ชื่อเรื่อง : ลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่ปนเปื้อนในหาดทรายตามแนวชายฝั่งของตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

Title : Physical Characteristics of Contaminated Microplastics on Sandy Beaches along the Coast of Khaoroopchang and Kohtaew Subdistrict, Mueang District, Songkhla Province

ชื่อผู้นิพนธ์ : นางสาวสิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ (Miss Siriporn Borrirukwisitsak)

สังกัด : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ชื่อแหล่งทุน : -

ผู้วิจัยร่วม : นางสาวสายสิริ ไชยชนะ, นางสาวฉัตรฑริกา แซ่อึ้ว, นางสาวธัญญารัตน์ คงทอง และนายอภิสิทธิ์ อินทภาพ

สังกัด : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชายฝั่งเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล การศึกษานี้รายงานพบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกเป็นครั้งแรกบริเวณชายหาดตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นชายหาดที่มีการประกอบกิจกรรมหลากหลายทั้งการท่องเที่ยว แหล่งอุตสาหกรรม ชุมชน และการประมงพื้นบ้าน โดยมีการเก็บตัวอย่างทรายหาดจากเก้าพื้นที่ของทั้งสองตำบลในเดือนธันวาคม 2560 แยกไมโครพลาสติกออกจากทรายชายหาดโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ตรวจวัดปริมาณและลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ รูปร่าง ขนาด และสีของไมโครพลาสติกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบไบร์ทฟิลด์ ผลการศึกษาพบการสะสมของไมโครพลาสติกเฉลี่ย 291 ± 198 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด คือ เส้นใย (62.17%) และสีที่พบมากที่สุด คือ สีขาวใส (28.15%) กิจกรรมการท่องเที่ยว การประมง การปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชนและอุตสาหกรรม รวมถึงขยะพลาสติกที่พบในพื้นที่มีศักยภาพในการเป็นแหล่งกำเนิดไมโครพลาสติก จึงควรมีการเฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด

คำสำคัญ : ไมโครพลาสติก, ทรายชายหาด, เขารูปช้าง, เกาะแต้ว, สงขลา

Abstract

Microplastic contamination in the coastal area is a growing concern issue because of impacts on the marine environment. This study is the first to report microplastics contamination in the beach of Khaoroopchang and Kohtaew subdistirict, Mueang district, Songkhla province, a multiactivity beach including tourism, industry, community and local fishery. The beach sand was collected from nine sampling sites along the beach in December 2017. Saturated NaCl solution was used to separated microplastics from

beach sand. Microplastics were identified the quantity and their physical characteristics including shape, size, and color by a bright field microscope. The results show that the number of microplastics was 291 ± 198 items/kg sand dry weight on average. The most abundant shape of microplastics was fiber (62.17%) and the most color was transparent (28.15%). Tourism-based activities, fishery, discharge water from community and industry located along the beach, and plastic debris founded on the beach are the potential source of microplastics in the study area. These activities should be closely monitored.
Keyword : Microplastic, Beach sand, Khaoroopchang, Kohtaew, Songkhla
E-mail address : siriporn.bo@skru.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พื้นที่ชายฝั่งมีกิจกรรมที่หลากหลายทั้งในภาคพื้นดินและทะเล ปัจจุบันจึงกลายเป็นพื้นที่แหล่งกำเนิดมูลฝอยประเภทพลาสติกที่สำคัญระดับโลก จากข้อมูลในปี 2553 รายงานโดย Jambeck et al. (2015) พบว่า ประเทศในแนวชายฝั่งจำนวน 192 ประเทศ เป็นแหล่งกำเนิดมูลฝอยพลาสติกประมาณ 275 ล้านตัน และได้ปนเปื้อนออกสู่ทะเลประมาณ 12.7 ล้านตัน เนื่องจากการกำจัดมูลฝอยที่ไม่เหมาะสม โดยประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 6 ของโลก ในการก่อให้เกิดมูลฝอยพลาสติกออกสู่ทะเล พลาสติกที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมทางทะเลอาจเกิดการย่อยสลายโดยแสง การย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิต และการปะทะคลื่นในทะเลเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการแตกหักจนมีขนาดเล็กลง (Andrady, 2011) ซึ่งอาจเล็กลงมากจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร เรียกว่า ไมโครพลาสติก (microplastic) (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection [GESAMP], 2016) กระบวนการย่อยสลายของพลาสติกขนาดใหญ่ หรือกระบวนการแตกตัวจนทำให้เกิดไมโครพลาสติกเช่นนี้ จัดเป็นแหล่งกำเนิดไมโครพลาสติกทุติยภูมิ (secondary sources) สำหรับการผลิตไมโครพลาสติกโดยตรงเพื่อใช้ในเครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ เป็นต้น จัดเป็นแหล่งกำเนิดไมโครพลาสติกปฐมภูมิ (primary sources) (Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway, 2011)

ไมโครพลาสติกมีขนาด รูปร่างและสีที่หลากหลายทำให้ดึงดูดสิ่งมีชีวิตในทะเลโดยเข้าใจว่าเป็นแหล่งอาหารและนำเข้าสู่ร่างการผ่านทางการกิน ดังนั้นไมโครพลาสติกจึงสามารถถ่ายทอดผ่านลำดับขั้นของการกิน (Hale, Seeley, La Guardia, Mai, & Zeng, 2020) และสามารถดูดซับ ปลดปล่อย และเคลื่อนย้ายมลสารในสิ่งแวดล้อมได้ (Cole et al., 2011; Teuten et al., 2009; Thompson et al., 2004) เช่น โลหะหนัก (Vedolin, Teophilo, Turra, & Figueira, 2018) และสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Bakir, Rowland, & Thompson, 2014) เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะกายภาพของตะกอนชายหาดสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีไมโครพลาสติกปนเปื้อนและส่งผลต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในบริเวณชายหาด (Carson, Colbert, Kaylor, & McDermid, 2011) ทำให้เกิดความเสี่ยงด้านพิษวิทยาต่อสิ่งมีชีวิตรวมถึงมนุษย์ (National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program, 2016) ไมโครพลาสติกจึงกลายเป็นหนึ่งในเรื่องที่มีความสำคัญมากในปัจจุบันที่เป็นสิ่งสร้างความกดดันต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Thompson, 2016)

พื้นที่จังหวัดสงขลามีอาณาเขตด้านตะวันออกติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย มีประชาชนอาศัยอยู่หนาแน่นในเขตอำเภอหาดใหญ่และอำเภอเมือง และมีการพัฒนาสูงด้านอุตสาหกรรม พาณิชยกรรมและการท่องเที่ยว ชายหาดในตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เป็นชายหาดท่องเที่ยวที่สำคัญและมีความหลากหลายของกิจกรรมตลอดแนว

ชายฝั่ง เป็นที่ตั้งของหน่วยงานราชการ โรงงานอุตสาหกรรม สถานที่สำคัญทางศาสนา สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ รีสอร์ท และมีพื้นที่ติดกับแหล่งชุมชน และท่าเรือประมง ตลอดจนเป็นพื้นที่ชายหาดได้รับอิทธิพลโดยตรงจากคลื่นลมในช่วงฤดูมรสุม จึงเป็นพื้นที่ที่สามารถเกิดการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเก็บตัวอย่างทรายชายหาดในตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ ขนาด รูปร่าง และสีของไมโครพลาสติก

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาปริมาณและลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกที่พบบริเวณชายหาดในตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
2. เพื่อทราบสถานการณ์การปนเปื้อนและเป็นข้อมูลการแพร่กระจายของไมโครพลาสติกในพื้นที่ชายหาดจังหวัดสงขลาแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการจัดการมูลฝอยประเภทพลาสติกในพื้นที่ต่อไป

นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ไมโครพลาสติกที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ พลาสติกที่มีขนาดระหว่าง 63 ไมโครเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างทรายชายหาดบริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ชายหาดบริเวณวัดเขาเก้าแสนจนถึงบริเวณชายหาดบ้านบ่ออิฐ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ในการศึกษานี้ได้ศึกษาปริมาณและลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก ซึ่งประกอบไปด้วย รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบ โดยแบ่งเป็น 4 รูปร่าง ได้แก่ เส้นใย ไร้รูปแบบ ทรงกลม และแท่ง) สีของไมโครพลาสติกที่พบ โดยแบ่งเป็น 11 สี ได้แก่ สีขาวขุ่น สีขาวใส สีแดง สีดำ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีเขียว สีเทา สีน้ำตาล สีส้ม และสีม่วง และขนาดของไมโครพลาสติก

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญและได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง ทำให้มีการศึกษากันในหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยเฉพาะการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในพื้นที่ชายหาด ที่มีการศึกษาและพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในพื้นที่ชายฝั่งในประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศไต้หวัน ประเทศรัสเซีย ประเทศจีน เป็นต้น (Aslam, Ali, Mortula, & Attaelmanan, 2020; Dodson et al., 2020; Chen & Chen, 2020; Constant et al., 2019; Esiukova, 2017; Retama et al., 2016; Urban-Malinga et al., 2020; Yu, Peng, Wang, Wang, & Bao, 2016) เนื่องจากการเก็บตัวอย่างไมโครพลาสติกที่ในพื้นที่ชายหาดเป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและเป็นตัวแทนที่แสดงให้เห็นถึงการสะสมของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการกระทำร่วมกันของภาคพื้นดินและน้ำชายฝั่ง (Dekiff, Remy, Klasmeier, & Fries, 2014; Hidalgo-Ruz, Gutow, Thompson, & Thiel, 2012) สำหรับประเทศไทย ข้อมูลด้านการศึกษาไมโครพลาสติกมีอยู่จำกัด โดยที่ผ่านมามีรายงานการพบไมโครพลาสติกในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ในตะกอนชายหาดและหอยสองฝา (ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพรสานฑ์กุล, และนภาพร เลียดประถม, 2559; สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557) และในสัตว์ที่ใช้ชีวิตตามพื้นทะเล (Thushari, Senevirathna, Yakupitiyage, & Chavanich, 2017) และมีรายงานพบการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในปลาที่จับบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง (Azad, Towatana, Pradit, Patricia, & Hue, 2018) ในหอยแมลงภู่ที่สุ่มเก็บตัวอย่างมาจากตลาดสดในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา (Goh, Pradit, Towatana, Khokkiatiwong,

& Azad, 2019) ในตะกอนชายหาดจังหวัดภูเก็ต (Akkajit, Thongnonghin, Sriraksa, & Pumsri, 2019) และตะกอนดินอ่าวไทย (Wang et al., 2020)

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ในปัจจุบันการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจทั่วโลก สำหรับในประเทศไทยมีรายงานการพบไมโครพลาสติกในตะกอนดินและสิ่งมีชีวิตในบริเวณอ่าวไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างทรายชายหาดที่เก็บจากชายหาดบริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นพื้นที่ชายฝั่งที่มีกิจกรรมที่หลากหลาย และได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมในช่วงฤดูมรสุม โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก ซึ่งได้แก่ ขนาด รูปร่าง และสีของไมโครพลาสติก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

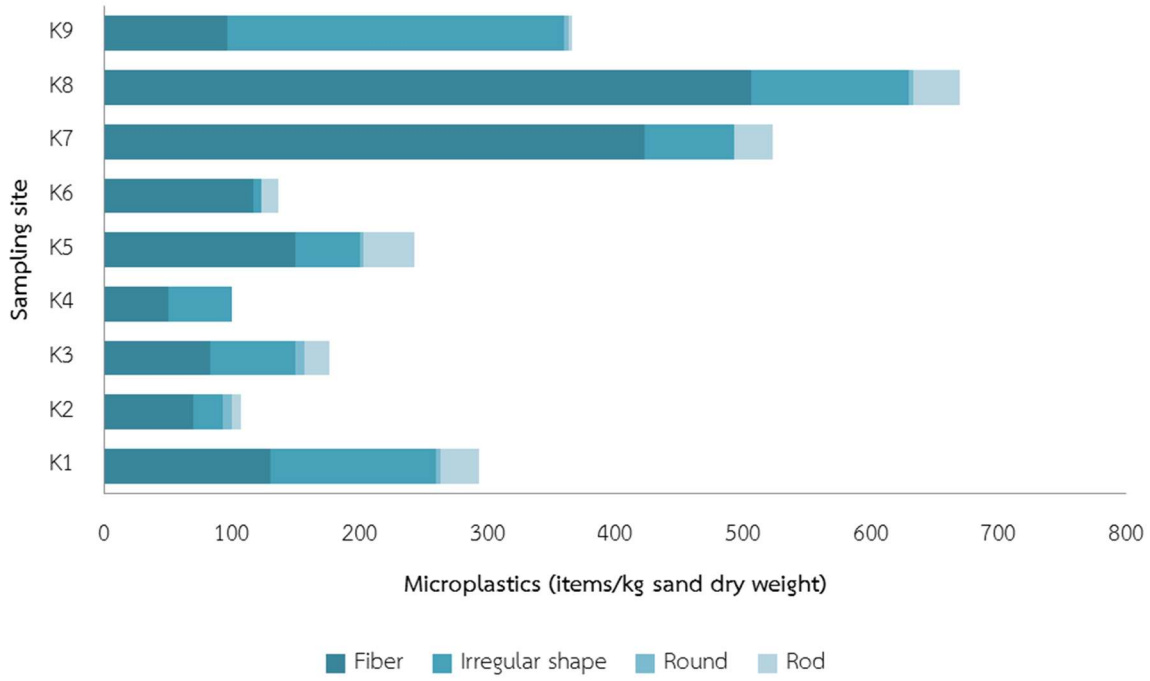
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาปริมาณและลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติกในทรายชายหาดบริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยเก็บตัวอย่างจำนวน 9 จุด (K1 – K9) ตั้งแต่ชายหาดบริเวณวัดเขาเก้าแสนจนถึงบริเวณชายหาดบ้านบ่ออิฐ ระยะห่างระหว่างจุดประมาณ 900 เมตร เป็นระยะทางรวม 8.40 กิโลเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง ในเดือนธันวาคม 2560 แต่ละจุดจะเก็บตัวอย่างทรายชายหาดที่จุดกึ่งกลางระหว่างแนวน้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุด โดยทำการเก็บ 3 จุดย่อย แต่ละจุดย่อยจะห่างกัน 50 เมตร โดยใช้กรอบเก็บตัวอย่าง (quadrat) ขนาด 20 x 20 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างทรายชายหาดลึก 5 เซนติเมตร จากนั้นนำตัวอย่างทรายชายหาดมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนสแตนเลสขนาดตา 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างทรายชายหาดที่ร่อนผ่านตะแกรงในแต่ละจุดย่อยมาจุดย่อยละ 400 กรัม นำมาผสมกันเพื่อเป็นตัวแทนทรายชายหาดของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด (ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557)

ชั่งตัวอย่างทรายชายหาด 300 กรัม เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 5 M ปริมาตร 300 มิลลิลิตร กรองส่วนใสด้วยตะแกรงร่อนสแตนเลสขนาด 63 ไมโครเมตร และนำส่วนที่อยู่บนตะแกรงร่อนไปอบให้แห้ง จากนั้นนำมาเติมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) เข้มข้น 0.05 M 20 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 30% ครั้งละ 20 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดสารอินทรีย์จนสารอินทรีย์หมด เติม NaCl ด้วยอัตราส่วน 6 กรัม/ตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จากนั้นกรองส่วนใสด้วยกระดาษกรองเซลลูโลสไนเตรท (cellulose nitrate filter) ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร นำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองมาวิเคราะห์ไมโครพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบไบร์ทฟิลด์ ยี่ห้อ Nikon รุ่น ECLIPSE Ci พร้อม microscope camera ยี่ห้อ LANOPTIK MDX1003 โดยนับจำนวนและจำแนกลักษณะทางกายภาพของไมโครพลาสติก ได้แก่ รูปร่าง (เส้นใย ไร้รูปแบบ ทรงกลม และแท่ง) สี (สีขาวขุ่น สีขาวใส สีแดง สีดำ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีเขียว สีเทา สีน้ำตาล สีส้ม และสีม่วง) และขนาดของไมโครพลาสติก (ดัดแปลงจาก National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Masura et al., 2015) และสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา (2557))

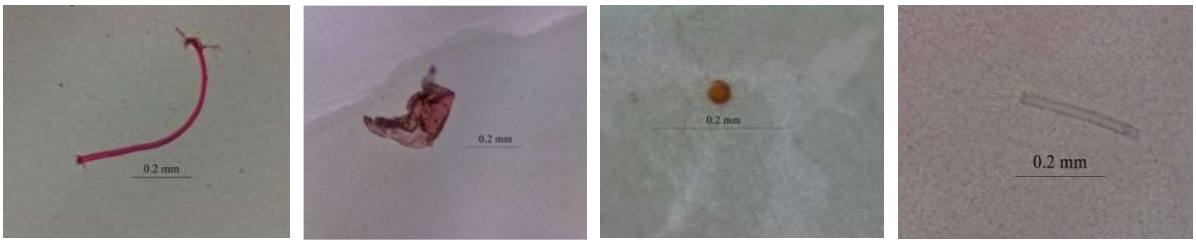
ผลการวิจัย

จากการศึกษาสำรวจปริมาณไมโครพลาสติกในทรายชายหาดตั้งแต่ชายหาดบริเวณวัดเขาเก้าแสนจนถึงบริเวณชายหาดบ้านบ่ออิฐ บริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 9 จุดเก็บตัวอย่าง (K1 – K9) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีกิจกรรมที่หลากหลาย โดยมีรายละเอียดของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง คือ จุด K1 ชายหาดบริเวณวัดเขาเก้าแสน จุด K2 ชายหาดบริเวณบ้านพักของหน่วยงานราชการ จุด K3 – K5 ชายหาดซึ่งอยู่ตรงข้ามโรงงานปลาป่นและอาหารทะเลแช่แข็ง จุด K6 ชายหาดบริเวณท่าเทียบเรือของบริษัท จุด K7 ชายหาดบริเวณชุมชนที่พักอาศัยและมีการทำประมง จุด K8 ชายหาดบริเวณสถานที่กำจัดขยะ และจุด K9 ชายหาดบริเวณชุมชนที่พักอาศัย ผลการศึกษาพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในตัวอย่างทรายชายหาดทั้ง 9 จุด (K1 – K9) โดยพบปริมาณไมโครพลาสติกเฉลี่ย 291 ± 198 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง (n = 9) จุดที่พบปริมาณไมโครพลาสติกมากที่สุด คือ จุด K8 (670 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง) รองลงมาคือ จุด K7 (523 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง) และจุด K9 (367 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง) ตามลำดับ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ปริมาณและรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในทรายชายหาดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

ในการศึกษานี้สามารถแบ่งไมโครพลาสติกที่พบออกเป็น 4 รูปร่าง คือ เส้นใย (Fiber) ไร้รูปแบบ (Irregular shape) ทรงกลม (Round) และแท่ง (Rod) ดังรูปที่ 2 ซึ่งรูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบมากที่สุด คือ รูปร่างแบบเส้นใย (62.17%) รองลงมาคือ ไร้รูปแบบ (29.94%) แท่ง (6.88%) และทรงกลม (1.02%) ตามลำดับ (รูปที่ 1)



(a) Fiber (b) Irregular shape (c) Round (d) Rod

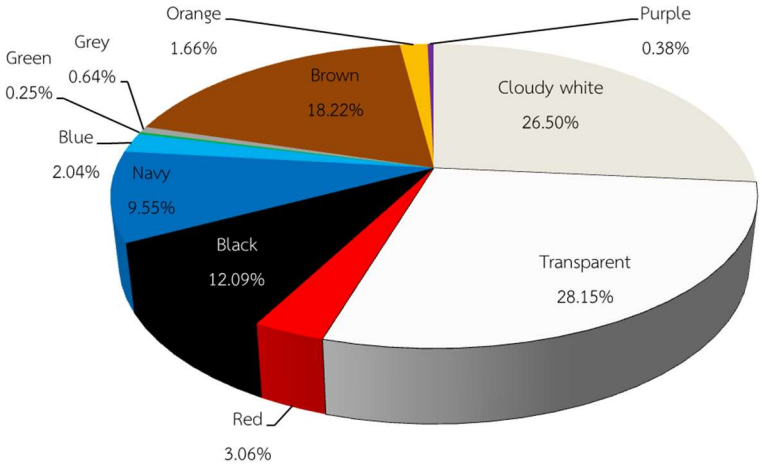
รูปที่ 2 รูปร่างของไมโครพลาสติกที่พบในทรายชายหาด

เมื่อทำการวัดขนาดของไมโครพลาสติก พบว่า ไมโครพลาสติกที่พบในการศึกษานี้มีขนาดระหว่าง 0.02 – 5.63 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) โดยไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างเส้นใยจะมีขนาดมากที่สุด (ขนาดเฉลี่ย 0.76 ± 0.74 มิลลิเมตร) ส่วนไมโครพลาสติกที่มีขนาดเล็กที่สุด คือ ไมโครพลาสติกที่มีรูปร่างทรงกลม (ขนาดเฉลี่ย 0.06 ± 0.02 มิลลิเมตร)

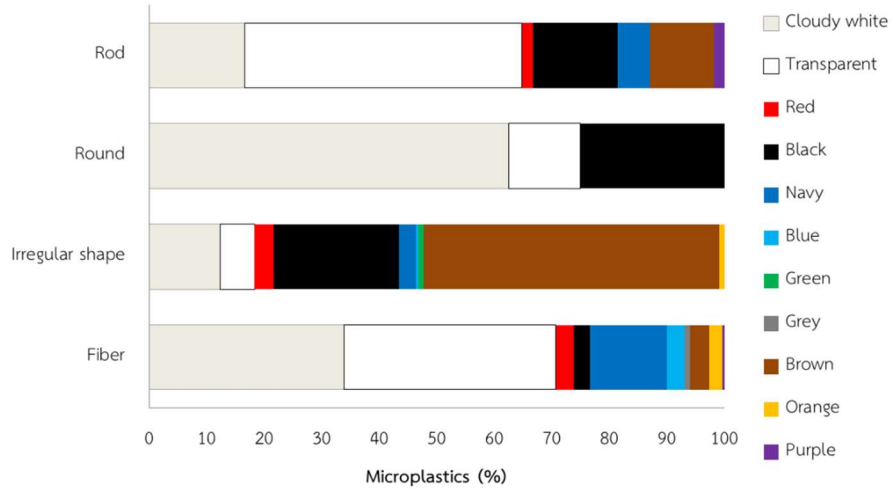
ตารางที่ 1 ขนาดของไมโครพลาสติกแต่ละรูปร่าง

Shape of microplastics	Size (mm)		
	Maximum	Minimum	Average ± SD
Fiber	5.63	0.10	0.76 ± 0.74
Irregular	1.26	0.03	0.24 ± 0.19
Round	0.08	0.02	0.06 ± 0.02
Rod	0.81	0.09	0.23 ± 0.15

นอกจากนี้ ยังสามารถจำแนกสีของไมโครพลาสติกที่พบได้เป็น 11 สี คือ สีขาวขุ่น สีขาวใส สีแดง สีดำ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีเขียว สีเทา สีน้ำตาล สีส้ม และสีม่วง ซึ่งในการศึกษานี้พบไมโครพลาสติกสีขาวใสมากที่สุด (28.15%) รองลงมาคือ สีขาวขุ่น (26.50%) และสีที่พบน้อยที่สุดคือ สีเขียว (0.25%) ดังรูปที่ 3 และเมื่อจำแนกสีของไมโครพลาสติกตามรูปร่าง พบว่า รูปร่างเส้นใยพบสีขาวใสมากที่สุด (36.89%) รูปร่างไร้รูปแบบพบสีน้ำตาลมากที่สุด (51.49%) รูปร่างทรงกลมพบสีขาวขุ่นมากที่สุด (62.50%) และรูปร่างแท่งพบสีขาวใสมากที่สุด (48.15%) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 สีของไมโครพลาสติกที่พบในทรายชายหาด



รูปที่ 4 สีของไมโครพลาสติกแต่ละรูปร่างที่พบในทรายชายหาด

การอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในทุกจุดเก็บตัวอย่าง โดยพบไมโครพลาสติกที่จุด K8 มากที่สุด ซึ่งจุด K8 เป็นบริเวณที่อยู่ใกล้สถานที่กำจัดขยะ มีท่อระบายน้ำ และพบขยะมูลฝอยในบริเวณที่เก็บตัวอย่าง รองลงมาคือที่จุด K7 และจุด K9 ซึ่งเป็นบริเวณชุมชนที่พักอาศัย มีการทำประมงพื้นบ้าน และพบขยะมูลฝอยและอุปกรณ์ประมงในบริเวณที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งปริมาณไมโครพลาสติกที่พบในการศึกษาครั้งนี้ (เฉลี่ย 291 ± 198 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง) อยู่ในระดับเดียวกับบริเวณชายหาดของไต้หวันที่พบ 80 – 480 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง (Chen & Chen, 2020) และชายหาดบริเวณชายฝั่งทะเลบอลติกตอนใต้พบ 76 – 295 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง (Urban-Malinga et al., 2020) แต่อยู่ในระดับที่สูงกว่าชายหาดเมืองดูไบ สหรัฐอาหรับเอมิเรส ที่พบปริมาณไมโครพลาสติกโดยเฉลี่ยเพียง 59.71 ชิ้น/กิโลกรัมน้ำหนักทรายแห้ง (Aslam et al., 2020)

จากผลการศึกษาพบว่า ไมโครพลาสติกที่พบในทรายชายหาดบริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ส่วนใหญ่มีรูปร่างเส้นใยและไร้รูปแบบ อาจเนื่องจากในพื้นที่เป็นแหล่งชุมชนและมีการทำการประมง ซึ่งไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยอาจหลุดมาจากเสื้อผ้า หรือจากอุปกรณ์ประมง เช่น แห อวน ตาข่าย ส่วนไมโครพลาสติกแบบไร้รูปแบบอาจเกิดจากการแตกหักของขยะพลาสติกต่าง ๆ (ปิติพงษ์ ธาระมนต์ และ คณะ, 2559; Cole et al., 2011) ผลการศึกษารูปร่างของไมโครพลาสติกในครั้งนี้ที่พบรูปร่างแบบเส้นใยมากที่สุดนั้น สอดคล้องกับที่มีรายงานพื้นที่ชายหาดของแม็กซิโก (Retama et al., 2016) ชายหาดริมชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ฝรั่งเศส (Constant et al., 2019) และชายหาดในเมืองดูไบ สหรัฐอาหรับเอมิเรส (Aslam et al., 2020) โดยเฉพาะชายหาดริมชายฝั่งคาบสมุทรเฮงชวน ไต้หวัน พบว่าไมโครพลาสติกมีรูปร่างเส้นใยสูงมากกว่า 97% (Chen & Chen 2020) ขณะที่ทรายชายหาดบริเวณชายฝั่งทะเลบอลติกตอนใต้พบรูปร่างเส้นใยและไร้รูปแบบในปริมาณสูงที่สุด (Urban-Malinga et al., 2020) นอกจากนี้ยังพบว่าไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยมีขนาดมากที่สุด รวมทั้งพบไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยที่มีขนาดมากกว่าขนาดของตะแกรงร่อน (1 มิลลิเมตร) ซึ่งอาจเกิดจากการจัดเรียงตัวของไมโครพลาสติกในระหว่างการร่อน จากการศึกษาสีของไมโครพลาสติกพบว่า ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ที่พบมีสีขาวขุ่นและสีขาวใส ซึ่งสอดคล้องกับสีของไมโครพลาสติกที่พบโดยทั่วไปบริเวณชายหาดของไต้หวัน (Chen & Chen, 2020)

จากการสำรวจพบว่า ชายหาดบริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา มีลักษณะเป็นชายหาดทอดยาว และอาจเป็นแหล่งสะสมของขยะทะเลจากอิทธิพลของคลื่นทะเล และในบริเวณดังกล่าวเป็นเขตชุมชน ซึ่งชาวบ้านส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการทำการประมง อาจก่อให้เกิดขยะมูลฝอยที่มาจากอุปกรณ์การประมง ซึ่งขยะส่วนใหญ่ทำมาจากเส้นใยหรือเส้นเอ็น รวมถึงอาจมีเส้นใยบางส่วนหลุดออกมาระหว่างการซักผ้า หรือการเล่นกิจกรรมทางน้ำในพื้นที่พักผ่อนย่อนใจ ทำให้มีแนวโน้มที่พบไมโครพลาสติกรูปร่างเส้นใยมากที่สุด ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ และระดับของการพัฒนาสิ่งก่อสร้างบริเวณชายฝั่ง เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อระดับของไมโครพลาสติกที่พบในพื้นที่ชายหาด (Urban-Malinga et al., 2020) นอกจากนี้จากการที่พบไมโครพลาสติกที่มีขนาดและสีที่หลากหลาย อาจส่งผลต่อการเข้าสู่สิ่งมีชีวิตของไมโครพลาสติก (Hale et al., 2020) รวมถึงไมโครพลาสติกขนาดใหญ่เมื่อปล่อยทิ้งไว้อาจมีการย่อยสลายเป็นไมโครพลาสติกขนาดเล็กได้ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมต่อไป ซึ่งจากข้อมูลขยะทะเลของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งในปี 2560 พบว่า จังหวัดสงขลามีปริมาณขยะทะเลมากเป็นอันดับ 4 และขยะทะเลส่วนใหญ่เป็นขยะพลาสติก (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560) และมีรายงานพบไมโครพลาสติกในทรายชายหาดบริเวณแหลมสนอ่อนและแหลมสมิหลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา (กนกพร บัวจันทร์, เบญจภรณ์ มณีโชติ, สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์, และสายสิริ ไชยชนะ, 2561; เบญจภรณ์ มณีโชติ, กนกพร บัวจันทร์, สายสิริ ไชยชนะ, และสิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์, 2561) ในปลาและหอยแมลงภู่ของจังหวัดสงขลา (Azad et al., 2018; Goh, Pradit, Towatana, Khokkiatiwong, & Azad, 2019) ประกอบกับข้อมูลแสดงการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ทะเลอ่าวไทย และชายฝั่งจังหวัดภูเก็ต (ปิติพงษ์ ธาระมนต์ และ คณะ, 2559; สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557; Akkajit et al., 2019; Thushari et al., 2017; Wang et al., 2020) แสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ที่น่ากังวลเกี่ยวกับการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มขึ้นในเชิงพื้นที่และชนิดของสิ่งมีชีวิต ครอบคลุมทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ เพื่อให้สามารถประเมินสาเหตุและระดับความรุนแรงของการปนเปื้อนในพื้นที่ชายฝั่ง ตลอดจนการส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคในประเทศได้ต่อไป

ทั้งนี้หากไมโครพลาสติกเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งจากสารพิษที่เป็นองค์ประกอบของไมโครพลาสติกเอง เช่น bisphenol A (BPA) และจากสารพิษหรือเชื้อโรคที่ถูกไมโครพลาสติกนั้นดูดซับไว้ เช่น สารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน (Persistent organic pollutants; POPs) ซึ่งอาจทำให้เกิดมะเร็ง ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและระบบประสาท ทำให้เกิดการติดเชื้อ เป็นต้น (Prata, da Costa, Lopes, Duarte, & Rocha-Santos, 2020) ทำให้ประเทศต่าง ๆ รวมทั้งประเทศไทยมีนโยบายเพื่อจัดการขยะทะเลและขยะพลาสติก รวมถึงไมโครพลาสติก แต่จากการเกิดวิกฤติโรคระบาดโควิด-19 ส่งผลให้มีการปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้นจากวิถีการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งจากการใช้พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียว (single-use plastics) การสั่งอาหารและสินค้าออนไลน์ การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลต่าง ๆ เช่น หน้ากากอนามัย ถุงมือ ซึ่งมีพลาสติกเป็นส่วนประกอบ (Patrício Silva et al., 2020) ขยะพลาสติกเหล่านี้อาจปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อม และกลายเป็นขยะทะเลที่สามารถกลายเป็นไมโครพลาสติกได้ต่อไป โดยได้มีการพบหน้ากากอนามัยที่ชายหาดหมู่เกาะโซโกของเกาะฮ่องกงที่ไม่มีผู้อยู่อาศัย (Stokes, 2020) และพบหน้ากากอนามัยในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศฝรั่งเศส (Kassam, 2020) ดังนั้น แม้การเกิดวิกฤติโรคระบาดโควิด-19 จะส่งผลให้ระบบนิเวศมีการฟื้นฟูจากจำนวนนักท่องเที่ยวที่ลดลงจากมาตรการควบคุมและป้องกันการแพร่ระบาด แต่กลับส่งผลให้นโยบายเพื่อลดการใช้พลาสติกไม่มีประสิทธิภาพ (Patrício Silva et al., 2020)

ข้อเสนอแนะ

จากการเก็บตัวอย่างทรายชายหาดบริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา จำนวน 9 จุด พบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในทุกจุดเก็บตัวอย่าง โดยพบไมโครพลาสติกมากในพื้นที่ที่เป็นชุมชนที่อยู่อาศัยและบริเวณที่อยู่ใกล้สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ซึ่งพบไมโครพลาสติกตั้งแต่ขนาดที่มีระดับไมโครเมตรจนถึงระดับมิลลิเมตร และเมื่อจำแนกรูปร่างและสีที่พบ พบว่า ไมโครพลาสติกส่วนใหญ่มีรูปร่างเส้นใยและแบบไร้รูปแบบ และมีสีขาว (สีขาวใสและสีขาวขุ่น) ในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกโดยดูจากลักษณะทางกายภาพโดยใช้เพียงกล้องจุลทรรศน์เท่านั้น ในการศึกษาเพื่อให้ได้ทราบสถานการณ์การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกที่ถูกต้องมากขึ้นควรต้องมีการวิเคราะห์ทางเคมีร่วมด้วยเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในทรายชายหาดในพื้นที่บริเวณตำบลเขารูปช้างและตำบลเกาะแต้ว อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา และเป็นการสร้างความตระหนักเกี่ยวกับผลกระทบจากการจัดการขยะพลาสติกที่ไม่เหมาะสม สร้างจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และวางแผนการจัดการพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากไมโครพลาสติก และช่วยในการประเมินการเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและร่างกายของมนุษย์ของไมโครพลาสติก อันจะนำไปสู่การกำหนดนโยบายเพื่อแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกและขยะทะเลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา และขอขอบคุณคำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ไมโครพลาสติกในทรายชายหาดจากเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดภูเก็ต

บรรณานุกรม

กนกพร บัวจันทร์, เบญจภรณ์ มณีโชติ, สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ และสายสิริ ไชยชนะ. (2561). การสำรวจปริมาณไมโครพลาสติกในตัวอย่างทรายชายหาดบริเวณแหลมสนอ่อน ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. ใน มหาวิทยาลัยบูรพา (บ.ก.), *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6* (น. 803-809). ชลบุรี, ประเทศไทย.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2560). *รายงานข้อมูลขยะทะเลในประเทศไทย*. สืบค้นจาก http://tcc.dmcr.go.th/thaicoastalcleanup/report

เบญจภรณ์ มณีโชติ, กนกพร บัวจันทร์, สายสิริ ไชยชนะ และสิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์. (2561). การสำรวจปริมาณไมโครพลาสติกในตัวอย่างทรายชายหาดบริเวณแหลมสมิหลา ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา. ใน มหาวิทยาลัยบูรพา (บ.ก.), *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 6* (น. 796-802). ชลบุรี, ประเทศไทย.

ปิติพงษ์ ธาระมนต์, สุหทัย ไพรสานฑ์กุล, และนภาพร เลียดประถม. (2559). การปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในหอยสองฝาบริเวณชายหาดเจ้าหลาว และชายหาดคุ้งวิมาน จังหวัดจันทบุรี. *แก่นเกษตร, 44*(1), 738-744.

สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและป่าชายเลน และคณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. (2557). *การสำรวจและจำแนกตัวอย่างขยะทะเลประเภทไมโครพลาสติก.* กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.

Akkajit, P., Thongnonghin, S., Sriraksa, S., & Pumsri, S. (2019). Preliminary study of distribution and quantity of plastic-debris on beaches along the coast at Phuket province. *Applied Environmental Research, 41*(2), 54-62.

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin, 62*, 1596-1605. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Aslam, H., Ali, T., Mortula, M. M., Attaelmanan, A. G. (2020). Evaluation of microplastics in beach sediments along the coast of Dubai, UAE. *Marine Pollution Bulletin, 150,* 110739. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110739

Azad, S. M. O., Towatana, P., Pradit, S., Patricia, B. G., & Hue, H. T. (2018). Ingestion of microplastics by some commercial fishes in the lower Gulf of Thailand: a preliminary approach to ocean conservation. *International Journal of Agricultural Technology, 14*(7), 1017-1032.

Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2014). Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 140,* 14-21. doi: 10.1016/j.ecss.2014.01.004

Carson, H. S., Colbert, S. L., Kaylor, M. J., & McDermid, K. J. (2011). Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin, 62*(8), 1708–1713. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.032

Chen, M.-C., & Chen, T.-H. (2020). Spatial and seasonal distribution of microplastics on sandy beaches along the coast of the Hengchun Peninsula, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin, 151*, 110861. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.110861

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, *62*, 2588-2597. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Constant, M., Kerhervé, P., Mino-Vercellio-Verollet, M., Dumontier, M., Vidal, A. S., Canals, M., Heussner, S. (2019). Beached microplastics in the Northwestern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin, 142,* 263-273. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.03.032

Dekiff, J. H., Remy, D., Klasmeier, J., & Fries, E. (2014). Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environmental Pollution, 186,* 248-256. doi: 10.1016/j.envpol.2013.11.019

Dodson, G. Z., Shotorban, A. K., Hatcher, P. G., Waggoner, D. C., Ghosal, S., & Noffke, N. (2020). Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. *Marine Pollution Bulletin, 151,* 110869. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.110869

Esiukova, E. (2017). Plastic pollution on the Baltic beaches of Kaliningrad region, Russia. *Marine Pollution Bulletin, 114,* 1072-1080. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.10.001

Goh, P. B., Pradit, S., Towatana, P., Khokkiatiwong, S., & Azad, S. M. O. (2019). Mircroplastics in green mussel *Perna viridis* from Singhanakorn District, Songkhla Province, Thailand. *Climate Change Adaptation – The Challenging Role of Higher Education Institutions. 34th AUAP Annual Conference 2019.* (pp. 19-23). Phitsanulok, Thailand.

Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., & Zeng, E.Y. (2020). A global perspective on microplastics. *Geophysical Research: Oceans, 125*, e2018JC014719. doi:10.1029/2018JC014719

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology, 46,* 3060-3075. doi: 10.1021/es2031505

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., . . . Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science, 347*(6223), 768–771. doi:10.1126/science.1260352

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP). (2016). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment* (Research Report). London: International Maritime Organisation.

Kassam, A. (2020, 8 June). *More masks than jellyfish: coronavirus waste ends up in ocean*. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2020/jun/08/more-masks-than-jellyfish-coronavirus-waste-ends-up-in-ocean

Masura, J., Baker, J. Foster, G., & Arthur, C. (2015). *Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments* (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48). Silver Spring, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration, Marine Debris Division.

National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program. (2016). *Marine debris impacts on coastal and benthic habitats* (Research Report). Silver Spring, MD: National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program. Retrieved from https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/Marine_Debris_Impacts_on_Coastal_%26_Benthic_Habitats.pdf

Patrício Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Campos, D., Duarte, A. C., Soares, A. M.V.M., ... Rocha-Santos, T. (2020). Rethinking and optimizing plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Science of the Total Environment, 742*, 140565. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565

Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental exposure of microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of The Total Environment, 702*, 134455. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455

Retama, I., Jonathan, M. P., Shruti, V. C., Velumani, S., Sarkar, S. K., Roy, P. D., & Rodríguez-Espinosa. P. F. (2016). Microplastics in tourist beaches of Huatulco Bay, Pacific coast of southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin, 113*, 530-535. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.08.053

Stokes, G. (2020, 28 February). *No shortage of surgical masks at the beach*. Retrieved from http://oceansasia.org/beach-mask-coronavirus

Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., . . . Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, 364*(1526), 2027-2045. doi:10.1098/rstb.2008.0284

Thompson R. C. (2016). Sources, distribution, and fate of microscopic plastics in marine environments. In H. Takada & H. K. Karapanagioti (Eds.), *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment* (pp. 121-133). Zurich: Springer.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., . . . Russell A. E. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic?. *Science, 304*, 838. doi:10.1126/science.1094559

Thushari, G. G. N., Senevirathna, J. D. M., Yakupitiyage, A., & Chavanich, S. (2017). Effects of microplastics on sessile invertebrates in the eastern coast of Thailand: An approach to coastal zone conservation. *Marine Pollution Bulletin, 124*, 349-355. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.06.010

Urban-Malinga, B., Zalewski, M., Jakubowska, A., Wodzinowski, T., Malinga, M., Pałys, B., & Dabrowska, A. (2020). Microplastics on sandy beaches of the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin, 155,* 111170. doi:10.1016/j.marpolbul.2020.111170

Vedolin, M. C., Teophilo, C. Y. S., Turra, A., & Figueira, R. C. L. (2018). Spatial variability in the concentrations of metals in beached microplastics. Marine Pollution Bulletin, 129 (2), 487-493. doi: doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.019

Wang, Y., Zou, X., Peng, C., Qiao, S., Wang, T., Yu, W., Khokiattiwong, S., Kornkanitnan, N. (2020). Occurrence and distribution of microplastics in surface sediments from the Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin, 152,* 110916. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.110916

Yu, X., Peng, J., Wang, J., Wang, K., & Bao, S. (2016). Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Environmental Pollution, 214*, 722-730. doi:10.1016/j.envpol.2016.04.080