้างสูงที่ 73 ไมโครกรัม/ลิตร

ในตัวอย่างน้ำใต้ดิน 2 ตัวอย่าง (MI06054 & MI06058) ที่เก็บจากบริเวณใกล้สวนอุตสาหกรรมโรจนะ พบว่ามีสังกะสีในระดับที่สูงกว่าที่พบได้ทั่วไปในน้ำใต้ดินเล็กน้อย ในตัวอย่างน้ำใต้ดินทั้งหมด ไม่ปรากฏว่ามีสารอินทรีย์ระเหยปนเปื้อน แต่มีอยู่ 2 ตัวอย่าง (MI06055 & MI06056) ที่พบร่องรอยของสารประกอบฟีนอล (phenol) ที่เป็นพิษ.

หมายเลขตัวอย่าง	MI06024	MI06045	MI06059	MI06052	MI06053
ประเภทตัวอย่าง	น้ำเสีย	น้ำเสีย	น้ำใต้ดิน	น้ำเสีย	น้ำเสีย
สถานที่	โรงงาน EETH	นิคมฯไฮเทค	นิคมฯนวนคร	นิคมฯโรจนะ	
สารประกอบ	ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/ลิตร)				
THMs	โบรโมฟอร์ม (Bromoform)	<0.5	-	-	-
	คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	<0.5	1.9	1.2	35.5
	มีเทน, โบรโมไดคลอโร- (Methane, bromodichloro-)	<0.5	-	1.2	-
	มีเทน, ไดโบรโมคลอโร- (Methane, dibromochloro-)	<0.5	-	-	-
คลอรีเนตมีเทน, อีเทน, อีเทน (Chlorinated methanes, ethanes & ethenes)	มีเทน, ไดคลอโร- (Methane, dichloro-)	-	1.1	-	2.2
	มีเทน, เตตระคลอโร- (Methane, tetrachloro-)	<0.1	-	-	-
	อีเทน, 1,1,1-ไตรคลอโร- (Ethane, 1,1,1-trichloro-)	<0.5	-	-	-
	อีเทน, 1,1-ไดคลอโร- (Ethene, 1,1-dichloro-)	<0.1	-	-	-
	อีเทน, 1,2-ไดคลอโร-, cis- (Ethene, 1,2-dichloro-, cis-)	<0.5	-	-	-
	อีเทน, ไตรคลอโร- (Ethene, trichloro-)	<0.5	-	-	-
	อีเทน, เตตระคลอโร- (Ethene, tetrachloro-)	<0.1	-	-	-
เฮกซะคลอโรบิวทาไดอีน (Hexachlorobutadiene)	<0.5	-	-	-	-

ตารางที่ 1.6 ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยในตัวอย่างน้ำใต้ดินและน้ำเสียที่เก็บจากบริเวณแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ในประเทศไทย (-) หมายถึงตรวจไม่พบ

นิคมอุตสาหกรรมนวนคร

มีเพียงตัวอย่างน้ำใต้ดินเท่านั้นที่เก็บจากบริเวณใกล้นิคมอุตสาหกรรมนวนคร: MI06032-MI0634 และ MI06059 ซึ่งไม่พบว่ามีโลหะในปริมาณที่สูง ส่วนสารอินทรีย์ระเหยถูกตรวจพบในตัวอย่างเลขที่ MI06059 เป็นสารประกอบคลอโรฟอร์ม (chloroform) และโบรมอไดคลอโรมีเทน (bromodichloromethane) อยู่ในระดับที่ต่ำ (1.2 ไมโครกรัม/ลิตร).

สถานที่	นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน				สวนอุตสาหกรรมโรจนะ					นิคมนวนคร
	MI06035	MI06041	MI06043	MI06044	MI06054	MI06055	MI06056	MI06057	MI06058	
ประเภทตัวอย่าง	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน
โลหะ	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร
พลวง (Antimony)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แบเรียม (Barium)	-	41	139	147	29	47	43	56	55	74
เบริลเลียม (Beryllium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
บิสมัท (Bismuth)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แคดเมียม (Cadmium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โครเมียม (Chromium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โคบอลต์ (Cobalt)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ทองแดง (Copper)	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ตะกั่ว (Lead)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แมงกานีส (Manganese)	-	-	210	127	-	-	65	17	75	25
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
นิกเกิล (Nickel)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ดีบุก (Tin)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
วานาเดียม (Vanadium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สังกะสี (Zinc)	-	-	20	50	71	-	-	-	67	-

ตารางที่ 1.7 ปริมาณโลหะในตัวอย่งน้ำใต้ดินที่เก็บจากบริเวณแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน และสวนอุตสาหกรรมโรจนะในประเทศไทย (-) หมายถึงตรวจไม่พบ

สถานที่	EETH		นิคมอุตสาหกรรมนวนคร			นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค				
	MI06027	MI06028	MI06032	MI06033	MI06034	MI06048	MI06049	MI06050	MI06051	
หมายเลขตัวอย่าง	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	
ประเภทตัวอย่าง	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	น้ำใต้ดิน	
โลหะ	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	ไมโครกรัม/ ลิตร	
พลวง (Antimony)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
แบเรียม (Barium)	118	125	93	47	198	57	14	27	66	
เบริลเลียม (Beryllium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
บิสมัท (Bismuth)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
แคดเมียม (Cadmium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
โครเมียม (Chromium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
โคบอลต์ (Cobalt)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ทองแดง (Copper)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ตะกั่ว (Lead)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
แมงกานีส (Manganese)	97	110	144	-	-	119	29	24	213	
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
นิกเกิล (Nickel)	-	-	-	-	-	-	96	-	-	
ดีบุก (Tin)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
วานาเดียม (Vanadium)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
สังกะสี (Zinc)	12	-	-	-	-	55	179	71	20	

ตารางที่ 1.8 ปริมาณโลหะในตัวอย่งน้ำใต้ดินที่เก็บจากบริเวณแหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ ได้แก่ โรงงาน EETH นิคมอุตสาหกรรมนวนคร และนิคมอุตสาหกรรมไฮเทคในประเทศไทย (-) หมายถึงตรวจไม่พบ