รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้ไอโซโทปเสถียรในการบ่งชี้ผลกระทบของน้ำเสียจากชุมชน
ต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน

ถนอมศักดิ์ บุญภักดี หัวหน้าโครงการ

โครงการงานวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุน
รัฐบาล(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559
มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 58/2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้ไอโซโทปเสถียรในการบ่งชี้ผลกระทบของน้ำเสียจากชุมชนต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน

ถนอมศักดิ์ บุญภักดี หัวหน้าโครงการ
พลอยสิรินทร์ แสงมณี ผู้ร่วมวิจัย
ภัทราวุธ ไทยพิชิตบูรพา ผู้ร่วมวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์

ธันวาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๙ มหาวิทยาลัยบูรพาผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา ๕๘/๒๕๕๙

This work was financially supported by the research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 58/2559).

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาการใช้ไอโซโทปเสถียรในการบ่งชี้ผลกระทบของน้ำเสียจากชุมชนต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ดินตะกอน สัตว์หน้าดิน โดยแบ่งเป็นระบบนิเวศหาดทราย ระบบนิเวศป่าชายเลนและหาดโคลน และระบบนิเวศหญ้าทะเล พบว่าน้ำทะเลในระบบนิเวศหาดทรายมีปริมาณ POC และ POC:Chl *a* อยู่ในช่วง 1,049.8-4,537.2 และ 66.9-626.1 μg/l ตามลำดับ ส่วนในดินตะกอนปริมาณ TOC และ TN อยู่ในช่วง 3.5-76.9 μg/g และ 0.8-8.3 μg/g ตามลำดับ ขณะที่ในระบบนิเวศป่าชายเลน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวอยู่ในช่วง 2.7 – 30.2 mg/g โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุดอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน และต่ำสุดอยู่ในพื้นที่หาดโคลน ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวในระบบนิเวศหญ้าทะเล พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 0.3 – 1.1 mg/g โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในพื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล และพื้นที่ที่มีหญ้าทะเลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศชายฝั่งด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนในโดยใช้ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) พบว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ของดินตะกอนที่ระดับผิวในระบบนิเวศหาดทรายอยู่ในช่วง -25.63 ถึง -22.36 ‰ และ 2.58-6.03 ‰ ตามลำดับ โดยปริมาณไอโซโทปเสถียรของดินตะกอนในพื้นที่ใกล้ฝั่งแตกต่างจากพื้นที่ห่างฝั่ง ซึ่งในพื้นที่ใกล้ฝั่งมีปริมาณไอโซโทปเสถียรใกล้เคียงกับในน้ำเสียจากชุมชน ส่วนในพื้นที่ห่างฝั่งมีปริมาณไอโซโทปเสถียรใกล้เคียงกับแพลงก์ตอนพืชในทะเล แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์จากน้ำเสียของชุมชนมีการสะสมอยู่ในพื้นที่ใกล้ฝั่ง แต่ไม่มีการสะสมอยู่ในพื้นที่ห่างฝั่ง ขณะที่ในระบบนิเวศป่าชายเลน เมื่อนำปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนจากดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่อยู่ในช่วง -26.26‰ ถึง -23.24‰ มาเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งในโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ จังหวัดชลบุรี (-27.82‰) ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งมีการสะสมอยู่ในป่าชายเลน ในทางตรงข้าม เมื่อนำปริมาณไอโซโทปเสถียรของดินตะกอนในพื้นที่หาดโคลนมาเปรียบเทียบกับน้ำทิ้ง พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรในดินตะกอนในพื้นที่หาดโคลน (-23.63‰ ถึง –21.97‰) สูงกว่าในน้ำทิ้ง จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าในพื้นที่หาดโคลนไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ จังหวัดชลบุรี ส่วนในระบบนิเวศหญ้าทะเล พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรในดินตะกอนอยู่ในช่วง -19.90‰ ถึง -18.08‰ ซึ่งสูงกว่าน้ำเสียจากชุมชน (-24.28‰) และเมื่อนำปริมาณไอโซโทปเสถียรของดินตะกอนมาเปรียบเทียบกับแพลงตอนก์พืช (-21.70‰ ถึง -20.80‰) แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์จากน้ำเสียของชุมชนไม่มีการสะสมอยู่ในระบบนิเวศหญ้าทะเล และระบบนิเวศหญ้าทะเลได้รับสารอินทรีย์มาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล

นอกจากนี้ยังได้ติดตามสถานการณ์น้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (pH, อุณหภูมิ, ออกซิเจนละลายน้ำ, บีโอดี, ไนโตรเจนรวม, ฟอสฟอรัสรวม, ไนเตรท และแอมโมเนีย) ในน้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากชุมชนร่วมกับการจำแนกลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และจุดปล่อยทิ้งน้ำเสีย พบว่า น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดปริมาณบีโอดีสูงสุดเท่ากับ 129.2 mg/l ส่วนคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินพบว่า ทุกสถานีมีปริมาณบีโอดีและแอมโมเนีย (NH_3^-) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) และพบว่าระบบโครงข่ายของท่อรวมรวมน้ำเสียไม่ครอบคลุมพื้นที่ชุมชนได้ทั้งหมดทำให้มีน้ำเสียมากกว่า 50 % ไหลลงสู่ทะเลโดยไม่ได้มีการบำบัด

Abstract

This research aims to identify sources and impacts of community wastewater on marine ecosystems in eastern coastal area of the inner Gulf of Thailand. We sampled seawater, sediment, and benthic organisms in sandy beach, mangrove, muddy and seagrass ecosystems. In sandy beach ecosystems, we found values of POC and POC:Chl *a* in seawater of ranging from 1,049.8 to 4,537.2 µg/l, and 66.9 to 626.1 µg/l respectively. The TOC and TN in sediment ranged from 3.5 to 76.9 µg/g and 0.8 to 8.3 µg/g, respectively. In mangrove and muddy ecosystems, organic carbon in surficial sediment ranged from 2.7 -30.2 mg/g with higher values in mangrove than those in the mud flats. Organic car bon in seagrass meadow was from 0.3 to 1.1 o mg/g

In order to identify source of organic matter in this study, we used stable isotopes of carbon ($\delta^{13}C$) and nitrogen ($\delta^{15}N$). The values of $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ in surficial sediment of the sandy beaches were from -25.63 to -22.36 ‰ and 2.58 to 6.03 ‰, respectively with decreasing in distance. The results from mixing models showed accumulation of anthropogenic organic waste in the nearshore whereas marine phytoplankton was a main contributor for organic matter in the offshore. This was similar situation to the mangrove ecosystem receiving treated wastewater. We found that anthropogenic organic waste accumulated in the mangrove but did not distribute to an adjacent mudflat. However, values of $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ in seagrass (*Halodule pinifolia*) and gastropods (*Cerithideospsilla cingulata*) were -11.5±1.15, 6.5±1.15 and -11.03±1.15, 8.3±0.22 ‰, respectively. These results showed that the epiphyte obtained to organic matter from seagrass and gastropods received organic matter from seagrass and epiphyte. There were no significant distribution of organic matter from municipal wastewater nearby study area.

Furthermore, we also investigated wastewater situation along Chonburi coastline by using geoinformation technology combined with water quality parameters (pH, DO, BOD, total nitrogen, total phosphorus, nitrate and ammonia) in both wastewater and surface water sources where receive wastewater from municipalities. Then, we integrated those data with sewage pipe network and its outlet. We found that untreated wastewater showed BOD values as high as 192.2 mg/l whereas BOD of treated wastewater was within the water quality standard. Surface water sources showed higher BOD and ammonia concentrations than those of the standard indicating poor management. Sewage network did not cover entire area of municipalities resulting more than 50% of wastewater may empty to the sea without treatment.

สารบัญ

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชายฝั่งภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น เป็นที่ตั้งของชุมชนเมืองขนาดใหญ่ อาทิเช่น ชลบุรี บางแสน ศรีราชา พัทยา และยังเป็นพื้นที่ตั้งของท่าเรือและนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่ง ทำให้ชายฝั่งบริเวณนี้แปรสภาพเป็นแหล่งรองรับของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ของเสียจากชุมชนโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น ส่งผลให้ระบบนิเวศชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนในเกิดความเสื่อมโทรมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นระบบนิเวศแนวปะการัง หญ้าทะเล ป่าชายเลน หาดทราย และบริเวณปากแม่น้ำ ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรและความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตในอ่าวไทยตอนใน ซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลในบริเวณนี้ได้ แม้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นยังไม่แสดงออกอย่างชัดเจนในลักษณะของ acute แต่จะเกิดการสะสมจนทำให้เกิดผลเสียหายแบบเรื้อรังต่อระบบนิเวศทางทะเลได้ในที่สุด

สิ่งที่บ่งชี้ให้เห็นถึงสภาวะที่เสื่อมโทรมลงของชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยตอนในคือการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) ซึ่งเป็นภาวะที่น้ำทะเลมีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจน คาร์บอนและฟอสฟอรัส (Vizzini and Mazzola, 2004 ; Kemka et al., 2006) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายขนาดใหญ่ (macroalgae)(Jarvie et al., 2006) ปรากฏการณ์ดังกล่าวยังเป็นเหตุให้เกิดความเสื่อมโทรมของความชุกชุมและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและโครงสร้างของห่วงโซ่อาหาร (Vizzini and Mazzola, 2006 and references therein) ในระบบนิเวศหญ้าทะเล (Cole et al., 2005) แนวปะการัง (Lin et al., 2007) ชุมชนของสัตว์หน้าดิน (Vizzini and Mazzola, 2004) และป่าชายเลน (Boonphakdee and Sichan, 2013) สารอาหารดังกล่าวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำเสียจากชุมชนที่ถูกปล่อยลงสู่ทะเล (Tournoud et al., 2005; Vos and Roos, 2005) นอกจากนี้ ยังมีสารอินทรีย์ที่ยังสามารถเข้าสู่ระบบนิเวศได้โดยการกินโดยตรงของสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้บริโภคลำดับต้น ซึ่งจะถ่ายทอดสารอินทรีย์ผ่านสายใยอาหาร (food web) เข้าสู่สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศต่อไป (Vizzini and Mazzola, 2006)

ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีต้องรองรับน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลต่าง ๆ เช่น เทศบาลเมืองชลบุรี แสนสุข ศรีราชา บางละมุง และเมืองพัทยา รวมกันมากกว่า 250,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2553) และมีน้ำเสียอีกไม่น้อยกว่า 300,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ไหลลงสู่ทะเลผ่านคลองขนาดเล็กในเขตอำเภอเมืองชลบุรี (น้ำทิพย์และถนอมศักดิ์, 2553 ; ศิริพรเพ็ญ และคณะ, 2553) คิดเป็นปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไม่น้อยกว่า 8,000 และ 1,000 กิโลกรัมต่อวันตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้รับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากแม่น้ำบางปะกงอีกกว่า 5,000 กิโลกรัมต่อวัน (น้ำทิพย์และถนอมศักดิ์, 2553) ดังนั้น การบ่งชี้ถึงแหล่งที่มา การจัดการและการติดตามผลกระทบของน้ำเสียชุมชนที่มีต่อระบบนิเวศทางทะเลจึงมีความจำเป็นต่อการ

สำคัญอย่างมาก (Nixon, 1995) แม้ว่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความเค็ม ปริมาณสารอาหาร องค์ประกอบของสารอินทรีย์ หรือกระแสน้ำ สามารถใช้ตรวจสอบการแพร่กระจายของน้ำเสียเหล่านี้ในชายฝั่งทะเลได้ (Costanzo et al., 2001) แต่ไม่สามารถอธิบายกลไกการได้รับและการสะสมในสิ่งมีชีวิต รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากน้ำเสียเหล่านี้ต่อระบบนิเวศทางทะเลได้ (Costanzo et al., 2001; Lassaque et al., 2010) เทคนิคไอโซโทปเสถียรถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับในการติดตามแหล่งที่มาของสารอาหารและการประเมินผลกระทบของสารอินทรีย์จากกิจกรรมของมนุษย์ต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเล (Cole et al, 2005 ; Lin et al 2007; Lin et al 2008; Lojen et al, 2005; Dolence et al. 2007; Boonphakdee et al. 2008 ; Lassaque et al., 2010 and references therein) ซึ่งแสดงให้เห็นประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของเทคนิคดังกล่าว

โครงการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรซึ่งเป็นไอโซโทปที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติของคาร์บอนและไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตเด่นๆในระบบนิเวศป่าชายเลน หาดโคลน และหาดทราย ที่ได้รับน้ำเสียจากชุมชนจากเขตเทศบาลในจังหวัดชลบุรี เช่น เทศบาลเมืองชลบุรี แสนสุข ศรีราชา บางละมุง และเมืองพัทยา เพื่อทำการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากน้ำเสียชุมชนต่อระบบนิเวศทางทะเล ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 บ่งชี้ผลกระทบและการสะสมของสารอินทรีย์ที่มีแหล่งกำเนิดจากน้ำเสียชุมชนที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

1.2.2.บ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่าง isotope signatures ในสิ่งมีชีวิตและปริมาณน้ำเสียที่ไหลลงสู่ระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

1.2.3.บ่งชี้ถึงระดับความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลและแนวทางการฟื้นฟูระบบนิเวศชายฝั่งทะเลที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเสียชุมชน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.3.1 ทราบถึงบทบาทของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่มีต่อการเคลื่อนย้ายมลสารผ่านห่วงโซ่อาหาร (bio-magnification) ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงลักษณะการสะสมและการเคลื่อนย้ายมลสารต่างๆในระบบนิเวศทางทะเลได้เป็นอย่างดี

1.3.2 สามารถทำการประเมินศักยภาพในการรองรับ (carrying capacity) น้ำทิ้งจากชุมชนของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลได้ระโยชน์ในด้านการควบคุมและการจัดการน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเล

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ศึกษาคุณลักษณะและองค์ประกอบทางเคมี(Chemical compositions & characteristics) ในสิ่งไม่มีชีวิต (น้ำทะเล สารอินทรีย์แขวนลอย ดินตะกอน น้ำทิ้งจากชุมชนทั้งที่

ผ่านการบำบัด (Treated wastewater) และไม่ผ่านการบำบัด (untreated wastewater) น้ำฝน (storm water) และน้ำใต้ดินที่ไหลลงสู่พื้นที่ทำการศึกษา)

1.4.2 ทำการวิเคราะห์ปริมาณ $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, $\delta^{15}N$ - NO_3, POC (particulate organic carbon), PON (particulate organic nitrogen), chlorophyll a, ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen; TN) อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (dissolved organic nitrogen; DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (Dissolved inorganic nitrogen; DIN) สารอาหารอินทรีย์และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Dissolved organic and inorganic phosphorus) ตะกอนแขวนลอย รวมถึงข้อมูลคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษา

1.4.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (Chemical compositions) ในสิ่งมีชีวิต (แพลงตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน หอยสองฝา พืชในป่าชายเลน สาหร่ายขนาดใหญ่ เนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่ต่างกัน เป็นต้น)

1.4.4 ทำการวิเคราะห์ปริมาณ $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, อินทรีย์คาร์บอน (organic carbon), อินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

1.4.5 บ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศทางทะเล โดยนำข้อมูลที่ได้จากข้อ 1.4.1 และ 1.4.2 มาคำนวณสัดส่วนของแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในน้ำ ดินตะกอน สัตว์หน้าดิน โดยใช้ Fractional distribution diagram และ multiple mixing model

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชายฝั่งทะเล

ชายฝั่งทะเล (Coastal) ได้แก่ บริเวณที่ติดกับทะเลนับจากแนวชายฝั่งขึ้นไปบนบกจนถึงเขตที่คลื่นหรือน้ำขึ้นน้ำลงขึ้นไปได้สูงสุด รวมถึงบริเวณที่เคยอยู่ในเขตอิทธิพลของทะเลมาก่อน เช่น หาดทราย สันทราย ที่ลุ่มหลังสันทราย ที่ลุ่มที่น้ำทะเลเคยท่วมถึงไปจนถึงบริเวณที่เป็นชายฝั่ง ซึ่งชายฝั่งมีความหมายรวมถึงพื้นที่ราบที่เป็นขอบของทะเล และทะเลสาบต่าง ๆ ด้วย ชายฝั่งบางแห่งมีพื้นที่แคบ ๆ แต่บางแห่งอาจมีบริเวณกว้างขวางลึกเข้าไปในแผ่นดินหลายกิโลเมตร (สุรพล สุดารา, 2535) ซึ่งพื้นที่ชายฝั่งทะเลมีความสำคัญต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคม เป็นที่ตั้งของชุมชนและเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากเป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์ ด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่า เช่น ป่าชายเลน ชายหาด ปะการัง หญ้าทะเล สัตว์ทะเล และทรัพยากรประมงอื่น ๆ (กรมเจ้าท่า, 2556)

พื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นพื้นที่ที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงและการถูกทำลาย จึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันไม่ให้เกิดการทำลายแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ และความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศชายฝั่งทะเล การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายฝั่งทะเล ได้แก่ หญ้าทะเลมีสภาพเสื่อมโทรม เนื่องจากการทับถมของตะกอนดินจากการสร้างเขื่อนกันคลื่น สร้างสะพานท่าเทียบเรือประมง การสร้างที่อยู่อาศัยใกล้ชายฝั่ง และการท่องเที่ยว เป็นต้น รวมทั้งปัญหาสิ่งปฏิกูล น้ำทิ้งชุมชน และการกัดเซาะชายฝั่งซึ่งล้วนแต่ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเล ทำให้คุณภาพน้ำชายฝั่งทะเลเสื่อมโทรมลง (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2550)

2.2 ระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

2.2.1 ระบบนิเวศหาดทราย

เป็นระบบนิเวศที่พบได้ทั่วไปและมนุษย์ใช้ประโยชน์จากหาดทรายเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การประมง การท่องเที่ยว เป็นต้น ส่งผลให้ระบบนิเวศหาดทรายได้รับสารอินทรีย์ และสารอาหารอื่น ๆ จากกิจกรรมของมนุษย์ (Clarke, &Warwick, 2001) ในระบบนิเวศหาดทรายจะไม่ค่อยพบพืชขนาดใหญ่ แต่จะพบสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ตามหาดทราย ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีความสามารถในการฝังตัวปรับตัวไปตามระบบนิเวศ เช่น ปูหนุมาน มีขาที่แบนเป็นใบพาย ช่วยในการว่ายน้ำและพุ้ยทรายฝังตัวเอง ไส้เดือนทะเล มีการสร้างหินปูน หรือพวกที่มีลำตัวอ่อนนุ่มจะมีอวัยวะช่วยในการขุดรู (ชวลี ดวงแก้ว, 2552)

2.2.2 ระบบนิเวศหาดโคลน

เป็นบริเวณที่มีดินตะกอนขนาดเล็กมาก เนื่องจากคลื่นไม่รุนแรงทำให้ดินตะกอนขนาดเล็กมาก ๆ ตกตะกอน เช่น บริเวณปากแม่น้ำ อ่าวปิด ทะเลสาบ เป็นต้น หาดโคลนเป็นหาดที่มีความชันน้อยทำให้น้ำถูกเก็บกักไว้ภายในดิน และมีแบคทีเรียอาศัยอยู่มากทำให้ปริมาณออกซิเจนในดินลดลง บริเวณหาดโคลนมีอินทรีย์สารสูงทำให้สิ่งมีชีวิตที่ศัยอยู่ ต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น ฝังตัวลงในโคลนหรือสร้างท่อ และปรับตัวทางด้านสรีระวิทยาต่อสภาพการขาดออกซิเจน โดยส่วนใหญ่มีแบคทีเรียอาศัยอยู่ในชั้นที่ไม่มีออกซิเจน และยังพบไส้เดือนทะเล ครัสเตเชียนขนาดเล็กและใหญ่ เช่น ปูชนิดต่าง ๆ (ชวลี ดวงแก้ว, 2552)

2.2.3 ระบบนิเวศป่าชายเลน

ระบบนิเวศป่าชายเลนประกอบไปด้วยพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์หลายชนิดดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันในสภาพแวดล้อมที่เป็นดินเลน น้ำกร่อย และมีน้ำทะเลท่วมถึงอย่างสม่ำเสมอ (Tue et al., 2012) ป่าชายเลนมีความแตกต่างอย่างมากจากป่าชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะดินในป่าชายเลนมีความอุดมสมบูรณ์สูงจากสารอาหารที่มาจากการกัดเซาะตามชายฝั่ง และแหล่งน้ำลำธาร สารอินทรีย์ในบริเวณป่าชายเลน ส่วนใหญ่มาจากซากพืชซากสัตว์ แพลงค์ตอนพืช สาหร่าย และใบไม้ที่ร่วงหล่นทับถมกันเป็นจำนวนมาก (Ono, et al., 2015) ในป่าชายเลนจะมีการหมุนเวียนของอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สารอย่างค่อนข้างคงที่ และมีอิทธิพลต่อระบบนิเวศชายฝั่ง ระบบนิเวศน้ำกร่อย และแม่น้ำที่อยู่ใกล้เคียง ป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่อยู่ในสภาวะที่มีน้ำขึ้น-น้ำลง เมื่อน้ำขึ้นรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะจมอยู่ใต้น้ำ และจะโผล่เหนือพื้นน้ำในช่วงน้ำลง เมื่อเกิดน้ำหลาก หรือช่วงฝนตกหนัก พันธุ์ไม้ป่าชายเลนก็จะสัมผัสกับน้ำซึ่งเกือบจะเป็นน้ำจืดเนื่องจากเป็นน้ำฝนที่ถูกพัดพามาจากแผ่นดิน ระดับความเค็มของน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามระดับน้ำขึ้นน้ำลงและปริมาณน้ำจืดที่ไหลมาจากแม่น้ำลำคลอง (Ray et al., 2015)

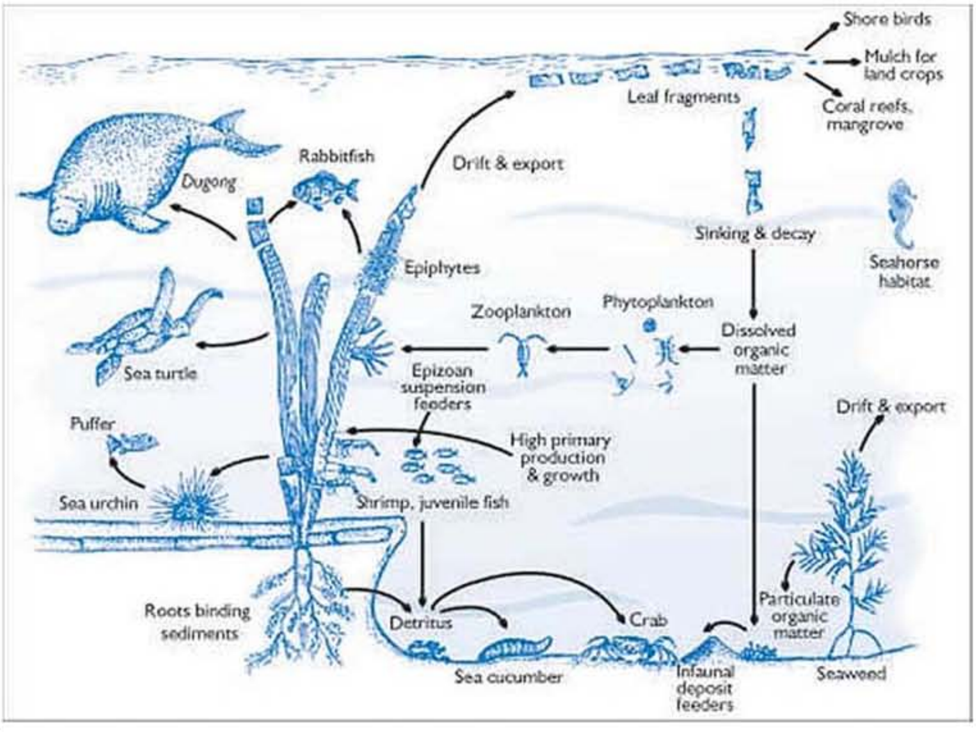
นอกจากนี้ กระแสน้ำยังส่งผลกระทบต่อป่าชายเลนในด้านอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณธาตุอาหาร และระดับออกซิเจนในน้ำและดิน ปัจจัยการขึ้น-ลงของน้ำในแต่ละวัน กระแสน้ำอาจจะไหลอย่างช้า หรือไหลบ่าอย่างรวดเร็วและรุนแรง ซึ่งทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่าว่าป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่มีลักษณะพิเศษที่ไม่มีในป่าชนิดอื่น เป็นสังคมพืชที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับทะเล และต้องพบกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยแวดล้อมทั้งระยะสั้นและระยะยาว อย่างไรก็ตามป่าชายเลนด้านในสุดที่ติดกับแผ่นดินจะได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงน้อยมาก ทำให้เกือบไม่มีผลกระทบจากความเค็มและการขาดออกซิเจน จึงกล่าวได้ว่าป่าชายเลนเป็นสังคมพืชท่ามกลางความผันแปรของปัจจัยแวดล้อม พันธุ์ไม้ที่มีบทบาทสำคัญในป่าชายเลน คือ ไม้โกงกาง (สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และ รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554)

ในระบบนิเวศป่าชายเลนยังประกอบไปด้วยสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น สภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ แสง ฝน และความชื้น (Aschenbroich et al., 2015) สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศป่าชายเลนประกอบไปด้วย 1) ผู้ผลิต (producer) ได้แก่ พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ในป่าชายเลนรวมไปถึง ไดอะตอม แพลงก์ตอนพืช และสาหร่าย 2) ผู้บริโภค(consumer) ได้แก่ สัตว์หน้าดินขนาดเล็ก เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ ปู ไส้เดือนทะเล และสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ (ภาพที่ 2-1) และ3) ผู้ย่อยสลาย (decomposer) ซึ่ง

หมายถึง พวกจุลินทรีย์ทั้งหลายที่ช่วยในการทำลายหรือย่อยสลายซากพืชและซากสัตว์ให้เน่าเปื่อยผุพัง จนในที่สุดจะสลายตัวเป็นสารอาหาร (Lunstrum, & Chen, 2014) ซึ่งสะสมเป็นแหล่งอาหารในดินเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตต่อไป ซึ่งได้แก่ รา แบคทีเรีย ในป่าชายเลนผู้ย่อยสลายยังรวมถึง ปูและหอยบางชนิดด้วย (Kruitwagen et al., 2010)

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีคุณค่ามหาศาล และมีความสำคัญต่อมนุษย์หลายรูปแบบ คุณประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ ป่าชายเลนเป็นเสมือนธนาคารไม้ โดยการใช้ประโยชน์จากไม้ป่าชายเลนเพื่อการเผาถ่าน นอกจากจะใช้เผาถ่านแล้ว ยังมีการใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ใช้เป็นไม้ฟืน ไม้เสาเข็ม ไม้ค้ำยัน ไม้ก่อสร้าง แพปลา อุปกรณ์การประมง และเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ป่าชายเลนยังทำหน้าที่ป้องกันคลื่นลมจากทะเล ในขณะเดียวกันป่าชายเลนยังทำหน้าที่เปรียบเสมือนโรงบำบัดน้ำเสีย ดักกรองสิ่งปฏิกูลและมลพิษต่างๆ จากบนบกไม่ให้ลงสู่ทะเล เนื่องจากพันธุ์พืชป่าชายเลนมีลักษณะพิเศษโดยเฉพาะระบบรากที่ช่วยดูดซับสิ่งปฏิกูลต่างๆ และฟอกน้ำเสียให้เป็นน้ำสะอาด และป้องกันการพังทลายของดินชายฝั่ง

การที่ป่าชายเลนปรากฏอยู่ตามที่ราบชายฝั่งทะเลและปากแม่น้ำ แนวป่าชายเลนจะช่วยบรรเทาความเร็วของกระแสน้ำ ทำให้ตะกอนดินที่พัดพามากับกระแสน้ำตกตะกอนทับถมเกิดแผ่นดินงอกขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่าป่าชายเลนช่วยเพิ่มพื้นที่ประเทศและเป็นที่หลบภัยของสัตว์น้ำหลายชนิดโดยเฉพาะสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เช่น ปูทะเล กุ้ง ปลากระบอก หอยนางรม เป็นต้น (สนิท อักษรแก้ว, 2538) อาจกล่าวได้ว่า ป่าชายเลนเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงทางสังคมและเศรษฐกิจของประเทศอย่างมหาศาล (ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2546)



ภาพที่ 2-1 สายใยอาหารในระบบนิเวศป่าชายเลน (One ocean, 2003)

2.3 น้ำเสีย

น้ำเสีย (wastewater) คือ น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การชำระล้างร่างกาย การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม การล้างเครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ ทำให้คุณลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่างๆ ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำ (เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2524) สิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำเสีย ได้แก่ น้ำมัน ไขมันผงซักฟอก สบู่ ยาฆ่าแมลง รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ทาให้เกิดการเน่าเหม็นและเชื้อโรคต่าง ๆ (Herteman, Fromard, & Lambs, 2011) ซึ่งน้ำเสียที่มาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เมื่อถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ได้รับการบำบัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำทิ้งจากชุมชนทำให้แม่น้ำต่างๆ ไม่สามารถฟอกตัวเองได้ตามธรรมชาติ (พัฒนา มูลพฤกษ์, 2546)

2.3.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

2.3.1.1 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic wastewater)

เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำต่าง ๆ ของประชาชนที่อยู่อาศัยในชุมชน เช่น การอาบน้ำชำระล้างร่างกาย การขับถ่าย การประกอบอาหาร การล้างภาชนะ การซักล้าง เป็นต้น ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำเสีย ปริมาณ และลักษณะน้ำเสียที่แตกต่างกันตามกิจกรรมต่าง ๆ (Chen et al., 2015) ซึ่งน้ำเสียจากชุมชนนี้ส่วนมากจะมีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (Organic Matters) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และเป็นสาเหตุสำคัญของการทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง ซึ่งแหล่งชุมชนและบ้านเรือนที่อยู่อาศัย นับเป็นบริเวณที่ก่อให้เกิดปัญหาของน้ำเสียมากที่สุดในปัจจุบัน (สุวัจน์ ธัญรส, 2557)

2.3.1.2 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastewater)

เป็นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจากทุกขั้นตอนตั้งแต่การล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การล้างวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องจักรกล ตลอดจนการทำความสะอาดโรงงาน ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้จะแตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต รวมทั้งระบบควบคุมและรักษา องค์ประกอบของน้ำทิ้งประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในรูปสารอินทรีย์ (organic matters) สารอนินทรีย์ (inorganic matter) เช่น สารเคมี โลหะหนัก ต่าง ๆ (Bouillon, Guebas, Rao, Koedam, & Dehairs, 2003) สำหรับประเทศไทยก็กำลังประสบปัญหามลพิษทางน้ำ โดยเฉพาะน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย หรือน้ำเสียจากโรงงานขนาดใหญ่หรือขนาดกลางที่มีระบบกำจัดน้ำเสียแต่ไม่มีคุณภาพ หรือคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

2.3.1.3 น้ำเสียจากการเกษตรกรรม (Agricultural wastewater)

น้ำเสียจากทางการเกษตรเป็นน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นที่ที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เลี้ยงสัตว์ สิ่งที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่มาจากการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เลี้ยงสัตว์ สิ่งที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่มาจากพื้นที่เลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่มักจะเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมาจากเศษอาหารสัตว์และสิ่งปฏิกูลที่สัตว์ขับถ่ายออกมา ซึ่งน้ำเสียส่วนนี้มักจะมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง รวมทั้งอาจจะมีความเข้มข้นของของแข็งไม่

ละลายน้ำสูงด้วย ส่วนน้ำเสียที่มาจากพื้นที่เพาะปลูกมักมีการปนเปื้อนสารเคมี ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช ที่ถูกใช้ในพื้นที่เพาะปลูก ดังนั้น อาจจะกล่าวได้ว่า น้ำเสียจากเกษตรกรรมมักจะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์เป็นจำนวนมากรวมทั้งสารเคมีด้วย (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2557) ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลายรูปแบบ เช่น ทำให้คุณภาพน้ำของแหล่งรองรับน้ำทิ้งอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง หรืออาจทำให้เกิดการตกค้างของ ยาปราบศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้และผู้บริโภค เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) จากการเพิ่มขึ้นของสาหร่ายและพืชน้ำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการที่แหล่งน้ำได้รับสารอาหารเพิ่มมากขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

2.3.1.4 น้ำเสียที่ไม่ทราบแหล่งกำเนิด (non-point source wastewater) น้ำฝนและน้ำหลากที่ไหลผ่านและชะล้างความสกปรกต่าง ๆ เช่น กองขยะมูลฝอย แหล่งเก็บสารเคมี ฟาร์มเลี้ยงสัตว์และคลองระบายน้ำเสียต่าง ๆ แม้ว่าน้ำเสียประเภทนี้จะมีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนไม่สูงเหมือนกับน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ข้างต้นแต่มักจะเกิดขึ้นพร้อมกันในปริมาณครั้งละมากๆ (สุวัจน์ ธัญรส, 2557)

2.4 ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง

เนื่องจากน้ำเสียมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นเมื่อถูกปล่อยลงสู่บริเวณชายฝั่งและในทะเล สามารถส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม สามารถสรุปได้ดังนี้

2.4.1 ลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำเสียโดยแบคทีเรีย จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน ดังนั้นหากมีสารอินทรีย์มาก การย่อยสลายมีมาก การใช้ออกซิเจนก็มากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ

2.4.2. เพิ่มธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะทำให้เกิดธาตุอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่นตามมา

2.4.3. ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยการลดลงของออกซิเจนในน้ำสามารถทำให้สัตว์น้ำตายเนื่องจากขาดออกซิเจน ส่วนที่ไม่ทำให้สัตว์น้ำตายก็จะทำให้เกิดการอพยพย้ายถิ่นเกิดขึ้น (Migration) ส่งผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ นอกจากนี้สารอินทรีย์ยังสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยไปอุดตันระบบหายใจ

2.4.4. ผลกระทบต่อสัตว์หน้าดิน การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอินทรีย์บริเวณพื้นท้องทะเลจะส่งผลต่อประชาคมของสัตว์หน้าดิน โดยเมื่อมีการย่อยสารอินทรีย์เกิดขึ้นมากก็ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำ และการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ จนนำไปสู่การลดลงของชนิดและมวลชีวภาพของสัตว์หน้าดิน

2.4.5. ผลกระทบจากสารมลพิษบางชนิดที่อาจเป็นองค์ประกอบในน้ำเสีย ที่มาจากอาคารบ้านเรือน จากพื้นที่เกษตรกรรม และโรงงานอุตสาหกรรม สารมลพิษเหล่านี้ ได้แก่ ยาฆ่าแมลง โลหะหนัก และสารมลพิษที่ตกค้างยาวนาน เป็นต้น สารมลพิษเหล่านี้สามารถสะสมในสิ่งมีชีวิตและระบบห่วงโซ่อาหารได้

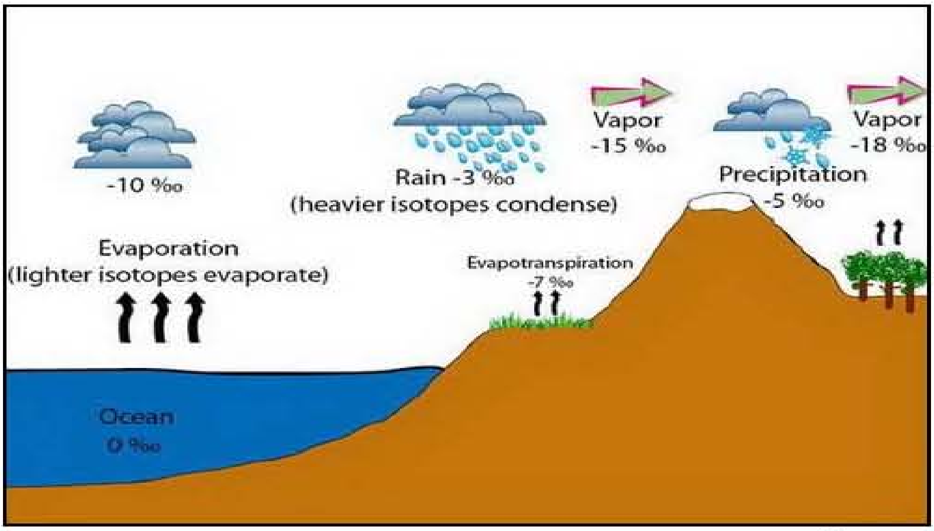
2.4.6. ผลกระทบต่อมนุษย์ โดยในน้ำเสียที่มาจากอาคารบ้านเรือนอาจมีองค์ประกอบของเชื้อโรคบางชนิด เช่น โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และปรสิต ซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้

2.5 ไอโซโทป

ไอโซโทป คือ อะตอมของธาตุที่มีจำนวนโปรตอนและอิเล็คตรอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน (Hoefs, 2004) ไอโซโทปของธาตุเดียวกันจะมีจำนวนโปรตอนเท่ากัน ตัวอย่างไอโซโทปของคาร์บอนมี 6 โปรตอน อะตอมของคาร์บอนมีมวลอะตอมเท่ากับ 13 (^{13}C) มีนิวตรอนมากกว่าคาร์บอนที่มีมวลอะตอมเท่ากับ 12 (^{12}C) อยู่ 1 นิวตรอน จำนวนนิวตรอนจึงเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของไอโซโทป (Kendall & Caldwell, 1998)

2.5.1 หลักการพื้นฐานของไอโซโทป

คุณสมบัติของไอโซโทปของธาตุหลายชนิด มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีแตกต่างกันเล็กน้อย เพราะมีมวลอะตอมที่ต่างกัน ความแตกต่างของมวลอะตอมมีผลต่อกระบวนการทางฟิสิกส์ ทางเคมี และทางชีววิทยา ทำเกิดการแยกลำดับส่วนของไอโซโทป (isotope fractionation) หรือมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแต่ละไอโซโทป (Hoefs, 2004) ตัวอย่างเช่น การระเหยของน้ำสามารถเกิดขึ้นได้ภายใต้สภาวะสมดุล (ที่ความชื้น 100% โดยยังมีอากาศ) หรือผลผลิตมีการแยกออกจากตัวทำปฏิกิริยาตั้งต้นมากขึ้น (เช่น ไอน้ำถูกพัดไปตามลม) ภายใต้สภาวะเหล่านี้ องค์ประกอบของไอโซโทปของน้ำและไอน้ำ ได้รับผลกระทบจากการแยกลำดับส่วนไอโซโทปแบบจลน์เพิ่มขึ้นอีกหลายส่วน (ภาพที่ 2-1) (Kendall & Caldwell, 1998)



ภาพที่ 2-2 การแยกลำดับส่วนของไอโซโทป (Isotope fractionation) ของวัฏจักรน้ำ (Kendall & Caldwell, 1998)

2.5.2 ไอโซโทปกัมมันตรังสี (radioactive isotopes)

เป็นนิวเคลียสที่ไม่เสถียร มีการปล่อยรังสีตลอดเวลา และสลายให้อะตอมของธาตุอื่นในเวลาเดียวกัน (นีโลบล เนื่องตัน, 2542) ในขณะที่มีการสลายตัวจะมีการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีอัลฟา รังสีเบตา รังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์รูปใดรูปหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งรูปพร้อม ๆ กัน คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของไอโซโทปรังสีคือ อัตราการสลายตัวด้วยค่าคงตัวที่เรียกว่า “ครึ่งชีวิต (half-life)” ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ไอโซโทปจำนวนหนึ่งจะสลายตัวลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนเดิม (Hoefs, 2004)

2.5.3 ไอโซโทปเสถียร (stable isotope)

เป็นไอโซโทปของธาตุที่ไม่มีการสลายต่อไป ซึ่งไอโซโทปของคาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ สามารถนำมาใช้ในการศึกษาทางด้านภูมิศาสตร์เคมีและสมุทรศาสตร์ เช่น ศึกษาวัฏจักรของธาตุต่าง ๆ บนโลก สภาพภูมิอากาศในอดีตที่ผ่านมา ตรวจสอบแหล่งกำเนิดของหินบนโลก นอกจากนี้ยังนำมาใช้ศึกษาทางชีววิทยาของพืช ระบบนิเวศต่าง ๆ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (Lajtha and Michener, 1994) ไอโซโทปที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติเกือบทั้งหมดจะมีความเสถียร และมีจำนวนน้อยมากที่จะเป็นสารกัมมันตรังสี

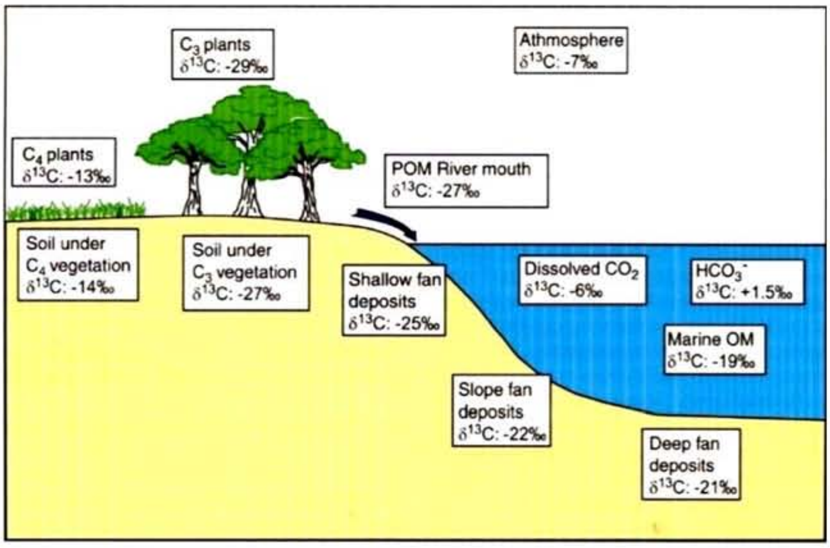
ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนและคาร์บอน สามารถใช้อธิบายการถ่ายทอดพลังงานในระดับการกินอาหาร (tropic levels) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมได้ (Maren & Paul, 2007) ปริมาณไอโซโทปเสถียรจะรายงานด้วยค่าของเดลตา (δ) ซึ่งเป็นค่าของส่วนในพันส่วน ใช้สัญลักษณ์ ‰ โดยเปรียบเทียบจากปริมาณในตัวอย่างว่ามีมากกว่า (enrichment) หรือน้อยกว่า (depletion) ในสารมาตรฐาน สัญลักษณ์ ‰ มีการเรียกกันหลายอย่าง เช่น permil, per mil, per mill, หรือ per mille โดยคำนวณ δ ได้จาก

$$\delta\ (‰) = \{(R_{sample}/R_{st\&ard})-1\}*1000$$

เมื่อ R เป็นอัตราส่วนของไอโซโทปหนัก กับไอโซโทปเบา ในตัวอย่างกับสารมาตรฐาน สำหรับธาตุซัลเฟอร์ คาร์บอน ไนโตรเจน และออกซิเจน ซึ่งค่าของไอโซโทปทั้งหมดจะนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานขั้นต้นจากงานวิจัยที่นำมาอ้างอิง ในการวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนจะใช้คาร์บอนฟอสซิลในชั้นหินใต้ทะเลลึกที่มีอายุเก่าแก่เป็นมาตรฐานอ้างอิง Pee Dee Belemnite (PDB) (Craig, 1953) ส่วนไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนจะใช้ไนโตรเจนในบรรยากาศเป็นมาตรฐานอ้างอิง (Mariotti, 1983)

การเปลี่ยนแปลงหรือการกระจายของไอโซโทปเสถียรในสิ่งมีชีวิตจะขึ้นกับปริมาณของไอโซโทปเสถียรในสารตั้งต้น กลไกของปฏิกิริยา สภาวะทางกายภาพและสภาวะทางเคมี จึงทำให้สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีปริมาณไอโซโทปเสถียรที่เฉพาะตัว ด้วยคุณสมบัตินี้เองจึงทำให้ไอโซโทปเสถียรเปรียบเสมือนเป็นลายพิมพ์ไอโซโทป (Stable isotope finger print) ที่สามารถใช้ตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมได้ (นรินทร์ บุญตานนท์, 2553) โดยรูปที่ 2 - 3 แสดงปริมาณ

ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งเห็นได้ว่าพื้นที่ที่มีการสะสมของสารอินทรีย์จะมีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ใกล้เคียงกับสารอินทรีย์ที่ได้รับ โดยพื้นดินที่ปกคลุมด้วยพืช C_4 จะมีปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินใกล้เคียงกับพืช C_4 และสารอินทรีย์แขวนลอยในปากแม่น้ำส่วนในบริเวณที่มีการสะสมของตะกอนในบริเวณชายฝั่ง (Shallow fan deposits) ซึ่งได้รับอิทธิพลทั้งจากน้ำจืดบนแผ่นดินและน้ำทะเล ก็จะได้รับ $\delta^{13}C$ ทั้งจากพืช C_3และสารอินทรีย์ในทะเล (Marine organic matter) ส่วนดินตะกอนในบริเวณที่ห่างจากชายฝั่ง (Slope fan deposits) ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดน้อยลงแต่ได้รับอิทธิพลจากทะเลมากขึ้นทำให้ปริมาณ $\delta^{13}C$ เพิ่มขึ้นและเข้าใกล้สารอินทรีย์จากทะเลมากขึ้น และดินตะกอนในทะเลลึก (Deep fan deposits) ซึ่งห่างจากชายฝั่งมากทำให้ได้รับสารอินทรีย์จากแม่น้ำน้อยแต่ได้รับอิทธิพลจากทะเลเป็นหลักทำให้ปริมาณ $\delta^{13}C$ ใกล้เคียงกับสารอินทรีย์จากทะเลมาก จะเห็นได้ว่าในแต่ละพื้นที่จะมีปริมาณ $\delta^{13}C$ แตกต่างกันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ที่ได้รับ (Shulz & Zabel, 2006) แสดงให้เห็นว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในแต่ละแหล่งกำเนิดมีความเฉพาะตัวสูงจึงถูกนำมาใช้ในการบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก



ภาพที่ 2-3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในระบบสิ่งแวดล้อม (Shulz & Zabel, 2006)

2.6 เทคนิคไอโซโทปเสถียร

เทคนิคไอโซโทปเสถียรเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งถูกนำมาใช้ในการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ และสามารถใช้ในการศึกษากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของผู้ผลิตขั้นต้น การย่อยสลาย การเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม และการตกตะกอนทับถม (Boutton, 1991) เทคนิคไอโซโทปเสถียรใช้บ่งบอกแหล่งที่มาที่แตกต่างกันของสารอินทรีย์ได้ (Peterson, Howarth & Garritt, 1985) และติดตามการกระจายของน้ำเสียที่มาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน เช่น จากการขับถ่ายของสัตว์ น้ำทิ้งจากบ้านเรือนหรือโรงงานบำบัดน้ำเสีย (Dolence & Vokal, 2005) ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์จะมี

ปริมาณของไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน แตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีผลกระทบจากน้ำเสีย (Yamamuro, Kayanne & Yamano, 2003)

ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในการศึกษาระบบนิเวศชายฝั่ง ถูกนำมาใช้ในการหาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอน และสารอินทรีย์ที่แขวนลอยในมวลน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ (Fry & Sherr, 1984) เนื่องจากไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) สามารถที่ใช้บ่งบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของสิ่งมีชีวิต และไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอาหารไนโตรเจนได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการใช้สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ในการบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ได้ ซึ่งถ้า C:N มีค่าน้อยกว่า 12 แสดงว่าสารอินทรีย์มีแหล่งที่มาจากแพลงก์ตอนพืช แต่ถ้ามากกว่า 12 แสดงว่ามาจากกิจกรรมของมนุษย์ (Wu, Zuang, Li, Wei & Lu, 2003) โดยปริมาณของ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ และ C:N ในระบบนิเวศจะแสดงดังตารางที่ 2-1

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไอโซโทปเสถียร ในการบ่งบอกแหล่งที่มาของน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ แม้แต่ในต่างประเทศก็ยังมีการศึกษาไม่มากนัก (Tucker et al, 1999; Dolence et al., 2005) ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะเป็นใช้ไอโซโทปเสถียรในการศึกษาการแพร่กระจายของคาร์บอนและไนโตรเจนในระบบนิเวศแหล่งน้ำ (Sugimoto et al., 2006 and reference therein) สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในทะเลทั้งที่เป็นพวกแพลงก์ตอนหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ จะสามารถที่จะสะสมไนโตรเจนที่มาจากน้ำเสียจากกิจกรรมมนุษย์ได้ ซึ่งจะมีปริมาณของไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนจะต่ำกว่า 3 %o (Andrew et al., 1998) และไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนจะมีค่าน้อยกว่า -25 % (Cifuentes et al., 1999)

แหล่งที่มาของสารอินทรีย์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล จากรายงานของ Andrew et al (1998) ทำการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์คาร์บอนในอ่าวฮันส์โดยใช้ไอโซโทปเสถียรคาร์บอนและสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในน้ำและในตะกอนดินเพื่อบ่งบอกแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ พบว่า ในอ่าวฮันส์ได้รับน้ำเสียจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น น้ำเสียจากโรงงานกระดาษและโรงงานน้ำตาล เช่นเดียวกับการศึกษาของ Boonphakdee et al (2008) พบว่า แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในปากแม่น้ำบางปะกงมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยจะมาจากดินในนาข้าวและจากพืชบกในช่วงฤดูน้ำมาก และมาจากทะเลและน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ในระหว่างฤดูน้ำน้อย สอดคล้องกับ Dolence et al (2005) พบว่า มีการแพร่กระจายของไนโตรเจนจากน้ำเสียจากชุมชนลงสู่เนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตต่างๆในระบบนิเวศชายฝั่งของ Adriatic Sea โดยผ่าน food web

นอกจากนี้ พบงานวิจัยที่ยืนยันได้ว่าสารอินทรีย์ที่สิ่งมีชีวิตในทะเลใช้ในการเจริญเติบโต มีแหล่งที่มาจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งลงสู่ชายฝั่งทะเล เช่น Dela-Cruz et al (2002) พบว่า ปริมาณของ *Noctiluca scintillans* ในบริเวณชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลียมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยกับปริมาณของไดอะตอม (*Thalassiosira partheneia)* ซึ่งพบในfood vacuole ของ

Noctiluca และจากวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่า ที่มาของสารอาหาร ซึ่ง *Thalassiosira* ใช้ในการเจริญเติบโต มีแหล่งที่มาจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งลงสู่อ่าวซิดนีย์ ซึ่ง สอดคล้องกับรายงานของ Gaston and Suthers (2004) ที่พบว่าปลาที่กินแพลงตอนเป็นอาหาร (planktivorous fish)ในอ่าวซิดนีย์ มีการสะสมไนโตรเจนและคาร์บอนที่มาจากน้ำทิ้งของชุมชนเมือง ซิดนีย์ สอดคล้องกับ Mutchler et al (2007) ใช้ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในการติดตาม แหล่งที่มาของไนโตรเจนในบริเวณชายฝั่งทะเลแคริเบียน ประเทศเม็กซิโก พบว่า ไนโตรเจนที่มี แหล่งกำเนิดจากน้ำทิ้งของกิจกรรมของมนุษย์และไหลลงสู่พื้นที่ชายฝั่งผ่านระบบน้ำใต้ดินจะส่งผล กระทบอย่างมากต่อระบบนิเวศหญ้าทะเลและปะการังที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง

ยังมีการใช้ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในการตรวจสอบแหล่งที่มาคาร์บอน และไนโตรเจนในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในระบบนิเวศทางทะเล เช่น ปะการัง ในการศึกษาของ Marion et al (2005) พบว่า มีการสะสมของคาร์บอนและไนโตรเจนที่มาจากน้ำเสียชุมชนในโครงร่างแข็งของ ปะการังที่เกาะบาหลี ประเทศอินโดนีเซีย สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hoegh-Guldberg (2004) ที่ทำการศึกษาบริเวณชายฝั่งฟลอริดา สหรัฐอเมริกา สอดคล้องกับ Lin et al (2007) ศึกษาบริเวณ Nanwan Bay ทางตอนใต้ของประเทศไต้หวัน โดยใช้ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนใน สาหร่ายขนาดใหญ่ในการตรวจสอบการได้รับไนโตรเจนจากน้ำเสีย โดยทำการศึกษาใน 2 บริเวณ คือ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเสีย และบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำเสีย โดยเก็บตัวอย่าง สาหร่ายช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมาเปรียบเทียบกัน พบว่าในฤดูฝนบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากน้ำเสียมี ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนสูงกว่าในบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบ แสดงให้เห็นว่าไอโซโทป ของไนโตรเจนในสาหร่ายสามารถที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่ดีสำหรับตรวจสอบไนโตรเจนในน้ำ เสียอันเกิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ปล่อยลงสู่ระบบนิเวศชายฝั่งได้

การศึกษาในสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ก็สามารถยืนยันข้อเท็จจริงดังกล่าวได้ เช่น Rebecca and Charles (2008) ทำการศึกษาโดยใช้ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนติดตามการได้รับไนโตรเจนจาก กิจกรรมของมนุษย์ที่ไหลลงสู่บริเวณปากแม่น้ำ โดยทำการเลือกตัวอย่างผู้ผลิตและผู้บริโภคจาก บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ *Spartina alterniflora* ใน Cape Cod ใน Massachusetts ทางตอนใต้ของอ่าว Great และอ่าว Jamaica ใน New York จากผลการศึกษาใน เนื้อเยื่อของ *Spartina alterniflora* พบว่า จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอโซโทปเสถียรของ ไนโตรเจนในกลุ่มผู้บริโภคกับน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ไหลลงสู่ปากแม่น้ำ สามารถใช้เป็น ตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงแหล่งที่มาของไนโตรเจนที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สอดคล้องกับ Tak-Cheung et al (2011) ศึกษาผลกระทบจากน้ำเสียในบริเวณที่เลี้ยงปลา ในทะเลเปิดต่อสัตว์หน้าดินที่กินอาหารแตกต่างกันในแต่ละชนิด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ฟาร์ม เลี้ยงปลามีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ใกล้ฟาร์มเลี้ยงปลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพวกที่กรองกินสารแขวนลอยที่อาศัยใกล้ฟาร์มจะมีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนมากกว่า ที่อาศัยอยู่โดยทั่วไปในธรรมชาติ ซึ่งตรงข้ามกับพวกกัดกินที่อยู่หน้าดินและผู้ย่อยสลายที่อาศัยอยู่ใกล้ ฟาร์ม พบว่ามีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนน้อย เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Vizzini and Mazzola (2004) ศึกษาผลกระทบของน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงปลาทางตะวันตกของเมดิเตอร์เรเนียน

จากการศึกษา แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนที่มาจากฟาร์มเลี้ยงปลาส่งผลกระทบต่อปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในแหล่งที่มาของสารอินทรีย์และผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ใกล้ฟาร์ม

งานวิจัยที่ศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศป่าชายเลน ได้แก่ การติดตามตรวจสอบแหล่งที่มาของสารอินทรีย์บริเวณชายฝั่งเขตร้อนของบราซิล ทำการศึกษาโดย Dittmar et al. (2001) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์บริเวณชายฝั่งนั้นส่วนใหญ่มาจากเศษซากพืชซากสัตว์ในป่าชายเลนที่อยู่ใกล้เคียงกับชายฝั่ง เนื่องจากปริมาณ $\delta^{13}C$ ในสารอินทรีย์แขวนลอย (Particulate organic matter : POM) และสารอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved organic matter :DOM)บริเวณชายฝั่งใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ของสารอินทรีย์แขวนลอย และสารอินทรีย์ละลายน้ำในป่าชายเลน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ของ Gonneea et al., (2004) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนมาจากป่าชายเลนประมาณ 30-80 % ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่สำคัญ และมีแหล่งที่มาจากแหล่งหญ้าทะเล 0-20 % และมีการส่งสารอินทรีย์ออกสู่ระบบนิเวศชายฝั่งเพื่อรักษาความสมดุลในระบบนิเวศป่าชายเลน

ตารางที่ 2-1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ขององค์ประกอบหลักในระบบนิเวศ

Ecosystem component	$\delta^{13}C$ (‰)	$\delta^{15}N$ (‰)	C:N
Terrestrial ecosystem			
C3 plants	-30.0 to -23.0	-5.0 to 18.0	16.6
C4 plants	-13.0 (-17.0 to -9.0)	3.0 to 6.1	16.6
Sewage (Particulate organic matter)	-28.5 to -21.0	-1.0 to 11.0	5.4-15.6
Freshwater ecosystem			
Plankton (Rivers)	-35.0 to -25.0	5.0	7.3
DIC	-42.0 to -26.0	-	-
DIN	-	2.0 to 10.0	-
Sediments (Rivers)	-30.0 to -26.6	4.0 to 7.5	12.4 to 26.0
Marine ecosystems			
Phytoplankton	-22.0 (-30.0 to -17.0)	7.0 (3.0 to 12.0)	6.7
Macroalgae	-8 to -27.0	5.0 to 12.0	22.0 (6.2 to 42.0)
Seagrasses	-12.5 to -10.0	4.0 to 8.0	26.0 (8.7 to 34.0)
POM	-23.5 to -21.6	7 (0 to 22)	6.1 to 14.9

ดัดแปลงจาก Maksymowska et al., 2000

แสดงให้เห็นถึงผลการศึกษาที่ตรงข้ามกับการศึกษาของ Ranjan et al. (2011) โดยได้นำเทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนมาใช้ในการระบุแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลน Pichavaram ประเทศอินเดีย พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนส่วนใหญ่มาจากพืชบกที่ขึ้นอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำในป่าชายเลน เนื่องจากปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ในดินตะกอนใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ของพืชบก

ยังมีการนำเทคนิคไอโซโทปเสถียรมาใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงในห่วงโซ่อาหารที่มีความสัมพันธ์กับสารอินทรีย์จากปากแม่น้ำ โดย Franca et al. (2011) ศึกษาการเคลื่อนที่ของสารอินทรีย์จากปากแม่น้ำทั้งสองแห่งในประเทศโปรตุเกสที่เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารโดยมีสัตว์ทะเลหน้าดิน (Benthic) เป็นปัจจัยหลักในการนำพาและสายพันธุ์ของปลาที่อาศัยอยู่ในปากแม่น้ำที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ลำดับการกินในห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน และการศึกษาการใช้ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในการจำแนกใบไม้ที่ปูแสมในป่าชายเลนกินเป็นอาหารของ Kristensen et al. (2010) พบว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ ของปูแสม *N.versicolor* ใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ที่ร่วงหล่นอยู่ในป่าชายเลน ดังนั้นจึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าอาหารหลักของปูแสมคือใบไม้ในป่าชายเลน

การศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในระบบนิเวศทางทะเลในประเทศไทยนั้นยังมีไม่มากนัก โดย Boonphakdee et al. (2008) ได้นำเทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและสัดส่วนของ C/N มาใช้ในการระบุแหล่งที่มาของสารอินทรีย์บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง พบว่า แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้รับมาจากกิจกรรมของมนุษย์ ทะเลและพืชบก เนื่องจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงล้อมรอบไปด้วยเขตเมืองขนาดใหญ่ จึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ทำให้ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำในช่วงฤดูฝนใกล้เคียงกับพืชบก และในช่วงฤดูแล้งพบว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนที่มาจากทะเลและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ต่อมา Boonkhwang and Boonphakdee (2013) ได้ทำการบ่งชี้แหล่งที่มาของอินทรีย์แขวนลอย(Particulate organic matter : POM) บริเวณอ่าวไทยตอนใน โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจน พบว่า แหล่งที่มาของสารอินทรีย์แขวนลอยส่วนใหญ่มาจากทะเล และOnpankoon et al. (2013) ได้ทำการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนจากพื้นที่เดียวกัน สามารถระบุได้ว่า แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนส่วนใหญ่มาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเลด้วยเช่นกัน

นอกจากนั้น Boonphakdee and Sichan (2013) ได้ทำการติดตามแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหอยทะเลสองฝาที่เลี้ยงใกล้บริเวณป่าชายเลน พบว่า หอยทะเลสองฝาทั้งสองชนิด คือ หอยนางรมและหอยแครงได้รับสารอินทรีย์มาจากสาหร่ายหน้าดินในป่าชายเลนและดินตะกอนในพื้นที่เลี้ยงหอย เนื่องจากสารอินทรีย์ในป่าชายเลนถูกสัตว์หน้าดินประเภทอื่นนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้ไม่สามารถเป็นแหล่งอาหารหลักของหอยทะเลสองฝาที่อยู่ในพื้นที่เลี้ยงหอยได้

จากงานวิจัยทั้งหมด แสดงให้เห็นได้ว่าเทคนิคไอโซโทปเสถียรเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้บ่งบอกแหล่งที่มา การสะสม การเคลื่อนย้าย ของสารอินทรีย์ และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ได้ ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำเสียจะมีปริมาณ $\delta^{15}N$ สูงกว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ไม่ได้รับน้ำเสียและปริมาณ $\delta^{13}C$ ในสิ่งมีชีวิตที่

ได้รับน้ำเสียจากชุมชนจะมีปริมาณ $\delta^{13}C$ ใกล้เคียงกับน้ำเสียด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งน้ำเสียจากชุมชนยังมีสารอินทรีย์ที่ยังสามารถเข้าสู่ระบบนิเวศได้โดยการกินโดยตรงของสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้บริโภคลำดับต้น ซึ่งก็จะส่งสารอินทรีย์นั้นผ่านสายใยอาหาร (Food web) เข้าสู่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในระบบนิเวศต่อไป โดยพบว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ จะมีค่าสูงขึ้นตามลำดับขั้นของการบริโภค (Trophic level) ในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งปริมาณ$\delta^{15}N$ จะสูงขึ้นประมาณ 3.4 ± 1 ‰ ในแต่ละลำดับขั้นของการบริโภค (นรินทร์ บุญตานนท์, 2553)

นอกจากนี้ เมื่อสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำจำนวนมากจะเกิดการย่อยสลายทำให้มีปริมาณสารอาหารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์น้ำยูโทรฟิเคชั่นตามมาได้ แม้ว่าเทคนิคไอโซโทปเสถียรสามารถใช้ติดตาม ตรวจสอบผลกระทบจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเลได้แต่อย่างไรก็ตาม เทคนิคไอโซโทปเสถียรใช้บ่งบอกได้เพียงในเชิงคุณภาพมากกว่าในเชิงปริมาณ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างในระบบนิเวศชายฝั่งทะเลที่เป็นแหล่งรองรับหรืออยู่ใกล้กับท่อระบายน้ำทิ้งจากชุมชนที่ตั้งอยู่ในเขตชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนใน แบ่งเป็น 4 ระบบนิเวศ ดังแสดงในภาพที่ 3-1 ซึ่งบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ บริเวณคลองสังเขป บริเวณคลองบางปลาสร้อย บริเวณคลองบางโปรง บริเวณหาดบางแสน บริเวณหาดวอนนภา บริเวณคลองบางละมุง บริเวณคลองนาเกลือ บริเวณพัทยาใต้ บริเวณหาดจอมเทียน

ในแต่ละบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างจะมีจุดเก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 5 สถานี โดยให้สถานีที่อยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งชุมชนเป็นจุดแรก ซึ่งในแต่ละสถานีในแต่ละสถานที่ที่ทำการศึกษาจะทำการเก็บตัวอย่างทั้งสิ่งไม่มีชีวิตและมีชีวิต

① = ระบบนิเวศป่าชายเลน และหาดโคลน ได้แก่ ป่าชายเลนเมืองใหม่ และบริเวณชายฝั่งทะเลอำเภอเมืองชลบุรี

② = ระบบนิเวศหาดทราย ได้แก่ หาดบางแสน อ่าวศรีราชา และชายฝั่งหาดพัทยา

③ = ระบบนิเวศหญ้าทะเล ได้แก่ เทศบาลเมืองสัตหีบ

④ = ระบบนิเวศปะการัง ทำการศึกษาในแนวปะการังเกาะล้าน

☆ = จุดอ้างอิง

ภาพที่ 3-1 พื้นที่ทำการศึกษาชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

3.2 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างและข้อมูลต่าง ๆ ในระยะเวลา ในช่วงเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนตุลาคม 2559

3.3 การเก็บตัวอย่าง

3.3.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลจากระดับผิวน้ำโดยใช้กระบอกเก็บน้ำ (Water sampler) อย่างน้อย 5จุด ซึ่งให้จุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งจากชุมชนเป็นจุดแรก ทำการ

เก็บตัวอย่างน้ำสถานีละ 3 ซ้ำ ใส่แกลลอนขนาด 5 ลิตร และเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic waste) ทั้งที่ผ่านการบำบัด (Treated wastewater) และไม่ผ่านการบำบัด (Untreated wastewater) จากท่อระบายน้ำทิ้งที่ไหลลงสู่ชายฝั่งทะเลในพื้นที่ที่ทำการศึกษา จากนั้นนำตัวอย่างน้ำทั้งหมดไปแช่เย็นในระหว่างการขนส่งก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (δ^{13}C, δ^{15}N), ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท (δ^{15}N - NO_3) ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนอินทรีย์ (POC, PON) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) และสัดส่วนคาร์บอนอินทรีย์ต่อคลอโรฟิลล์เอ (POC:Chl *a*) ในห้องปฏิบัติการ และวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในน้ำ ได้แก่ ไนโตรเจนรวม (TN) อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ในห้องปฏิบัติการ รวมถึงตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม ได้แก่ ความเค็ม ออกซิเจนละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ ด้วยเครื่อง YSI 85 และความเป็นกรด - ด่าง โดยใช้ pH Meter (HANNA; HI 98185)

3.3.2 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

3.3.2.1 การเก็บตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก

ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกในจุดเก็บตัวอย่างเดียวกับตัวอย่างน้ำ โดยใช้ Core sampler และตัดดินเป็นชั้น ๆ โดยใช้ แผ่นตัดดิน (Cutting plate) จำนวน 5 ระดับ ได้แก่ 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 และ 8-10 เซนติเมตร ตามลำดับ สถานีละ 3 ซ้ำ นำตัวอย่างดินตะกอนใส่ถุงซิป และนำตัวอย่างไปแช่เย็นในระหว่างการขนส่งก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รวม (TOM) สารอินทรีย์คาร์บอน (TOC) ไนโตรเจนรวม (TN) และไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (δ^{13}C, δ^{15}N) ในห้องปฏิบัติการ

3.3.2.2 การเก็บตัวอย่างดินตะกอนที่ระดับผิวดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนจากพื้นท้องน้ำระดับผิวดิน (ความลึกไม่เกิน 3 ซม.) ในจุดเก็บตัวอย่างเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำ สถานีละ 3 ซ้ำ โดยใช้ Grab sampler นำตัวอย่างดินตะกอนใส่ถุงซิปและนำตัวอย่างไปแช่เย็นในระหว่างการขนส่งก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (δ^{13}C, δ^{15}N) ปริมาณสารอินทรีย์รวม (TOM) สารอินทรีย์คาร์บอน (TOC) และ ไนโตรเจนรวม (TN) และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารที่ละลายในดินตะกอน ได้แก่ อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ในห้องปฏิบัติการ

3.3.3 การเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิต

3.3.3.1 แพลงก์ตอนสัตว์

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ ณ สถานีเก็บตัวอย่างน้ำ โดยทำการลากถุงในแนวดิ่งจากพื้นท้องน้ำสู่ผิวน้ำด้วยถุงลากแพลงก์ตอนขนาดของตาข่าย 200 ไมโครเมตร ทำการลาก 3 ครั้ง นำแพลงก์ตอนสัตว์มาจำแนกชนิดที่ห้องปฏิบัติการ และนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (δ^{13}C, δ^{15}N) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (OC) ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ (ON) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ในห้องปฏิบัติการ

3.3.3.2 สัตว์หน้าดิน

ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินโดยใช้ Grab sampler ขนาด 30 × 30 ซม. ซึ่งจะเก็บตัวอย่างดินตะกอนสถานีเดียวกับเก็บตัวอย่างดินตะกอน สถานีละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อน (Sieves) 4 ขนาด ได้แก่ 5, 2, 1 และ 0.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ หลังจากนั้นนำตัวอย่างสิ่งมีชีวิตหน้าดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนใส่ลงไปในขวด Polyethylene และแช่เย็นทันทีเพื่อรักษาสภาพของตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงก่อนที่จะนำไปแยกชนิด และทำการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (OC) ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ (ON) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ในห้องปฏิบัติการ

3.4 การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.4.1 สารอินทรีย์แขวนลอย (POM) คาร์บอนอินทรีย์ (POC) และไนโตรเจนอินทรีย์ (PON) ในน้ำ

ดำเนินการตามวิธีของ Schlacher, Liddell, Gaston, and Hoenlinger, (2005) โดยนำตัวอย่างน้ำประมาณ 500 ml มากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman GF/F (ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 450 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง) นำกระดาษกรองไป Decarbonate ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C อีกครั้ง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำกระดาษกรอง บรรจุใน Tin capsules และนำไปวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) และ วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนอินทรีย์ (POC, PON) ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS)

3.4.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ($\delta^{15}N$ - NO_3) ในน้ำ

ดำเนินการตามวิธีของ Tanaka, and Saino (2002) โดยนำน้ำทะเลที่ผ่านการกรองปริมาตร 5 ลิตร มาเติม 40 % NaOH 50 มิลลิลิตร ลงไปแล้วลดปริมาตรให้เหลือปริมาตร 500 มิลลิลิตร จากนั้นทำการลดปริมาตรอีกครั้งจนเหลือปริมาตรน้อยกว่า 5 ml นำไปอบให้แห้งบรรจุตัวอย่างที่เหลือใส่ Tin capsules และนำไปวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS)

3.4.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chl *a*) ในน้ำ

นำกระดาษกรอง Whatman GF/F ที่ผ่านการกรองตัวอย่างน้ำใส่หลอดเซนตริฟิวจ์แล้วใส่สารละลาย 90 % acetone ปริมาตร 2 - 3 ml ลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ จากนั้นหุ้มหลอดเซนตริฟิวจ์ด้วยกระดาษอะลูมินั่มฟอยล์จนมิดและเก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดรงควัตถุ จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดโดยการทิ้งไว้ข้ามคืนออกจากตู้เย็น และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่ที่มีแสงสลัวจนตัวอย่างมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง แล้วนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดแล้วเติมสารละลาย 90 % acetone จนมีปริมาตรเป็น 10 ml และนำตัวอย่างไปปั่นให้ตกตะกอนด้วยเครื่องเซนติฟิวส์ที่ความเร็ว 3000 - 4000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 - 10 นาที นำสารละลายใสที่ได้จากการเซนตริฟิวส์มาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร โดยใช้ cuvette ขนาด 1 ซม. ลบค่าการดูดกลืนแสงของ blank คือสารละลาย 90 % acetone พร้อมกระดาษกรองที่ถูกเตรียมด้วยวิธีเดียวกันกับตัวอย่าง จากนั้นเติมสารละลายเจือจางของกรดเกลือ (5 %) 2 หยด ลงไปในตัวอย่าง แล้ว

นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดิมหลังจากผสมตัวอย่างกับสารละลายกรดเกลือ คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ไมโครกรัม/ลิตร) ตามวิธีของ Parsons, Maita, and Lalli, (1984) อ้างโดยกรมควบคุมมลพิษและสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ (2545) ตามสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{Chlorophyll a } (\mu g/l) = \frac{26.7(665_0-665_a)\times v}{V\times 1}$$

665_0 แทน ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง 665 นาโนเมตรก่อนการเติมกรดเกลือ

665_a แทน ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่นต่าง 665 นาโนเมตรหลังการเติมกรดเกลือ

V แทน ปริมาตรของน้ำที่กรอง (ลิตร)

v แทน ปริมาตรของ acetone ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

1 แทน ขนาดของ cuvette ที่ใช้ (เซนติเมตร)

3.4.4 ปริมาณสารอาหารในน้ำ

นำน้ำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman GF/F และใส่ขวดโพลิเอทิลีนทันที แล้วนำมาวิเคราะห์ อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN) และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ส่วนตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรองนำมาวิเคราะห์ไนโตรเจนรวม (TN) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ซึ่งปริมาณสารอาหารจะนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Auto analyzer 3 ตามวิธีของ Grasshoff, Ehrhardt, and Kremling (1983) โดยการคำนวณปริมาณสารอาหารจะสร้างกราฟมาตรฐานของสารอาหารในรูปต่าง ๆ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานจากสมการเส้นตรง โดยกำหนดให้ค่า R square ที่ได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน ต้องไม่น้อยกว่า 0.995 จึงนำกราฟมาตรฐานนั้นมาใช้คำนวณปริมาณของสารอาหารได้

3.4.5 ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (TOC) ไนโตรเจนรวม (TN) และการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนเปียกประมาณ 10 กรัม ไปอบให้แห้ง หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง (Mortar) และนำตัวอย่างดินมาย่อยคาร์บอเนตด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปอบให้แห้งตามวิธีของ Lopes, Bouillon, Mangion, Macia, and Paula (2009) แล้วนำตัวอย่างมาบรรจุลงใน Tin capsule เพื่อวิเคราะห์ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS) และวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (TOC) ไนโตรเจนรวม (TN) โดยใช้เครื่อง CHN Analyzer ของ Perkin Elmer รุ่น 2400

3.4.6 ปริมาณสารอินทรีย์รวม (TOM) ในดินตะกอน

วิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รวมด้วยวิธีของ Verardo, Froelich and McIntyre (1990) โดยวิธี Ignition loss นำตัวอย่างดินตะกอนเปียกประมาณ 10 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C

เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นแล้วนำมาบดด้วยโกร่งให้ละเอียด แยกส่วนของก้อนหินและเปลือกหอยออก นำ Crucible ชั่งน้ำหนัก แล้วจดน้ำหนักไว้ จากนั้นนำ Crucible ไปเผาที่อุณหภูมิ 450 °C นาน 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ต่อจากนั้นนำตัวอย่างดินที่บดแล้วชั่งประมาณ 2 - 3 กรัม ใส่ Crucible ที่ผ่านการเผาและจดน้ำหนักดินไว้ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 °C นาน 3 ชั่วโมง อีกครั้ง ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ทำการชั่งน้ำหนักและนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าปริมาณสารอินทรีย์รวม (มิลลิกรัม/กรัม) จากน้ำหนักที่หายไปโดยใช้สูตร

Total organic matter (mg/g) = (น้ำหนักดินที่หายไป/น้ำหนักดินก่อนเผา) x 1000

3.4.7 สารอาหารในดินตะกอน

นำดินตะกอนเปียกประมาณ 3 - 4 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3 % ลงในบีกเกอร์ จากนั้นแยกสารละลายส่วนที่ใสมากรองผ่านกระดาษกรอง Whantman GF/F ตามวิธีของ Chuan and Sugahara (1984) จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DON) อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ (DIN) และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) ด้วยเครื่อง Auto analyzer 3 ตามวิธีของ Grasshoff et al. (1983)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรวม (TP) ในดินตะกอนจะเตรียมตัวอย่างตามวิธีของ Aspila, Agemian, and Chau (1976) โดยชั่งดินตะกอนเปียกประมาณ 10 กรัม แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 °C นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก แล้วจึงสารละลายส่วนใสมาวิเคราะห์ฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus; TP) ด้วยวิธีกรดแอสคอร์บิค ตามวิธีของ Stickland, and Parsons (1972)

3.4.8 สิ่งมีชีวิต

นำตัวอย่างมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำเนื้อเยื่อไปทำให้แห้ง แล้วจึงนำมาบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง และนำมาสกัดไขมันออกด้วยสารละลายคลอโรฟอร์มและเมทานอล แล้วนำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันมาทำให้แห้ง อีกครั้ง ตามวิธีของ Shahraki, Fry, and Rixen, (2014) และนำตัวอย่างไปชั่งประมาณ 1.5 มิลลิกรัม บรรจุลงใน Tin capsule เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS) และวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน (OC) อินทรีย์ไนโตรเจนรวม (ON) โดยใช้เครื่อง CHN Analyzer ของ Perkin Elmer รุ่น 2400

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$)

การวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS) ซึ่งเครื่อง IRMS เป็นเครื่องแยกและวิเคราะห์ Isotope ของธาตุที่อยู่ในรูปก๊าซ (Gas) ด้วยหลักการ Mass spectrometer ซึ่ง Mass spectrometer ทำหน้าที่ตรวจวิเคราะห์สารที่แยกมาจากแก๊สโครมาโตกราฟ มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนได้แก่ Ion source ทำหน้าที่เปลี่ยนสารที่เข้ามาให้

กลายเป็นไอออน Mass filter ทำหน้าที่เลือกไอออนโดยแยกตามอัตราส่วนมวลต่อประจุ (m/z) และ Mass detector จะทำหน้าที่ตรวจจับไอออนที่ผ่านออกมาและขยายสัญญาณ

ซึ่งข้อมูลของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ที่รายงานออกมานั้นเป็นความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันระหว่างสัดส่วนของตัวอย่างและสารมาตรฐาน

$$\delta X\ (‰) = [(R_{sample}/R_{standard}) - 1] \times 10^3$$

เมื่อ X แทน ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน (^{13}C และ ^{15}N)

R แทน ค่าของสัดส่วนไอโซโทป ($^{13}C/^{12}C$ และ $^{15}N/^{14}N$)

นำข้อมูลที่ได้ไปทำเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ซึ่งใช้เปรียบเทียบกับปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ของแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ที่สำคัญ เช่น สารอินทรีย์ที่ได้มาจากในทะเล และสารอินทรีย์ที่ได้รับมาจากแผ่นดิน และใช้ Simple two sources mixing model ในการเปรียบเทียบสัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์โดยคำนวณได้จากสมการ

$$f\,(\%) = \frac{\delta^{13}C_{marine} - \delta^{13}C_{sample}}{\delta^{13}C_{marine} - \delta^{13}C_{terrestrial}} \text{ X } 100$$

เมื่อ f คือ สัดส่วนของสารอินทรีย์จากแผ่นดิน

$\delta^{13}C_{marine}$ คือ $\delta^{13}C$ ของสารอินทรีย์ในทะเล

$\delta^{13}C_{terrestrial}$ คือ $\delta^{13}C$ ของสารอินทรีย์จากแผ่นดิน

$\delta^{13}C_{sample}$ คือ $\delta^{13}C$ ของสารอินทรีย์ในตัวอย่าง

จากสมการดังกล่าวสามารถทำให้ทราบเปอร์เซ็นต์ของสารอินทรีย์จากทะเลและแผ่นดิน (Mishima, Hoshika & Tanimoto, 1999)

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

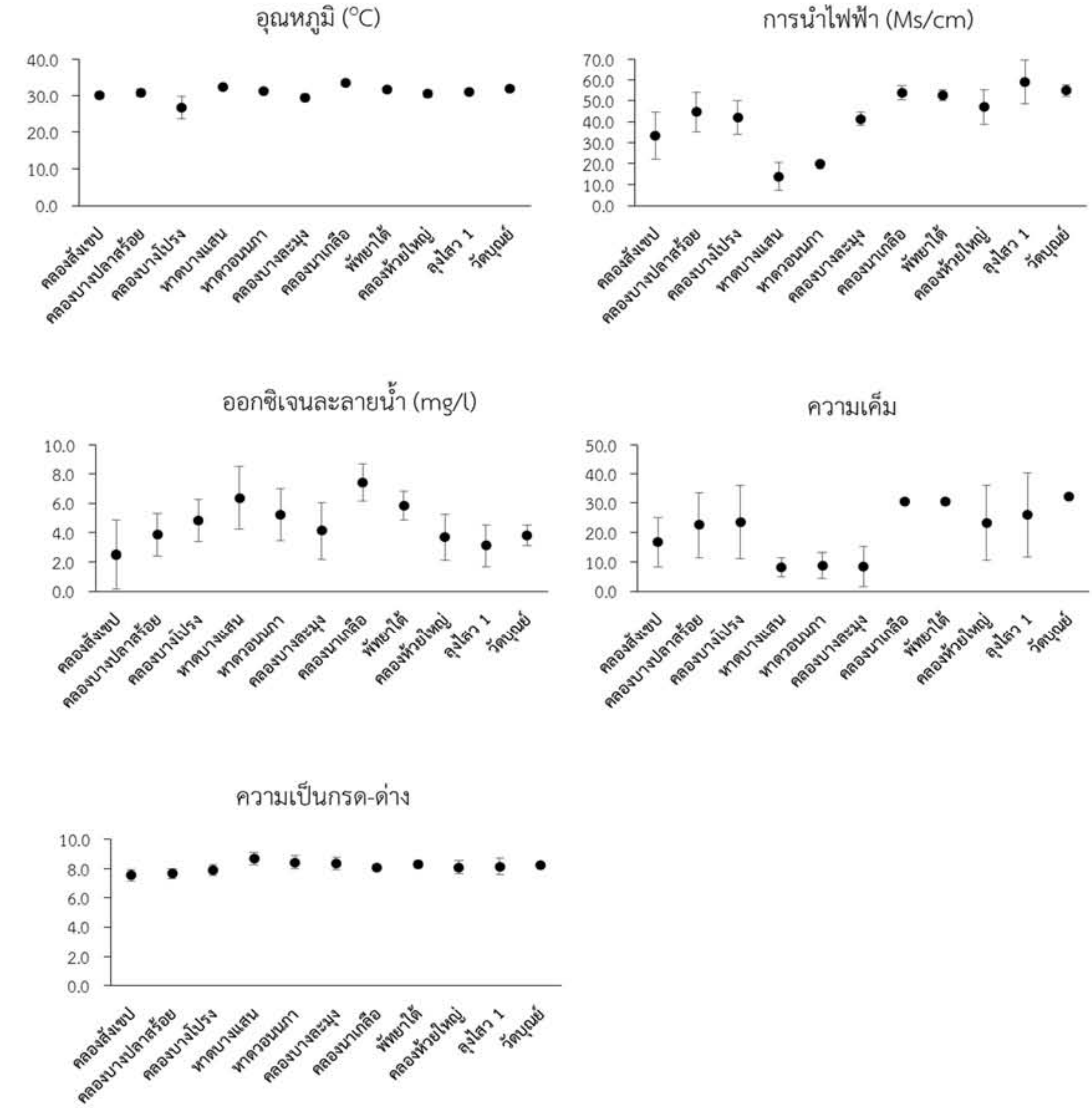
นำข้อมูลคุณภาพน้ำ ปริมาณสารอาหารในน้ำและในดินตะกอน ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ในตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน สิ่งมีชีวิต และสารอินทรีย์แขวนลอย (POM) มาวิเคราะห์ความแตกต่างในแต่ละสถานี และฤดูกาล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Two - way ANOVA และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) ระหว่างคุณภาพน้ำและไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ระบบนิเวศหาดทราย

4.1.1 คุณภาพน้ำทั่วไป

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปของบริเวณคลองสังเขป (20 สิงหาคม 2558) บริเวณคลองบางปลาสร้อย (20 สิงหาคม 2558) บริเวณคลองบางโปรง (29 มกราคม 2559) บริเวณหาดบางแสน (4 กันยายน 2560) บริเวณหาดวอนนภา (4 กันยายน 2560) บริเวณคลองบางละมุง (31 สิงหาคม 2560) บริเวณคลองนาเกลือ (29 เมษายน 2559) บริเวณพัทยาใต้ (8 มิถุนายน 2559) บริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ (11 พฤษภาคม 2560) หน้าร้านลุงไสว 1 (11 พฤษภาคม 2560) และ ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (11 พฤษภาคม 2560) พบว่าอุณหภูมิน้ำของแต่ละบริเวณไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 29.00 - 33.58 ℃ แต่ค่าออกซิเจนละลายน้ำบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย และบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง (ไม่น้อยกว่า 4 mg/l) ส่วนความเค็มของน้ำทะเลบริเวณหาดบางแสน หาดวอนนภาและคลองบางละมุงมีค่าต่ำ (0.1 - 24.0) เนื่องจากช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นช่วงที่เกิดฝนตกทำให้มีน้ำจืดไหลลงสู่ทะเลจำนวนมาก ส่งผลให้ความเค็มมีค่าลดลง ในขณะเดียวกันค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำในแต่ละบริเวณมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักคือมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 - 8.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพน้ำชายฝั่งทะเล ดังแสดงในภาพที่ 4-1

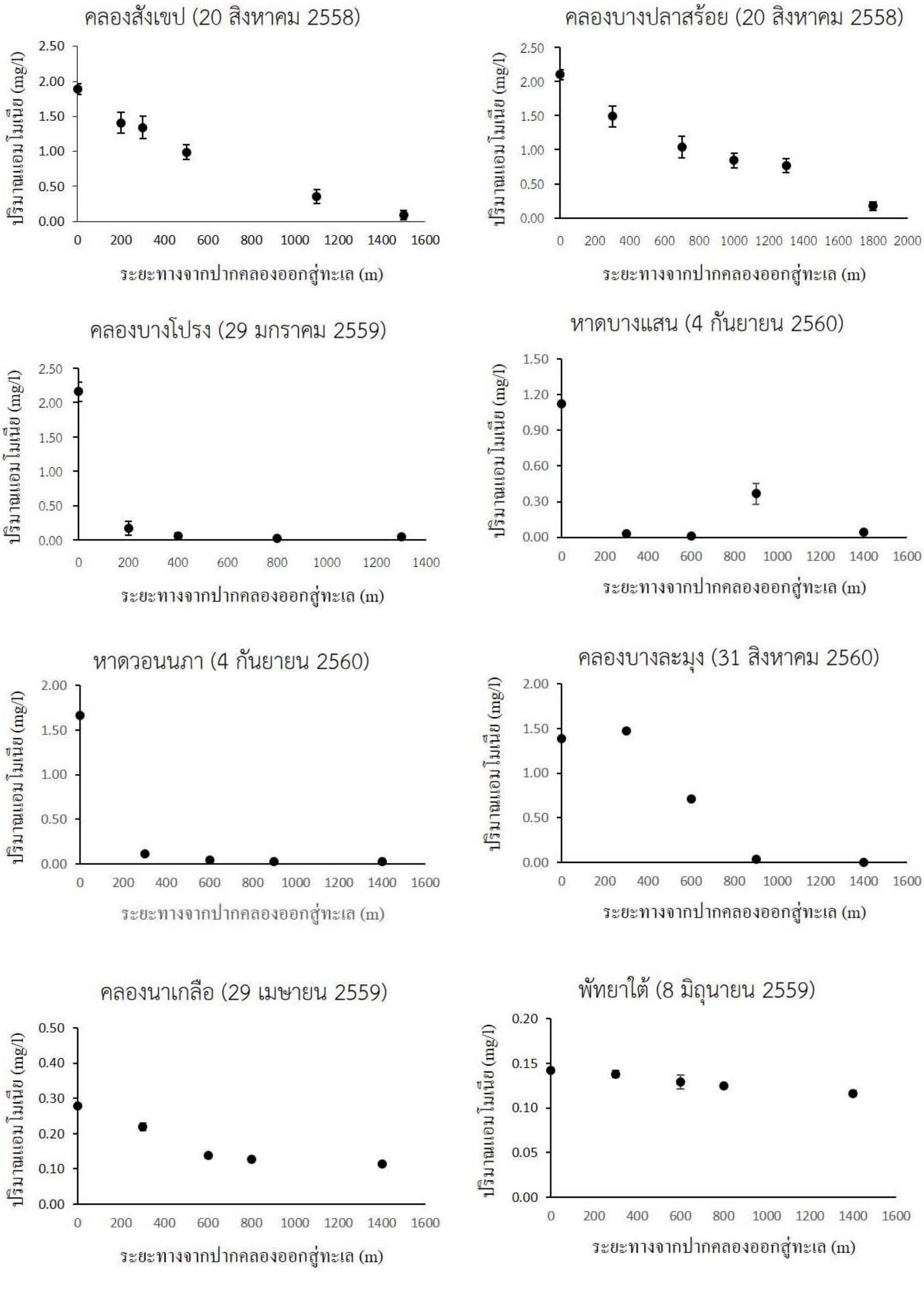


ภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย (± SD) ของอุณหภูมิ (°C) การนำไฟฟ้า (Ms/cm) ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) ความเค็มและความเป็นกรด-ด่าง บริเวณคลองสังเขป (20 สิงหาคม 2558) บริเวณคลองบางปลาสร้อย (20 สิงหาคม 2558) บริเวณคลองบางโปรง (29 มกราคม 2559) บริเวณหาดบางแสน (4 กันยายน 2560) บริเวณหาดวอนนภา (4 กันยายน 2560) บริเวณคลองบางละมุง (31 สิงหาคม 2560) บริเวณคลองนาเกลือ (29 เมษายน 2559) บริเวณพัทยาใต้ (8 มิถุนายน 2559) บริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ (11 พฤษภาคม 2560) หน้าร้านลุงไสว 1 (11 พฤษภาคม 2560) และ ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (11 พฤษภาคม 2560)

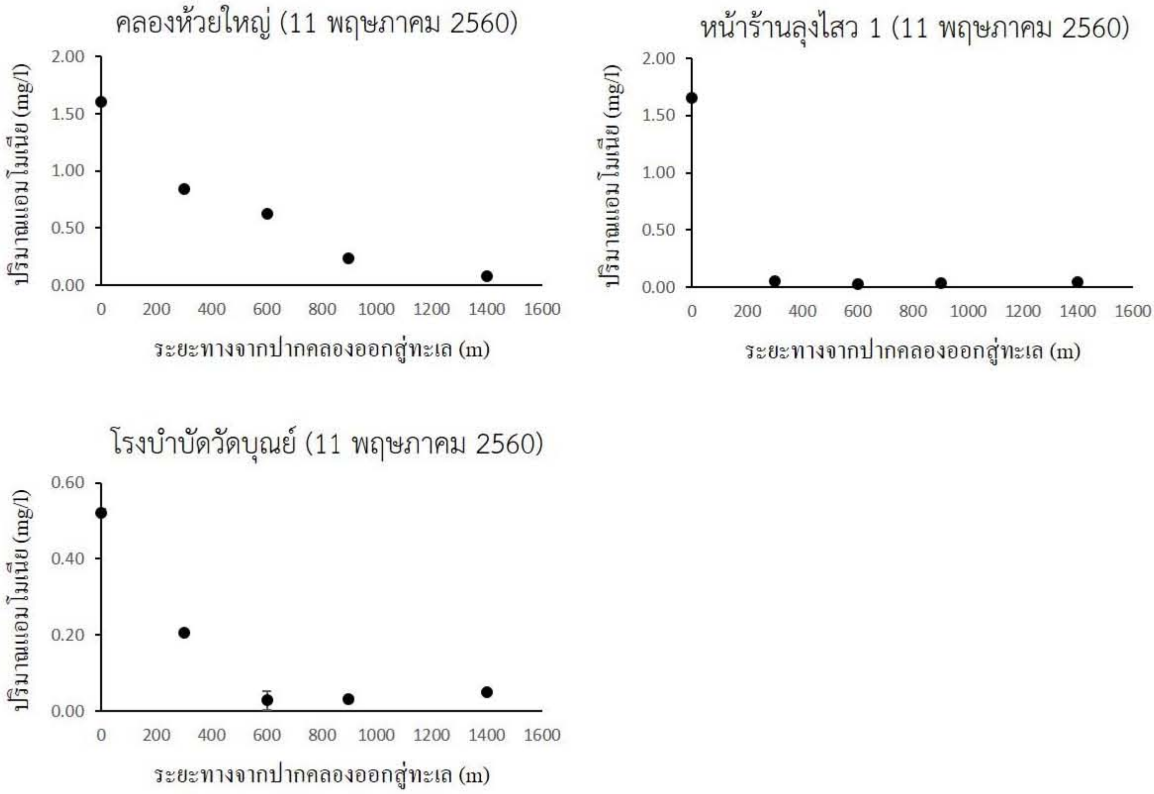
4.1.2 การกระจายของสารอาหารในน้ำ

กระจายของสารอาหารไนโตรเจน (แอมโมเนีย ไนเตรท อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ไนโตรเจนแขวนลอย และไนโตรเจนรวม) ในน้ำบริเวณคลองสังเขป (20 สิงหาคม2558) บริเวณคลองบางปลาสร้อย (20 สิงหาคม 2558) บริเวณคลองบางโปรง (29 มกราคม 2559) บริเวณหาดบางแสน (4 กันยายน 2560) บริเวณหาดวอนนภา (4 กันยายน 2560) บริเวณคลองบางละมุง (31 สิงหาคม 2560) บริเวณคลองนาเกลือ (29 เมษายน 2559) บริเวณพัทยาใต้ (8 มิถุนายน 2559) บริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ (11 พฤษภาคม 2560) หน้าร้านลุงไสว 1 (11 พฤษภาคม 2560) และ ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (11 พฤษภาคม 2560) จังหวัดชลบุรี ดังแสดงใน ภาพที่ 4-2 ถึง 4-15

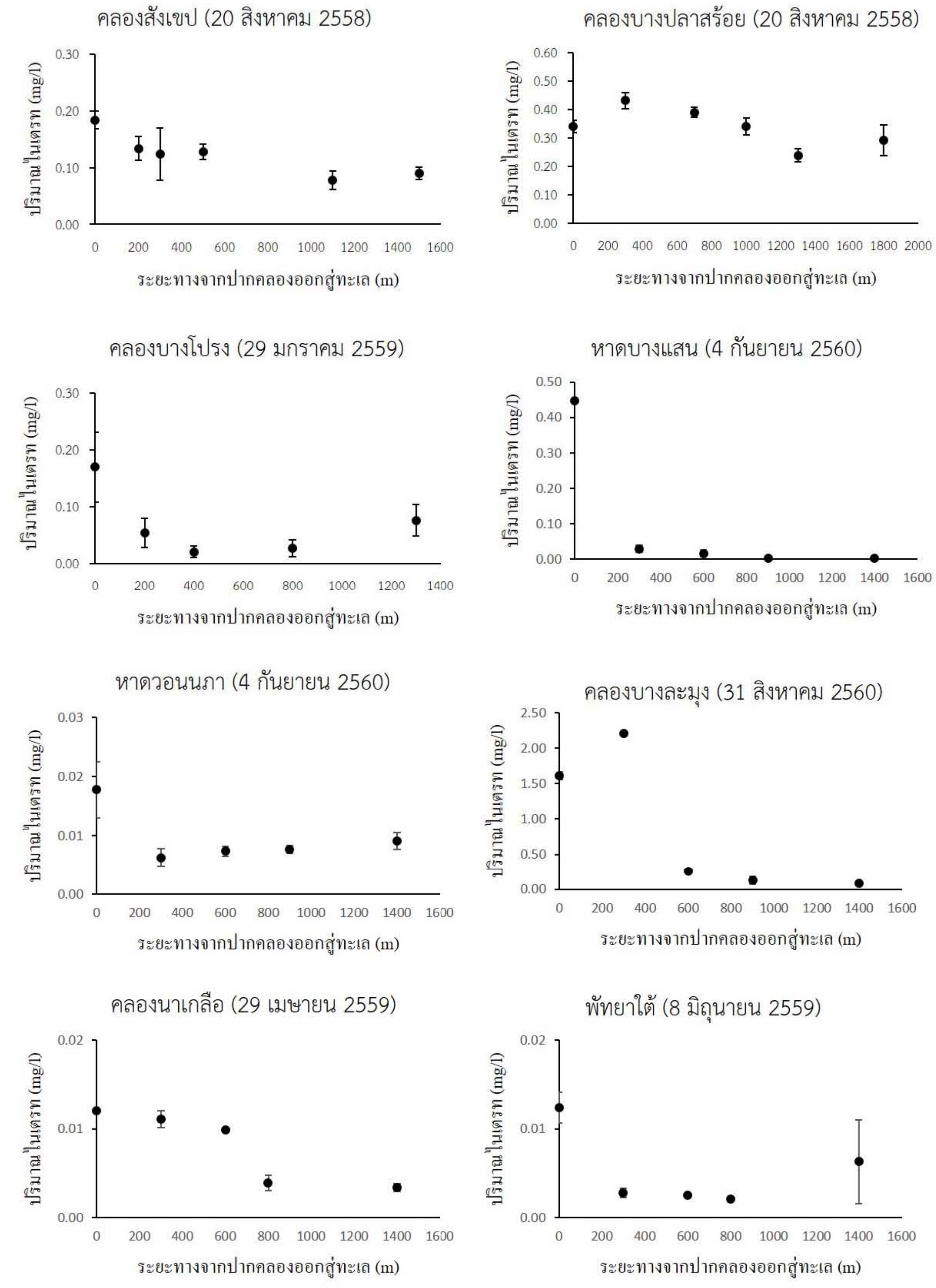
การกระจายของสารอาหารไนโตรเจน (อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ ฟอสฟอรัสรวมละลายน้ำ ฟอสฟอรัสแขวนลอย และฟอสฟอรัสรวม) ในน้ำบริเวณคลองสังเขป (20 สิงหาคม2558) บริเวณคลองบางปลาสร้อย (20 สิงหาคม 2558) บริเวณคลองบางโปรง (29 มกราคม 2559) บริเวณหาดบางแสน (4 กันยายน 2560) บริเวณหาดวอนนภา (4 กันยายน 2560) บริเวณคลองบางละมุง (31 สิงหาคม 2560) บริเวณคลองนาเกลือ (29 เมษายน 2559) บริเวณพัทยาใต้ (8 มิถุนายน 2559) บริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ (11 พฤษภาคม 2560) หน้าร้านลุงไสว 1 (11 พฤษภาคม 2560) และ ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (11 พฤษภาคม 2560 จังหวัดชลบุรี พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่หาดจอมเทียนบริเวณท่อระบายน้ำหน้าร้านลุงไสว มีค่าสูงกว่าคลองอื่น ๆ โดยมีปริมาณเท่ากับ 2.39±0.01 mg/l ดังแสดงใน ภาพที่ 4-16 ถึง 4-25



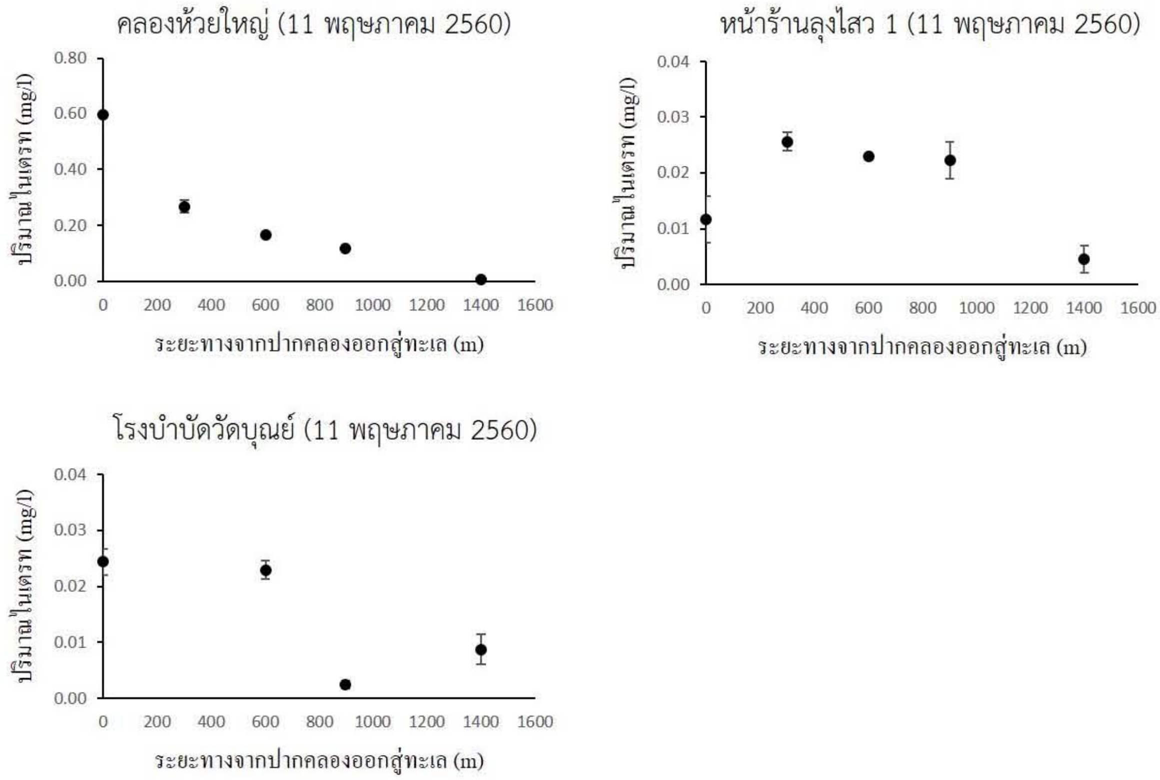
ภาพที่ 4-2 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



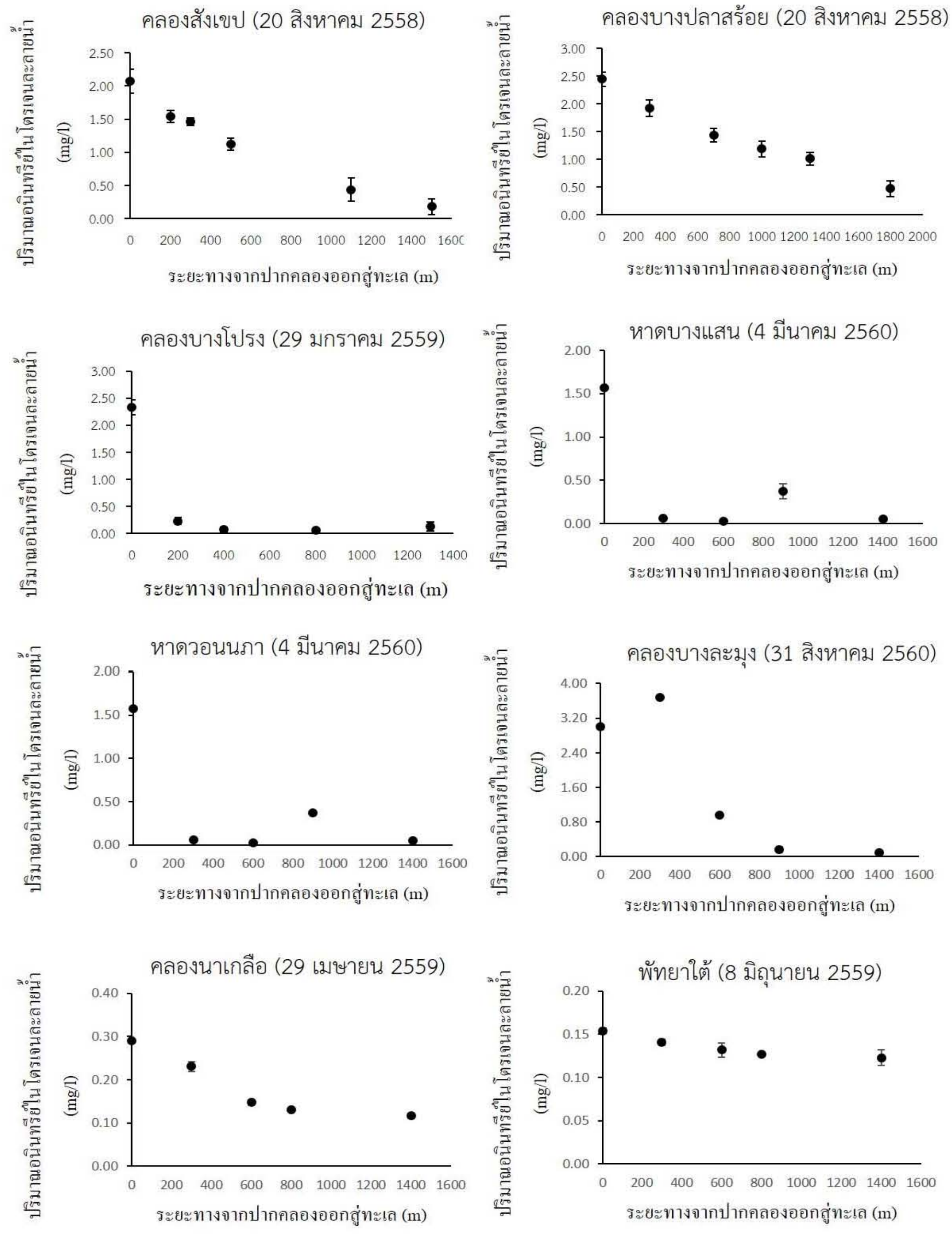
ภาพที่ 4-3 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



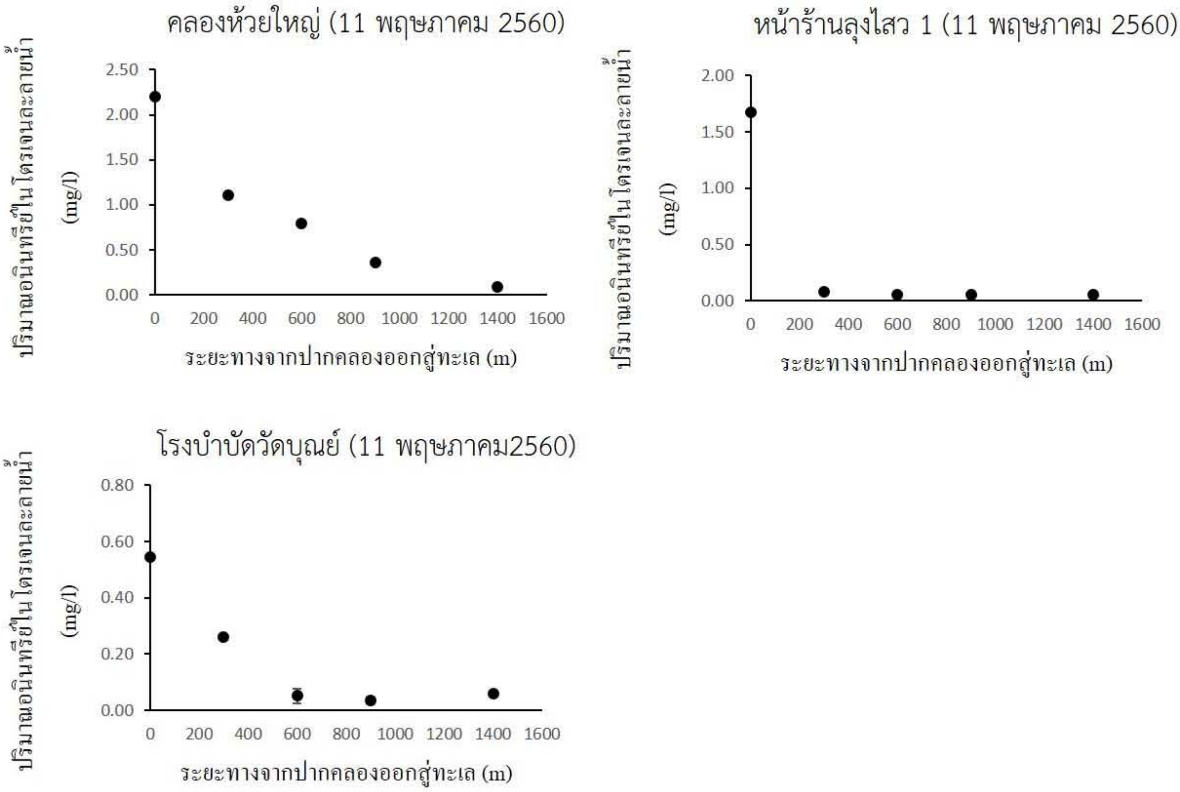
ภาพที่ 4-4 ปริมาณไนเตรทในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



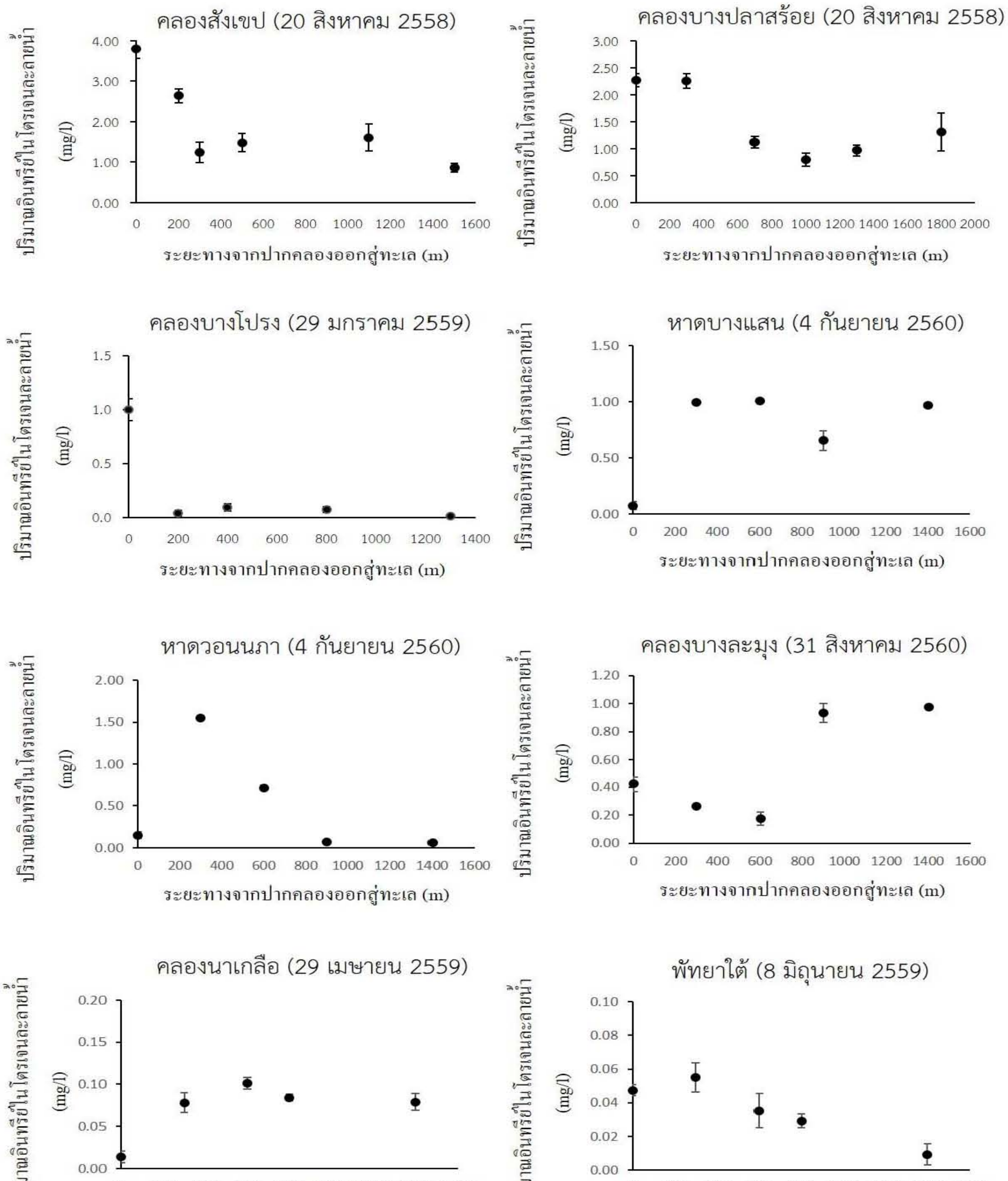
ภาพที่ 4-5 ปริมาณไนเตรทในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



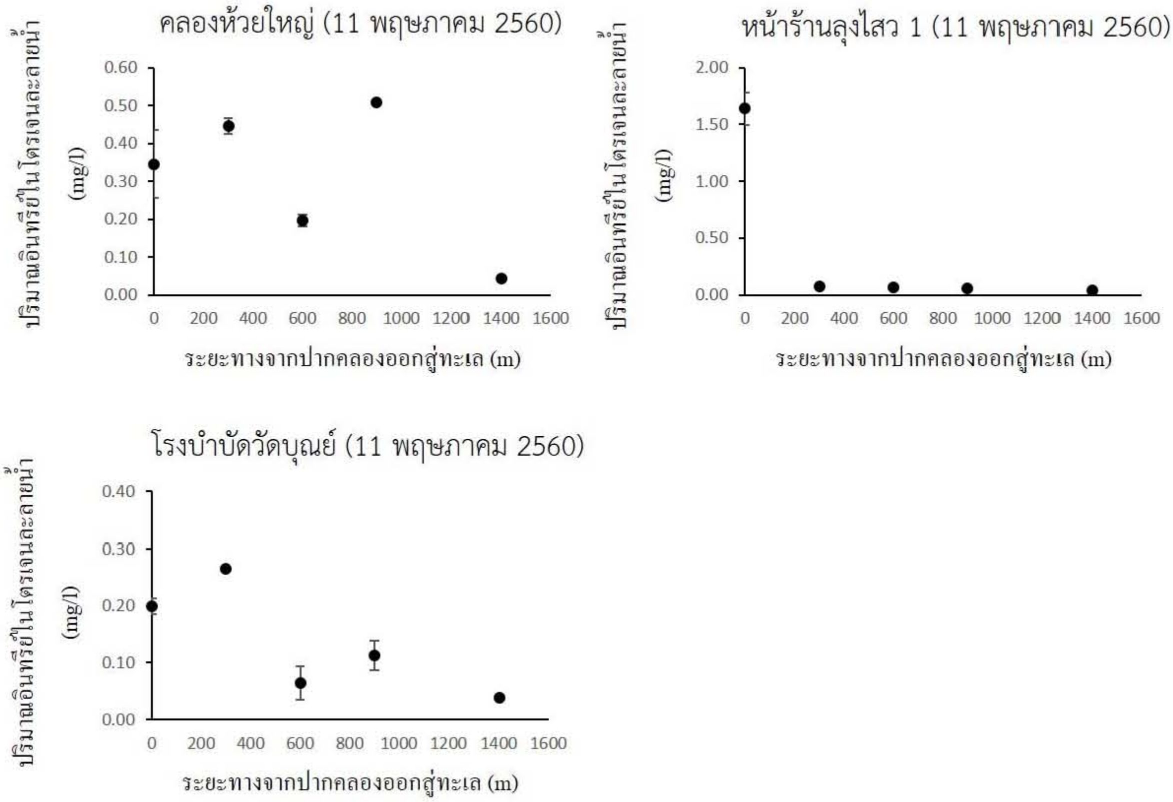
ภาพที่ 4-6 ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



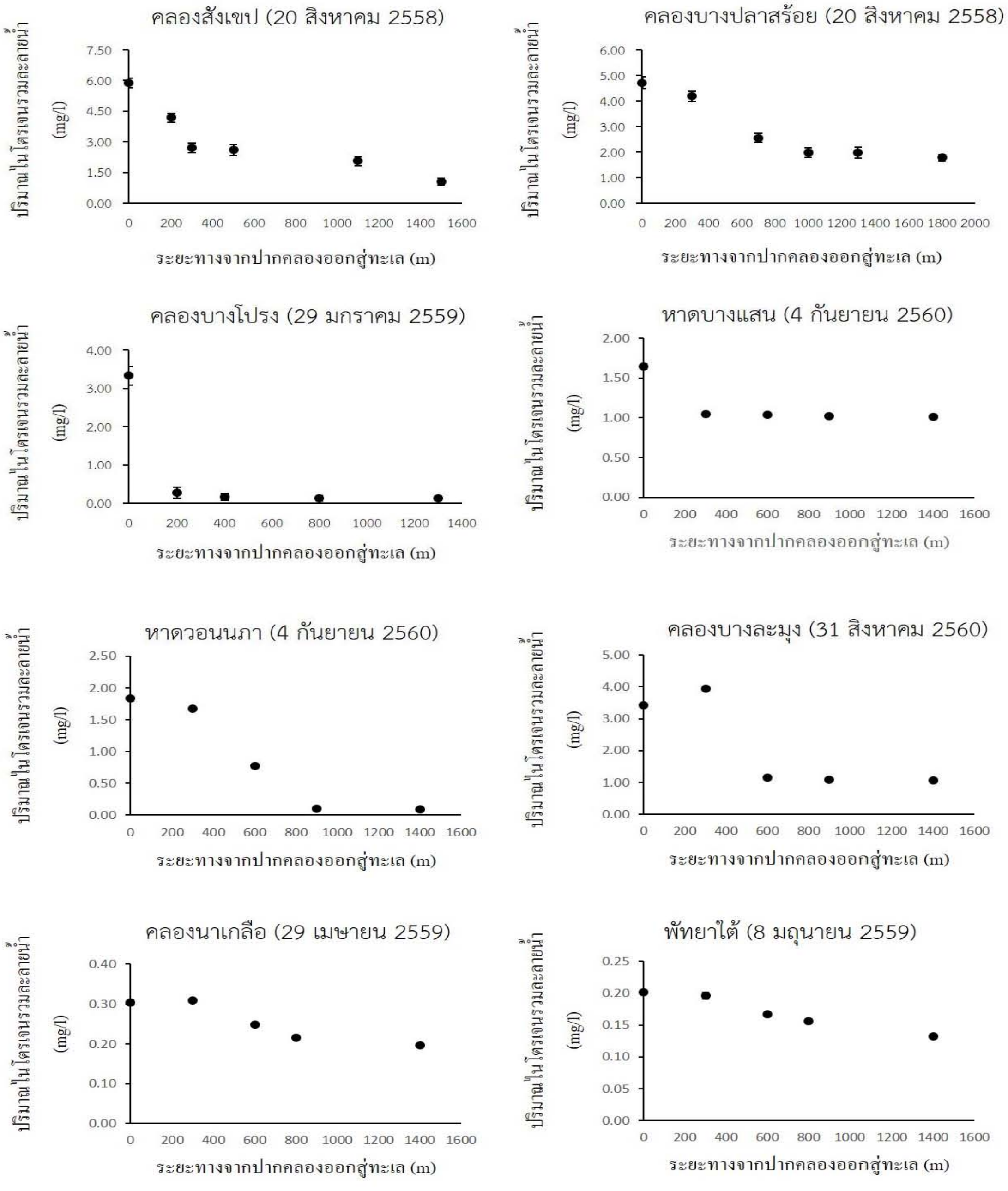
ภาพที่ 4-7 ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



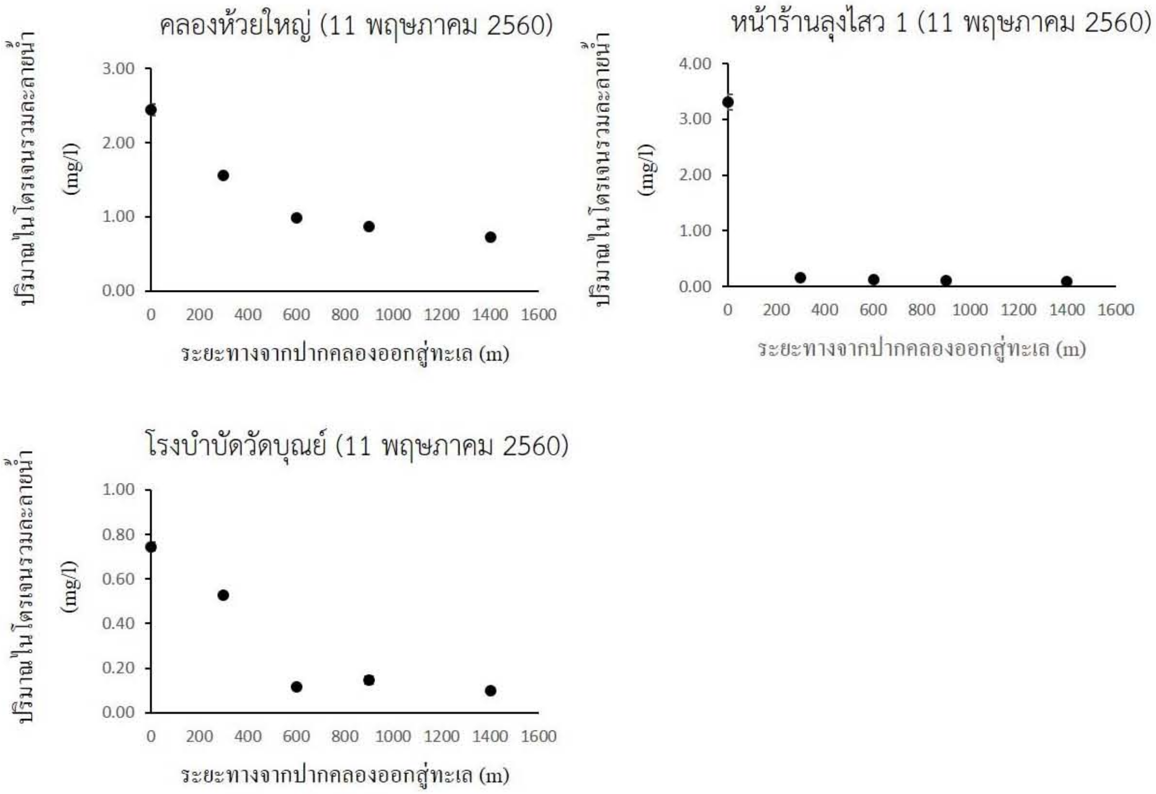
ภาพที่ 4-8 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



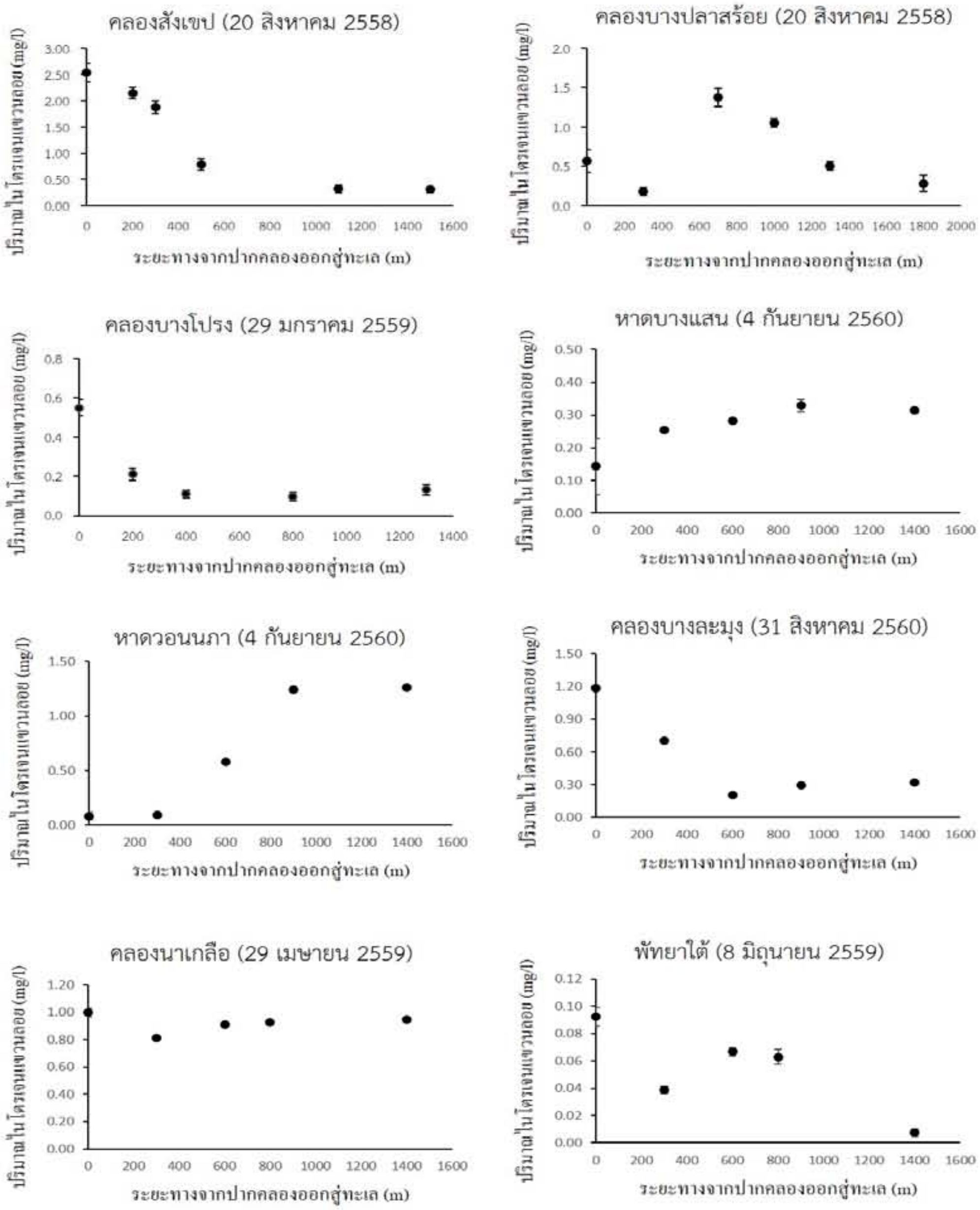
ภาพที่ 4-9 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



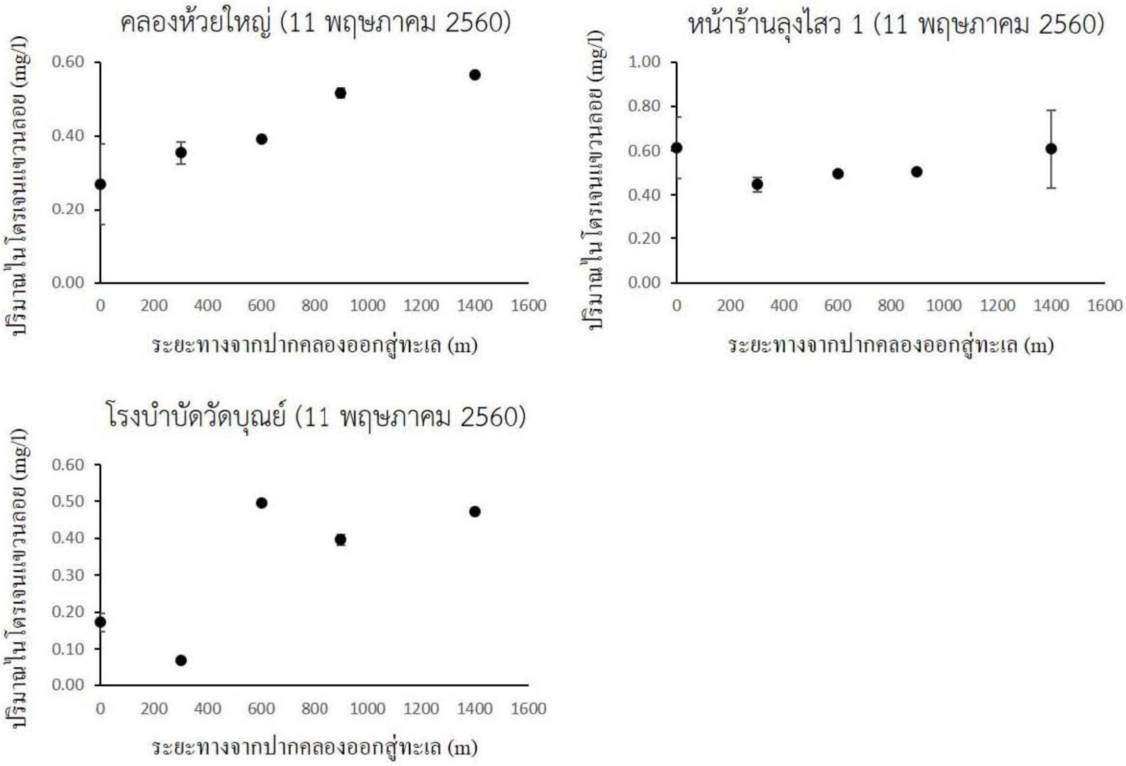
ภาพที่ 4-10 ปริมาณไนโตรเจนรวมละลายน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



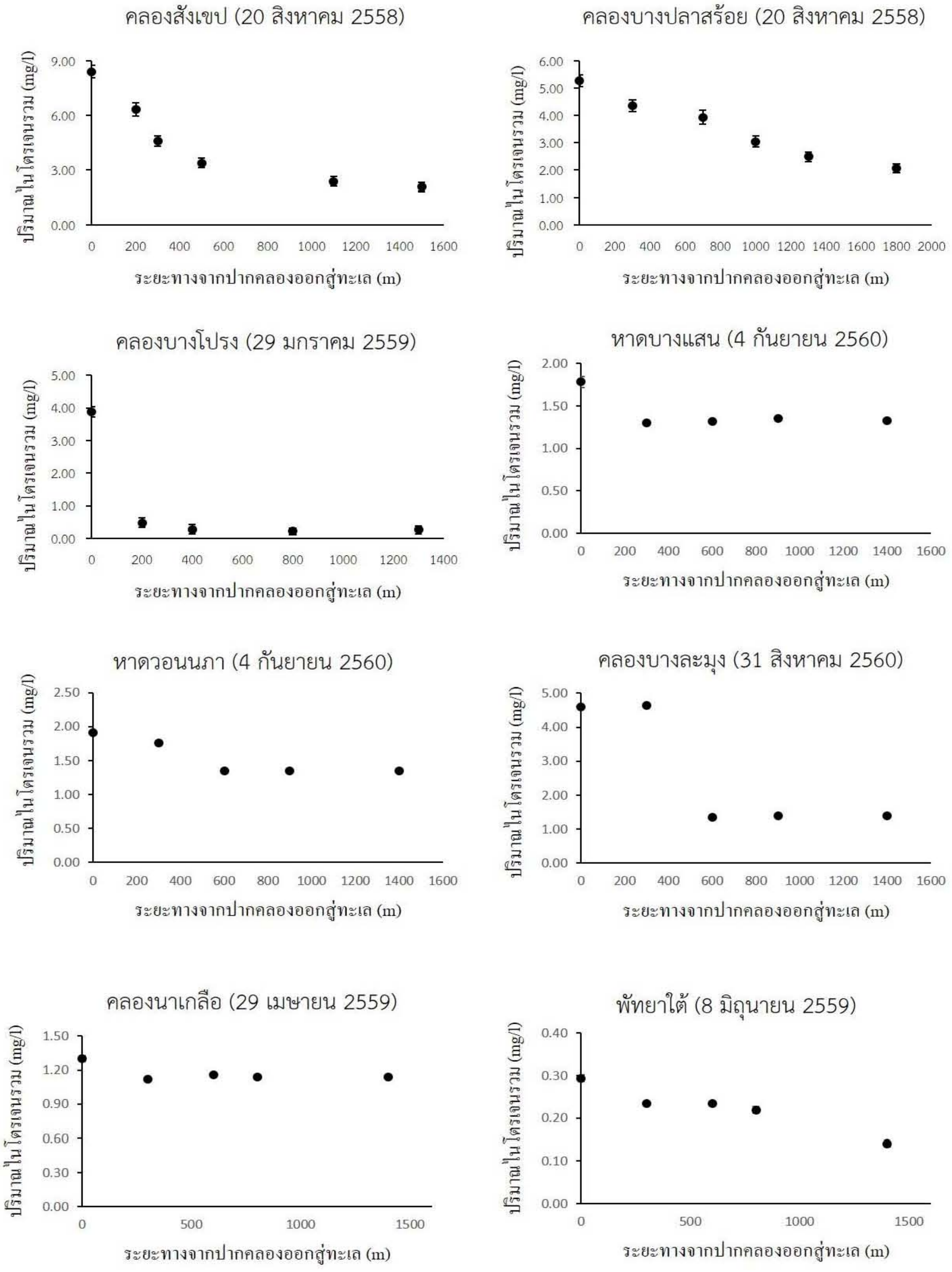
ภาพที่ 4-11 ปริมาณไนโตรเจนรวมละลายน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



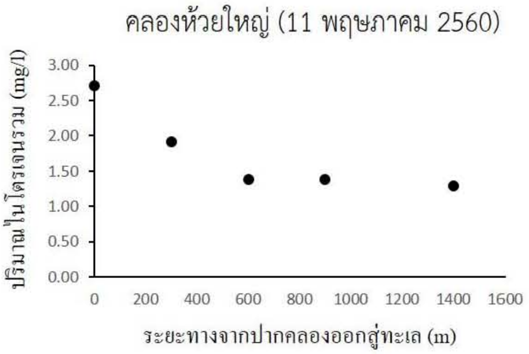
ภาพที่ 4-12 ปริมาณไนโตรเจนรวมแขวนลอยในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี

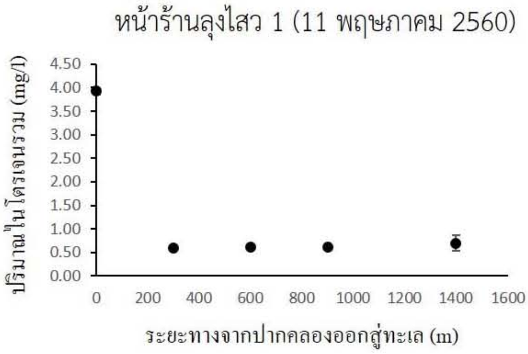


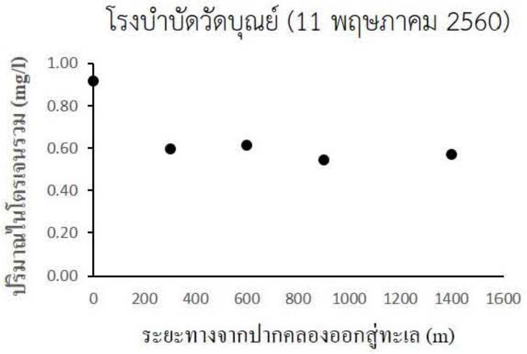
ภาพที่ 4-13 ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอยในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



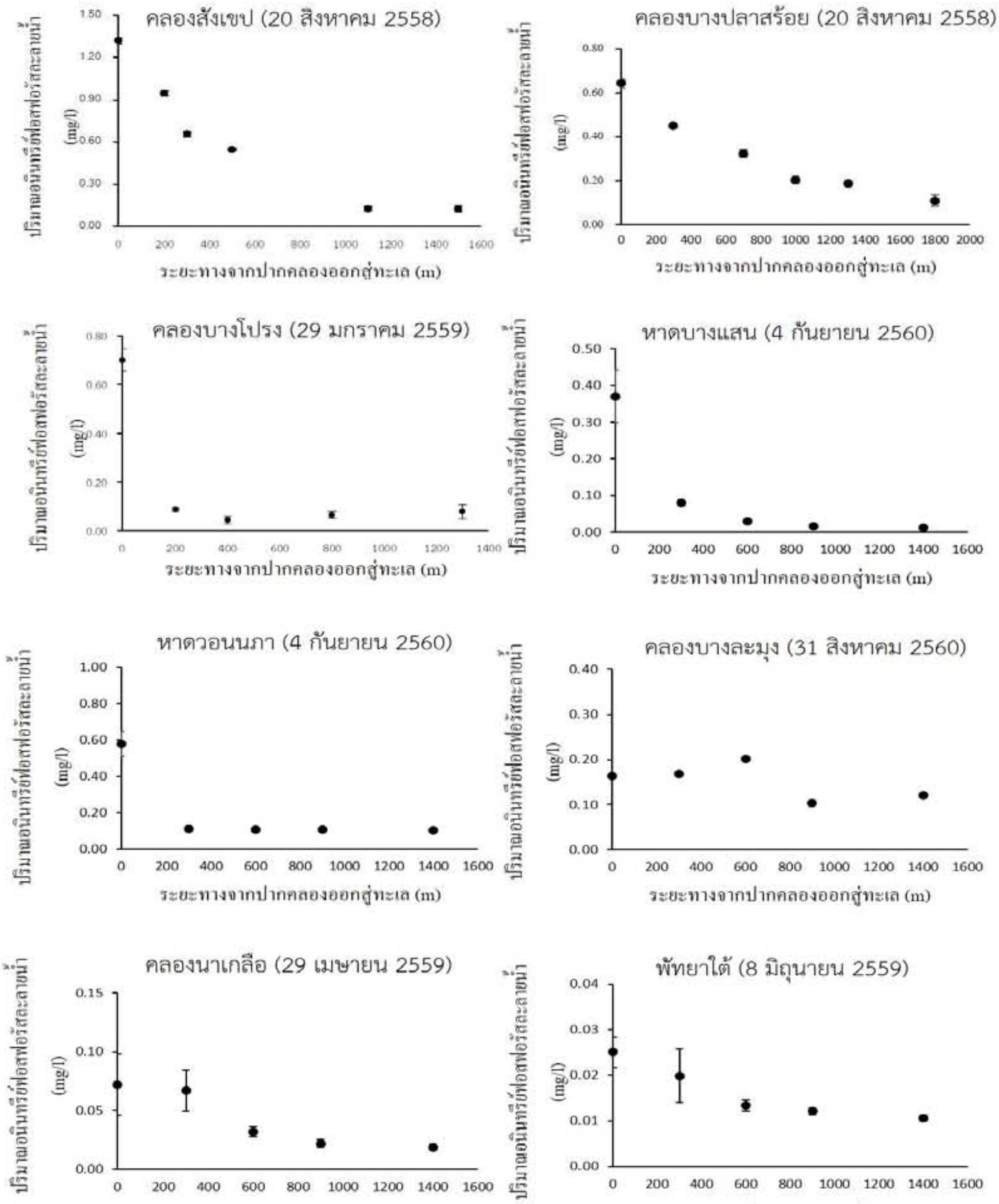
ภาพที่ 4-14 ปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



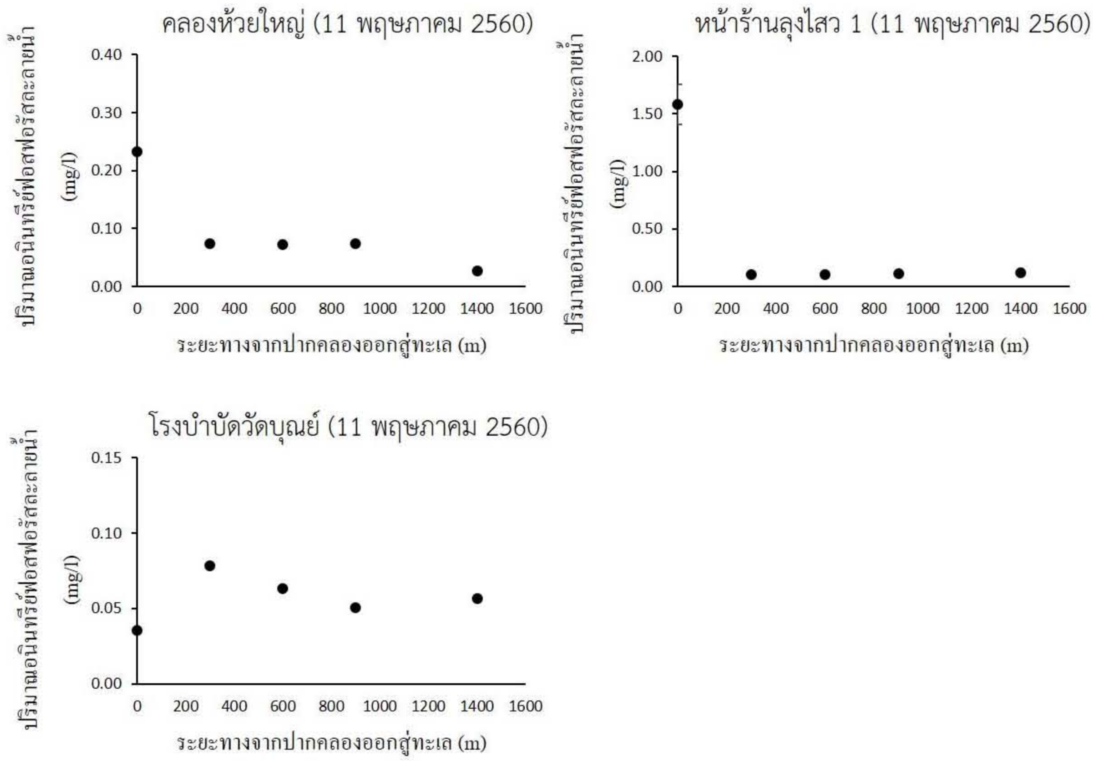




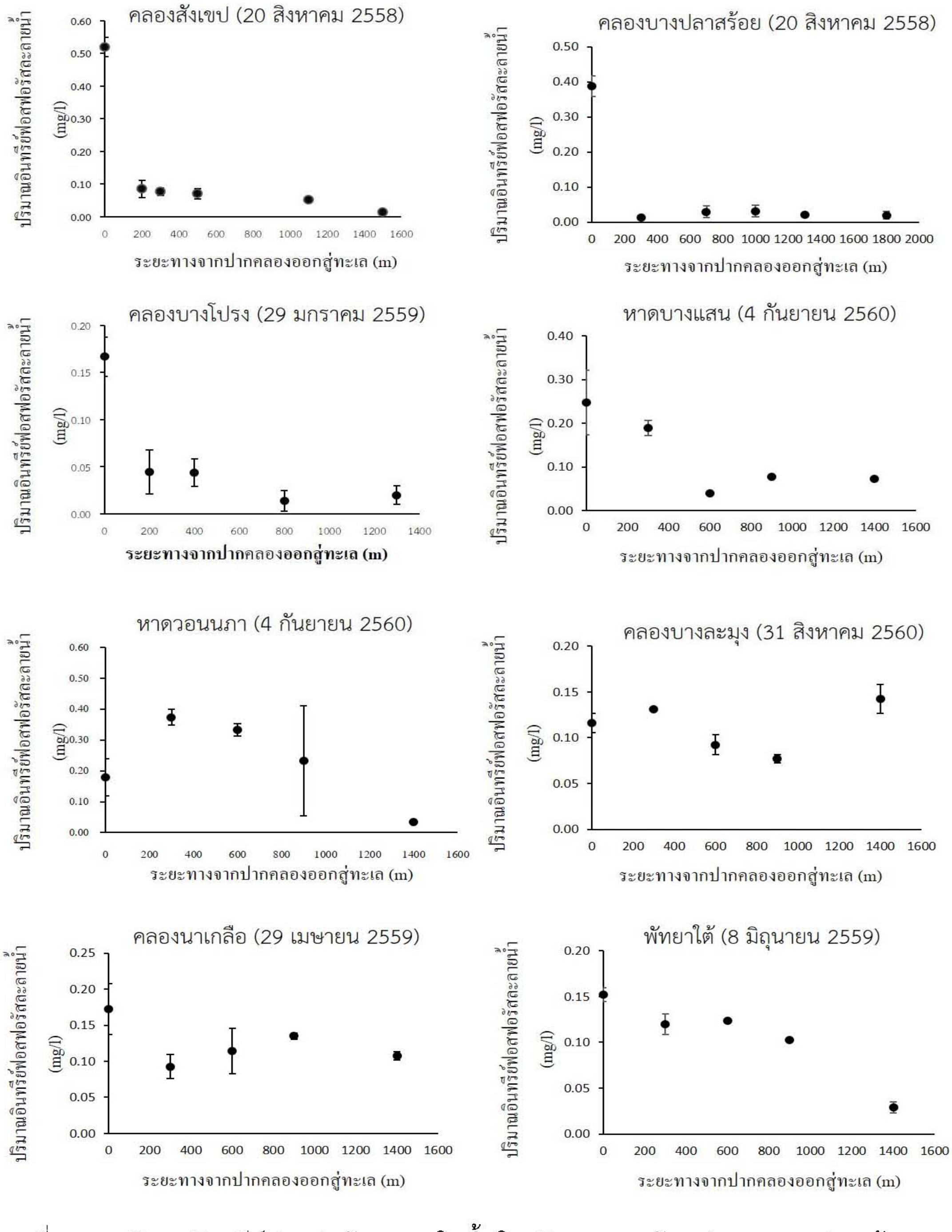
ภาพที่ 4-15 ปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



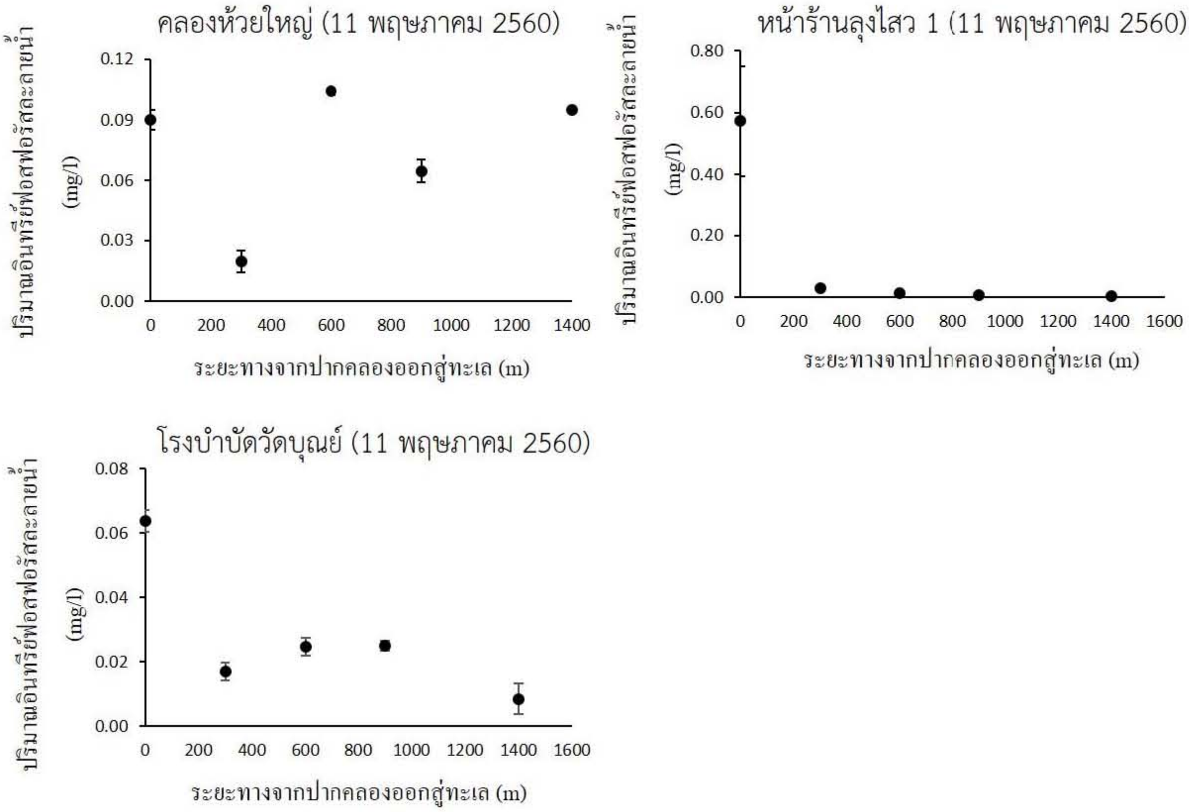
ภาพที่ 4-16 ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



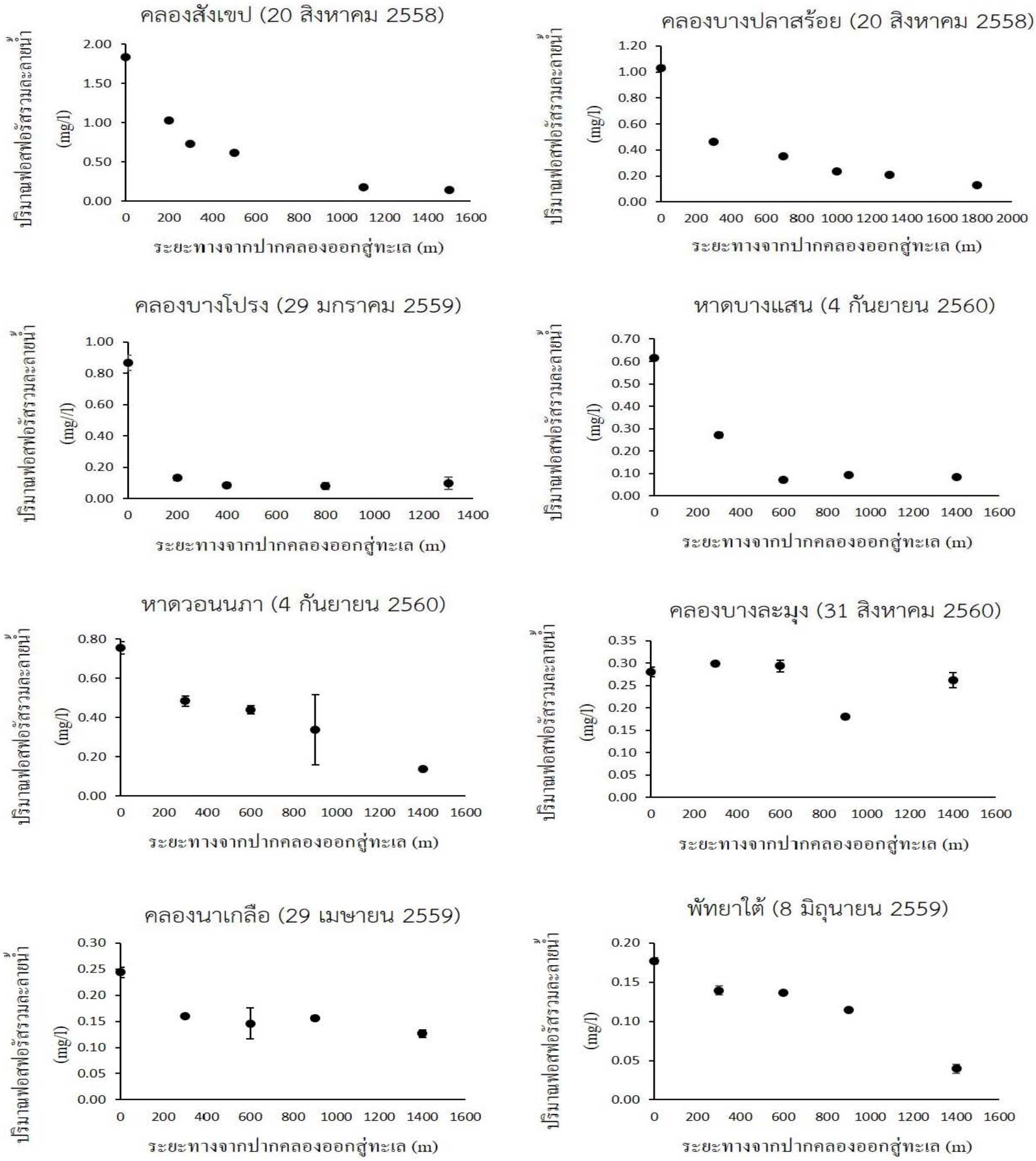
ภาพที่ 4-17 ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



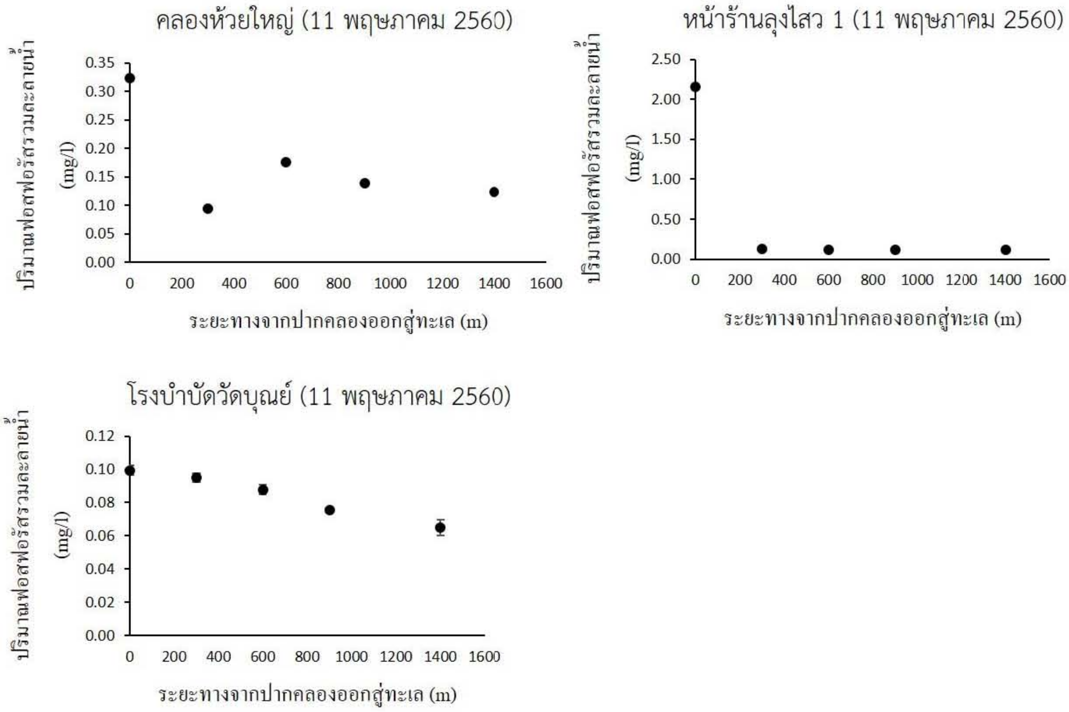
ภาพที่ 4-18 ปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



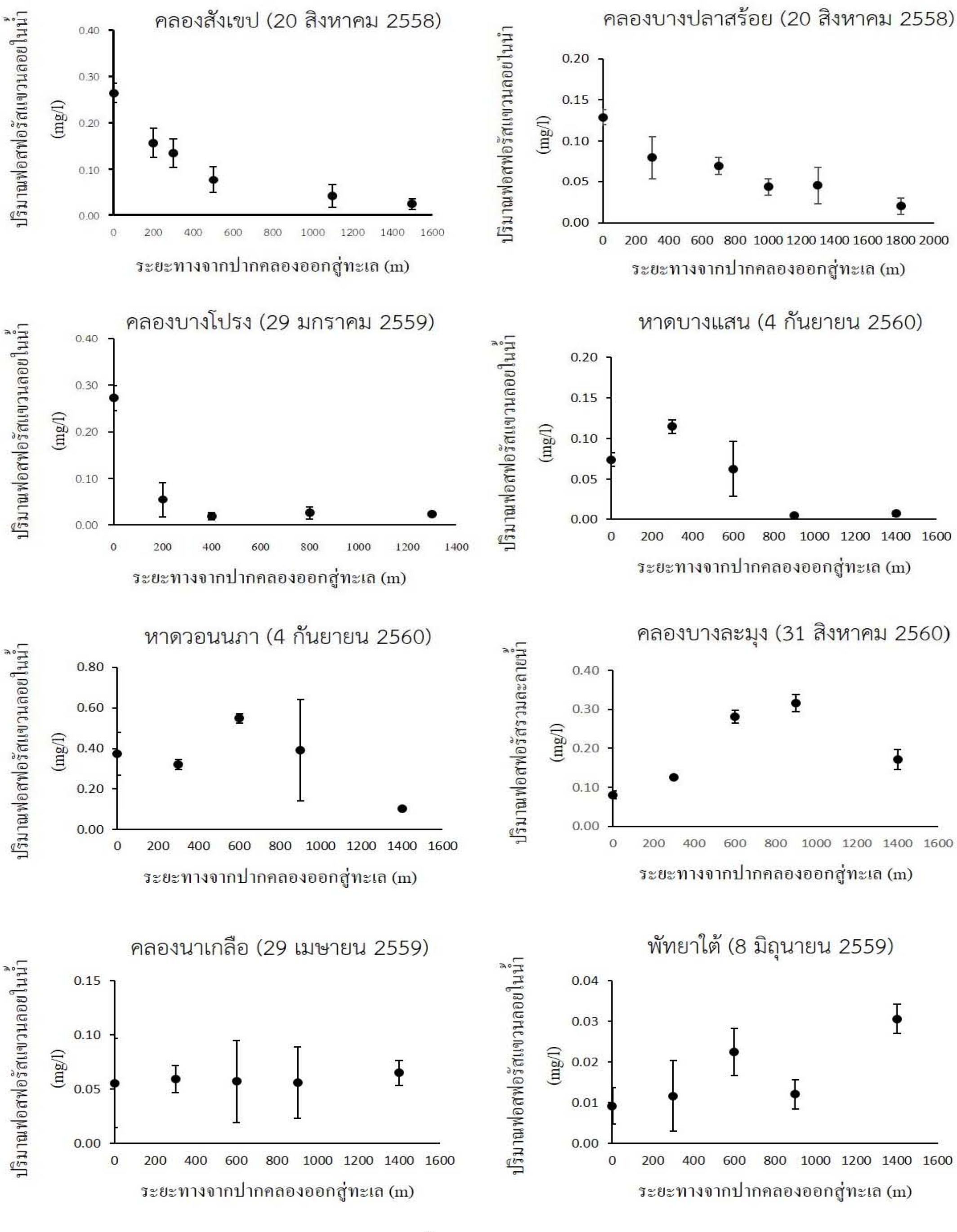
ภาพที่ 4-19 ปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



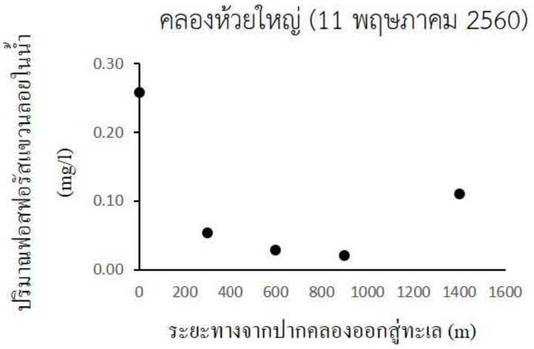
ภาพที่ 4-20 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมละลายในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี

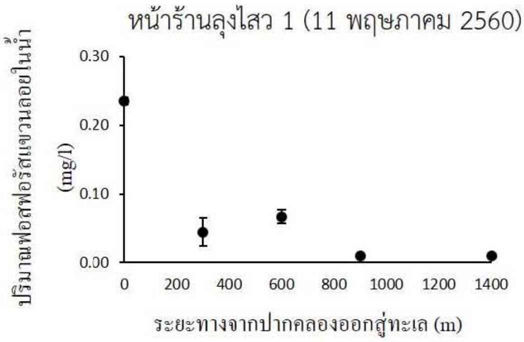


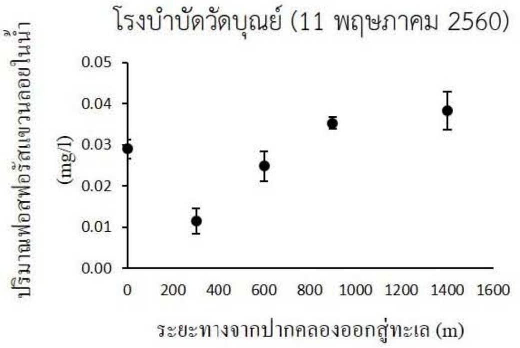
ภาพที่ 4-21 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมละลายในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



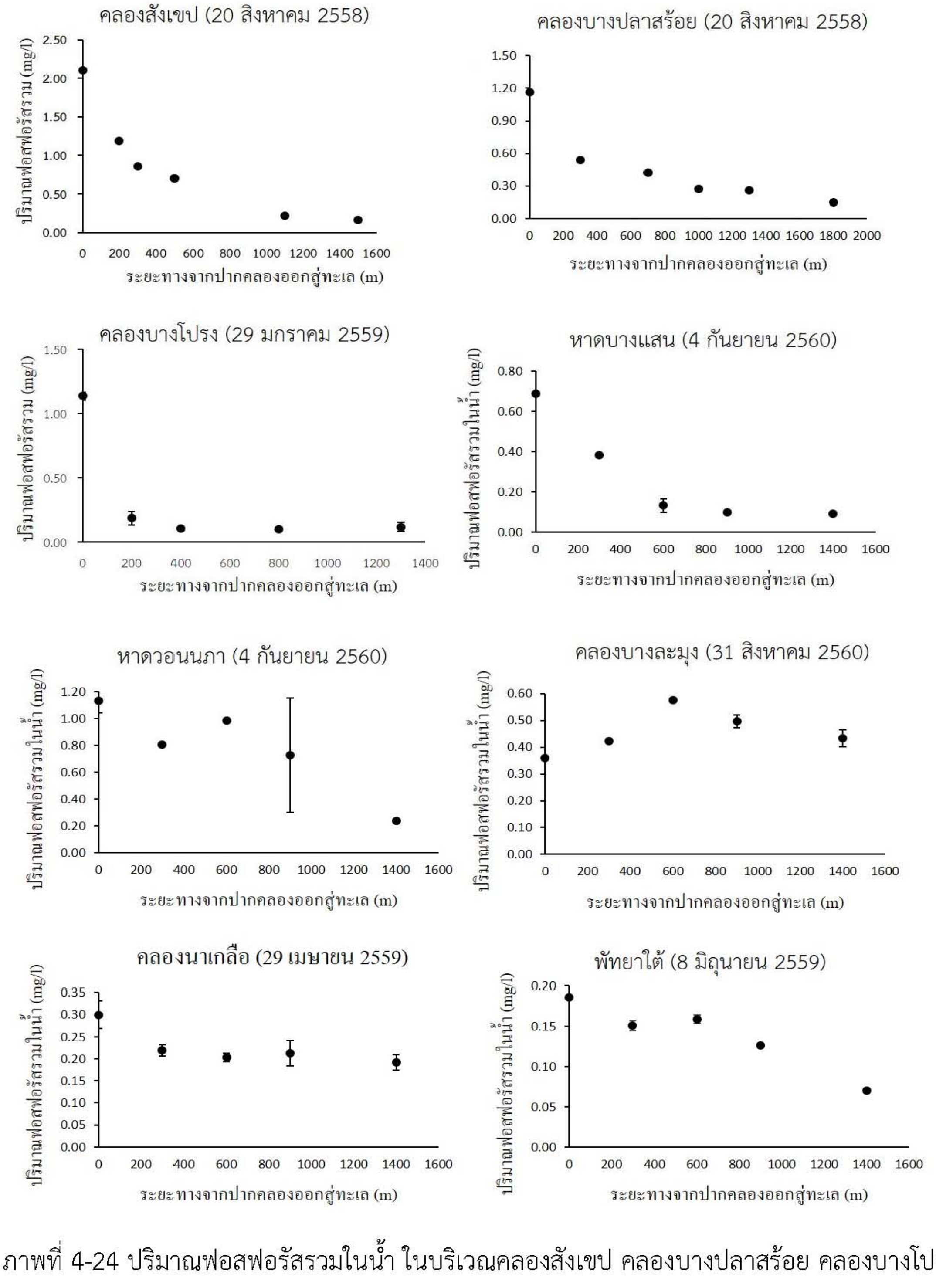
ภาพที่ 4-22 ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



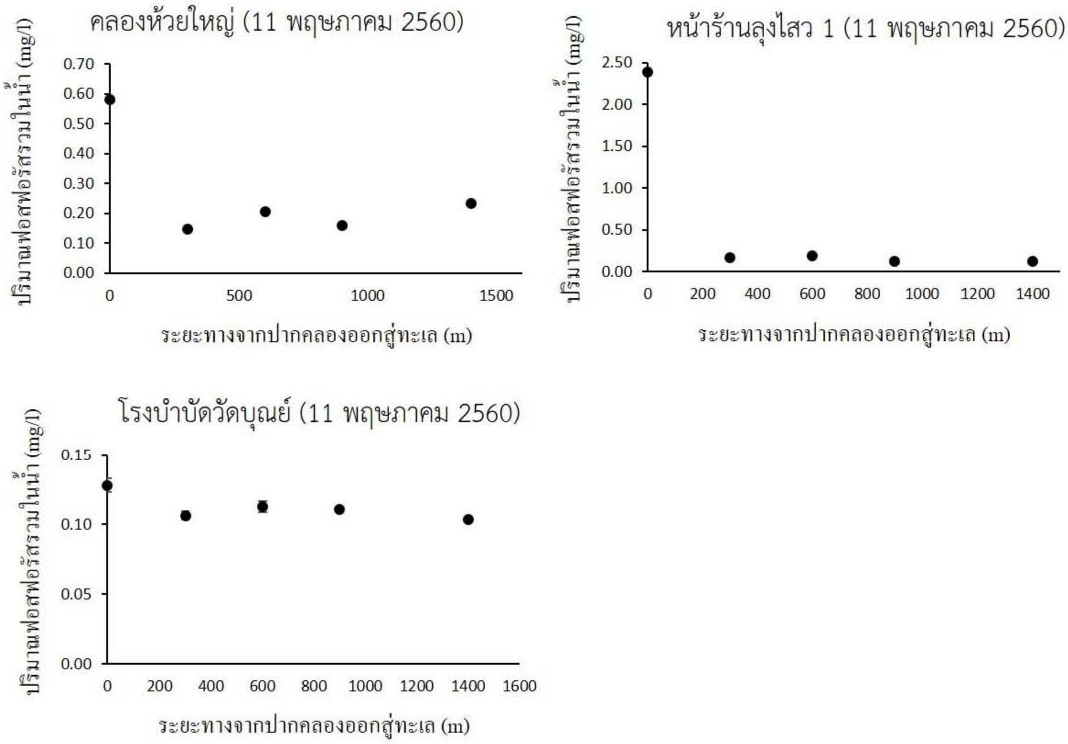




ภาพที่ 4-23 ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอยในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-24 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี

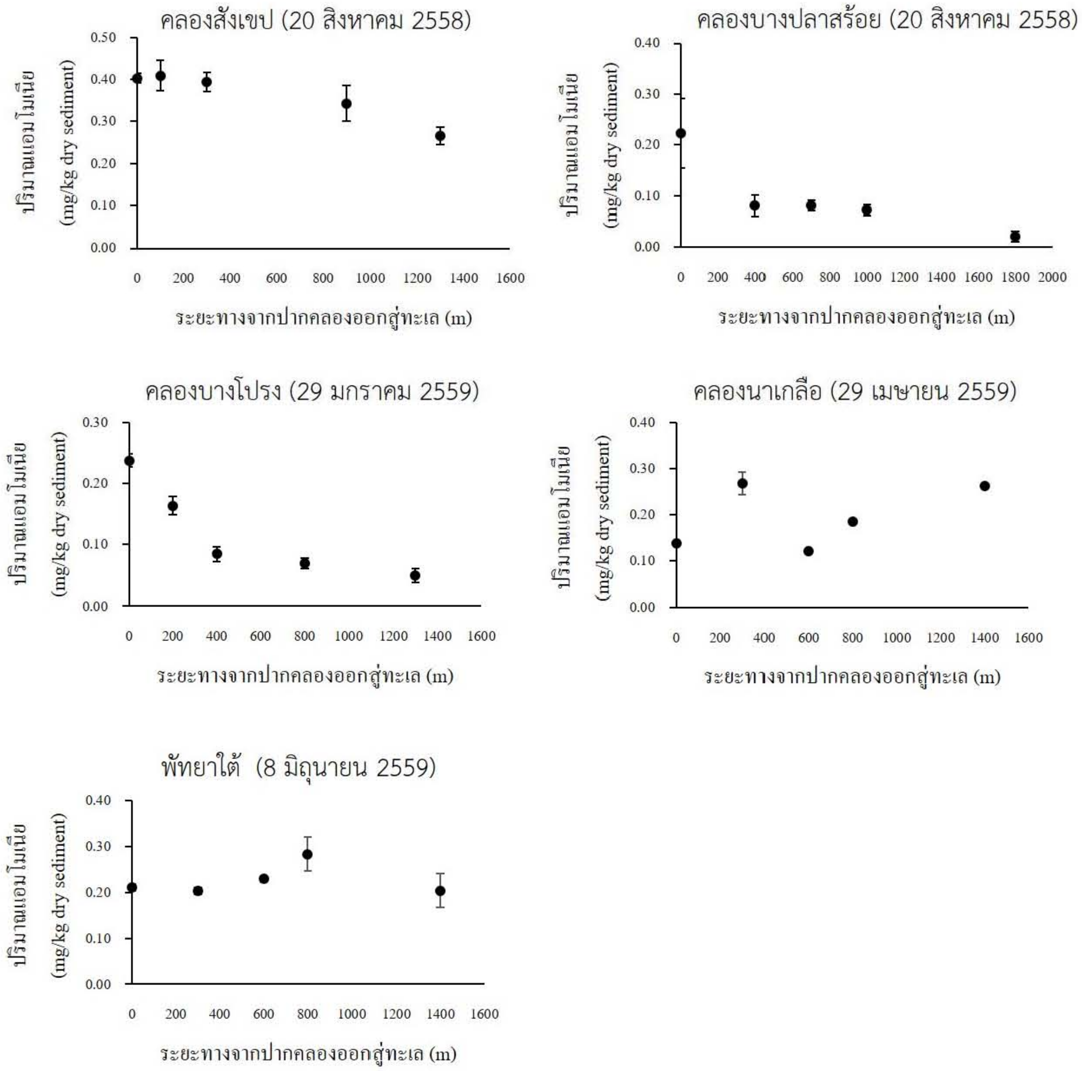


ภาพที่ 4-25 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี

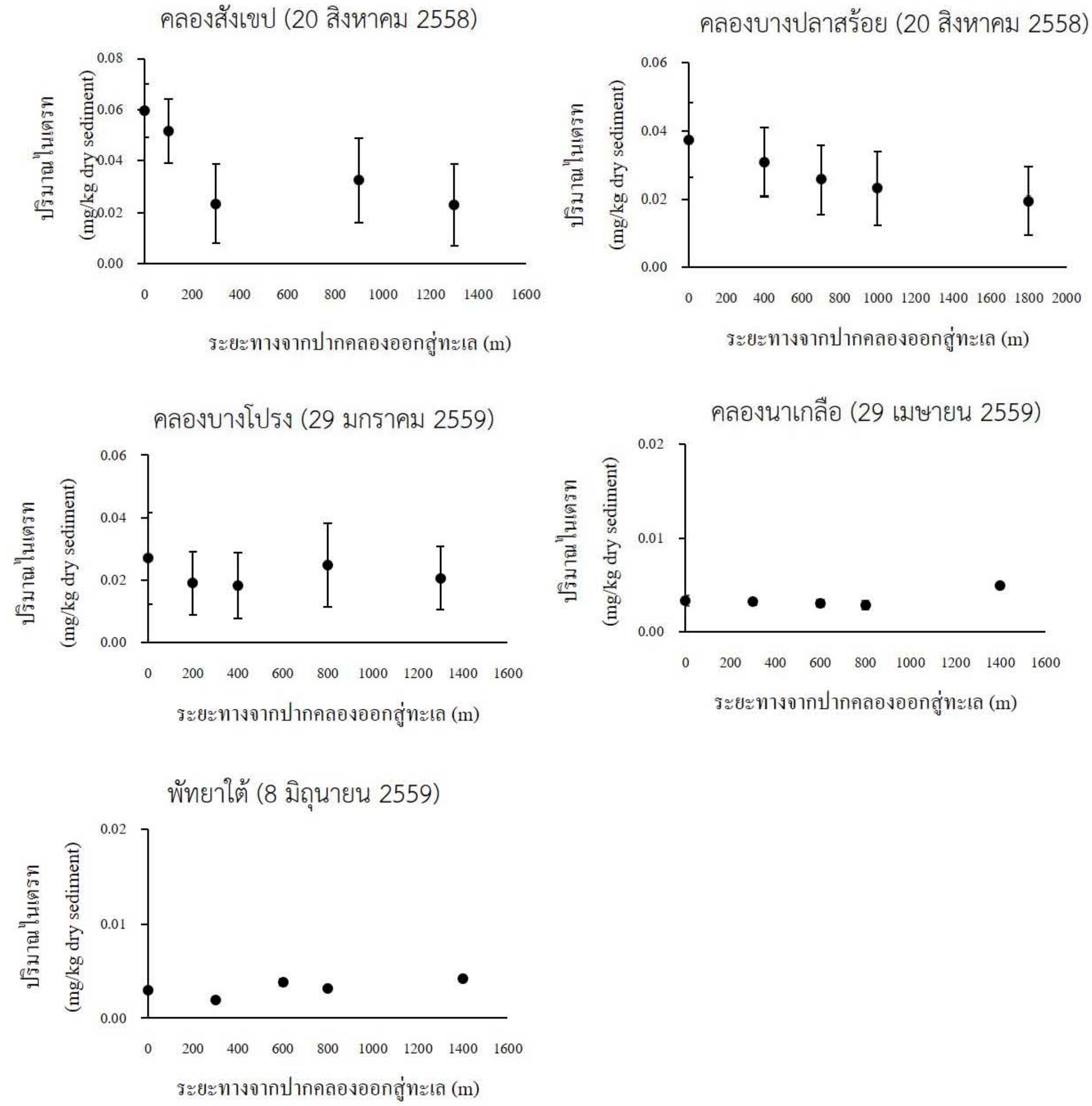
4.1.3 การกระจายของสารอาหารในดินตะกอน

จากผลการศึกษาการกระจายของสารอาหารไนโตรเจนในดินตะกอน (ภาพที่ 4-26 ถึง 4-28) พบว่าปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนเตรท และปริมาณไนโตรเจนรวม ของคลองสังเขป (เฉลี่ยเท่ากับ 0.36±0.03, 0.04±0.01 และ 4.04 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) คลองบางปลาสร้อย (เฉลี่ยเท่ากับ 0.10±0.02, 0.03±0.01 และ 1.4 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) คลองบางโปรง (เฉลี่ยเท่ากับ 0.12±0.01, 0.02±0.01 และ 1.56 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) คลองนาเกลือ (เฉลี่ยเท่ากับ 0.20±0.01, 0.003±0.0001 และ 0.52 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) และพัทยาใต้ (เฉลี่ยเท่ากับ 0.23±0.02, 0.003±0.0001 และ 0.38 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) มีปริมาณสูงในบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากคลอง และลดลงตามระยะทางจากปากคลองออกสู่ทะเล

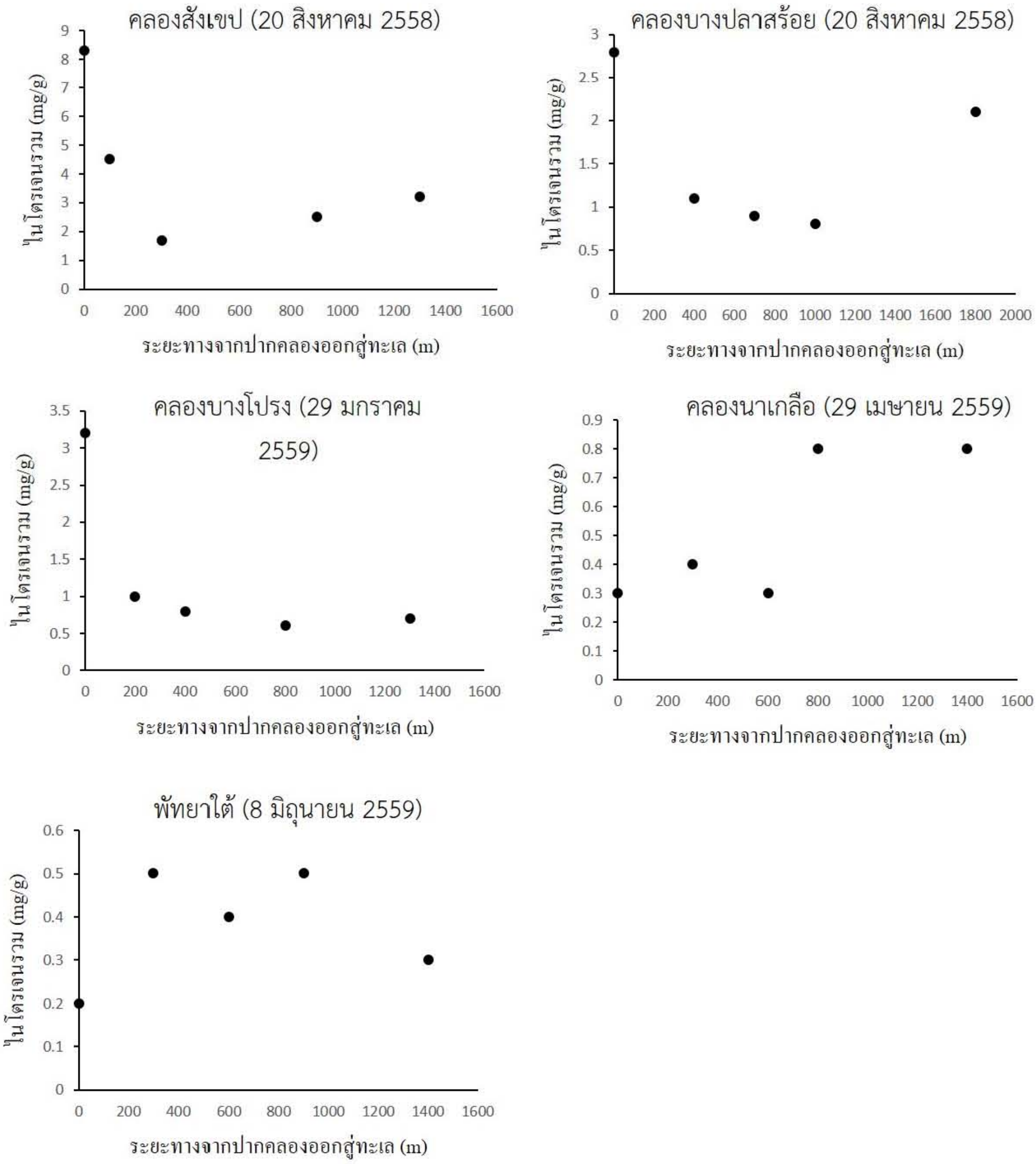
จากผลการศึกษาการกระจายของฟอสฟอรัสในดินตะกอน (ภาพที่ 4-29 และ 4-30) พบว่า ปริมาณฟอสเฟต และปริมาณฟอสฟอรัสรวม ของคลองสังเขป (เฉลี่ยเท่ากับ 0.16±0.02, 20.09±0.01 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) คลองบางปลาสร้อย (เฉลี่ยเท่ากับ 0.10±0.02, 21.92±0.02 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) คลองบางโปรง (เฉลี่ยเท่ากับ 0.05±0.02, 20.17±0.05 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) คลองนาเกลือ (เฉลี่ยเท่ากับ 0.10±0.003, 19.32±0.06 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) และ พัทยาใต้ (เฉลี่ยเท่ากับ 0.08±0.001, 10.01±0.1 mg/kg dry sediment ตามลำดับ) โดยปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณสูงทุกสถานี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงมีการสะสมฟอสฟอรัสไว้ในดินตะกอน และฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณสูงในบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากคลอง เนื่องจากปากคลองเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งชุมชนมากกว่าบริเวณอื่น และเป็นบริเวณที่มีการผสมผสานระหว่างน้ำจืดจากคลองและน้ำเค็มจากทะเล



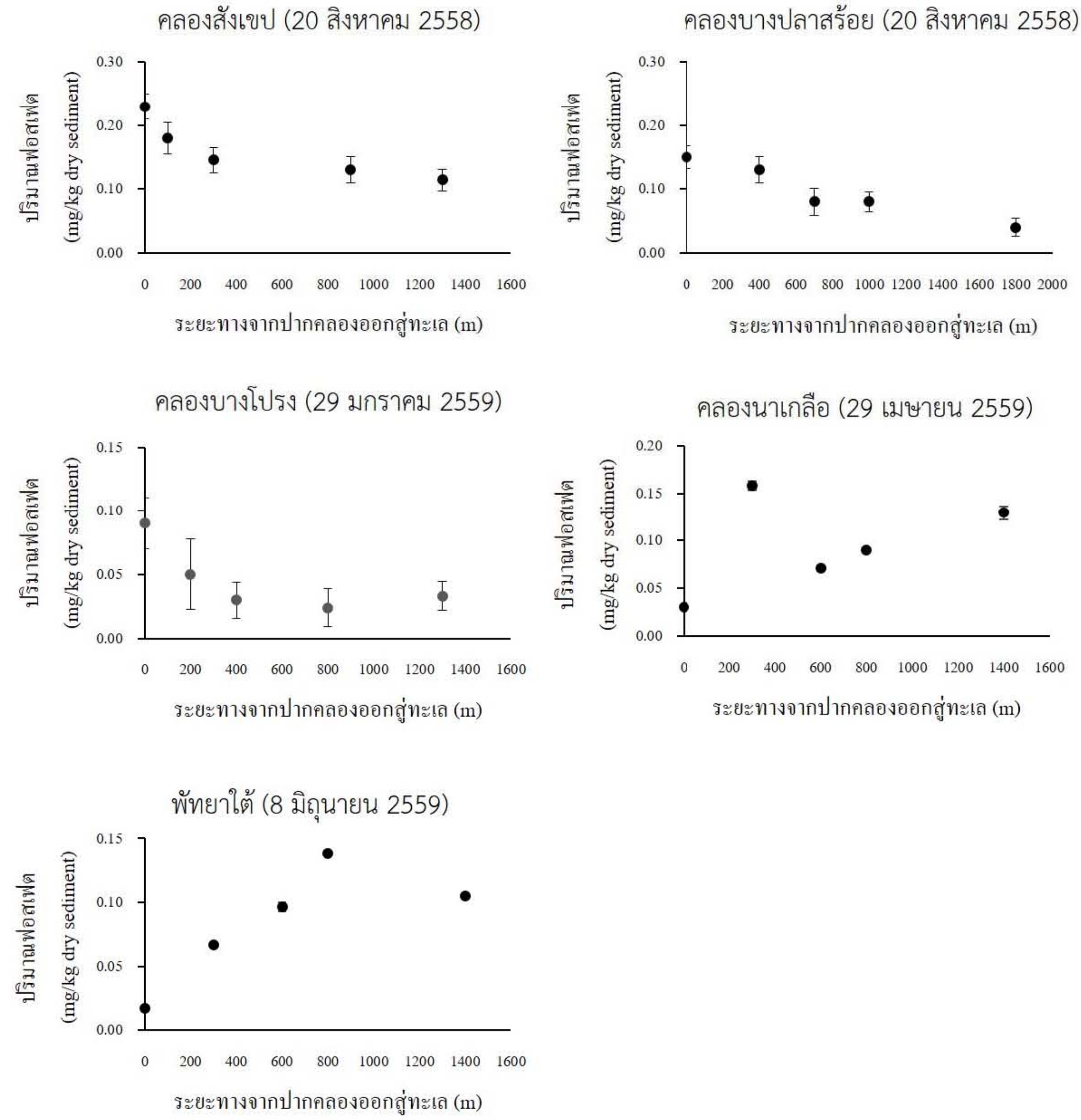
ภาพที่ 4-26 ปริมาณแอมโมเนียในดินตะกอน บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



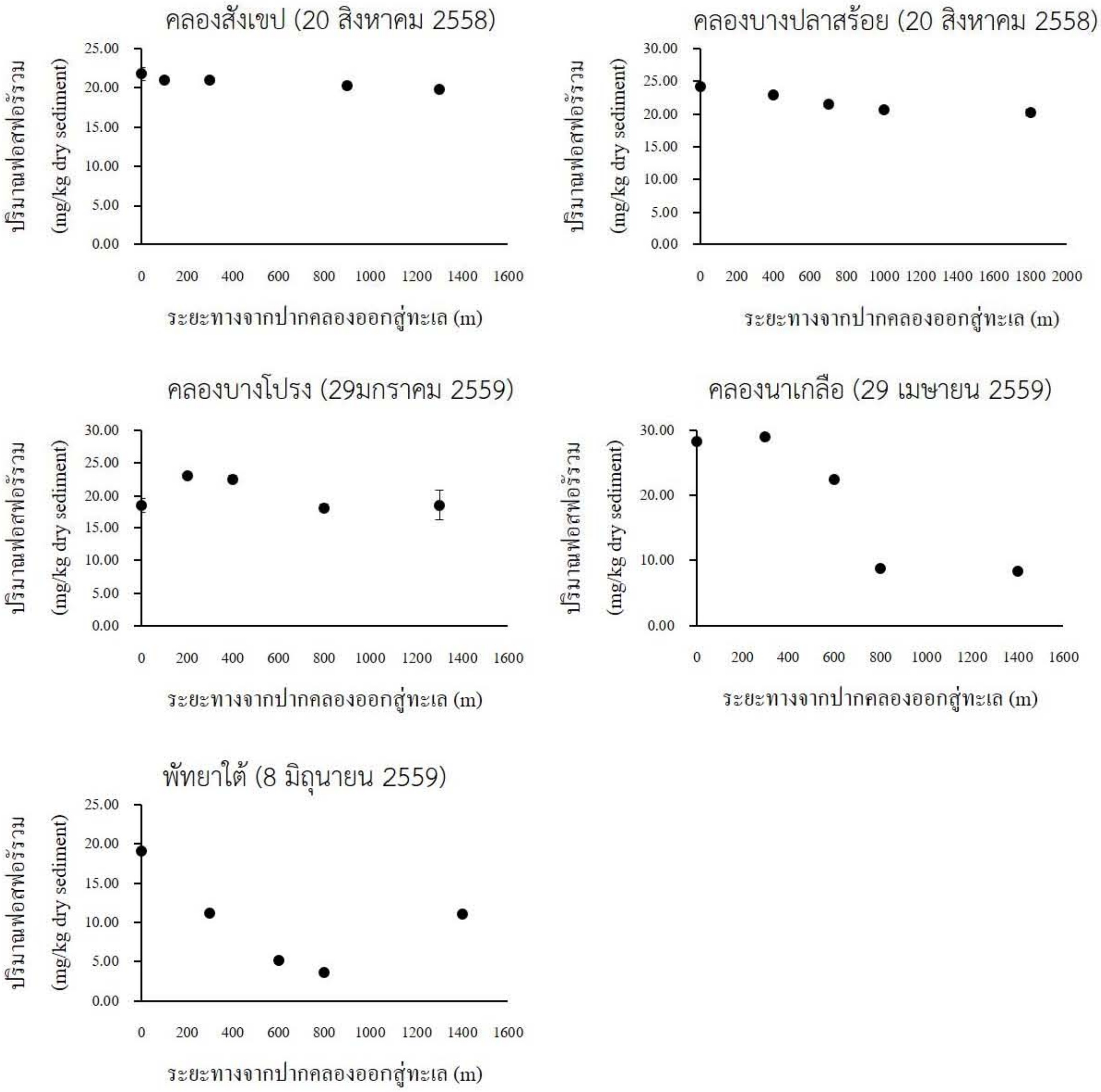
ภาพที่ 4-27 ปริมาณไนเตรทในดินตะกอน บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-28 ปริมาณไนโตเจนรวมในดินตะกอน บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-29 ปริมาณฟอสเฟตในดินตะกอน บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-30 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในดินตะกอน บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี

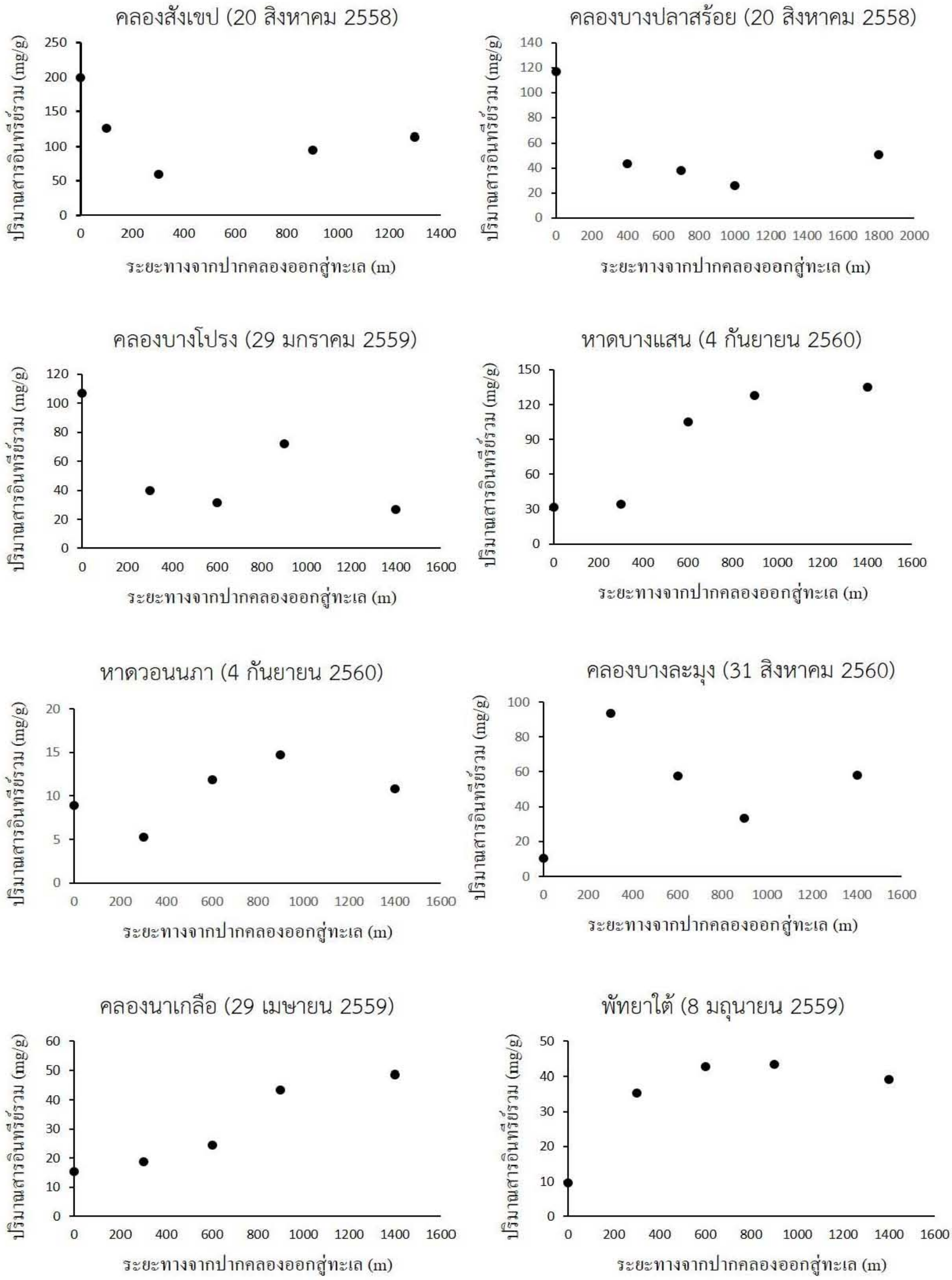
4.1.4 ปริมาณสารอินทรีย์รวม

1. การกระจายของสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนที่ระดับผิว

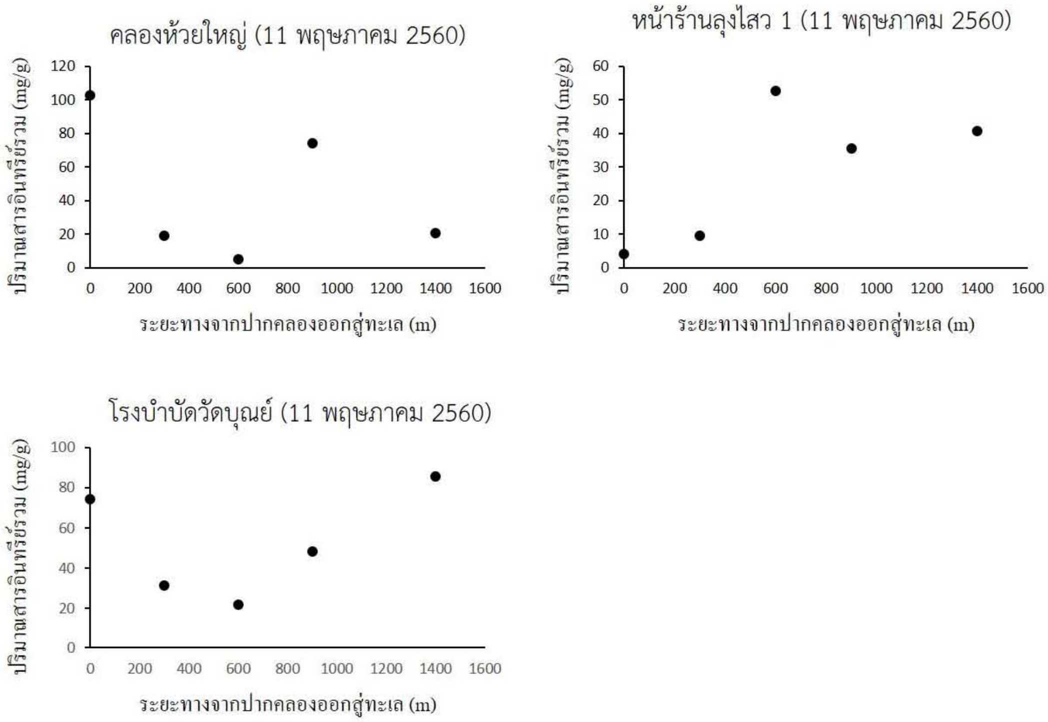
ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนของคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง และคลองห้วยใหญ่ พบว่ามีปริมาณสูงในบริเวณที่อยู่ใกล้กับปากคลอง และลดลงตามระยะทางจากปากคลองออกสู่ทะเล ซึ่งในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษาจะมีลักษณะของดินตะกอนเป็นดินโคลนในบริเวณใกล้กับปากคลอง และเป็นดินโคลนปนทรายในบริเวณชายฝั่งทะเล โดยดินตะกอนที่ละเอียดจะมีพื้นที่ผิวจำนวนมาก และมีความพรุนของดินสูง ทำให้สามารถดูดซับสารอินทรีย์และมวลสารต่าง ๆ ได้ปริมาณมาก ยกเว้นคลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ หน้าร้านลุงไสว 1 ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ หาดบางแสน และหาดวอนนภา ที่พบว่าบริเวณที่ใกล้ปากคลองมีปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ชายฝั่งทะเล (ภาพที่ 4-31 และ 4-32) เนื่องจากลักษณะดินตะกอนในสถานีบริเวณปากคลองเป็นดินทราย ทำให้สามารถดูดซับสารอินทรีย์และมวลสารต่าง ๆ ได้น้อย

2. ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนตามความลึก

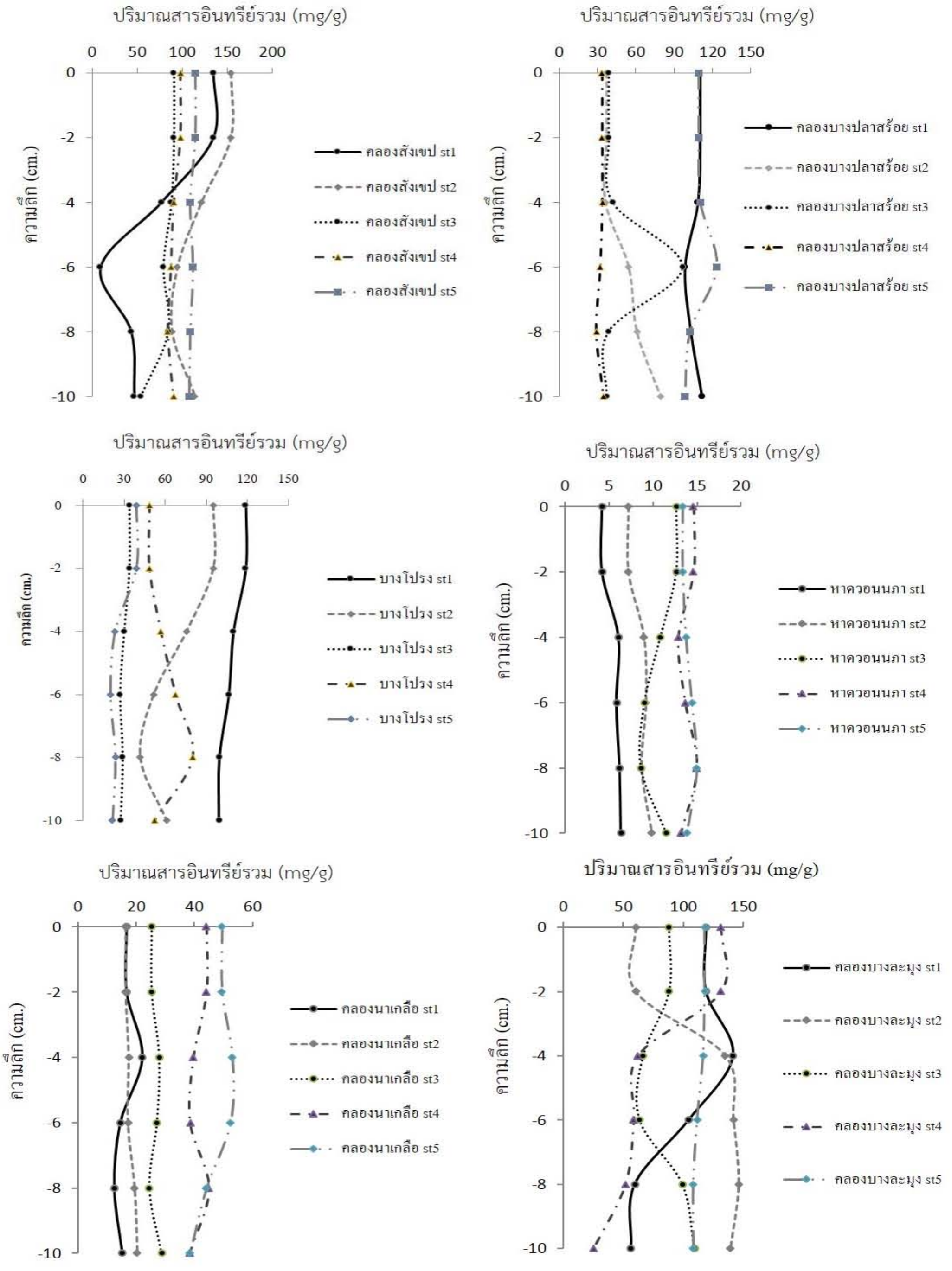
คลองสังเขป บริเวณคลองบางปลาสร้อย บริเวณคลองบางโปรง บริเวณหาดบางแสน บริเวณหาดวอนนภา บริเวณคลองบางละมุง บริเวณคลองนาเกลือ บริเวณพัทยาใต้ บริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และ ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ พบว่าส่วนใหญ่ปริมาณของสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากบริเวณผิวหน้าดินมีลักษณะเป็นดินโคลนเนื้อละเอียด ส่งผลให้การแพร่กระจายของออกซิเจนลดน้อยลง ในขณะที่ชั้นดินตะกอนที่อยู่ลึกลงไปมีลักษณะเป็นดินตะกอนเนื้อหยาบมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินมาก การแพร่กระจายของออกซิเจนเพิ่มขึ้น ดังนั้นอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์มีมากขึ้น ปริมาณสารอินทรีย์จึงลดลง (ภาพที่ 4-33 และ 4-34) ยกเว้นสถานีที่ 1 ของคลอสังเขป สถานีที่ 3 ของคลองบางปลาสร้อย และสถานีที่ 2 ของคลองบางละมุง ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากสถานีดังกล่าวลักษณะผิวดินชั้นบนเป็นดินทรายปนโคลน ซึ่งอนุภาคของดินมีขนาดใหญ่ พื้นที่จำเพาะน้อยและมีความพรุนของดินต่ำมีการจับตัวกันไม่แน่นและดูดซับสารอินทรีย์ได้น้อยกว่าดินที่อยู่ชั้นต่ำลงมา



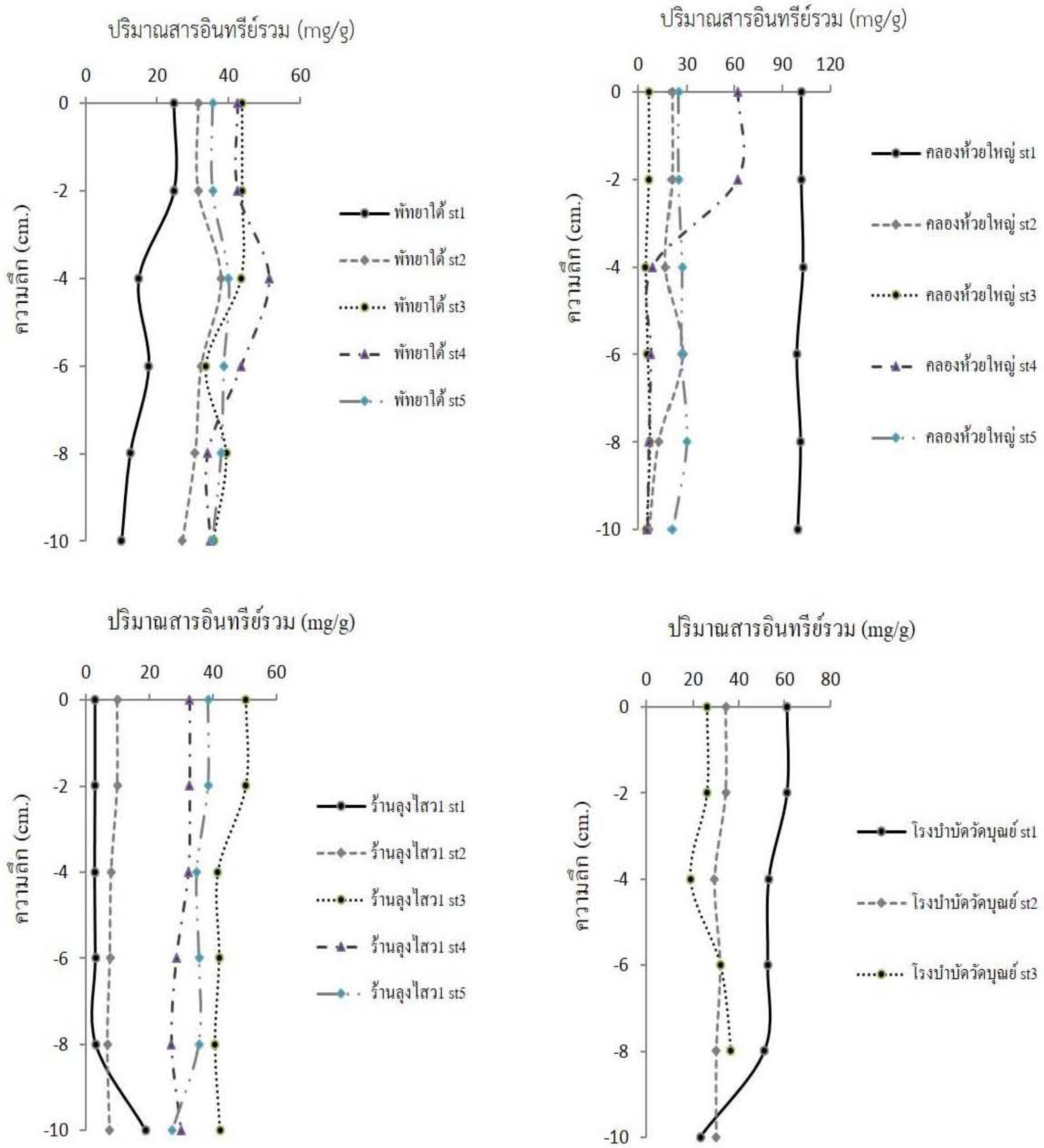
ภาพที่ 4-31 ปริมาณสารอินทรีย์รวมระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้



ภาพที่ 4-32 ปริมาณสารอินทรีย์รวมระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-33 ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง และคลองนาเกลือ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-34 ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณพัทยาใต้ หาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุญย์ จังหวัดชลบุรี

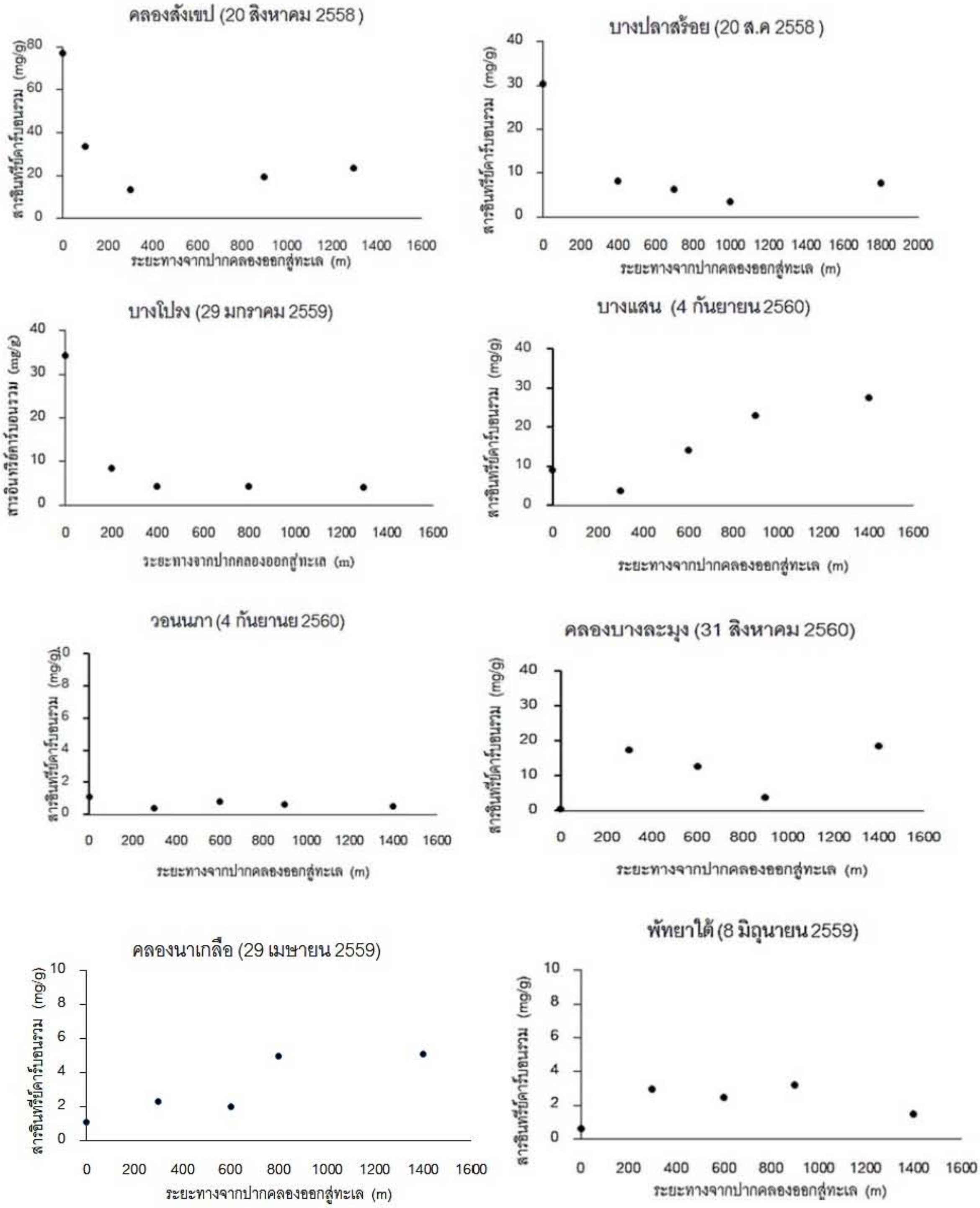
4.1.5 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอน

1. การกระจายของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิว

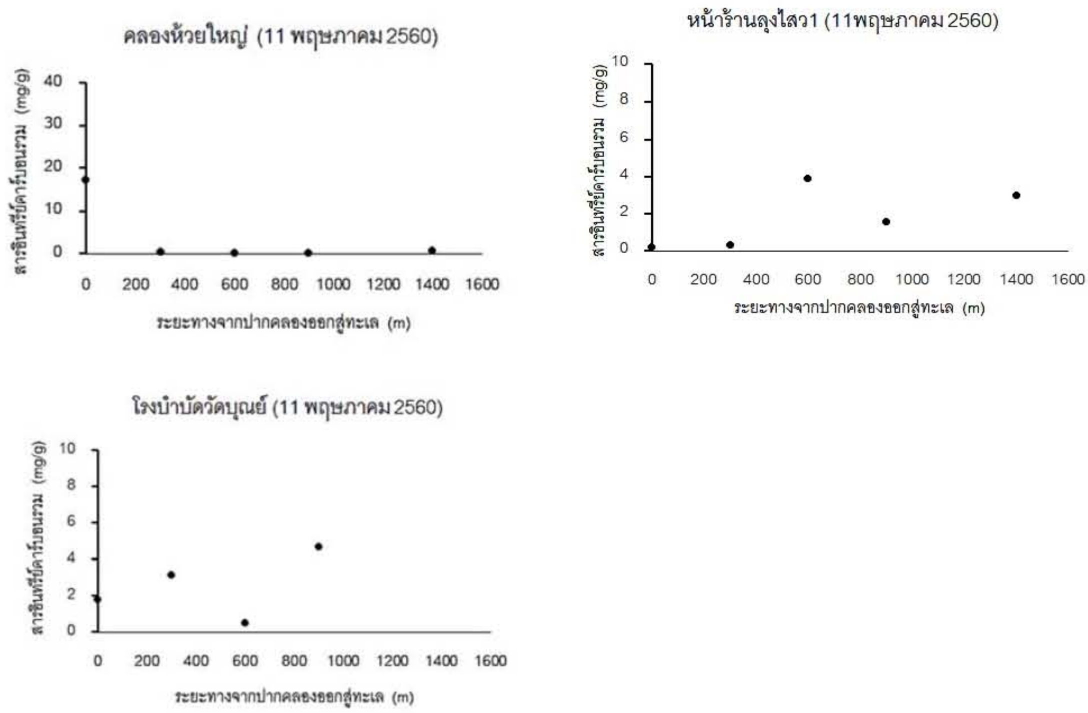
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวดินบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง และคลองห้วยใหญ่ (เฉลี่ยเท่ากับ 33.3±25.48, 13.20±10.95, 15.88±14.33 และ 4.45±7.88 mg/g ตามลำดับ) มีปริมาณสูงสุดสถานีที่อยู่ใกล้ปากคลอง และมีปริมาณลดลงเมื่อออกห่างจากปากคลอง ส่วนหาดบางแสน คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (เฉลี่ยเท่ากับ 15.58±0.98, 10.68±8.18, 3.10±0.52, 2.16±0.38, 1.97±1.74 และ 5.04±5.14 mg/g ตามลำดับ) พบว่ามีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในสถานีที่ 1 อยู่ใกล้ปากคลองมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีลักษณะดินตะกอนเป็นทราย ส่วนหาดวอนนภามีปริมาณไม่แตกต่างกันในทุกสถานี (เฉลี่ยเท่ากับ 0.60±0.19 mg/g) ดังแสดงในภาพที่ 4-35 และ 4-36

2. การกระจายของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามความลึก

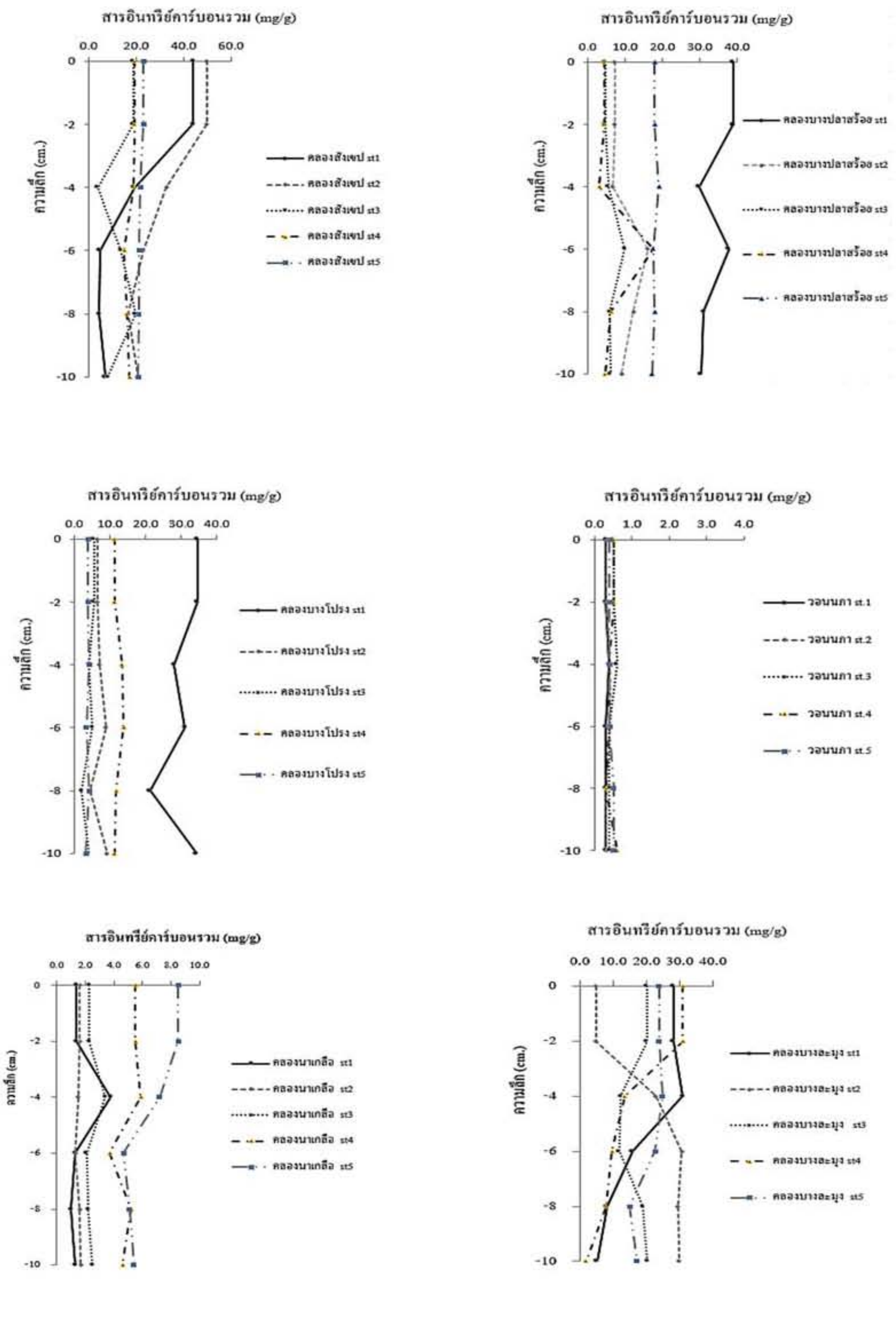
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามความลึกบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ หาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (เฉลี่ยเท่ากับ 19.61±11.28, 15.05±10.88, 11.43±10.20, 0.40±0.09, 18.30±9.07, 3.39±2.09, 2.08±0.98, 1.63±2.29, 1.62±1.41 และ 1.38±1.14 mg/g ตามลำดับ) พบว่าปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ในขณะเดียวกันปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนบริเวณสถานีใกล้ปากคลองจะมีปริมาณที่สูงกว่าสถานีอื่น ๆ ที่ห่างจากปากคลอง ยกเว้นคลองนาเกลือ พัทยาใต้ และหน้าร้านลุงไสว1 ซึ่งสถานีใกล้ปากคลองมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุด ส่วนคลองบางละมุง มีรูปแบบการลดลงเพิ่มขึ้นที่ไม่แน่นอนเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4-37 และ 4-38



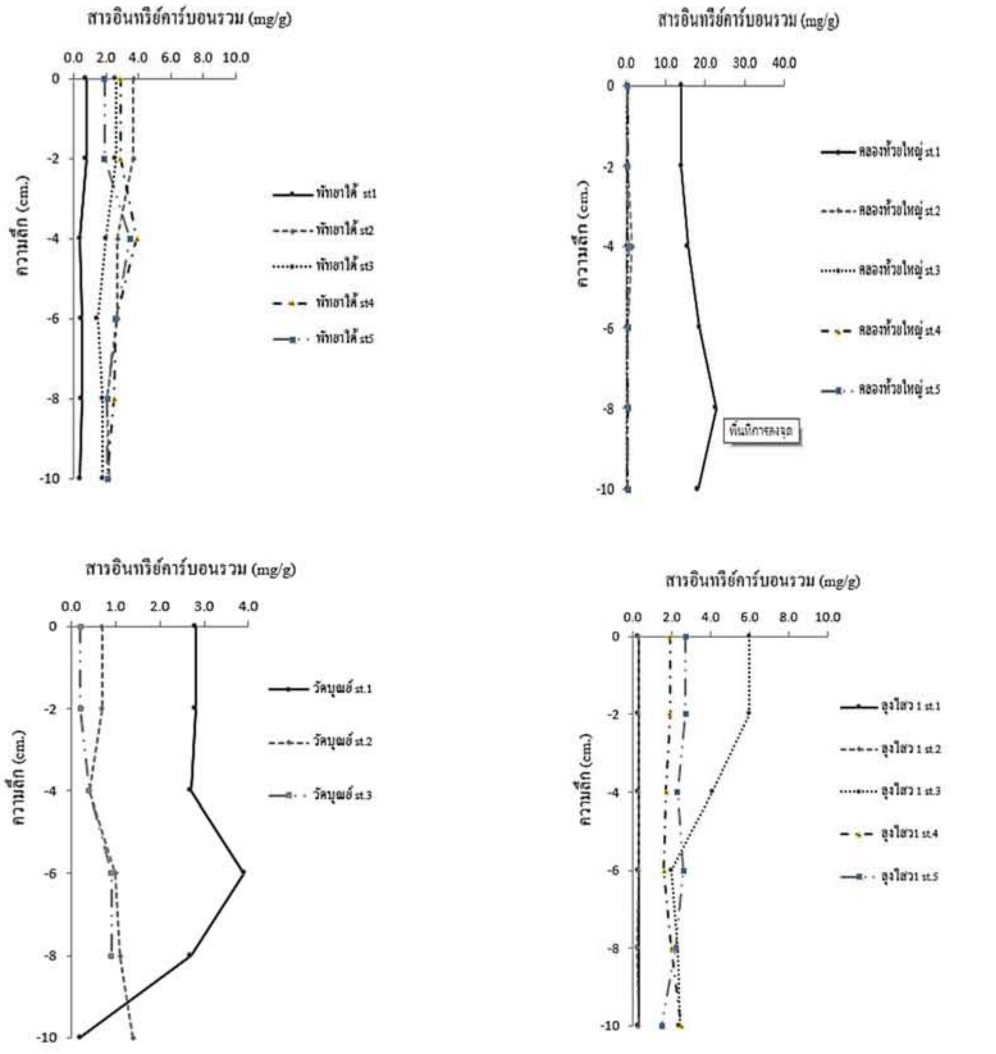
ภาพที่ 4-35 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้



ภาพที่ 4-36 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-37 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดวอนนภา คลองบางละมุง และคลองนาเกลือ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-38 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนรวมในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณพัทยาใต้ หาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี

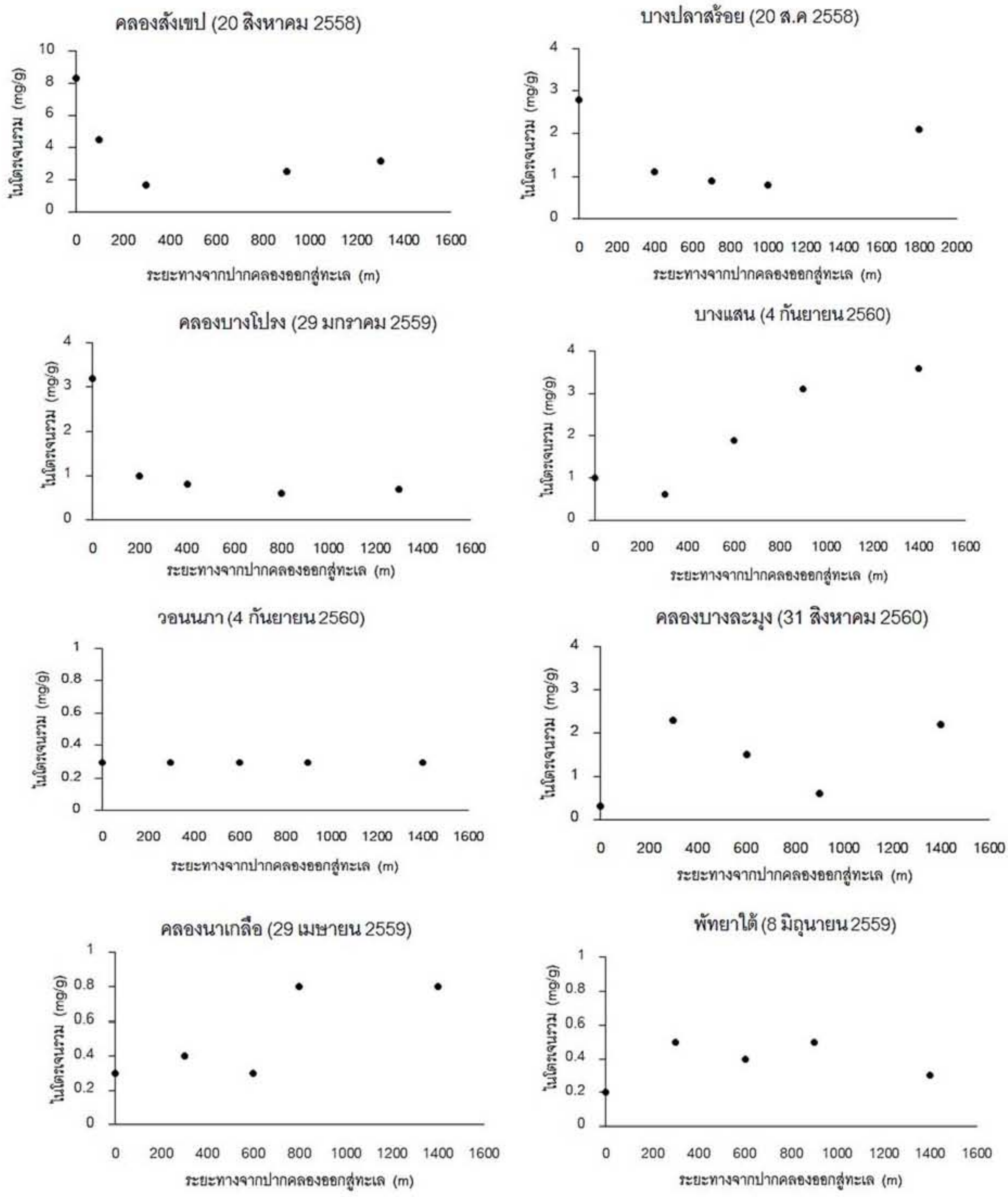
4.1.6 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอน

1) การกระจายของไนโตรเจนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิว

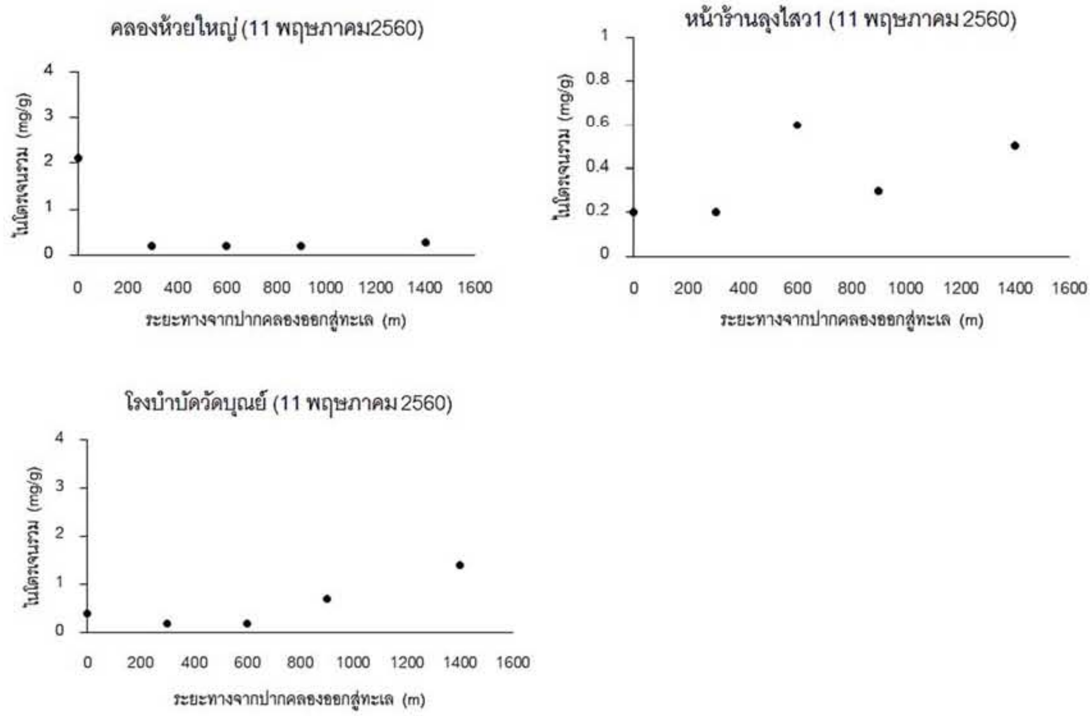
ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนที่ระดับผิวบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง และคลองห้วยใหญ่ (เฉลี่ยเท่ากับ 4.04±2.60, 1.40±1.0, 1.56±1.25 และ 0.64±1.09 mg/g ตามลำดับ) มีปริมาณสูงสุดสถานีที่อยู่ใกล้ปากคลอง และมีปริมาณลดลงเมื่อออกห่างจากปากคลอง ส่วนหาดบางแสน คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (เฉลี่ยเท่ากับ 2.04±1.30, 1.38±0.91, 0.52±0.25, 0.38±0.13, 0.31±0.27 และ 0.54±0.90 mg/g ตามลำดับ) พบว่าสถานีที่อยู่ใกล้ปากคลองมีปริมาณไนโตรเจนรวมต่ำที่สุด เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีลักษณะดินตะกอนเป็นดินทราย ส่วนหาดวอนนภามีปริมาณไม่แตกต่างกันในทุกสถานี (เฉลี่ยเท่ากับ 0.12±0.03 mg/g) ดังแสดงในภาพที่ 4-39 และ 4-40

2) การกระจายของไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึก

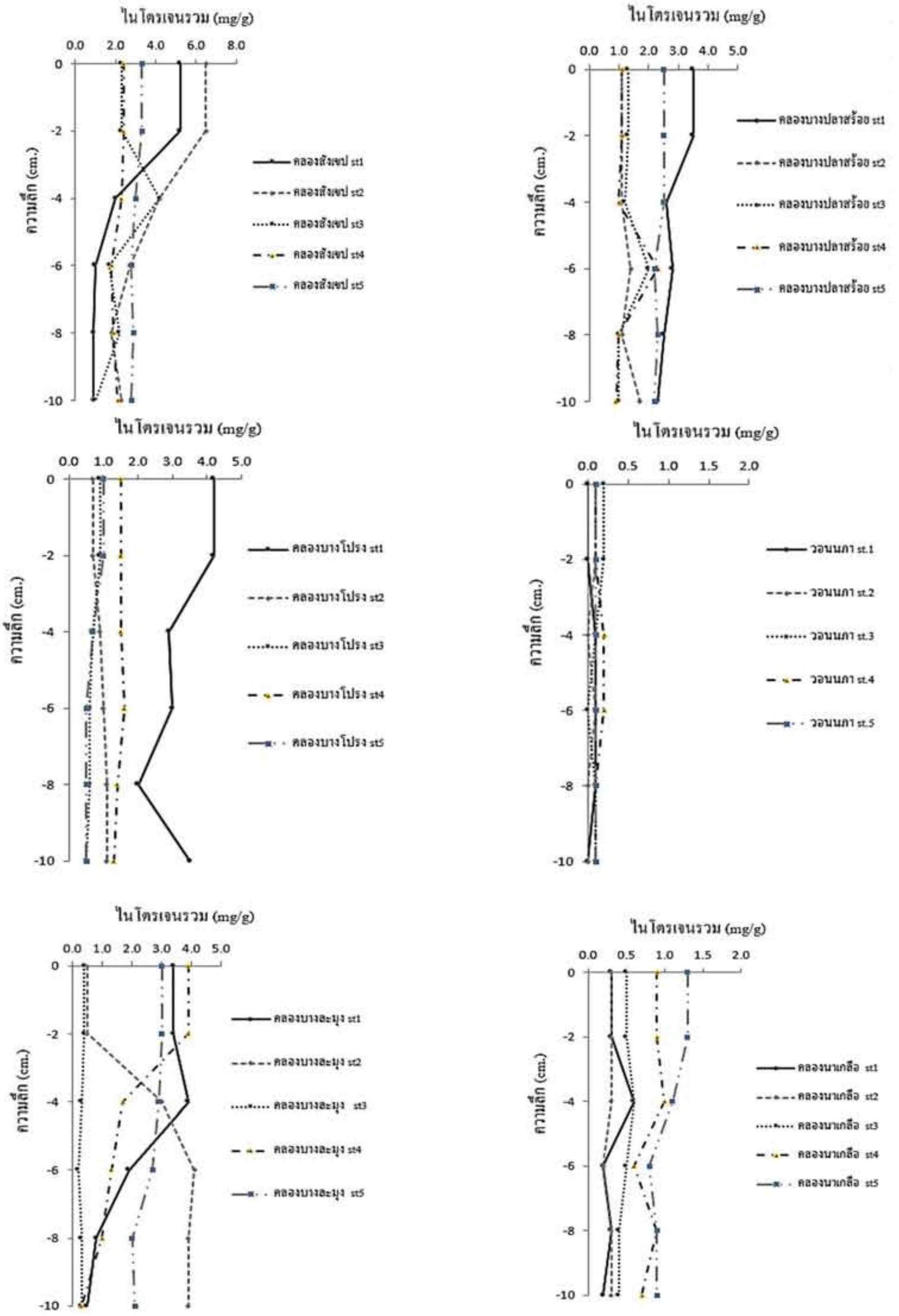
ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึกบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ หาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (เฉลี่ยเท่ากับ 2.75±1.67, 1.78±0.74, 1.36±1.0, 0.11±0.03, 0.34±0.15, 2.29±1.18, 0.23±0.2, 0.36±0.18 และ 0.29±0.18 mg/g ตามลำดับ) พบว่าปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ในขณะเดียวกันปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนบริเวณสถานีใกล้ปากคลองจะมีปริมาณที่สูงกว่าสถานีอื่น ๆ ที่ห่างจากปากคลอง ยกเว้นคลองนาเกลือ พัทยาใต้ และหน้าร้านลุงไสว1 ซึ่งสถานีใกล้ปากคลองมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุด ส่วนคลองบางละมุง มีรูปแบบการลดลงเพิ่มขึ้นที่ไม่แน่นอนเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4-41 และ 4-42



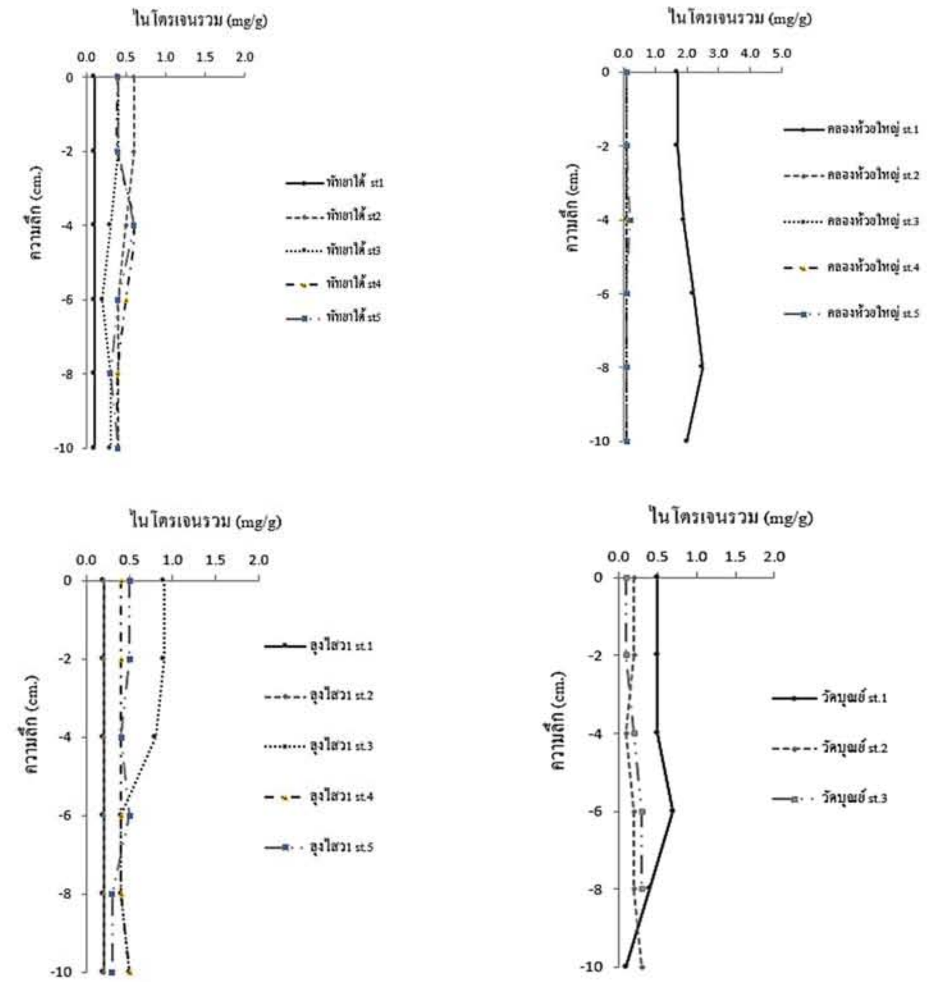
ภาพที่ 4-39 ปริมาณไนโตรเจนรวมระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้



ภาพที่ 4-40 ปริมาณไนโตรเจนรวมระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-41 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดวอนนภา คลองบางละมุง และคลองนาเกลือ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-42 ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณพัทยาใต้ หาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว 1 และท่อโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี

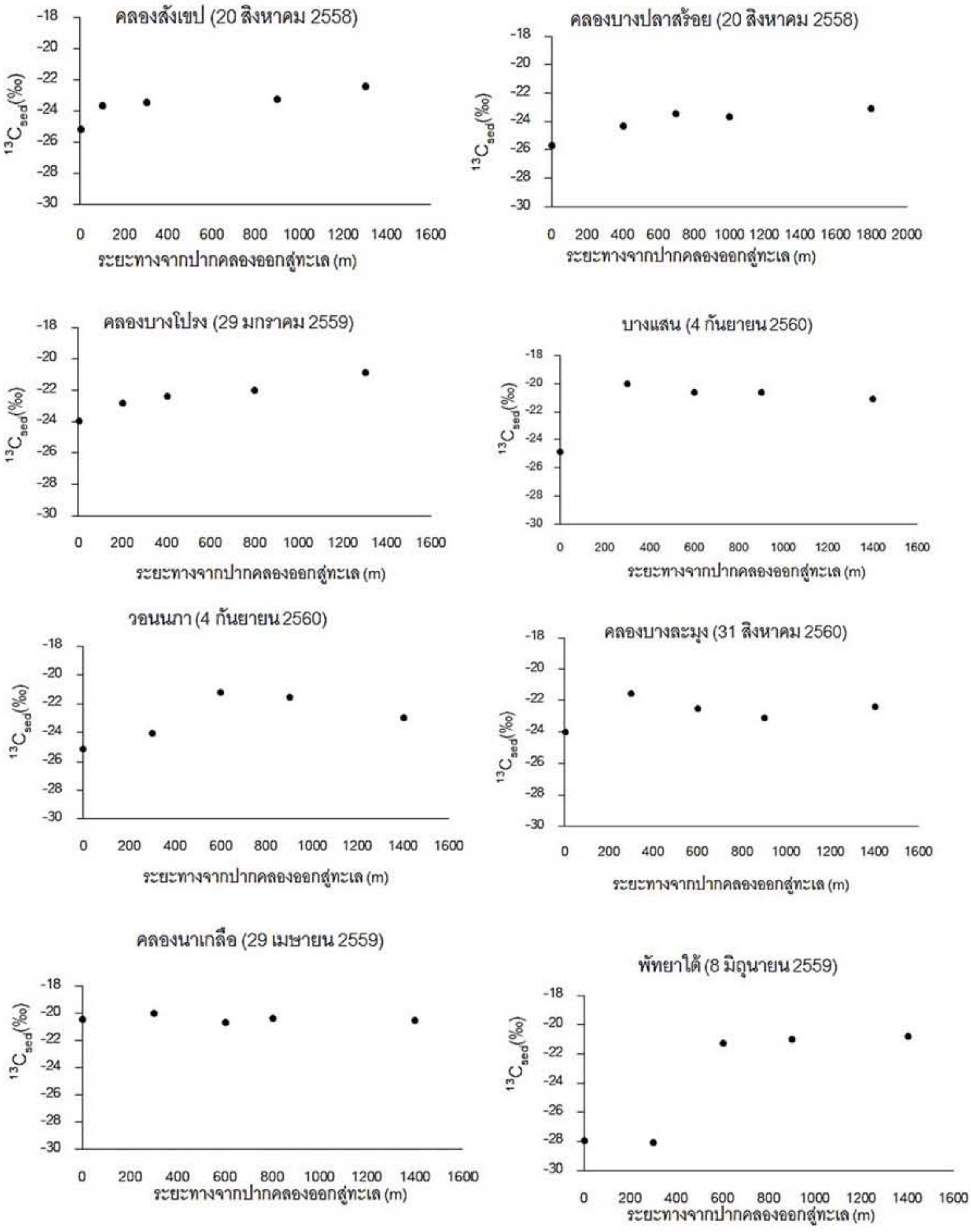
4.1.7 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$)

4.1.7.1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนระดับผิว

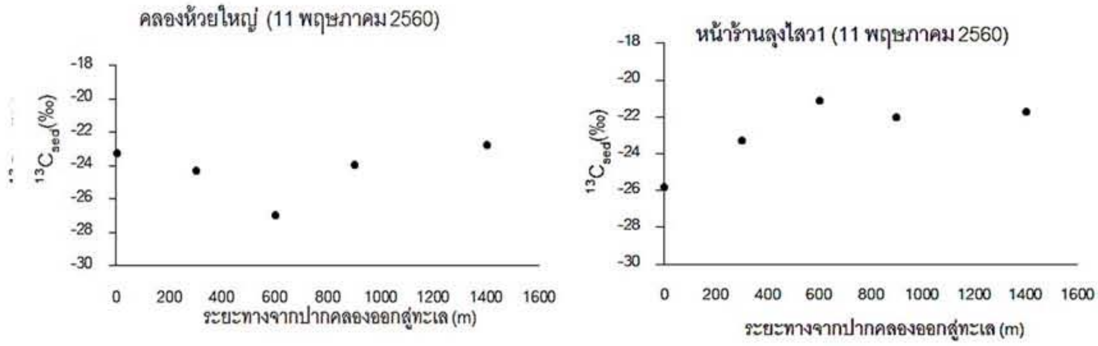
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในระดับผิวดินตะกอนที่สถานีที่ 1 ซึ่งอยู่ใกล้ปากคลองและใกล้กับจุดที่ปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชนในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ และหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ มีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนต่ำที่สุด (-25.11, -25.65,-23.96, -24.80, -25.14, -20.41, -27.91, -23.98, -23.19, -25.76 และ -23.44‰ ตามลำดับ) และเพิ่มขึ้นเมื่อออกห่างจากปากคลอง ยกเว้นคลองนาเกลือ พบว่าปริมาณ $\delta^{13}C > -22$ ทุกสถานีดังแสดงใน ภาพที่ 4-43 และ 4-44

4.1.7.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนตามความลึก

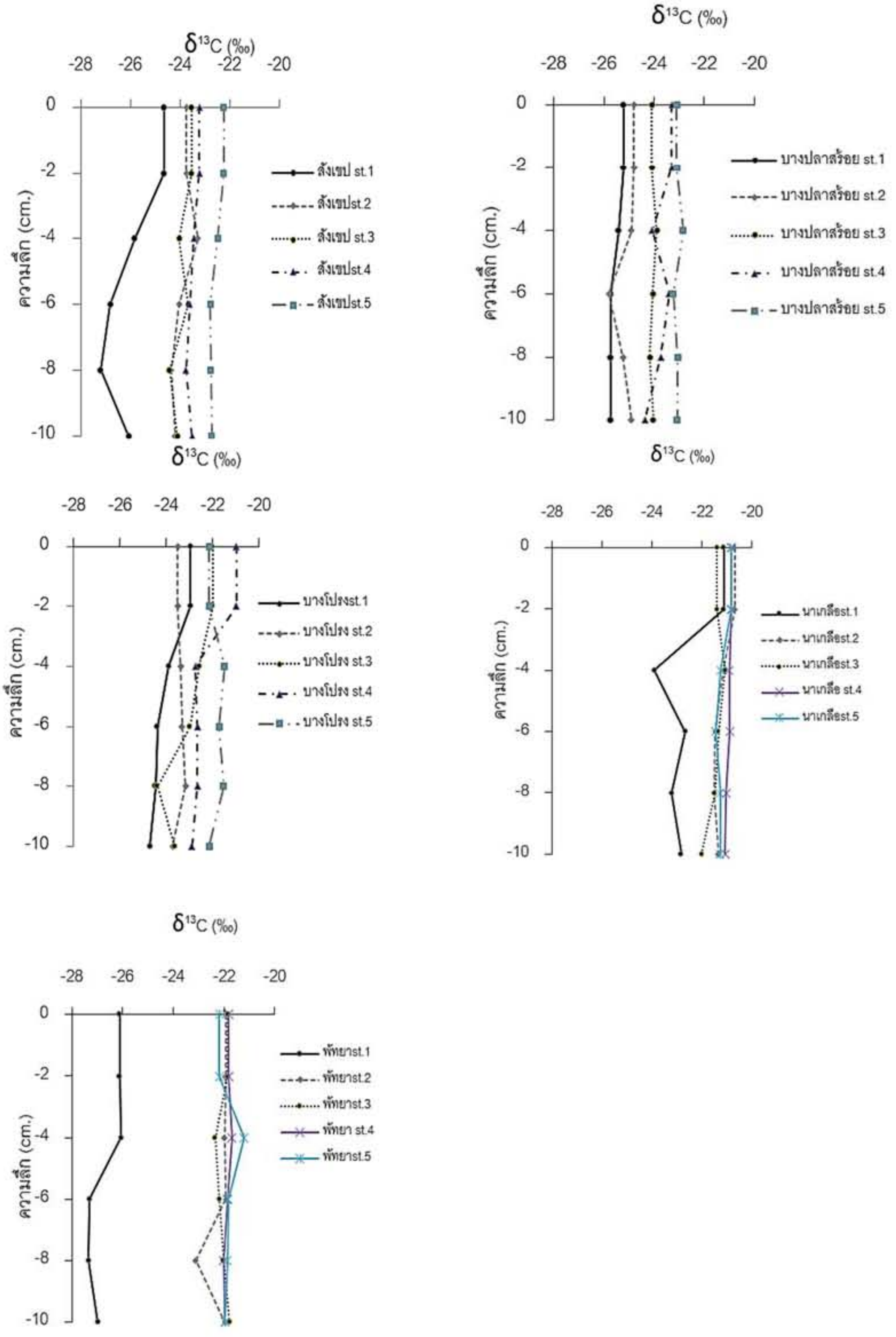
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนตามความลึกบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ คลองห้วยใหญ่ และหน้าร้านลุงไสว1 (เฉลี่ยเท่ากับ -24.02±1.27, -24.31±0.97, -22.97±1.37, -21.53±0.80, -22.94±1.99, -23.18±1.80 และ -23.61±2.02 ‰ ตามลำดับ) พบว่าในแต่ละสถานีของแต่ละพื้นที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก และไม่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามความลึก ยกเว้น คลองห้วยใหญ่บางสถานีที่มีรูปแบบการลดลงและเพิ่มขึ้นที่ไม่แน่นอนเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-45 และ 4-46)



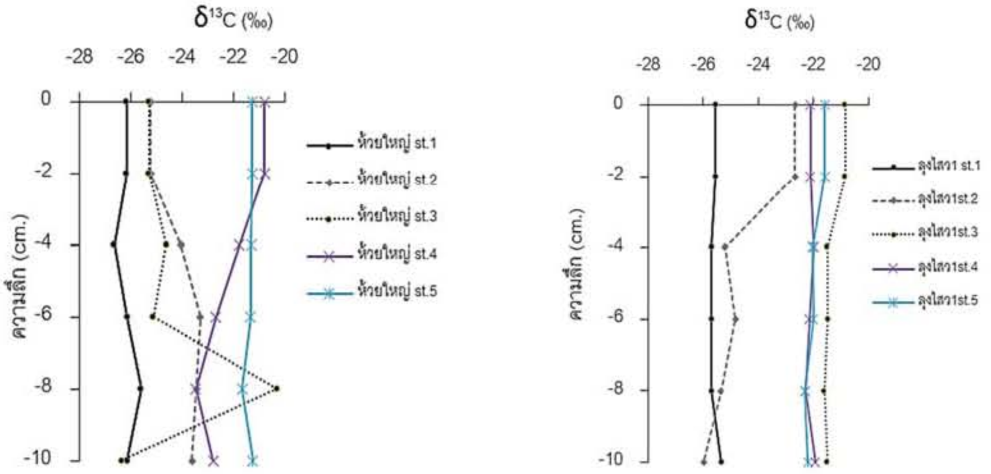
ภาพที่ 4-43 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-44 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่คลองห้วยใหญ่ และหน้าร้านลุงไสว 1 จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-45 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



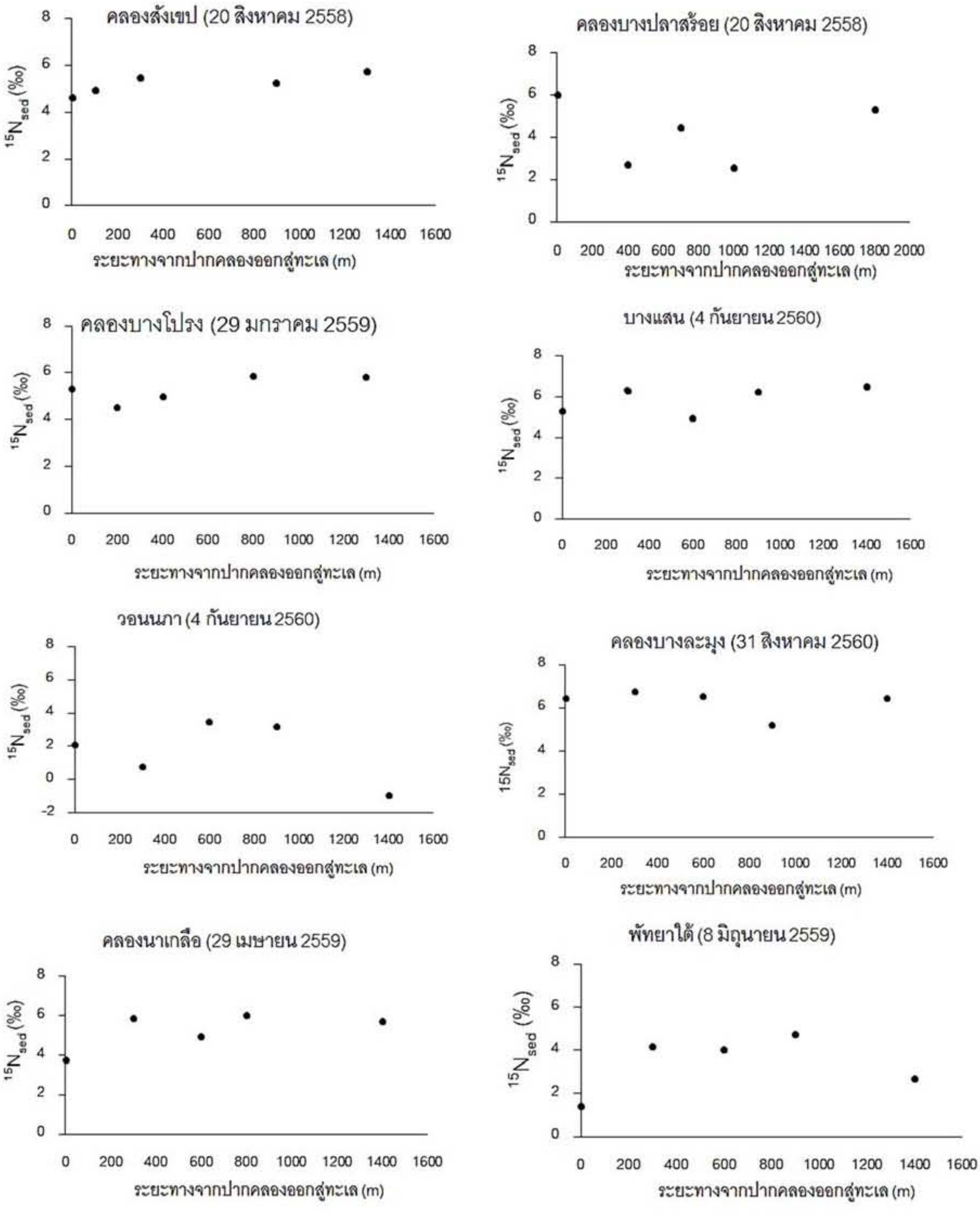
ภาพที่ 4-46 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ และหน้าร้านลุงไสว 1 จังหวัดชลบุรี

4.1.7.3. ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน (δ^{15} N) ในดินตะกอนระดับผิว

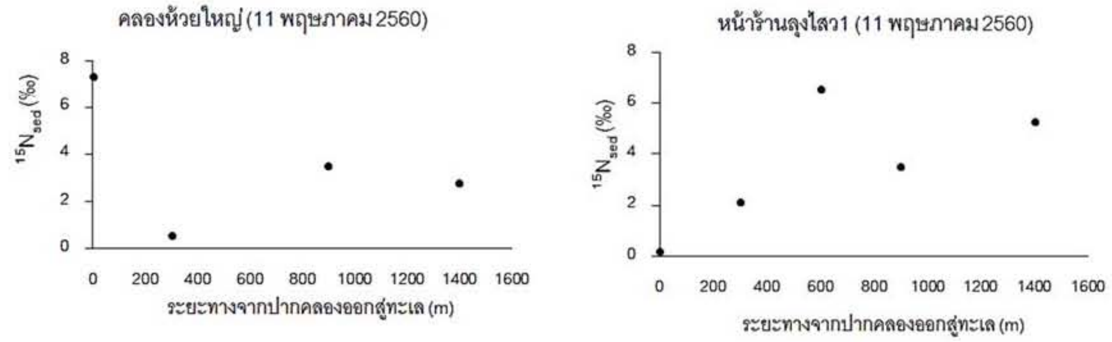
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือพัทยาใต้ และหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ ซึ่งมีปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนอยู่ระหว่าง -0.91 ถึง 7.38 ‰ ในแต่ละสถานีของแต่ละพื้นที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นคลองห้วยใหญ่ และหน้าร้านลุงไสว1 มีความแตกต่างสูงในแต่ละสถานี (ภาพที่ 4-47 และ 4-48)

4.1.7.4. ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน (δ^{15} N) ในดินตะกอนตามความลึก

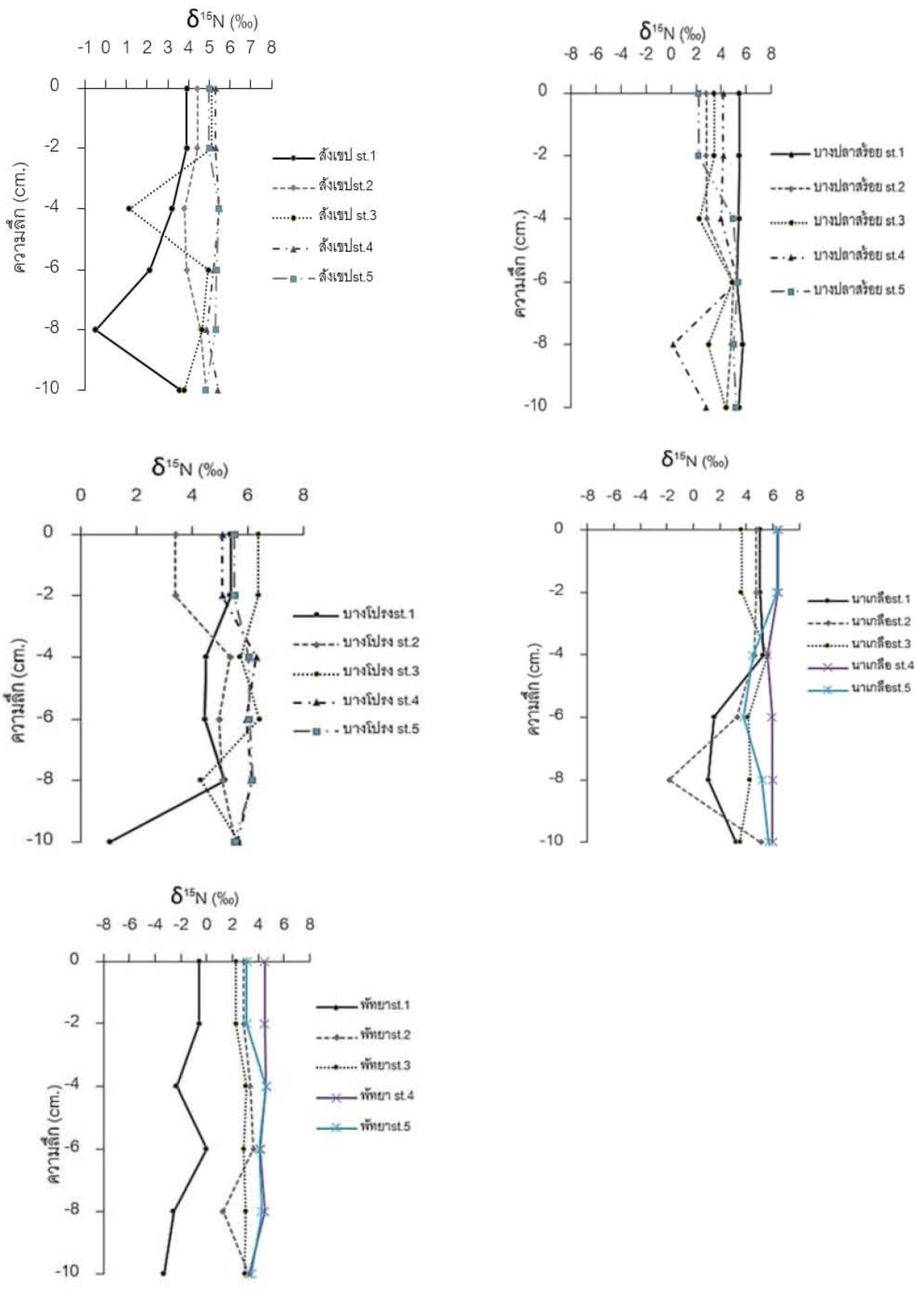
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึกบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ คลองห้วยใหญ่ และหน้าร้านลุงไสว1(เฉลี่ยเท่ากับ 4.23±1.45, 4.16±1.38, 5.28±1.13, 4.34±1.86, 2.42±2.23, 1.50±3.54และ 0.27±3.62 ‰ ตามลำดับ) พบว่าในแต่ละสถานีของแต่ละพื้นที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก และไม่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามความลึก ยกเว้น คลองสังเขป คลองบางโปรง และคลองห้วยใหญ่บางสถานีที่มีรูปแบบการลดลงและเพิ่มขึ้นที่ไม่แน่นอนเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น ดังในภาพที่ 4-49 และ 4-50



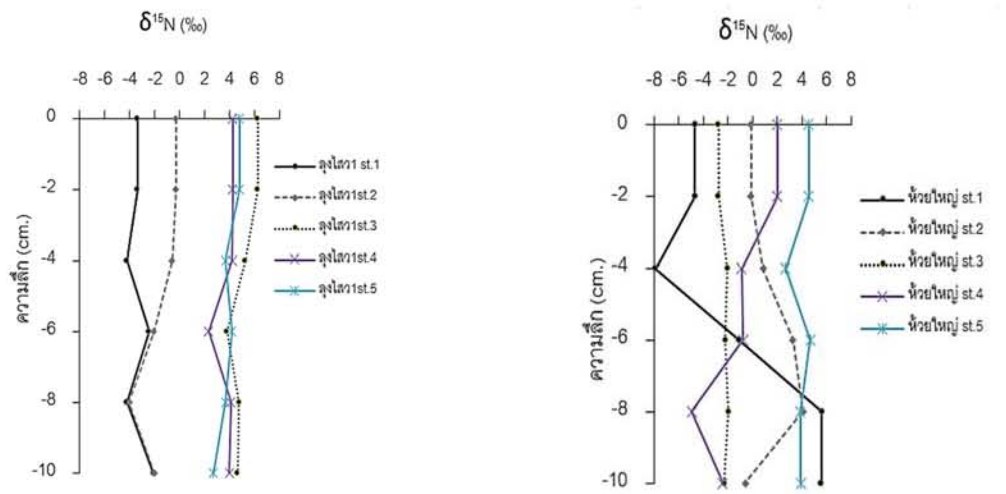
ภาพที่ 4-47 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-48 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในระดับผิวดินตะกอน ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ และหน้าร้านลุงไสว 1 จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-49 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



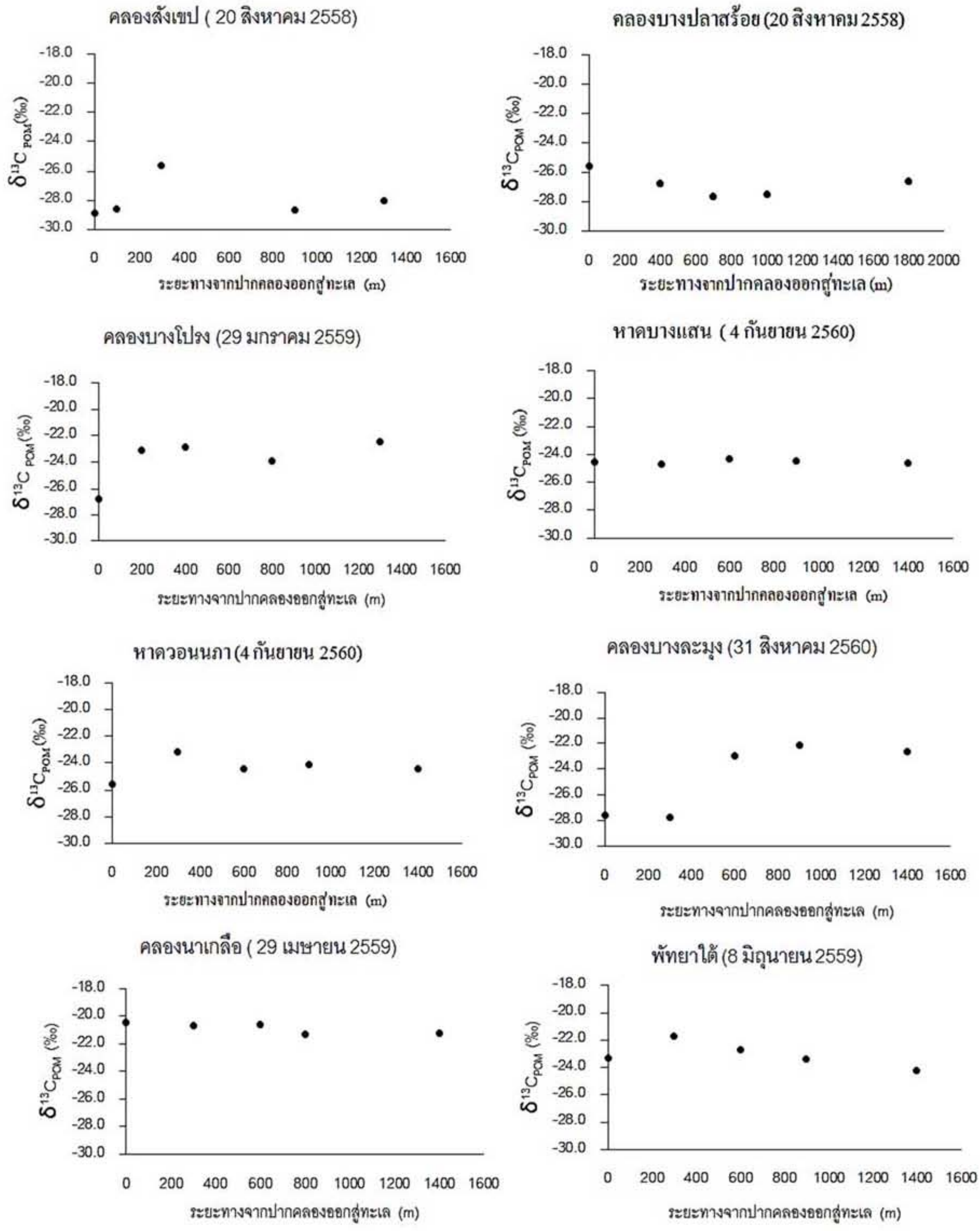
ภาพที่ 4-50 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน (δ^{15}N) ในดินตะกอนตามความลึก ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ และหน้าร้านลุงไสว 1 จังหวัดชลบุรี

4.1.7.5. **ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในสารอินทรีย์แขวนลอยที่ระดับผิวน้ำ**

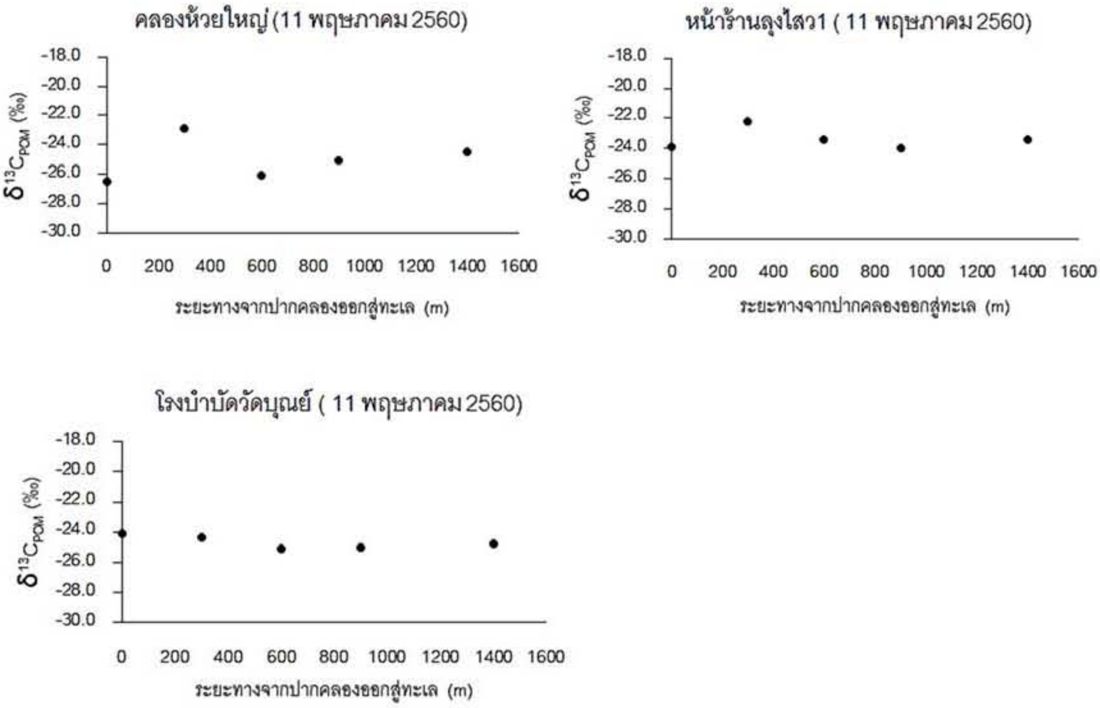
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในสารอินทรีย์แขวนลอยที่ระดับผิวน้ำ พบว่าสถานีที่ 1 ใกล้กับปากคลอง บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง พัทยาใต้ และหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ มีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนต่ำ (-28.90, -25.57, -26.34, -24.53, -25.55, -27.55,-23.40, -26.48, -23.91และ -24.14 ‰ ตามลำดับ) และเพิ่มขึ้นเมื่อออกห่างจากปากคลอง ดังแสดงในภาพที่ 4-51 และ 4-52

4.1.7.6. ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในสารอินทรีย์แขวนลอยที่ระดับผิวน้ำ

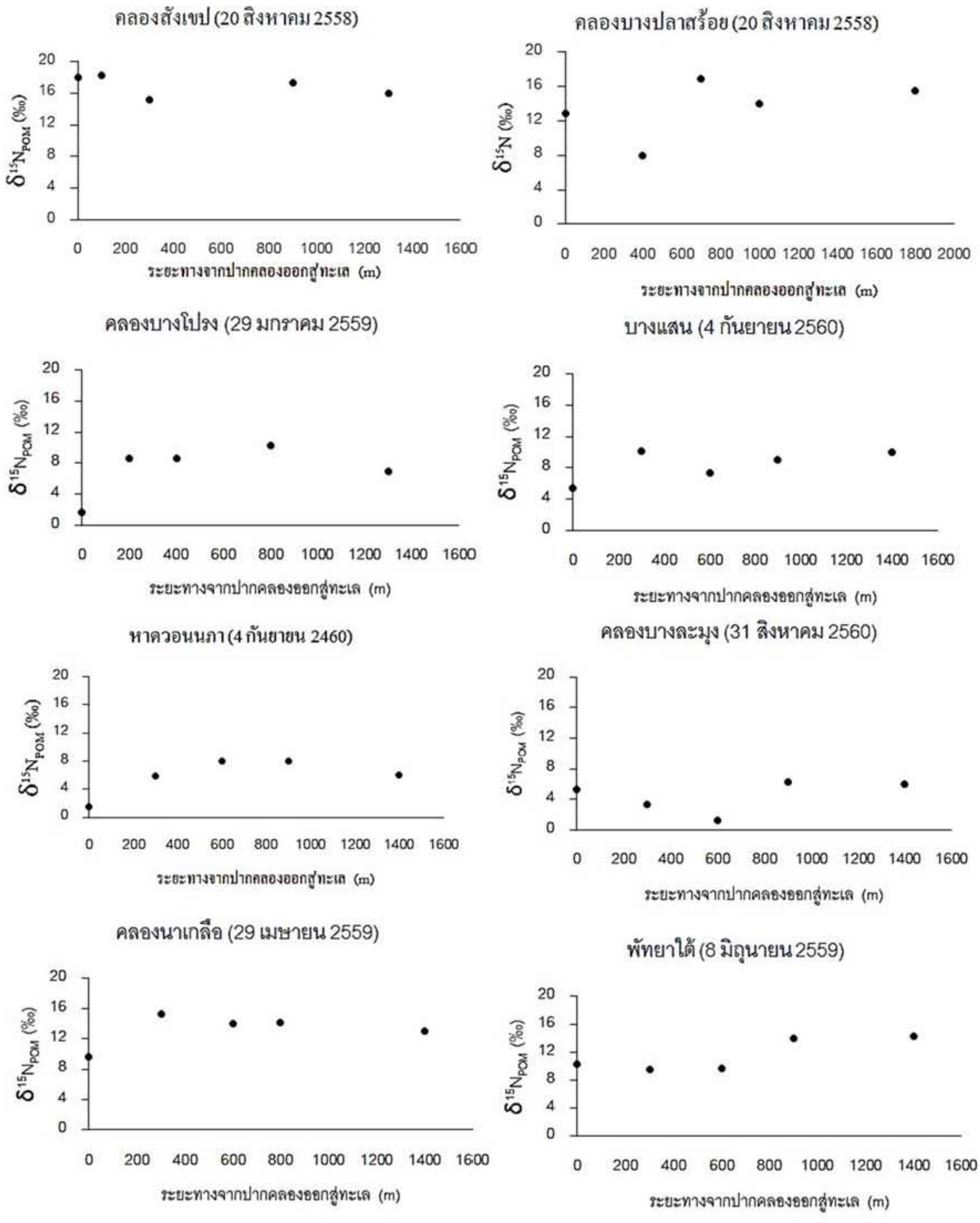
ปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในสารอินทรีย์แขวนลอย พบว่าคลองบางละมุง คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และวัดบุณย์ มีปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 2.00 – 8.00 แต่คลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ มีปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนมากกว่า 10 ‰ แต่ขณะเดียวกันบริเวณคลองบางโปรงในสถานีที่ 1 ใกล้กับปากคลองมีปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนต่ำ และมีปริมาณสูงขึ้นในสถานีที่อยู่ห่างออกไป ดังในภาพที่ 4-53 และ 4-54



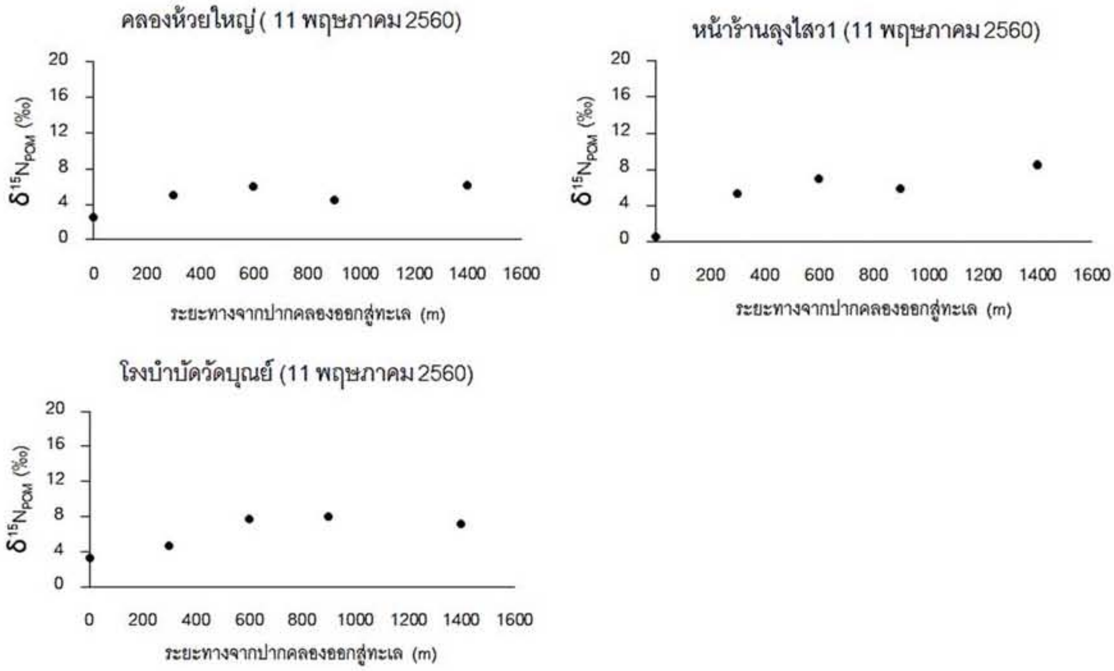
ภาพที่ 4-51 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในสารอินทรีย์แขวนลอย ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-52 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในสารอินทรีย์แขวนลอย ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์จังหวัดชลบุรี



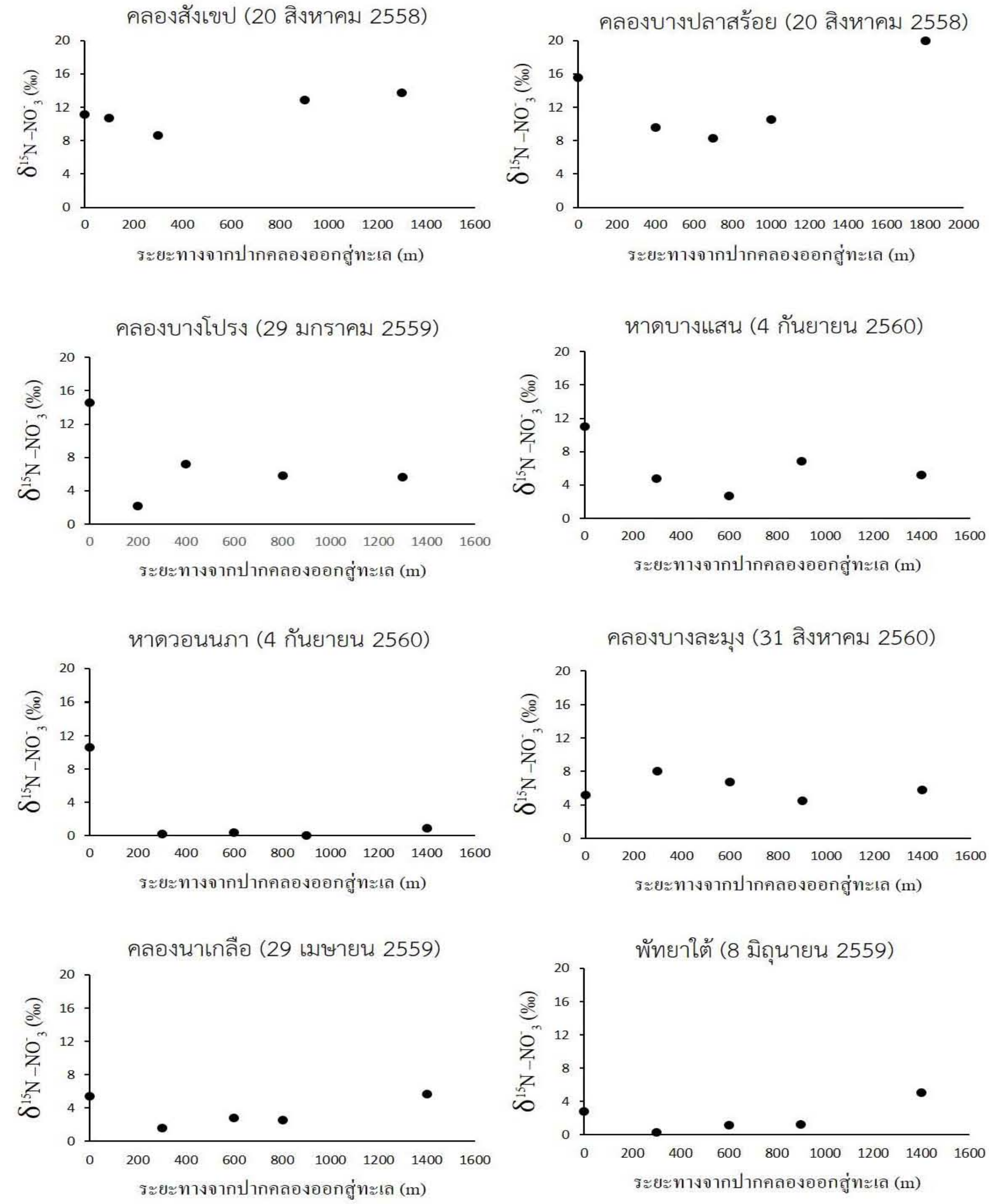
ภาพที่ 4-53 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน (δ^{15}N) ในสารอินทรีย์แขวนลอย ในบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



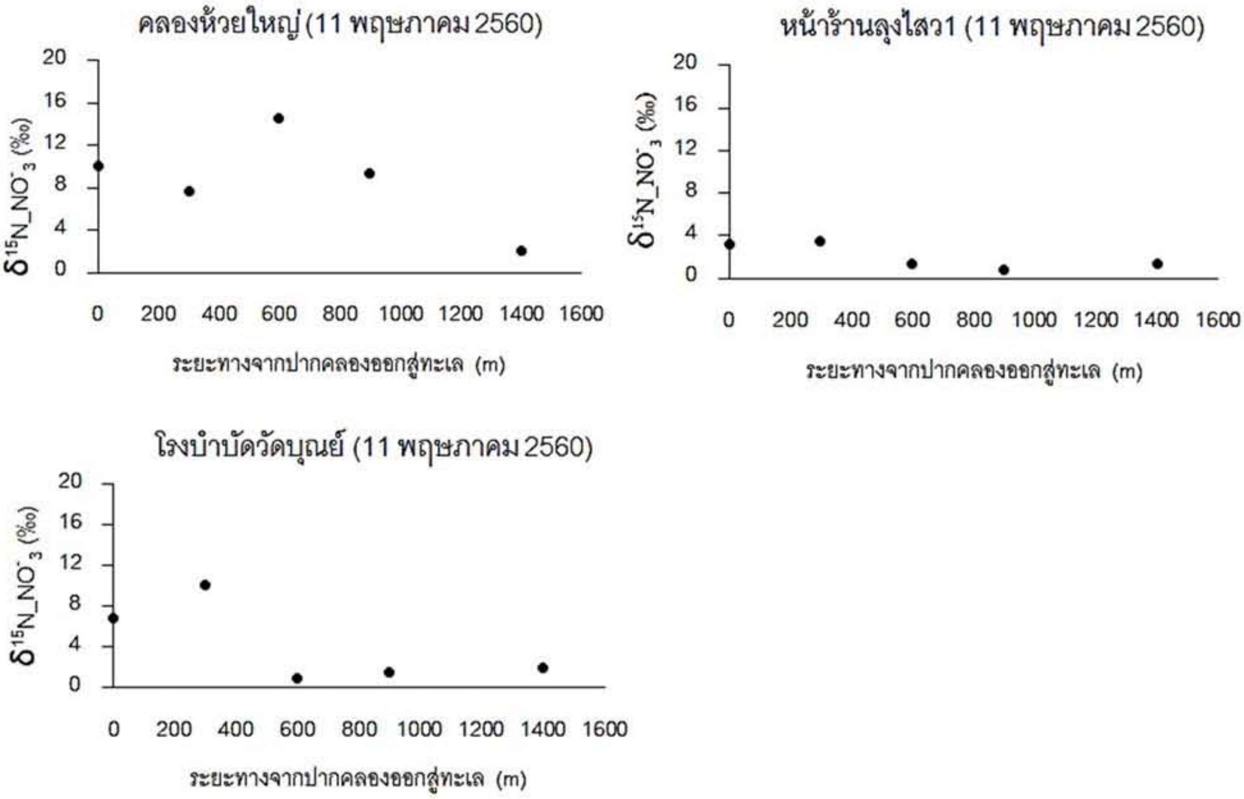
ภาพที่ 4-54 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{15}N$) ในสารอินทรีย์แขวนลอย ในบริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์จังหวัดชลบุรี

4.1.7.7. ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ($\delta^{15}N$ - NO_3) ในน้ำ

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ($\delta^{15}N$ - NO_3) ในน้ำ บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา และคลองห้วยใหญ่ ในสถานี 1 ที่อยู่ใกล้ปากคลองมีค่าสูงกว่า 10 ‰ (11.15, 15.56, 14.52, 11.03, 10.62 และ 10.12 ‰ ตามลำดับ) ส่วนคลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ หน้าร้านลุงไสว1 และ ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ (5.22, 5.39, 2.84, 3.24 และ 6.87 ‰ ตามลำดับ) ในพื้นที่ทุกสถานีมีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรทน้อยกว่า 10‰ (ภาพที่ 4-55 และ 4-56)



ภาพที่ 4-55 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ($\delta^{15}N-NO_3^-$) ในน้ำ บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-56 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในไนเตรท ($\delta^{15}N-NO_3^-$) ในน้ำ บริเวณหาดจอมเทียน ได้แก่คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี

4.1.7.8. ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน (δ^{13}C) และไนโตรเจน (δ^{15}N) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน (δ^{13}C) และไนโตรเจน (δ^{15}N) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต บริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง หาดบางแสน หาดวอนนภา คลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ และหาดจอมเทียน ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ หน้าร้านลุงไสว1 และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ พบสัตว์หน้าดินกลุ่ม ไส้เดือนทะเล หอยสองฝา หอยฝาเดียว และกลุ่มครัสเตเชียน มีปริมาณ δ^{13}C และ δ^{15}N ในเนื้อเยื่อดังตารางที่ 4-1 ถึง 4-4 ไส้เดือนทะเล (เฉลี่ยเท่ากับ -24.13±0.73 ถึง -13.86‰ และ 7.47±0.09 – 14.39±0.20‰ ตามลำดับ) หอยฝาเดียว (เฉลี่ยเท่ากับ -18.68±0.15 ถึง -9.±0.15‰ และ 6.86 – 10.01±0.08‰ ตามลำดับ) หอยสองฝา (เฉลี่ยเท่ากับ -20.19±0.51 ถึง -14.84±0.01‰ และ 5.67±0.11‰ ตามลำดับ) แอมฟิพอด (เฉลี่ยเท่ากับ -18.76±0.19 ถึง -17.80±0.13‰ และ 8.60±0.09 – 9.63±0.08‰ ตามลำดับ) และปู (เฉลี่ยเท่ากับ -15.99±0.28 ถึง -14.93‰ และ 11.54±0.01 – 12.23‰ ตามลำดับ)

ตารางที่ 4-1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในสิ่งมีชีวิต กลุ่มไส้เดือนทะเล และหอยฝาเดียว บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

พื้นที่	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Nereididae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Neanthes	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Lumbrinidae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Orbrinidae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Ophilidae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Gyceridae	หอยกะทิ	หอยเจย์ดี	หอยเปลือกหนา
คลองสังเขป								-18.60[3]	
คลองบางปลาสร้อย	-24.13±0.73[1]								
คลองบางโปรง	-16.72±0.19[4]	-15.17±0.18[5]		-15.57				-14.45±0.06	
	-15.24								
หาดบางแสน	-15.63±0.47	-16.17±0.39	-20.74				-9.68±0.15	-12.40±0.23	-11.76±0.07
หาดวอนนภา	-15.32±0.12								
คลองนาเกลือ	-17.37±0.51[1]		-15.52[3]		-16.02[4]				
	-15.03±0.02[2]		-15.17[4]		-16.21[5]				
	-13.86[3]								
พัทยาใต้					-17.02±0.19[4]				
					-16.67[5]				
คลองห้วยใหญ่	15.15±0.12[4]								
หน้าร้านลุงไสว1						-16.21[1]			
ท่อระบายน้ำวัดบุญย์	-18.41±0.47[1]								

ตัวเลข 1- 5 แสดงถึงสถานีในพื้นที่

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงระยะทางของสิ่งมีชีวิตที่ห่างจากปากคลองในพื้นที่ a (ระยะทาง 30 เมตร) และ b (ระยะทาง 100 เมตร)

ตารางที่ 4-2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในสิ่งมีชีวิตกลุ่มหอยสองฝา และครัสเตเชียน บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

พื้นที่	แอมฟิพอด	หอยกระปุก	หอยตลับ	หอยกะพง	หอยนางรม	หอยแครง	หอยแมลงภู่	หอยแฉลบ	หอยจอบ	ปูม้า
คลองสังเขป						-17.18				
คลองบางปลาสร้อย	-17.80±0.13[4]	-18.36±0.02[4]	-18.06[2]		-18.00	-18.07±0.18[3]	-18.49	-19.33		
	-18.76±0.19[5]					-17.97±0.02[4]				
						-17.89				
คลองบางโปรง			-19.02±0.03[2]		-20.19±0.51					
หาดบางแสน					-16.17±0.63		-15.87	-16.44±0.25		-15.99±0.28
หาดวอนนภา		-18.09±0.65[5]	-16.34[a]	-15.26±0.32[a]			-14.84±0.01[a]			
		-15.53±0.12[a]	-16.03±0.15[b]	-15.02±0.30[b]			-15.44±0.23[b]			
		-15.18±0.04[b]								
คลองบางละมุง							-18.82±0.23			
คลองนาเกลือ		-16.25[5]					-15.33[5]			
คลองห้วยใหญ่				-16.14±0.03[4]					-16.30±0.09	-14.93[5]

ตัวเลข 1- 5 แสดงถึงสถานีในพื้นที่

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงระยะทางของสิ่งมีชีวิตที่ห่างจากปากคลองในพื้นที่ a (ระยะทาง 30 เมตร) และ b (ระยะทาง 100 เมตร)

ตารางที่ 4-3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในสิ่งมีชีวิต กลุ่มไส้เดือนทะเล และหอยฝาเดียว บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

พื้นที่	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Nereididae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Neanthes	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Lumbrinidae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Orbrinidae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Ophilidae	ไส้เดือนทะเลกลุ่ม Gyceridae	หอยกะทิ	หอยเจย์ดี	หอยเปลือกหนา
คลองสังเขป								6.86[3]	
คลองบางปลาสร้อย	7.47±0.09[1]								
คลองบางโปรง	10.41±0.06[4] 13.02[5]	13.10±0.16[5]		12.41[5]				9.70±0.54	
หาดบางแสน	9.86±0.17	10.91±0.50	7.94				9.61±0.12	9.16±0.64	10.01±0.08
หาดวอนนภา	10.20±0.28								
คลองนาเกลือ	13.36±0.01[1] 14.24±0.04[2] 14.10[3]		13.06[3] 12.68[4]		10.17[4] 10.13[5]				
พัทยาใต้					8.28±0.05[4] 8.54[5]				
คลองห้วยใหญ่	14.39±0.20[4]								
หน้าร้านลุงไสว1						8.77[1]			
ท่อระบายน้ำวัดบุญย์	9.85±0.16[1]								

ตัวเลข 1- 5 แสดงถึงสถานีในพื้นที่

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงระยะทางของสิ่งมีชีวิตที่ห่างจากปากคลองในพื้นที่ a (ระยะทาง 30 เมตร) และ b (ระยะทาง 100 เมตร)

ตารางที่ 4-4 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในสิ่งมีชีวิตกลุ่มหอยสองฝา และครัสเตเชียน บริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

พื้นที่	แอมฟิพอด	หอยกระปุก	หอยตลับ	หอยกะพง	หอยนางรม	หอยแครง	หอยแมลงภู่	หอยแฉลบ	หอยจอบ	ปูม้า
คลองสังเขป						8.80				
คลองบางปลาสร้อย	9.63 ± 0.08^{4}	10.40 ± 0.07^{4}	10.72^{2}		10.35	9.26 ± 0.73^{3}	9.67	7.50		
	8.60 ± 0.09^{5}					9.98 ± 0.45^{4}				
						9.43				
คลองบางโปรง			5.67 ± 0.11^{2}		7.75 ± 0.64					
หาดบางแสน					9.45 ± 0.71		9.56	8.43 ± 0.59		11.54 ± 0.01
หาดวอนนภา		9.74 ± 0.80^{5}	10.41^{a}	9.41 ± 0.80^{a}			9.42 ± 0.27^{a}			
		9.52 ± 0.63^{a}	9.97 ± 0.12^{b}	8.98 ± 0.29^{b}			9.23 ± 0.10^{b}			
		9.37 ± 0.12^{b}								
คลองบางละมุง							10.17 ± 0.72			
คลองนาเกลือ		11.02^{5}					12.54^{5}			
คลองห้วยใหญ่				11.13 ± 0.16^{4}					9.91 ± 0.60	12.23^{5}

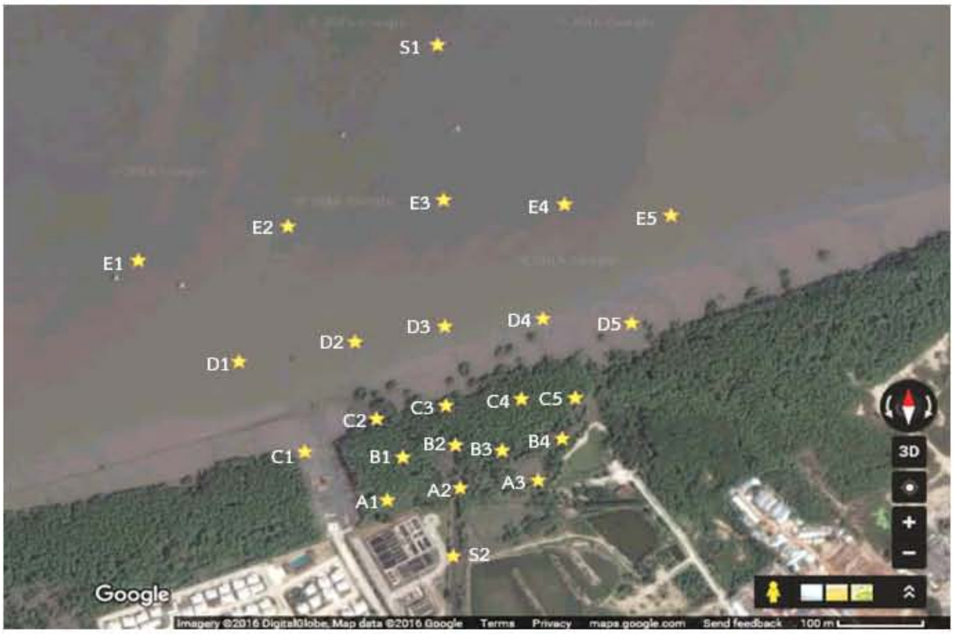
ตัวเลข 1- 5 แสดงถึงสถานีในพื้นที่

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงถึงระยะทางของสิ่งมีชีวิตที่ห่างจากปากคลองในพื้นที่ a (ระยะทาง 30 เมตร) และ b (ระยะทาง 100 เมตร)

4.2 ระบบนิเวศป่าชายเลนและหาดโคลน

4.2.1 พื้นที่ศึกษา

ป่าชายเลนเมืองใหม่ ตั้งอยู่ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลเสม็ด เป็นป่าชายเลนผืนใหญ่แห่งสุดท้ายของอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 300 ไร่ พบว่ามีความหลากหลายทางธรรมชาติของป่าชายเลน ไม่ว่าจะเป็นพันธุ์ไม้ป่าชายเลนและสัตว์น้ำหลากหลายชนิด อย่างเช่น โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) แสมดำ(*Avicennia officinalis*) แสมขาว (*Avicennia alba*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) โปรงขาว(*Ceriops decandra*) ลำพู (*Sonneratia caseolaris*) และพืชอีกหลายชนิด นอกจากนี้ ยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและเพาะพันธุ์สัตว์น้ำอีกหลากหลายชนิด ได้แก่ กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย หอยนางรม หอยแครง ปูก้ามดาบ ปูแสม ปลานวลจันทร์ ปลากะพงขาว ปลากระบอก ปลาตีน และนกอีกนานาชนิด และเมื่อไม่นานมานี้ พื้นที่ป่าชายเลนเมืองใหม่ ถูกบุกรุกจากการขยายพื้นที่ชุมชน ล้อมรอบไปด้วยชุมชน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้พื้นที่ป่าชายเลนได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์



ภาพที่ 4-57 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนในบริเวณป่าชายเลนเมืองใหม่ ปากคลองห้วยละมุ ในเดือนพฤศจิกายน 2557 ทั้งหมด 24 สถานี ได้แก่ พื้นที่ป่าชายเลน 12 สถานี คือ A1 - A3, B1 - B3, C1 - C5, S2 และในพื้นที่หาดโคลน 12 สถานี คือ D1 - D5, E1 - E5 และS1

4.2.2 ข้อมูลโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี

- ข้อมูลทั่วไป

พื้นที่บริการของระบบบำบัด	36 ตารางกิโลเมตร
ที่ตั้งโครงการ	112/500 ต.เสม็ด อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี
แหล่งงบประมาณ	กระทรวงมหาดไทย
งบประมาณ	565 ล้านบาท
สถานภาพปัจจุบัน	เปิดดำเนินการ
ขนาดพื้นที่ทั้งหมด	10 ไร่ 2 งาน
ประเภทระบบบำบัดน้ำเสีย	ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge)

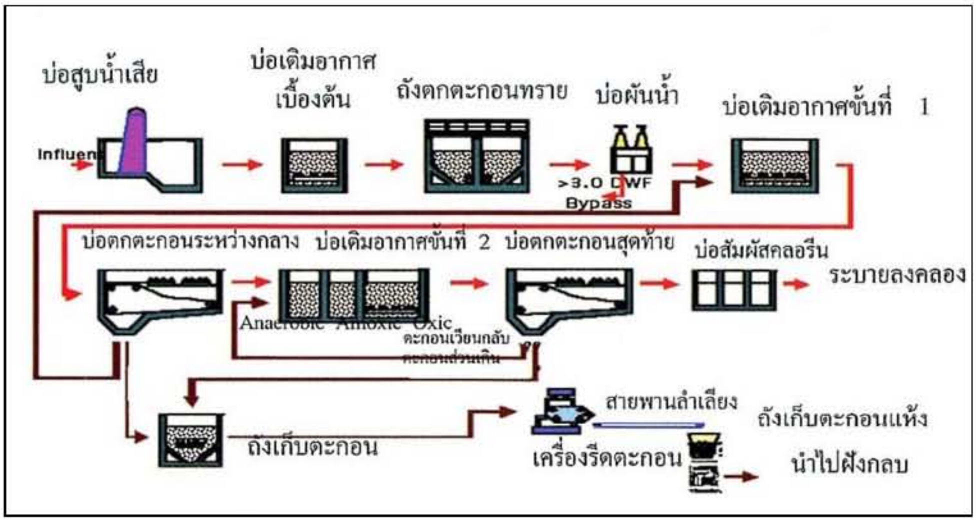
- ข้อมูลระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย

ขนาดของระบบรวบรวมน้ำเสียที่สามารถรับน้ำเสียได้ต่อวัน	22,500 ลูกบาศก์เมตร
ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบจริง	15,511 ลูกบาศก์เมตร/วัน
จำนวนบ่อดักน้ำเสีย (ไม่มีปั๊ม)	41 บ่อ
ความยาวของท่อรวบรวมน้ำเสีย	13,054 เมตร
สถานีสูบน้ำเสียเข้าระบบ	2 สถานี
หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบ	ฝ่ายสิ่งแวดล้อม กองช่าง องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี

โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำจังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ให้บริการในการบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนครอบคลุมพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 4 พื้นที่ ได้แก่ เทศบาลเมืองชลบุรี เทศบาลเมืองบ้านสวน เทศบาลตำบลบางทราย และเทศบาลตำบลเสม็ด รวมพื้นที่ให้บริการ 36 ตารางกิโลเมตร จากพื้นที่ชุมชนทั้งหมด 38.73 ตารางกิโลเมตร สถานีสูบน้ำเสียสังเขป (PS 1) ตั้งอยู่บริเวณคลองสังเขป สูบน้ำเสียตามแนวท่อที่รวบรวมจากพื้นที่ของเทศบาลบางทราย และสถานีสูบน้ำเสียบางปลาสร้อย (PS 2) ตั้งอยู่บริเวณคลองบางปลาสร้อย ถนนพระยาสัจจา สูบน้ำเสียตามแนวท่อที่รวบรวมจากพื้นที่ของเทศบาลเมืองชลบุรี เทศบาลเมืองบ้านสวน และเทศบาลตำบลเสม็ด แนวท่อรวบรวมน้ำเสียแสดงดังภาพที่ 4-58

ภาพที่ 4-58 แนวท่อรวบรวมน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ จังหวัดชลบุรี (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

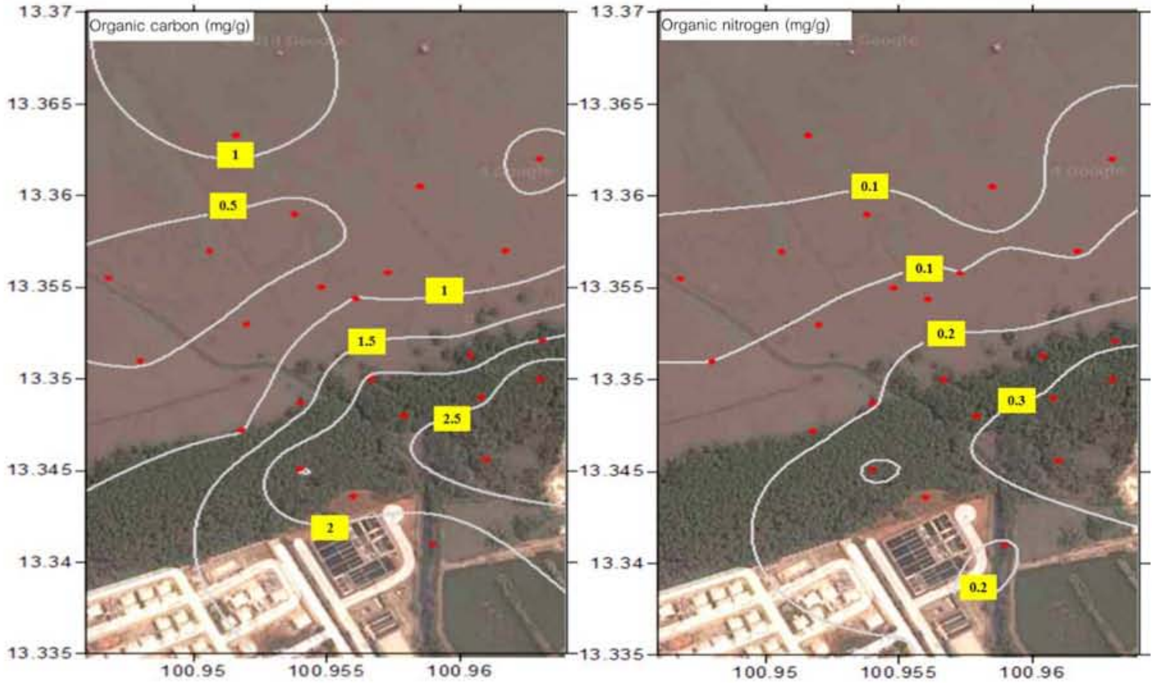
โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำจังหวัดชลบุรี ใช้ระบบแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) แบบมีระบบกำจัดไนโตรเจน ซึ่งประกอบด้วยหน่วยบำบัดต่างๆ ได้แก่ สถานีสูบน้ำเสีย ถังตกตะกอนทราย บ่อผันน้ำ บ่อเติมอากาศขั้นที่ 1 บ่อตกตะกอนระหว่างกลาง บ่อเติมอากาศขั้นที่ 2 Anaerobic Zone, Anoxic Zone, Oxic Zone บ่อตกตะกอนขั้นสุดท้าย บ่อสัมผัสคลอรีน และเครื่องรีดตะกอน เริ่มเดินระบบเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2544 มีความสามารถในการรองรับน้ำเสียตามที่ออกแบบไว้ 22,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และการกำจัดตะกอนโดยการนำไปฝังกลบที่ศูนย์กำจัดมูลฝอยของจังหวัดชลบุรี แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย คือ คลองละมุ ซึ่งไหลลงอ่าวไทยที่ตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี มีกระบวนการบำบัดน้ำเสียดังภาพที่ 4-59



ภาพที่ 4-59 ผังแสดงกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

4.2.3 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิว

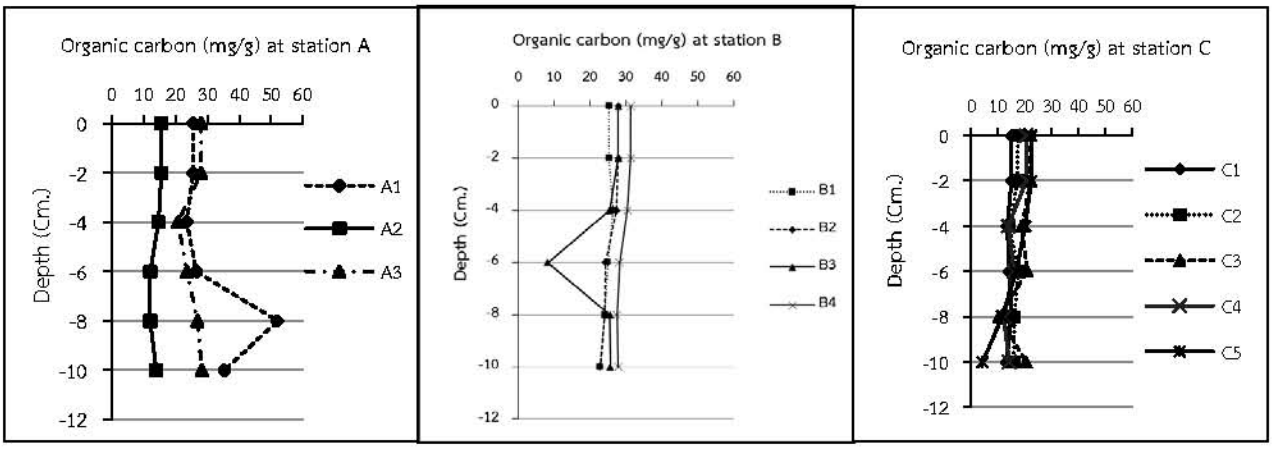
จากการศึกษาการกระจายของอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิวในป่าชายเลนเมืองใหม่บริเวณปากคลองห้วยละมุ ในช่วงเดือน4.3.2พฤศจิกายน 2557 พบว่าการกระจายของอินทรีย์คาร์บอนที่ระดับผิวดินมีแนวโน้มลดลงตามระยะทางจากปากคลองห้วยละมุลงสู่ทะเล ดังภาพที่ 4-60พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในทุกสถานีอยู่ในช่วง 3.2 – 30.2 mg/g เฉลี่ยทั้งหมดอยู่ที่ 13.73±9.02 mg/g พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุดที่สถานี B4 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน และต่ำสุดในสถานี E2 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ห่างจากฝั่งลงสู่ทะเล ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ในช่วง 9.5-30.mg/g และเฉลี่ยทั้งหมดที่ 20.88±6.26 mg/g ในส่วนของพื้นที่หาดโคลนที่อยู่ห่างจากฝั่งออกไปทางทะเล พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในช่วง 3.2 – 12.7 mg/g และเฉลี่ยทั้งหมดอยู่ที่ 5.93±2.80 mg/g ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนน้อยกว่าในพื้นที่ป่าชายเลน



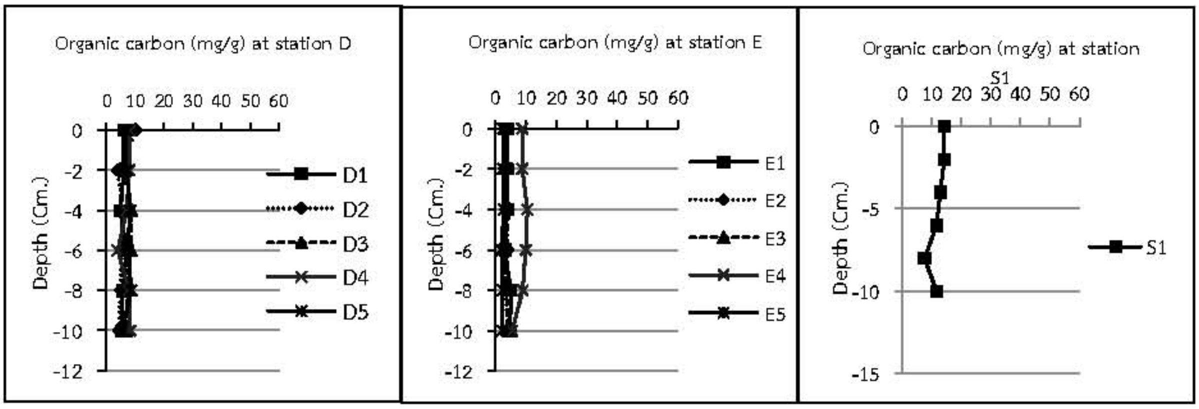
ภาพที่ 4-60 การกระจายของอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนในดินตะกอน (mg/g) ที่ระดับผิว ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

4.2.4 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามความลึก

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามความลึก พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 2 – 52 mg/g และเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 14.06±9.13 mg/g โดยในส่วนของพื้นที่ป่าชายเลน พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่ในช่วง 3.9 – 52 mg/g เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 21.11±7.28 mg/g ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนบริเวณหาดโคลนอยู่ในช่วง 2 – 17.8 mg/g และเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 7.01±3.77 mg/g ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงสุดอยู่ในสถานี A1 ซึ่งอยู่ในป่าชายเลน และต่ำสุดอยู่ในสถานี E5 เป็นพื้นที่หาดโคลนที่อยู่ห่างออกไปจากฝั่ง ดังภาพที่ 4-61 ถึง 4-62



ภาพที่ 4-61 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี A1-A3, B1-B4 และ C1-C5 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี



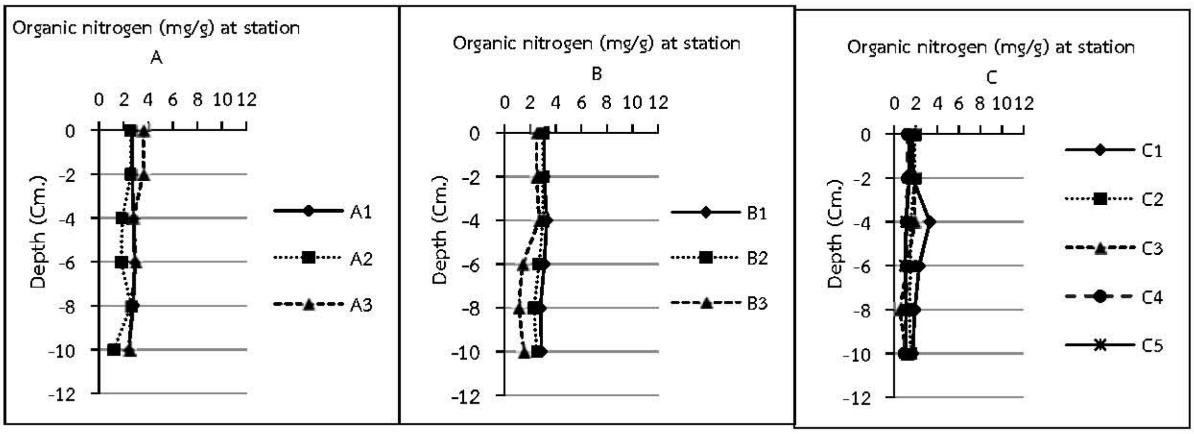
ภาพที่ 4-62 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี D1-D5, E1-E5 และ S1 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

4.2.5 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว

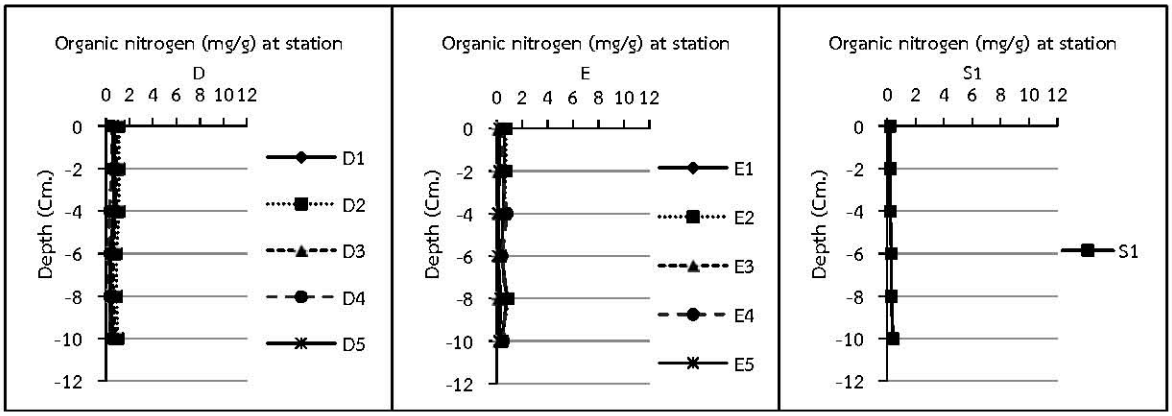
ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวดิน พบว่า ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในทุกสถานีอยู่ในช่วง 0.7 – 3.9 mg/g เฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ที่ 1.9±1.04 mg/g ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ในช่วงระหว่าง 1.4 – 3.9 mg/g และเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 2.72±0.74 mg/g และในพื้นที่หาดโคลนที่อยู่ห่างจากฝั่ง พบว่า ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.7 – 1.8 mg/g เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 1.01±0.33 mg/g ดังภาพที่ 4-60 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนสูงสุดพบในสถานี B4 ที่อยู่ในป่าชายเลน และต่ำสุดอยู่ในสถานี E2, E3 และ E5 ที่อยู่ห่างจากฝั่งออกไป

4.2.6 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึก

ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในชั้นดินตะกอนตามความลึก อยู่ในช่วง 0.6 – 4.8 mg/g เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 1.92±0.96 mg/g ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.8 – 4.8 mg/g เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 2.63±0.76 และปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในพื้นที่หาดโคลนอยู่ในช่วง 0.6 – 2.7 mg/g เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 1.21±0.50 mg/g ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินตะกอนสูงสุดพบในสถานี A1 ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าชายเลน และต่ำสุดอยู่ในสถานี E5 เป็นพื้นที่หาดโคลนที่ห่างจากฝั่งออกไป ดังภาพที่ 4-63 ถึง 4-65



ภาพที่ 4-63 ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี A1-A3, B1-B4 และ C1-C5 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

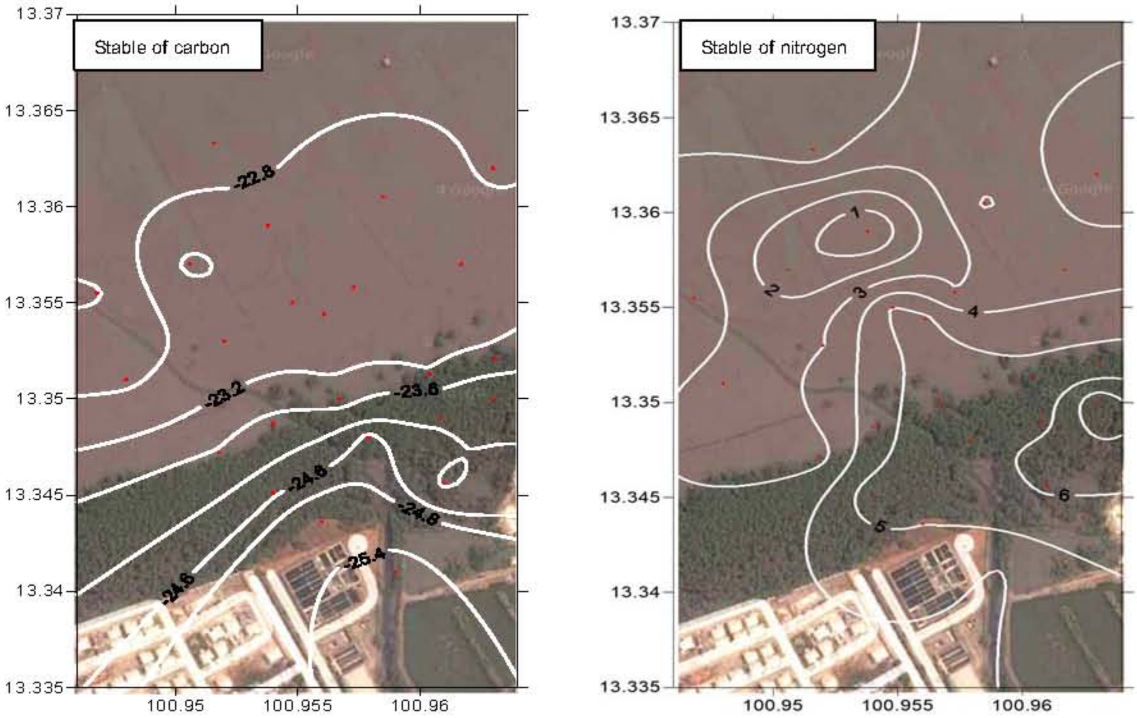


ภาพที่ 4-64ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี D1-D5, E1-E5 และ S1 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

4.2.7 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน($\delta^{13}C$)ในดินตะกอน

4.2.7.1 ดินตะกอนที่ระดับผิว

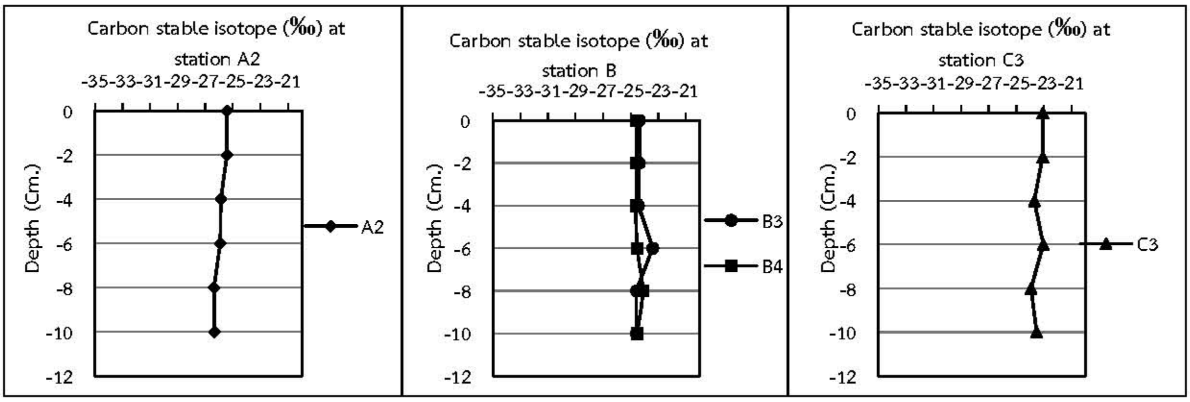
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิว พบว่า ทุกสถานีอยู่ในช่วง -25.70 ถึง -22.36‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -23.52±0.84‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ในช่วง -25.70 ถึง -23.24‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -24.13±0.76‰ ในพื้นที่หาดโคลน ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนอยู่ในช่วง -23.30 ถึง -22.36‰ และเฉลี่ยรวมอยู่ที่ -22.91±0.27‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนสูงสุดในสถานี E1 คือพื้นที่หาดโคลนและต่ำสุดในสถานี A2 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน ดังภาพที่ 4-65



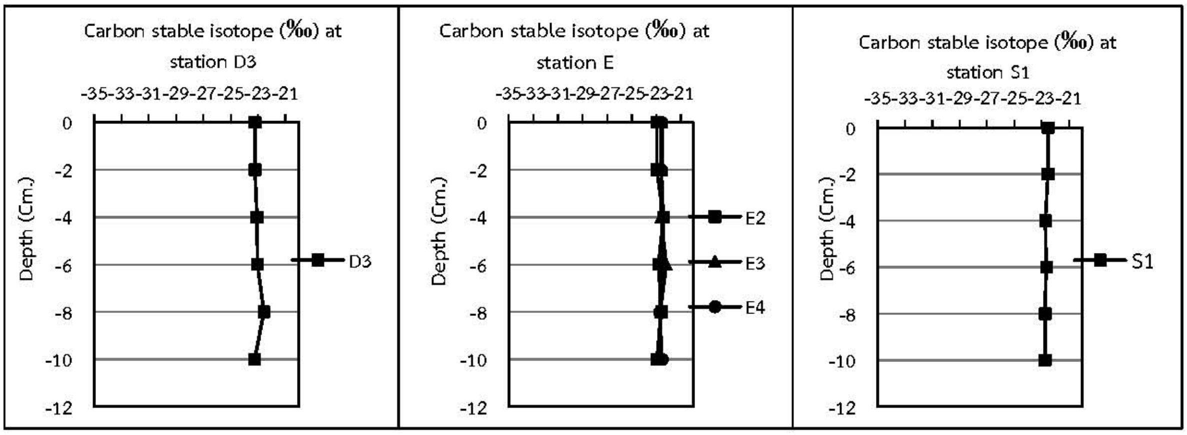
ภาพที่ 4-65 การกระจายของไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในดินตะกอน (mg/g) ที่ระดับผิว ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

4.2.7.2 ดินตะกอนตามความลึก

ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก 5 ระดับ ได้แก่ 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 และ8-10 เซนติเมตรในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2557 พบว่า ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนตามความลึกในทุกสถานีอยู่ในช่วง -26.36 ถึง -22.19‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -23.53±1.14‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนป่าชายเลนอยู่ในช่วง -26.36 ถึง -23.05‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -24.55±1.00‰ และปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนพื้นที่หาดโคลนอยู่ในช่วง -23.24 ถึง -22.19 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -22.72±0.26‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนสูงสุดอยู่ที่สถานี E3 ซึ่งอยู่ในพื้นที่หาดโคลน และต่ำสุดอยู่ที่สถานี A2 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน ดังภาพที่ 4-66 และ 4.67 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนตามความลึกมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 4-66 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี A2, B3-B4 และ C3 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-67 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี D3, E2-E4 และ S1 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

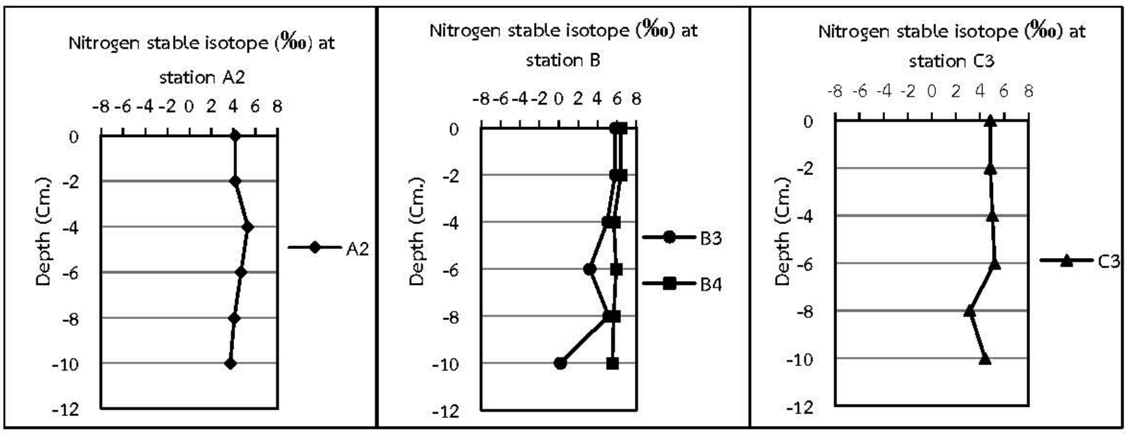
4.2.8 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน(δ^{15}N) ในดินตะกอน

4.2.8.1 ดินตะกอนที่ระดับผิว

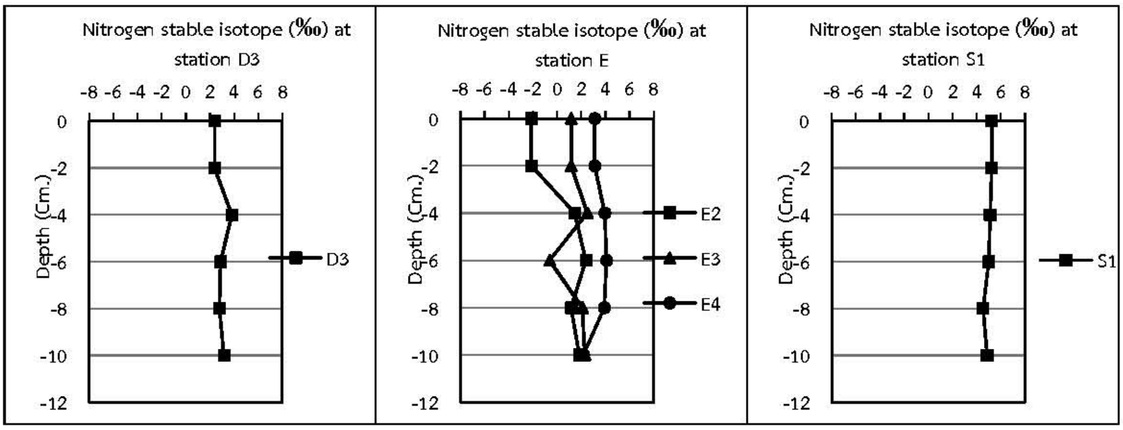
ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนของทุกสถานีอยู่ในช่วง -0.17 ถึง 6.87‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.20±1.71‰ ในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ในช่วง 2.55 – 6.87‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 5.22±1.13‰ และในพื้นที่หาดโคลนอยู่ในช่วง -0.17 ถึง 5.22‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.18±1.59‰ ปริมาณ δ^{15}N ในดินตะกอนสูงสุดอยู่ที่สถานี B4 ที่อยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน และต่ำสุดอยู่ที่สถานี E3 ในพื้นที่หาดโคลน ดังภาพที่ 4-65 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว มีแนวโน้มลดลงตามระยะทางจากพื้นที่ป่าชายเลนไปยังบริเวณหาดโคลน

4.2.8.2 ดินตะกอนตามความลึก

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนทุกสถานีอยู่ในช่วง -2.13 ถึง 6.40‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.61±1.85‰ และปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ในช่วง 0.15 – 6.40‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.66±1.38‰ ในพื้นที่หาดโคลน ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนอยู่ในช่วง -2.13 ถึง 5.25‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 2.77±1.76‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนสูงสุดอยู่ที่สถานี B4 ที่อยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน และต่ำสุดอยู่ที่สถานี E2 ที่อยู่ในพื้นที่หาดโคลน ดังภาพที่ 4-68 และ 4-69 ดังนั้น สามารถระบุได้ว่า ปริมาณ δ^{15}N ในดินตะกอนตามความลึกในสถานี A, D, E และS1 มีรูปแบบการลดลงและเพิ่มขึ้นที่ไม่แน่นอน เมื่อระดับความลึกของดินตะกอนเพิ่มมากขึ้น และปริมาณ δ^{15}N ในดินตะกอนตามความลึกในสถานี B และ C มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 4-68 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี A2, B3-B4 และ C3 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 4-69 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอน (mg/g) ตามความลึกที่สถานี D3, E2-E4 และ S1 ในป่าชายเลน บริเวณปากคลองห้วยละมุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

4.3 การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสีย ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน (จังหวัดชลบุรี)

4.3.1. คุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณสารอาหารในน้ำ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทั่วไปและปริมาณสารอาหารในน้ำของน้ำเสียจากชุมชนและน้ำในแหล่งน้ำผิวดินบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี มีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, ความเป็นกรดด่าง, ปริมาณบีโอดี, ไนโตรเจนรวม, ฟอสฟอรัสรวม, ไนเตรท และแอมโมเนียผลการศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1.1 น้ำเสียจากชุมชน (Sewage Outflow Pipe)

4.3.1.1.1 น้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรีและเมืองพัทยามี 5 สถานี แสดงในตารางที่ 4-5 โดยความเป็นกรด – ด่าง มีความแตกต่างอยู่ในช่วงแคบ โดยมีค่าสูงสุด 7.53 ที่สถานี A14 และต่ำสุด 6.8 ที่สถานี A12 อุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกันไม่มาก สูงสุด 33.5 °C ที่สถานี A10 และต่ำสุด 29.5 °C ที่สถานี A14 (แสดงในภาพที่ 4-70) ปริมาณบีโอดีสูงสุด (126.6±10.3 mg/l) ที่สถานี A11 และมีปริมาณต่ำสุด (12.07±0.1 mg/l) ที่สถานี A12 ในขณะเดียวกัน ปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุด (4.33±0.137 mg/l) ที่สถานี A11 (แสดงในภาพที่ 4-72) และมีปริมาณต่ำสุด (1.15±0.4mg/l) ที่สถานี A2 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงสุด (2.38±0.16 mg/l) ที่สถานี A14 และมีปริมาณต่ำสุด (0.57±0.01 mg/l) ที่สถานี A2

4.3.1.1.2 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ มี 8 สถานี (แสดงในตารางที่ 4-5) ความเป็นกรด – ด่าง มีการผันแปรอยู่ในช่วงแคบ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.43) ที่สถานี A3 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (6.9) ที่สถานี A4 (แสดงในภาพที่ 4-70) อุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงสุด (33 °C) ที่สถานี A1 และมีค่าต่ำสุด (27.8±2.4 °C) ที่สถานี A9 ปริมาณบีโอดีสูงสุด (19.9±1.6 mg/l) ที่สถานี A10 และมีปริมาณต่ำสุด (5.2±0.3 mg/l) ที่สถานี A1 ในขณะเดียวกัน ปริมาณไนโตรเจนรวมสูงสุด (8.5±0.13 mg/l) ที่สถานี A1 และมีปริมาณต่ำสุด (2.68±0.06 mg/l) ที่สถานี A4 (แสดงในภาพที่ 4-72) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงสุด (2.35±0.23 mg/l) ที่สถานี A13 และมีปริมาณต่ำสุด (0.66±0.13 mg/l) ที่สถานี A1

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในพื้นที่อำเภอเมืองชลบุรีและเมืองพัทยา สามารถสรุปได้ว่า ความเป็นกรด – ด่าง, อุณหภูมิของน้ำและปริมาณไนโตรเจนรวมของทุกสถานีเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (แสดงในตารางที่ 4-7) ในทางกลับกัน ปริมาณบีโอดีจากการติดตามคุณภาพน้ำเสียโดยแต่ละสถานีจะทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง พบว่า สถานีส่วนใหญ่ปริมาณบีโอดีมีความแตกต่างกันไม่มาก (แสดงในภาพที่ 4-70) นอกจากนี้ สถานีที่มีปริมาณบีโอดี (จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้ง) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ได้แก่ สถานี A1, A3, A4, A5, A10 และ A13 ในส่วนของฟอสฟอรัสรวม มีปริมาณเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน

ฯ ได้แก่ A10, A13 และ A14 ซึ่งรายละเอียดจะอภิปรายต่อไปในหัวข้อที่ 3 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4.3.1.2 แหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water)

จุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดินในพื้นศึกษา มี 7 สถานี (แสดงในตารางที่ 4-6) มีลักษณะเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากชุมชนต่าง ๆ ทั้งน้ำทิ้งที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ความเป็นกรด – ด่าง มีการผันแปรอยู่ในช่วงแคบ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.8 ที่สถานี B9 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.9 ที่สถานี B4 อุณหภูมิของน้ำมีความแตกต่างกันไม่มาก มีค่าสูงสุดเท่ากับ 35.6 ที่สถานี B3 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 27.8 °C ที่สถานี B2 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงสุดเท่ากับ 3.4 mg/l ที่สถานี B4 และมีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 0.25 ที่สถานี B1 ในส่วนของปริมาณบีโอดีเฉลี่ยสูงสุด 175±2.1 mg/l ที่สถานี B1 และมีปริมาณเฉลี่ยต่ำสุด 5.6±0.2 mg/l ที่สถานี B9 ในขณะเดียวกันปริมาณไนเตรท (NO_3-) เฉลี่ยสูงสุด (0.65±0.04 mg-N/L) ที่สถานี B9 และมีปริมาณเฉลี่ยต่ำสุด (0.01±0.02 mg-N/L) ที่สถานี B7 (แสดงในภาพที่ 4-73) ปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-) เฉลี่ยสูงสุด (2.33±0.12 mg-N/L) ที่สถานี B8 และมีปริมาณเฉลี่ยต่ำสุด (0.07±0.03 mg-N/L) ที่สถานี B7

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำประเภทแหล่งน้ำผิวดิน (B1 – B9) สรุปได้ว่า ความเป็นกรด – ด่าง อุณหภูมิ และปริมาณไนเตรทของทุกสถานีเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (แสดงในตารางที่ 4-7) ในทางกลับกัน ทุกสถานีมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ฯ (4 mg/l) เช่นเดียวกับบีโอดี (จากการเก็บตัวอย่างทั้งสองครั้ง) พบว่า ทุกสถานีมีปริมาณบีโอดีเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ (ไม่เกิน 2 mg/l) และสถานีที่มีปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-) เกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ (ไม่เกิน 0.5 mg/l) ได้แก่ สถานี B1-B4 และ B8 ซึ่งรายละเอียดจะอภิปรายต่อไปในหัวข้อที่ 3 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตารางที่ 4-5 คุณภาพน้ำทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างประเภทน้ำเสียและน้ำทิ้ง (Sewage Outflow Pipe)

สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่เก็บตัวอย่าง	pH	Temp (°C)	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
	อำเภอเมืองชลบุรี						
A1	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำอบจ.ชลบุรี	9/6/2559	7.0	33	5.2±0.3	N/A	N/A
		18/8/2560	7.2	28.5	7.35±0.2	8.5±0.13	0.66±0.13
*A2	ท่อแสนสุขเหนือ	9/8/2560	7.1	31.2	13.51±0.31	1.154±0.4	0.57±0.01
		**22/8/2560	7.5	29.5	22.5±1.4	N/A	N/A
A3	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ	**12/5/2560	7.1	30.07	9.19±0.2	8.48±0.31	1.71±0.34
		**22/8/2560	7.43	30.1	11.33±1.5	N/A	N/A
A4	ท่อแสนสุขใต้	9/8/2560	7.2	29.9	19.9±1.6	2.68±0.06	1.42±0.04
		**22/8/2560	6.9	28.6	20.5±1.7	N/A	N/A
A5	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้	**12/5/2560	7.12	30.07	9.52±0.5	3.84±0.23	1.65±0.21
		**22/8/2560	7.41	30.4	9.55±0.6	N/A	N/A
มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**≤ 40**	**≤ 20**	**≤ 20**	**≤ 2**

<u>หมายเหตุ</u> ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), * หมายถึง น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ, ** หมายถึง ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย, x^a = ไม่มีค่าเฉลี่ยเนื่องจากวิเคราะห์ได้เพียงครั้งเดียว, N/A = ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่ เก็บตัวอย่าง	pH	Temp (°C)	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
	เมืองพัทยา						
A10	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ	8/6/2559	6.7	25.6	17.47±1.2	1.68±0.18	2.19±0.06
	หนองใหญ่	**15/9/2560	7.4	33.5	12.5±0.3	N/A	N/A
*A11	ท่อ Walking street	11/5/2559	7.23	29.7	126.6±10.3	4.33±0.137	1.25±0.01
*A12	ท่อหน้าโรงแรมแกรนด์	11/5/2559	6.8	30.3	12.07±0.1	1.57±0.01	1.77±0.15
A13	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำวัดบุณ ฯ	**15/5/2559	7.33	32.5	14.94±0.1	7.63±0.66	2.35±0.23
		**15/8/2560	7.15	30.1	15.64±0.5	N/A	N/A
*A14	ท่อหน้าร้านลุงไสว 1	11/5/2559	7.53	29.5	66±5.2	3.92±0.007	2.38±0.16
มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**≤ 40**	**≤ 20**	**≤ 20**	**≤ 2**

<u>หมายเหตุ</u> ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), * หมายถึง น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ, ** หมายถึง ข้อมูลจากห้องปฏิบัติการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย, x^a = ไม่มีค่าเฉลี่ยเนื่องจากวิเคราะห์ได้เพียงครั้งเดียว, N/A = ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 4-6 คุณภาพน้ำทั่วไปของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน (Surface Water)

สถานี	**รายละเอียดสถานี**	**วันที่ เก็บตัวอย่าง**	**pH**	**Temp(°C)**	**DO (mg/l)**	**BOD (mg/l)**	**NO_3^- (mg-N/l)**	**NH_3- (mg-N/l)**
	อำเภอเมืองชลบุรี							
B1	คลองสังเขป	26/2/2559	7.33	28.2	0.34	60.3±1.2	0.18±0.015	1.89±0.17
		18/8/2560	7.4	30.3	0.25	175±2.1	N/A	N/A
B2	คลองบางปลาสร้อย	26/2/2559	7.4	27.8	0.47	22.9±0.5	0.34±0.01	2.1±0.02
		18/8/2560	7.2	28.4	1.02	31.92±0.4	N/A	N/A
B3	คลองห้วยละมุ	9/6/2559	7.2	35.6	1.9	18.8±0.2	0.46±0.01	1.22±0.03
		18/8/2560	7.4	29.7	1.18	31.54±0.4	N/A	N/A
B4	คลองบางโปรง	9/6/2559	7.7	33.2	3.4	9.4±0.3	0.17±0.06	2.16±0.14
		9/8/2559	6.9	32.4	1.59	11.6±0.01	N/A	N/A
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**ธ'**	**4.0**	**≤ 2.0**	**≤ 5**	**≤ 0.5**

เปลี่ยนแปลงเกิน 3 องศาเซลเซียส, ≤ = น้อยกว่าหรือเท่ากับ,

N/A = ไม่มีข้อมูล

<u>หมายเหตุ</u> ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), ธ' = เป็นไปตามธรรมชาติแต่ไม่

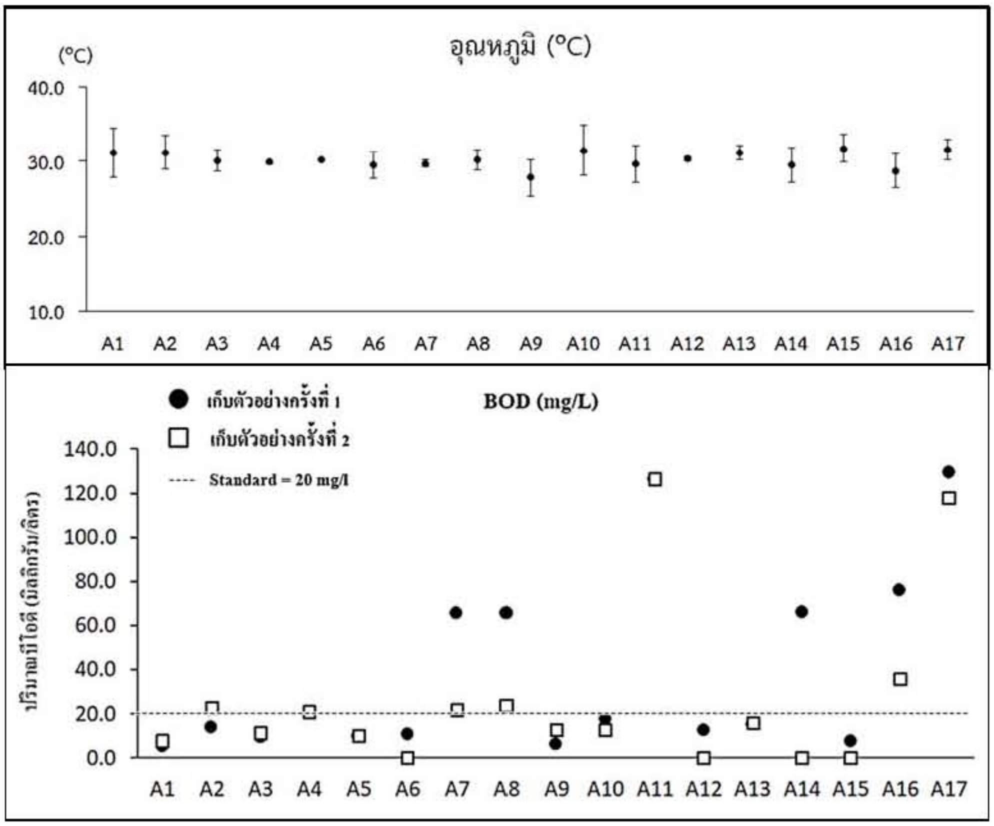
ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

สถานี	รายละเอียดสถานี	วันที่เก็บตัวอย่าง	pH	Temp(°C)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)	NO^{-}_{3} (mg-N/l)	NH_3- (mg-N/l)
	เมืองพัทยา							
B7	คลองนกยาง	29/4/2559	7.3	30.4	0.74	175±1.2	0.01±0.02	0.07±0.03
		8/6/2559	7.4	31.2	0.3	26.7±1.2	N/A	N/A
B8	คลองมาบยายเลีย	29/4/2559	7.1	30	1.22	125.5±2.1	0.04±0.01	2.33±0.12
		8/6/2559	7.4	31.2	1.43	15.8±0.2	N/A	N/A
B9	คลองห้วยใหญ่	11/5/2559	7.8	27.7	2.3	5.6±0.2	0.65±0.04	0.3±0.01
		9/8/2559	7.1	31.2	1.4	11.5±0.3	N/A	N/A
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)			**5.5 – 9.0**	**ธ'**	**4.0**	**≤ 2.0**	**≤ 5**	**≤ 0.5**

เปลี่ยนแปลงเกิน 3 องศาเซลเซียส, ≤ = น้อยกว่าหรือเท่ากับ,

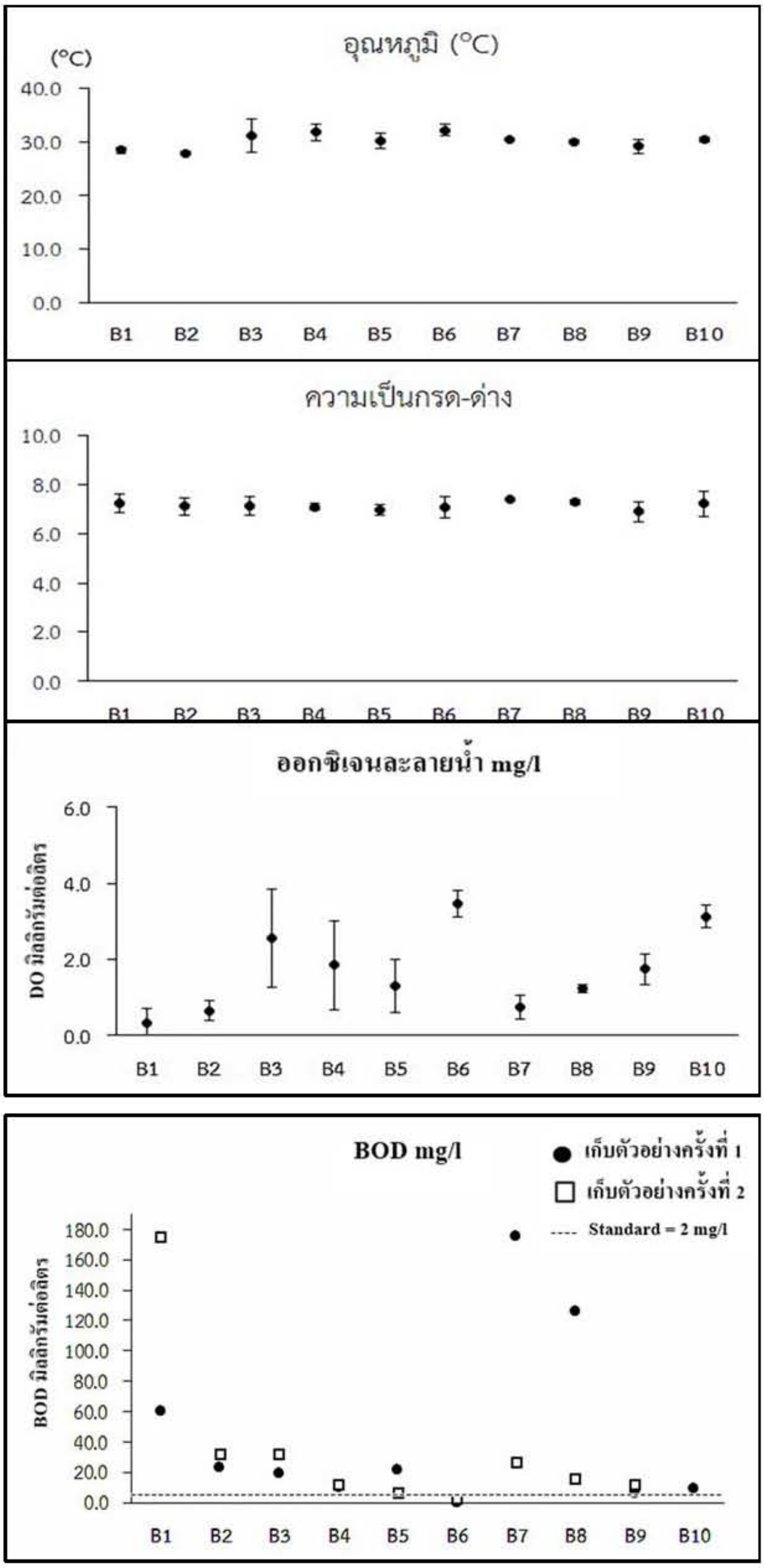
N/A = ไม่มีข้อมูล

<u>หมายเหตุ</u> ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n = 3), ธ' = เป็นไปตามธรรมชาติแต่ไม่

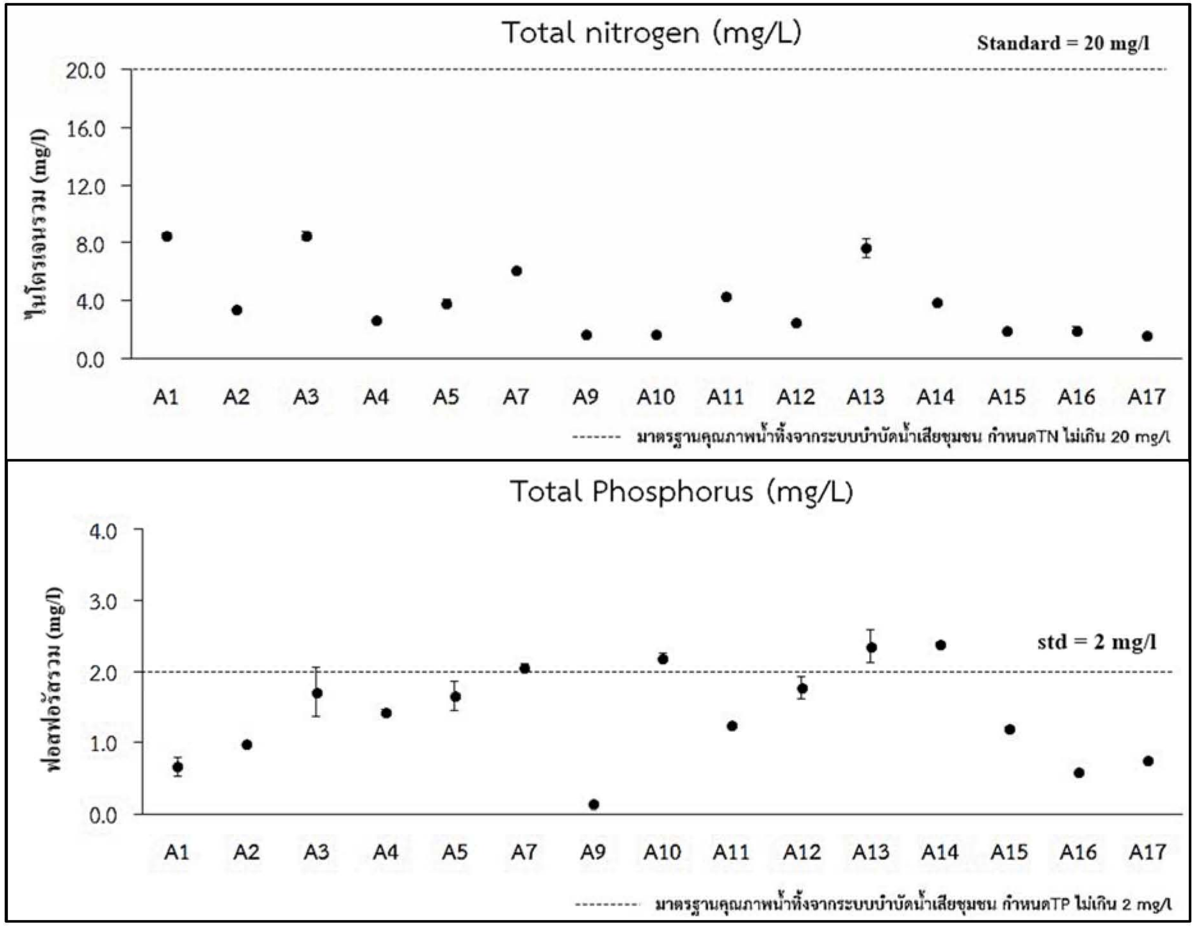


ภาพที่ 4-70 ค่าเฉลี่ย (± SD) ความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ (°C) และปริมาณบีโอดีของจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากชุมชน (สถานี A1-A17)

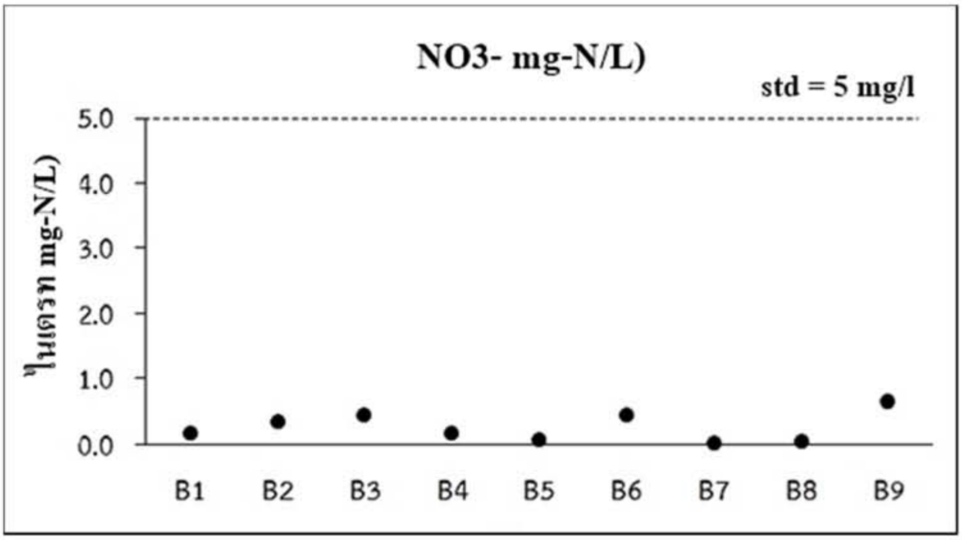
<u>หมายเหตุ</u> เส้นประ หมายถึง ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



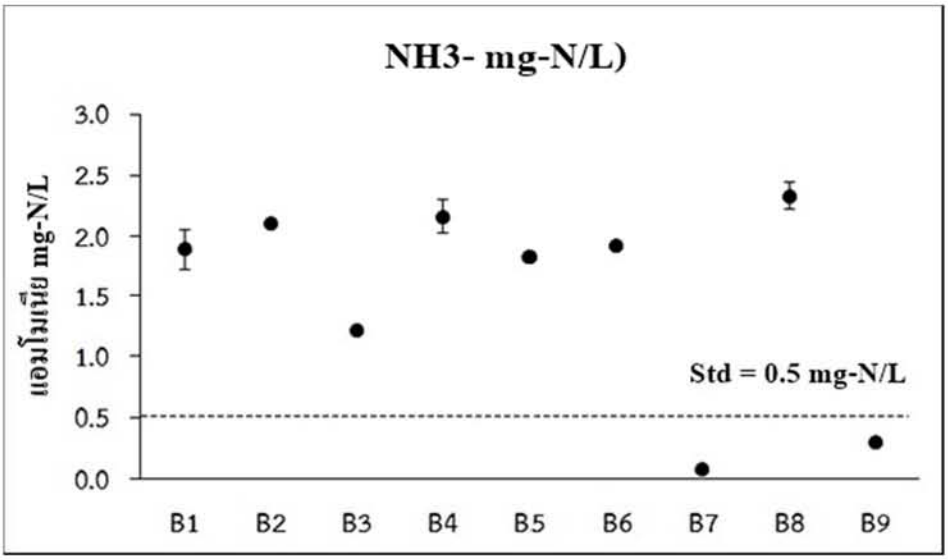
ภาพที่ 4-71 ค่าเฉลี่ย (± SD) ความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ (°C), ออกซิเจนละลายน้ำ (mg/l) และ
ปริมาณบีโอดีของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิว (สถานี B1 – B10)



ภาพที่ 4-72 ค่าเฉลี่ย (± SD) ของปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) และฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) ของจุดเก็บตัวอย่างประเภทน้ำทิ้งจากชุมชน (สถานี A1 – A17) (หมายเหตุ: เส้นประ หมายถึง ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน



ภาพที่ 4-73 ค่าเฉลี่ย (± SD) ของรูปไนเตรท (NO_3-) ของจุดเก็บตัวอย่างประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1 – B9 (หมายเหตุ: เส้นประ หมายถึงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



ภาพที่ 4-74 ค่าเฉลี่ย (± SD) ของปริมาณแอมโมเนีย (NH_3-) ของประเภทแหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1 – B9

<u>หมายเหตุ</u> เส้นประ หมายถึงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

4.3.1.3 เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตัวอย่างน้ำเสียชุมชนจะศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความเป็นกรด – เบส (pH), อุณหภูมิ (Temperature), บีโอดี BOD, ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) และฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) สำหรับตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (แสดงในตารางที่ 4-7) ซึ่งมีลักษณะเป็นคลองขนาดเล็กที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตพาณิชยกรรมในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ความเป็นกรด – เบส (pH), อุณหภูมิ (Temperature), ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, บีโอดี, ไนเตรท (NO_3-) และแอมโมเนีย (NH_3-) โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) เนื่องจากการสำรวจภาคสนาม พบว่าแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษามีลักษณะทางกายภาพและการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำใกล้เคียงกับแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 มากที่สุด ซึ่งมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนหรือใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมทางการเกษตร (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535)

ตารางที่ 4-7 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

มาตรฐานคุณภาพน้ำ	pH	Temp (°C)	DO (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	*NO^-_3 (mg-N/L)	*NH^-_3 (mg-N/L)
มาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน	5.5 – 9.0	≤ 40	≥ 2	≤ 20	≤ 20	≤ 2	-	-
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3)	5.0 – 9.0	n’	≥ 4.0	≤ 2.0	-	-	≤ 5.0	≤ 0.5

<u>หมายเหตุ</u> * หมายถึง ปริมาณไนเตรท (NO^-_3) และแอมโมเนีย (NH^-_3) มีหน่วยเป็นมิลลกรัมต่อลิตรในหน่วยไนโตรเจน, n’ = เป็นไปตามธรรมชาติแต่ไม่เปลี่ยนแปลงเกิน 3 องศาเซลเซียส , ≥ = มากกว่าหรือเท่ากับ, ≤ = น้อยกว่าหรือเท่ากับ, - = ไม่ปรากฏค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำในพื้นที่การศึกษา

ขนาดเมือง *1	**พื้นที่**	**พื้นที่ให้บริการ**	**พื้นที่** *2 (ตร.กม)	**ประชา-กร** *3 (คน)	**ความหนาแน่น** (คน/ตร.กม)	**ประชากรแฝง** *4 (คน)	**ปริมาณน้ำเสีย/วัน** *5 (ลบ.ม/วัน)	**การรองรับของโรงบำบัดฯ** *6 (ลบ.ม/วัน)	**ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบ** *7 (ลบ.ม/วัน)	**ชนิดของระบบบำบัดน้ำเสีย** *8
เมืองขนาดเล็ก	บางแสน	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข (เหนือ/ใต้)	20.26	46,425	2,270	100,000	17,517	14,000 (เหนือ) 9,000 (ใต้)	6,500 (เหนือ) 7,500 (ใต้)	AS (OD)
เมืองขนาดกลาง	เมืองชลบุรี	โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี	36	129,033	3,500	300,000	85,807	22,500	10,900	AS (OD)
	เมืองพัทยา	เมืองพัทยา (โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม)	53.44	118,511	2,218	400,000	103,702	65,000 (หนองใหญ่) 20,000 (วัดบุณฯ)	80,000 (หนองใหญ่) 15,000 (วัดบุณฯ)	AS (หนองใหญ่) และ AS (SBR) วัดบุณฯ)

<u>หมายเหตุ</u> 1* ขนาดเมือง จำแนกโดยใช้จำนวนประชากรเป็นปัจจัยหลัก (เกณฑ์และมาตรฐานผังเมือง, 2549), *2 ขนาดพื้นที่จากหน่วยงานปกครองส่วนท้องถิ่น, *3 ที่มา: กรมการปกครอง (2560), *4 ที่มา: แสดงในตารางที่ 3-1, *5 วิธีคำนวณในหัวข้อ 3-3, *6 สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (2553), *7 ข้อมูลจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแต่ละแห่ง, *8 AS = Activated Sludge (แอกทิเวเต็ดสลัดจ์), AL = Aerated Lagoon (บ่อเติมอากาศ), OD = Oxidation Ditch (คลองวนเวียน), SBR = Sequencing Batch Reactor (เอสบีอาร์), N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูล

4.3.2 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรี สามารถจำแนกพื้นที่ศึกษาตามขนาดของเมือง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เมืองขนาดเล็ก (บางแสน), เมืองขนาดกลาง (เมืองชลบุรี) และเมืองท่องเที่ยว (เมืองพัทยา) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-8

4.3.2.1 เมืองขนาดเล็ก (ประชากรน้อยกว่า 60,000 คน)

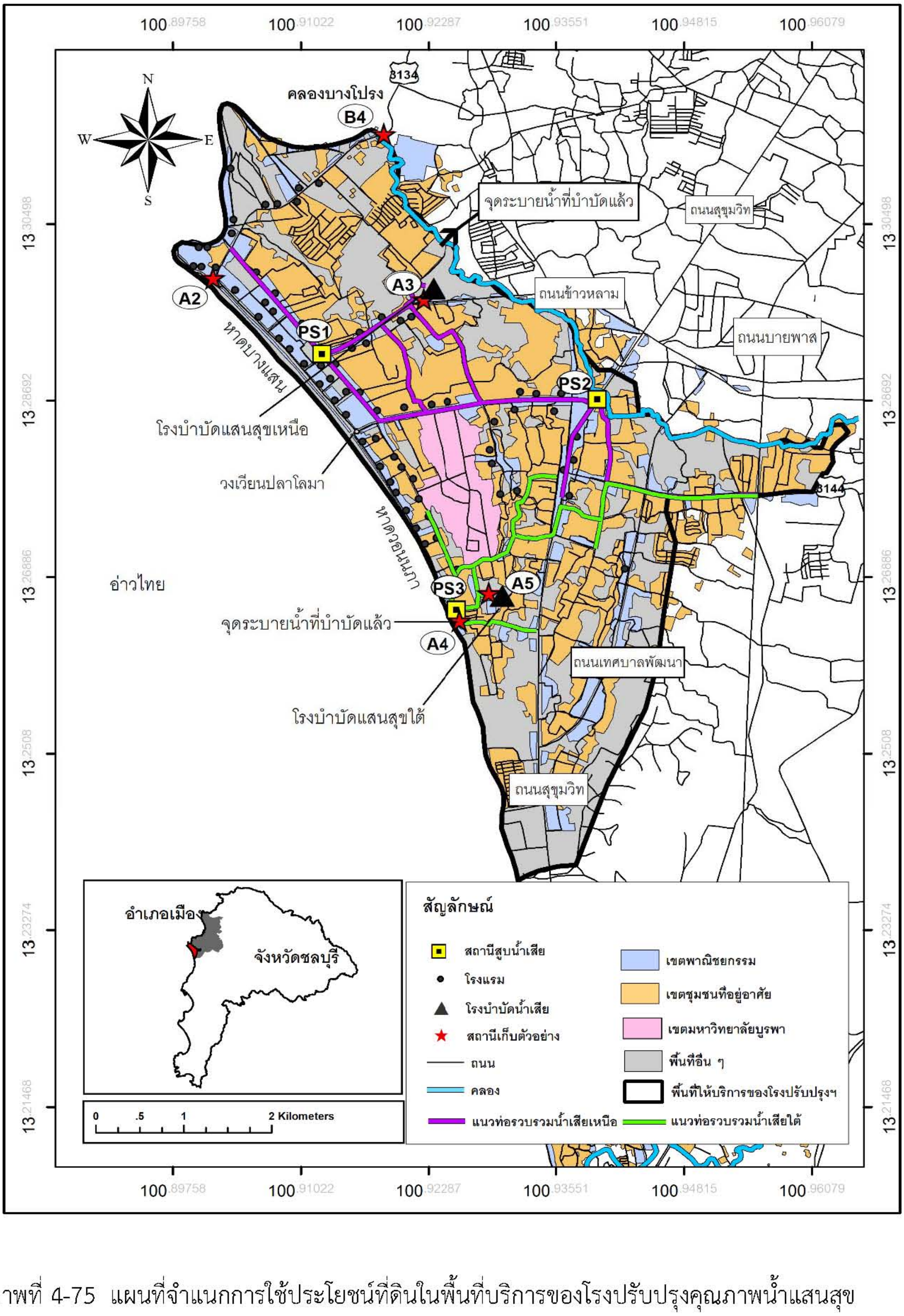
4.3.2.1.1 พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข

โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่บริการ 20.26 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ 46,425 คน (กรมการปกครอง, 2561) แบ่งพื้นที่รวบรวมน้ำเสียเป็น 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่บางแสนเหนืออยู่ในพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือ และพื้นที่บางแสนใต้อยู่ในพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขใต้ ใช้ถนนลงหาดบางแสนในการแบ่งพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-75)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ลักษณะชุมชนในพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุข มีการกระจายตัวไปทางทิศตะวันออกและทิศใต้ ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณตลาดหนองมน โดยเฉพาะรอบมหาวิทยาลัยบูรพาซึ่งเป็นสถานศึกษาที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ประมาณ 648 ไร่ ห่างจากชายหาดบางแสนประมาณ 800 เมตร ด้วยเหตุนี้ ทำให้มีหอพัก คอนโดมิเนียม และหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุข โดยเฉพาะสองฝั่งของถนนลงหาดบางแสนและถนนข้าวหลาม นอกจากนี้ ยังมีชุมชนเก่าแก่ที่ตั้งรกรากมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 4 เป็นชุมชนที่ประกอบอาชีพประมง ตั้งอยู่บริเวณเขาสามมุข (เทศบาลเมืองแสนสุข, 2559)

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า กระจายตัวตลอดแนวถนนสายสำคัญในพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-7) เช่น ถนนสุขุมวิท โดยเฉพาะพื้นที่ตลาดหนองมน ถนนลงหาดบางแสน และถนนเทศบาลพัฒนา (เลี่ยงเมือง) พบห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ 1 แห่ง คือ ห้างแหลมทองบางแสน นอกจากนี้ ยังมีโรงแรม ที่พัก ร้านอาหารหลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนบางแสนสาย 1 หน้าหาดบางแสนไปจนถึงแหลมแท่น และหาดวอนนภา

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียเป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) เชื่อมกับท่อระบายน้ำที่อยู่ใต้ถนนสายหลัก ความยาวประมาณ 14.7 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา (แสดงในภาพที่ 4-75) พื้นที่แสนสุขเหนือ ความยาวท่อระบายน้ำ 9,512 เมตร มีสถานีสูบน้ำเสีย 2 แห่ง ได้แก่ (1) สถานีสูบน้ำเสียบางแสนสาย 2 ซอย 12 (PS1) สูบน้ำเสียตามแนวท่อที่รวบรวมจากถนนบางแสนสาย 2 เข้าบ่อสูบน้ำเสียภายในโรงบำบัดน้ำแสนสุขเหนือ (2) สถานีสูบน้ำเสียสุขุมวิท (PS2) ทำหน้าที่สูบยกระดับน้ำจากแนวท่อรวบรวมน้ำเสียบริเวณฝั่งตะวันออกของถนนสุขุมวิทเพื่อเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียแสนสุขเหนือ ส่วนพื้นที่แสนสุขใต้ ความยาวท่อระบายน้ำ 5,167 เมตร มีสถานีสูบน้ำเสีย 1 แห่ง (PS3) ตั้งอยู่บริเวณทางแยกซอยหลังโรงน้ำปลากับถนนบางแสนสายล่างทำหน้าที่สูบน้ำเสียเข้าสู่โรงบำบัดน้ำเสียแสนสุขใต้



ภาพที่ 4-75 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำแสนสุขเหนือและ แสนสุขใต้ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A2-A5 และ B4 คือ จุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PS1-3 คือ สถานีสูบน้ำเสีย)

4. แหล่งน้ำ มีแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญคือ คลองบางโปรง (B4) (หรือคลองบ่อตะเคียน) (แสดงในภาพที่ 4-75) เป็นคลองที่ไหลผ่านเขตชุมชนบ้านจัดสรรหลายแห่ง รวมไปถึงโรงงานอุตสาหกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีปากคลองไหลออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา บริเวณปากคลองในอดีต พบว่าเป็นพื้นที่ป่าชายเลนเสื่อมโทรม ซึ่งในปัจจุบัน บริเวณดังกล่าวได้เปลี่ยนสภาพไปเนื่องจากการขยายตัวของโรงงานผลิตเครื่องปรุงรสอาหารขนาดใหญ่และการขยายตัวของบ้านจัดสรรหลายแห่งสองฝั่งคลอง

5. พื้นที่อื่น ๆ ในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข ได้แก่ พื้นที่รกร้างว่างเปล่า, สุสาน, ป่ารกชัฏ, เขตศาสนสถาน รวมไปถึงแหล่งน้ำปิดขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

4.3.2.2 เมืองขนาดกลาง (ประชากร 60,000 - 200,000 คน)

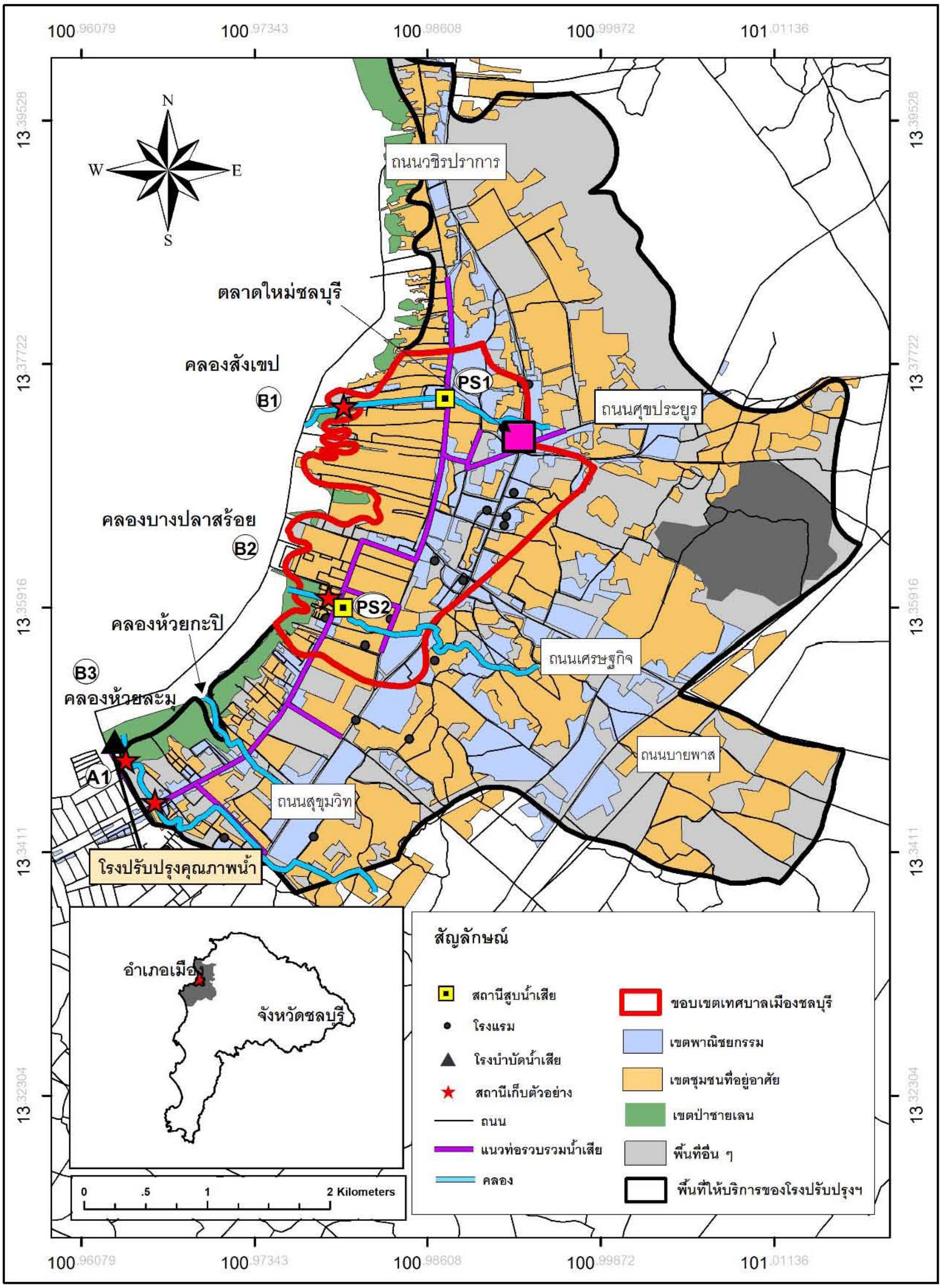
4.3.2.2.1 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี

โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 36 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่าง ๆ ได้แก่ เทศบาลเมืองชลบุรี เทศบาลตำบลบางทรายบางส่วน เทศบาลเมืองบ้านสวนบางส่วน และเทศบาลตำบลเสม็ดบางส่วน ประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในพื้นที่ 129,033 คน (กรมการปกครอง, 2561)

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในบริเวณย่านการค้าบนถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนวชิรปราการ, ถนนพระยาสัจจา และถนนเศรษฐกิจ (แสดงในภาพที่ 4-76) บางส่วนอาศัยอยู่บริเวณแนวชายฝั่งทะเล เรียกว่า ชุมชนชายทะเล ลักษณะชุมชนกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณฝั่งตะวันตกของถนนวชิรปราการใกล้กับตลาดใหม่และตลาดท่าเรือพลี ถัดลงมาทางตอนใต้มีหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่หลายแห่งตามแนวถนนพระยาสัจจา และถนนเศรษฐกิจซึ่งเป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างอำเภอเมืองชลบุรีกับอำเภอบ้านบึง

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นตามแนวถนนสุขุมวิท มีตลาดขนาดใหญ่หลายแห่ง เช่น ตลาดใหม่ชลบุรี ตลาดประมงท่าเรือพลี ตลาดหน้าศาล และตลาดเมืองใหม่ มีห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ เช่น ห้างเฉลิมไทย ห้างโลตัสเอ็กเพรส และห้างเซ็นทรัลพลาซ่าชลบุรี นอกจากนี้ พบว่าโรงแรมที่พักหลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนสายหลักในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ถนนวชิรปราการ เป็นต้น

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย มีความยาวประมาณ 6 กิโลเมตร ทอดตัวเลียบชายฝั่งทะเลในทิศเหนือจรดใต้ มีสถานีสูบน้ำเสียมี 2 แห่ง ได้แก่ (1) สถานีสูบน้ำเสียสังเขป (PS1) (แสดงในภาพที่ 4-76) ตั้งอยู่บริเวณคลองสังเขป ถนนพิพิธ สูบน้ำเสียตามแนวท่อที่รวบรวมจากพื้นที่ของเทศบาลบางทราย (2) สถานีสูบน้ำเสียบางปลาสร้อย (PS2) ตั้งอยู่บริเวณคลองบางปลาสร้อย ถนนพระยาสัจจา สูบน้ำเสียในพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรี บางส่วนของเทศบาลเมืองบ้านสวน และบางส่วนของเทศบาลตำบลเสม็ด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลบริเวณคลองห้วยละมุ (B3)



ภาพที่ 4-76 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A1 และ B1- B3 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PS1-2 คือ สถานีสูบน้ำเสีย)

4. แหล่งน้ำ พบแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญ 4 แห่ง ลักษณะเป็นคลองขนาดเล็ก ได้แก่ คลองสังเขป (B1), คลองบางปลาสร้อย (B2), คลองห้วยกะปิ และคลองห้วยละมุ (B3) (แสดงในภาพที่ 4-11) คลองทั้ง 4 สาย เป็นแหล่งน้ำที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัย และเขตพาณิชยกรรมที่สำคัญของพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรี มีปากคลองออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางทิศตะวันตกของพื้นที่

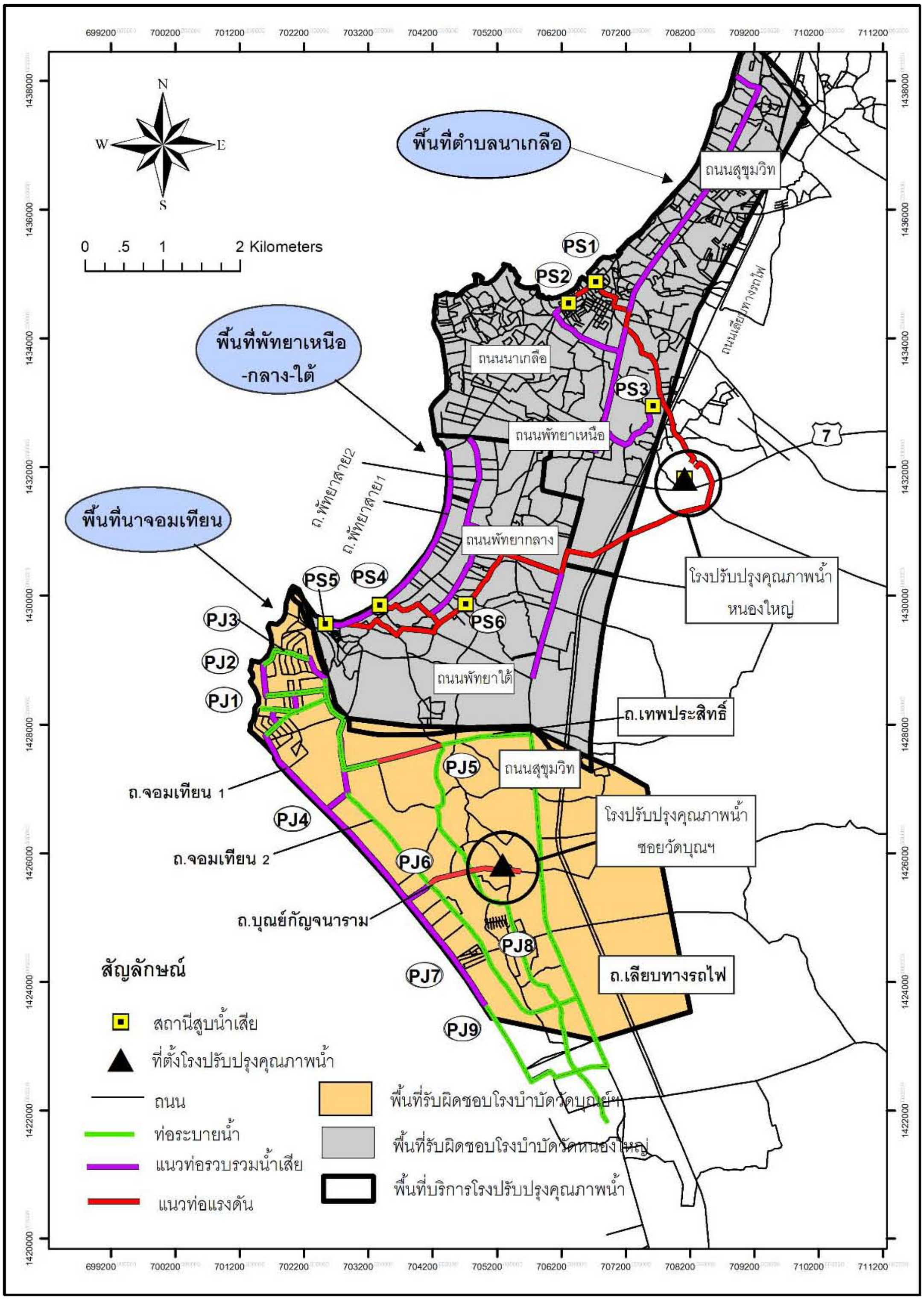
5. เขตป่าชายเลน พบว่า ป่าชายเลนกระจายตัวตลอดแนวชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา เรียกว่าป่าชายเลนเมืองใหม เป็นป่าชายเลนผืนสุดท้ายของอำเภอเมือง มีเนื้อที่ประมาณ 300 ไร่ (คู่มือท่องเที่ยว สำหรับคนรักการท่องเที่ยวทั่วไทย, 2554) นอกจากนี้ ป่าชายเลนเมืองใหม่ยังเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากคลองขนาดเล็กทั้ง 4 สาย (ในข้อ 2) ทั้งน้ำที่ผ่านการบำบัดและยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ

6. พื้นที่อื่น ๆ ได้แก่ พื้นที่รกร้างว่างเปล่า, ป่ารกชัฏ, สถาบันราชการ และเขตศาสนสถาน รวมไปถึงแหล่งน้ำขนาดเล็ก ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน

4.3.2.2.2 โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และวัดบุณย์-กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 53.4 ตารางกิโลเมตร มีประชากรตามทะเบียนราษฎร์ 118,511 คน (กรมการปกครอง, 2560) แบ่งพื้นที่รวบรวมน้ำเสียเป็น 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ อยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่) ตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันออก (แสดงในภาพที่ 4-77) ตั้งอยู่เลขที่ 171 หมู่ 6 ถ.พระประภานิมิต ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20260 ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ 32.6 ตารางกิโลเมตร ในส่วนของพื้นที่นาจอมเทียน อยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ตั้งอยู่บริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่เลขที่ 391 หมูที่ 12 ถ.วัดบุญย์กัญจนาราม ต.หนองปรือ อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20260 ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการ 15 ตารางกิโลเมตร

1. เขตชุมชนที่อยู่อาศัย พบว่า ในเขตพื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ ประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่บริเวณพื้นที่รอยต่อระหว่างตำบลนาเกลือและเมืองพัทยา บางส่วนอาศัยอยู่ในย่านการค้า ลักษณะชุมชนในพื้นที่เมืองพัทยากระจายตัวตลอดฝั่งตะวันออกของถนนสุขุมวิท มีคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนพัทยา-นาเกลือ, พัทยาสาย 2 รวมไปถึงหมู่บ้านจัดสรรหลายแห่งกระจายตัวออกไปทางทิศตะวันออกบนถนนทางหลวงหมายเลข 7, ถนนเลียบทางรถไฟ และทางตอนใต้ของพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-78) ในส่วนพื้นที่นาจอมเทียน พบว่า มีหมู่บ้านจัดสรรหลายแห่งกระจายตัวอยู่บริเวณตลอดแนวฝั่งตะวันออกของถนนเลียบทางรถไฟ (แสดงในภาพที่ 4-79) และบางส่วนบริเวณถนนจอมเทียนสาย 2 และซอยชัยพฤกษ์ โดยภาพรวมลักษณะชุมชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่นาจอมเทียนกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ ยังมีคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่หลายแห่งตั้งอยู่บริเวณเขาพระตำหนัก และชายฝั่งทะเลทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาบริเวณถนนจอมเทียนสาย 1 และสาย 2 ซึ่งเป็นรอยต่อของเมืองพัทยาและตำบลนาจอมเทียน

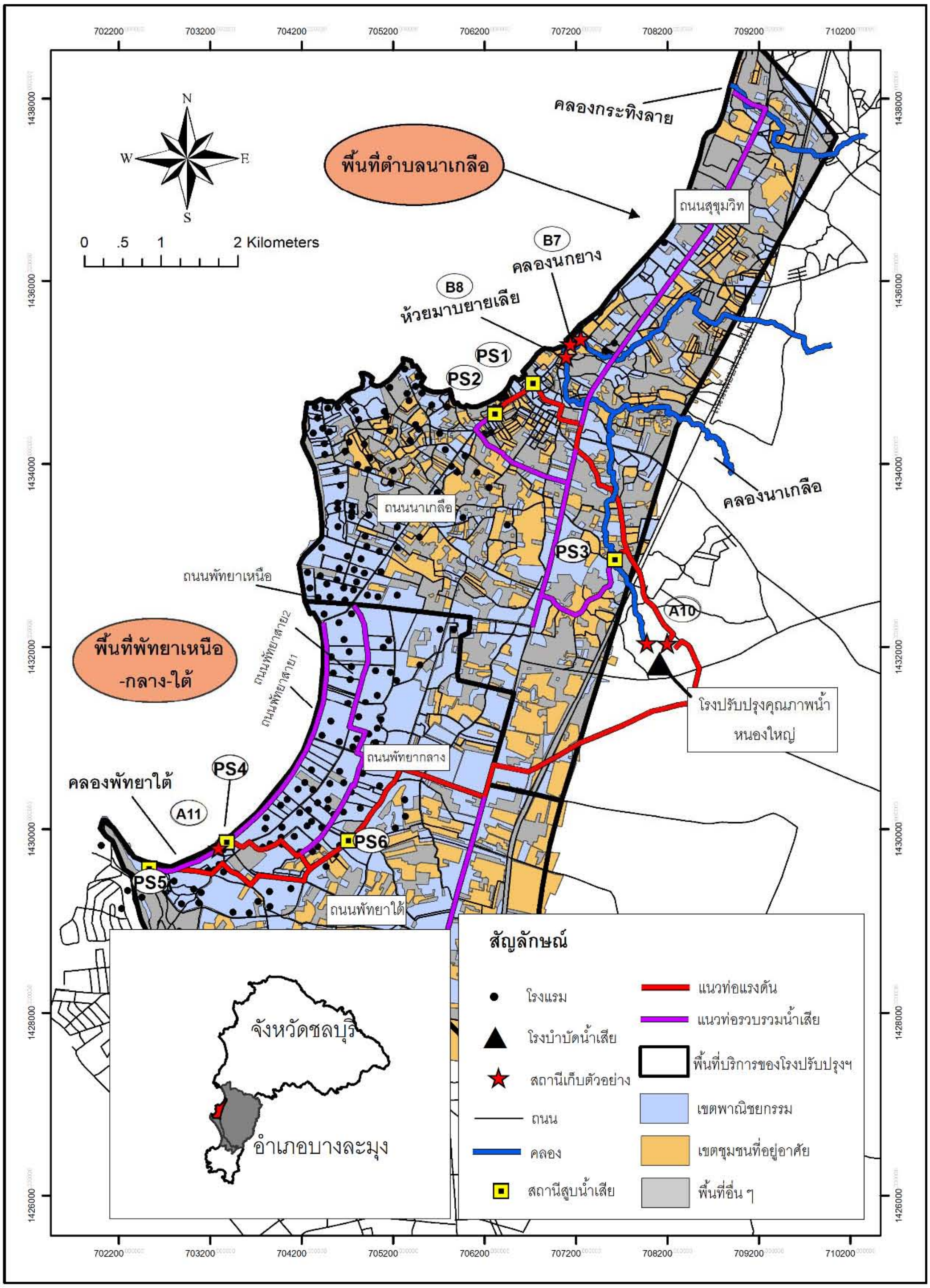


ภาพที่ 4-77 แผนที่ที่ตั้งพื้นที่ให้บริการ สถานีสูบน้ำเสีย และแนวท่อรวบรวมน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ PS1-6 และ PJ1-9 คือ สถานีสูบน้ำเสียของโรงปรับปรุง ฯหนองใหญ่และวัดบุณย์ ฯ)

2. เขตพาณิชยกรรม พบว่า ในเขตพื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นตลอดแนวชายฝั่งหาดพัทยา ศูนย์กลางของย่านพาณิชยกรรมอยู่บริเวณถนนพัทยาสาย 1, สาย 2 และถนนสุขุมวิท รวมไปถึงกระจายตัวไปทางทิศตะวันออกของฝั่งสุขุมวิท (แสดงในภาพที่ 4-78) พบตลาดหลายแห่ง เช่น ตลาดเก่านาเกลือ-พัทยา ตลาดโพธิสาร ฯลฯ มีห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ เช่น เซ็นทรัลเฟสติวัล พัทยา บีช และห้างสรรพสินค้าติอเวนิว นอกจากนี้ทางทิศตะวันตกของพื้นที่มีโรงแรมและร้านอาหารขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวตลอดแนวชายฝั่งทะเลบนถนนพัทยา-นาเกลือ พื้นที่นาจอมเทียน พบว่า เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณเขาพระตำหนักและกระจายตัวลงไปทางทิศใต้ตลอดแนวชายฝั่งบริเวณถนนจอมเทียนสาย 1 และสาย 2 รวมไปถึงถนนสุขุมวิททางทิศใต้มุ่งสู่ตำบลนาจอมเทียนในลักษณะของโรงแรม อาคารพาณิชย์ และร้านอาหารขนาดใหญ่ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าย่านพาณิชยกรรมแทรกผสานกับย่านชุมชนที่อยู่อาศัยเป็นบริเวณกว้าง (แสดงในภาพที่ 4-79) บริเวณทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างเมืองพัทยากับพื้นที่นาจอมเทียน

3. โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำ พบว่า เป็นระบบท่อรวม (Combined Sewerage System) ซึ่งจะรวบรวมน้ำฝนและน้ำเสียในท่อเดียวกัน โดยใช้หลักการว ดังนี้ ในวันที่ฝนไม่ตกหากน้ำเสียมีปริมาณน้อยกว่า 2.5 เท่าของน้ำเสียเฉลี่ย น้ำที่เข้าสู่ระบบท่อรวมจะถูกรวบรวมไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ในวันฝนตกหากน้ำฝนและน้ำเสียรวมกันปริมาณมากกว่า 2.5 เท่าของน้ำเสียเฉลี่ย น้ำเสียจะถูกเจือจางโดยน้ำฝนโดยไม่ผ่านการบำบัดและปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเล (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2560) แบ่งเป็น 2 พื้นที่ ดังนี้

พื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ พบว่า แนวท่อรวบรวมน้ำเสียอยู่บริเวณถนนเกษมสุวรรณไปจนถึงสถานีสูบน้ำเสียถนนพัทยาสาย 3 (PS6) (แสดงในภาพที่ 4-78) รวมระยะทาง 180 เมตร แนวท่อแรงดัน มีทั้งหมด 4 แนว มีความยาวประมาณ 10,580 เมตร และสถานีสูบน้ำเสีย มีทั้งหมด 6 แห่ง ได้แก่ สถานีลานโพธิ์ (PS1), สถานีคลองปึกพลับ (PS2), สถานีหนองใหญ่ (PS3), สถานีหาดพัทยา (PS4), สถานีคลองพัทยาใต้ (PS5) และสถานีถนนพัทยาสาย3 (PS6) น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายน้ำทิ้งผ่านห้วยมาบยายเลีย (B8) ลงสู่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยพื้นที่นาจอมเทียน พบว่า แนวท่อรวบรวมน้ำเสีย มีทั้งหมด 7 แนว บริเวณถนนสุขุมวิท ถนนเทพประสิทธ์, ถนนวัดบุณย์กัญจนาราม, แนวท่อแรงดันจากสถานีสูบน้ำเสียปากซอยบุณย์กัญจนาราม, ถนนชัยพฤกษ์ และถนนสุดผังเมือง สถานีสูบน้ำ มี 9 แห่ง (แสดงในภาพที่ 4-79) ได้แก่ สถานีสูบน้ำเสียโรงแรมเอเชีย (PJ1), สถานีสูบน้ำเสียราชวรุณ (PJ2), สถานีสูบน้ำเสียเมาเท่นบีช (PJ3), สถานีหาดจอมเทียนโค้งดงตาล (PJ4), สถานีถนนเทพประสิทธิ์ (PJ5), สถานีถนนบุณย์กัญจนาราม (PS6), สถานีซอยชัยพฤกษ์ 1 (PJ7), สถานีซอยชัยพฤกษ์ 4 (PJ8) และสถานีตรงข้ามซอยจอมเทียน 17 (PJ9) น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายไปยังบริเวณหลังวัดนาจอมเทียนตามแนวถนนเทพประสิทธิ์-ซอยชัยพฤกษ์ 3 ลงสู่ชายฝั่งทะเลผ่านคลองห้วยใหญ่ (B9)

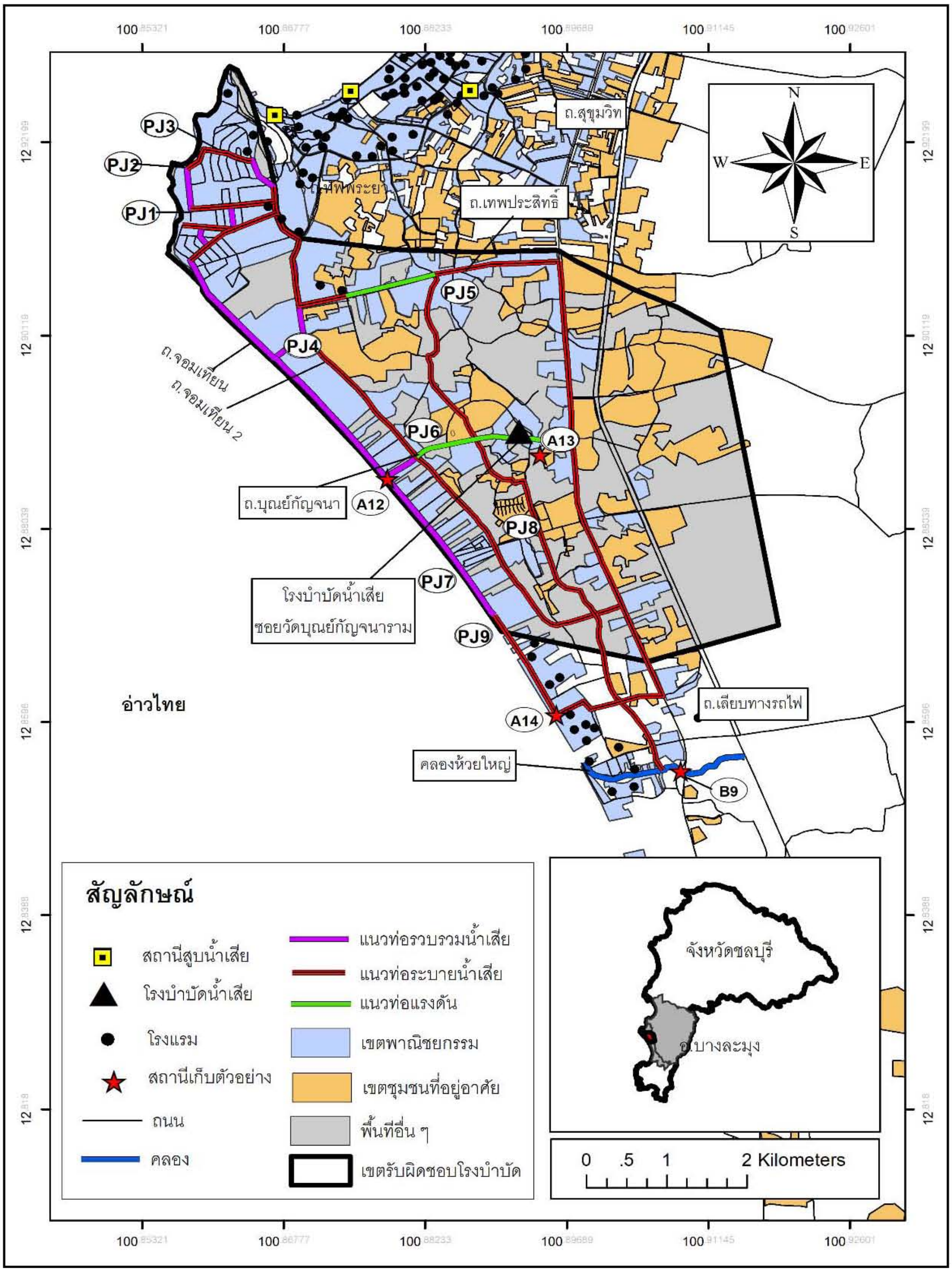


ภาพที่ 4-78 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A10-A11 และ B7-B8 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PS1-6 คือสถานีสูบน้ำเสีย)

4. แหล่งน้ำผิวดิน พบคลองขนาดเล็ก 5 แห่ง ได้แก่ คลองกระทิงลาย ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของพื้นที่นาเกลือ เป็นคลองสาธารณะที่สำคัญของชุมชนหนองเกตุน้อย มีหน้าที่ระบายน้ำฝนออกสู่ทะเลบริเวณหาดกระทิงลาย, คลองนกยาง (B7) (แสดงในภาพที่ 4-78) เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งโดยตรงจากชุมชนบริเวณที่ว่าการอำเภอบางละมุงซึ่งเป็นเขตชุมชนที่อยู่อาศัยแออัด, ห้วยมาบยายเลีย (B8) ไหลผ่านเขตที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมบริเวณชุมชนวัดหนองใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ซอยวัดหนองใหญ่) กล่าวคือ ห้วยมาบยายเลียเป็นลำน้ำสาขาของคลองนาเกลือ มีต้นน้ำไหลมาจากอ่างเก็บน้ำมาบประชันซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่ไปทางทิศตะวันออกประมาณ 10 กิโลเมตร, คลองพัทยาใต้ ตั้งอยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา เคยเป็นเส้นทางระบายน้ำที่สำคัญของเมืองพัทยาปากคลองอยู่บริเวณท่าเรือแหลมบาลีฮาย (พัทยานิวส์, 2016) แต่ในปัจจุบันเหลือความยาวเพียง 800 เมตร เนื่องจากถูกสิ่งปลูกสร้างโดยรอบรุกล้ำพื้นที่คลองจึงทำให้เกิดน้ำท่วมเมืองพัทยาเมื่อมีฝนตกหนัก เส้นทางการระบายน้ำฝนและน้ำเสียในพื้นที่ดังกล่าวจึงถูกระบายผ่านสถานีสูบน้ำคลองพัทยาใต้ (PS5) ซึ่งทำหน้าที่สูบน้ำลงสู่ทะเลบริเวณปลายสะพานท่าเทียบเรือบาลีฮาย (แสดงในภาพที่ 4-78)

สำหรับพื้นที่นาจอมเทียน มีแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญเพียงแหล่งเดียว ได้แก่ คลองห้วยใหญ่ (B9) (แสดงในภาพที่ 4-79) มีเส้นทางไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณตำบลห้วยใหญ่ แหล่งต้นน้ำมาจากอ่างเก็บน้ำห้วยซากนอก ห่างจากพื้นที่ศึกษาไปทางทิศตะวันออกประมาณ 4 กิโลเมตร ปากคลองไหลออกสู่อ่าวไทยทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา

5. พื้นที่อื่น ๆ เช่น สถาบันราชการ, เขตศาสนถาน, พื้นที่รกร้างว่างเปล่า, ป่ารกชัฏและแหล่งน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งไม่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยยะสำคัญกับงานวิจัยครั้งนี้ จึงมิได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินอย่างชัดเจน



ภาพที่ 4-79 แผนที่การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี (สัญลักษณ์ A12-A14และ B9 คือจุดเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดิน, PJ1-9 คือสถานีสูบน้ำเสีย)

4.4 การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

ทำการเก็บตัวอย่างและสำรวจทั้งสิ้น 6 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่ง จังหวัดชลบุรี ซึ่งจะเลือกพื้นที่ที่เป็นบริเวณที่รองรับของเสียจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 4-9 โดยสถานีที่ทำการศึกษาจะเป็นจุดที่มีความสำคัญ และมีความเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อนของของน้ำเสียค่อนข้างมาก (ภาพที่ 4-80) และใช้เครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยในแต่ละสถานีจะเก็บตัวยอย่าง 3 จุด ตั้งฉากจากชายฝั่งซึ่งห่างกันจุดละ 500 เมตร ดังภาพที่ 4-81

ตารางที่ 4-9 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

สถานี	**จุดสำรวจ**	**หมายเหตุ**
สถานีที่ 1	คลองสังเขป	ตำบลบ้านโขด อำเภอเมืองชลบุรี
สถานีที่ 2	คลองบางปลาสร้อย	ตำบลบางปลาสร้อย อำเภอเมืองชลบุรี
สถานีที่ 3	คลองบางโปรง	ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี
สถานีที่ 4	คลองนาเกลือ	เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง
สถานีที่ 5	พัทยาใต้	เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง
สถานีที่ 6	จอมเทียน	เมืองพัทยา อำเภอบางละมุง

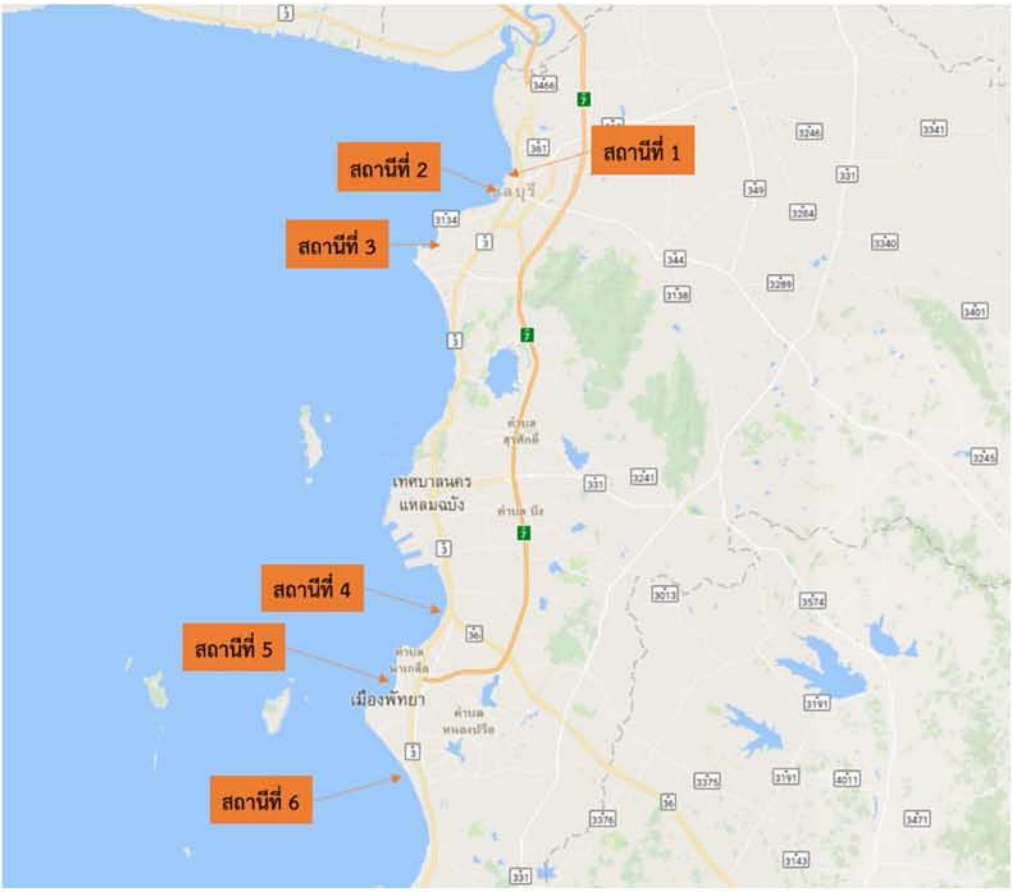
4.4.1 การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำ

โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำด้วยกระบอกเก็บน้ำบริเวณกึ่งกลางความลึกของน้ำ นำน้ำตัวอย่างบรรจุใส่ขวด polyethylene ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการแช่ทำความสะอาด ด้วยกรดไนตริก 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นทำการกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วเก็บน้ำตัวอย่างไว้ รักษาตัวอย่างน้ำโดยการปรับ pH ของน้ำให้ต่ำกว่า 2 ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น แช่ขวดน้ำตัวอย่างในน้ำแข็งจนถึงห้องปฏิบัติการ แล้วทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ การวิเคราะห์ปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสารหนู ในน้ำตามวิธีการ วิเคราะห์ ของ Sukasem (1989)

4.4.2 การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอน

เก็บตัวอย่างดินตะกอนด้วย Sediment corer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ตัดขอบของดินตะกอนที่สัมผัส corer ด้านในออกให้เป็น 8 เหลี่ยม เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของแต่ละชั้นดิน แล้วตัดดินตามระดับความลึกชั้นละ 1 เซนติเมตร เก็บดินที่ได้ในแต่ละชั้นใส่ถุง

polyethylene และ ปิดปากถุงให้สนิท แช่น้ำแข็ง จนกว่าจะถึงห้องปฏิบัติการ แล้วเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ การวิเคราะห์ปริมาณ ตะกั่ว แคดเมียม และทองแดง ในดินตะกอน จะดำเนินการวิเคราะห์ด้วยวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Hungspreugs and Yuangthong (1983)



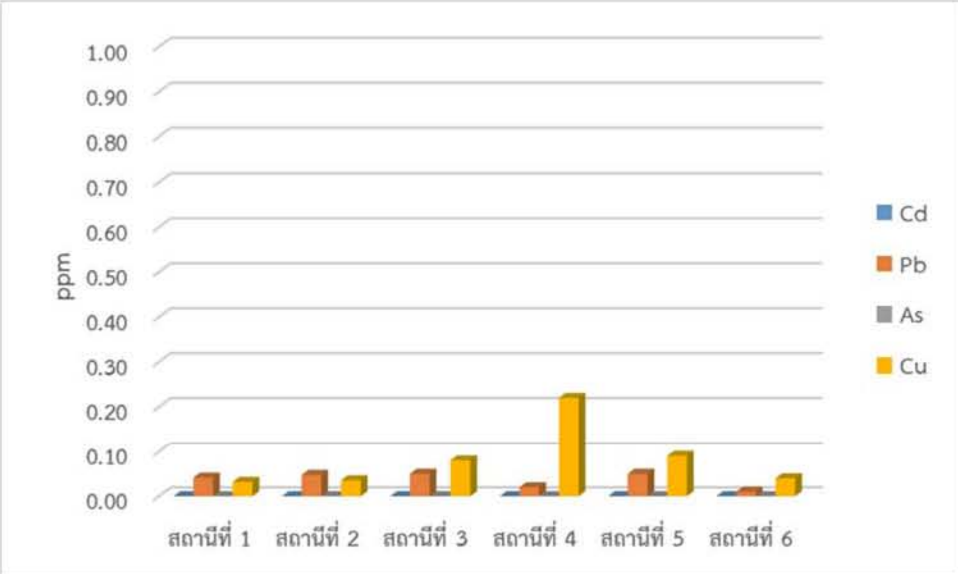
ภาพที่ 4-80 ภาพแสดงพื้นที่ที่ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำ และดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

ภาพที่ 4-81 ภาพตัวอย่างการวางจุดสำรวจและเก็บตัวอย่างในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

ผลการศึกษา

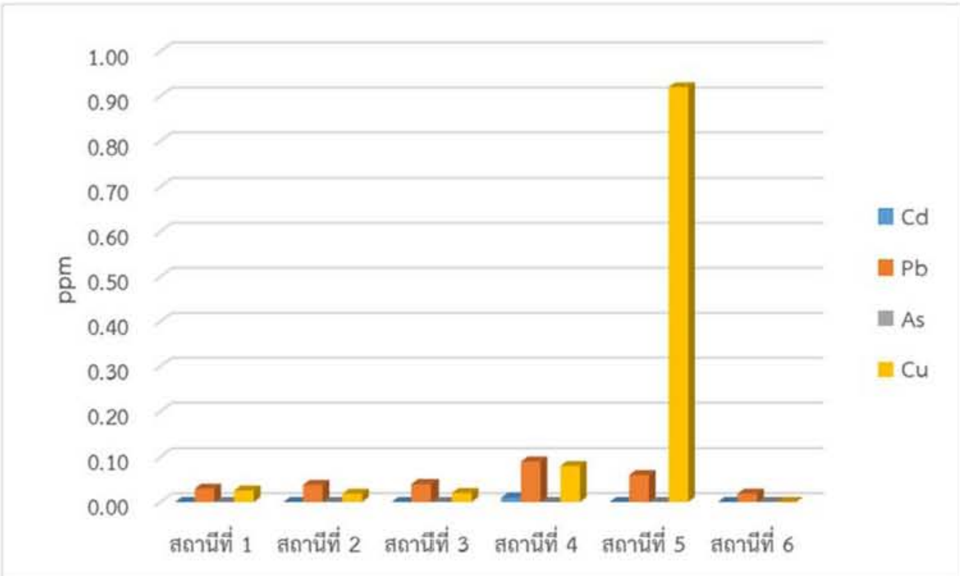
จากผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำ และดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี จำนวนทั้งสิ้น 6 สถานี พบการปนเปื้อนของ แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และทองแดง ในน้ำอยู่ในช่วง nd-0.05, 0.01-0.09, nd และ nd-2.76 ppm ตามลำดับ โดยโลหะหนักที่พบเปื้อนในน้ำมากที่สุดมากที่สุดได้แก่ ทองแดง บริเวณสถานีที่ 5 (พัทยาใต้) สำหรับการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และทองแดง พบว่ามีการปนเปื้อนอยู่ในช่วง nd, 9.98-46.96, nd และ nd-54.69 ppm ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดบริเวณคลองบางโปรง ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า โลหะหนักที่พบการปนเปื้อนอย่างต่อเนื่องในน้ำและดินตะกอนได้แก่ ตะกั่ว และทองแดง โดยจะพบการปนเปื้อนในทุกสถานี

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำบริเวณสถานีใกล้ฝั่งทั้ง 6 สถานีพบว่า สถานีที่ 4 (คลองนาเกลือ) จะพบการการปนเปื้อนของทองแดงในน้ำมากที่สุด (0.22 ppm) และพบตะกั่วสูงสุดในสถานีที่ 2 3 และ 5 เท่ากับ 0.05 ppm (ภาพที่ 3) โดยไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียม และสารหนูในบริเวณดังกล่าว



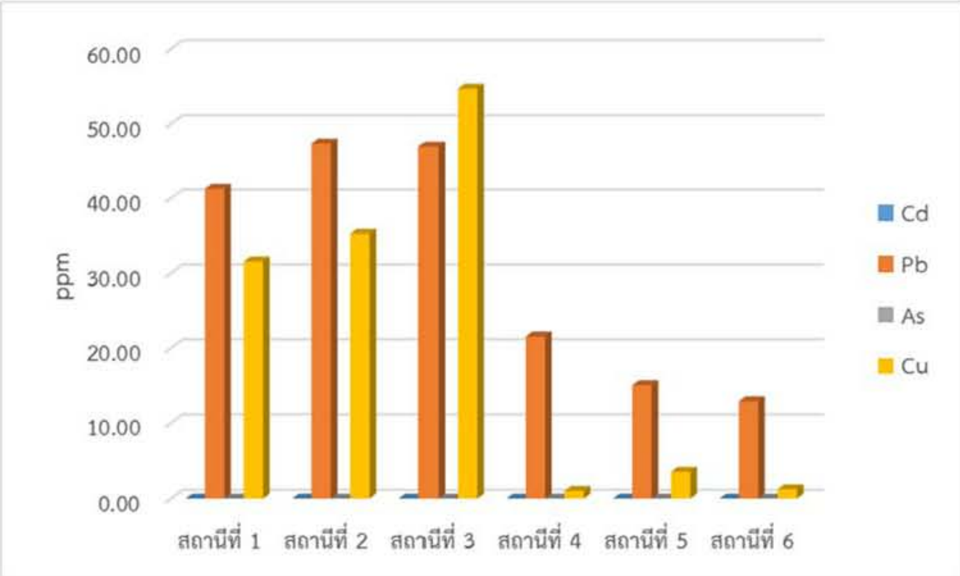
ภาพที่ 4-82 การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ในสถานีที่อยู่ใกล้ฝั่ง (0 km)

ในส่วนการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำบริเวณสถานีนอกฝั่ง (ห่างฝั่ง 1 กิโลเมตร) จะพบการปนเปื้อนของทองแดงสูงสุดเท่ากับ 0.92 ppm ในสถานีที่ 5 (พัทยาใต้) และตะกั่วสูงสุดในสถานีที่ 4 (คลองนาเกลือ) ดังภาพที่ 4



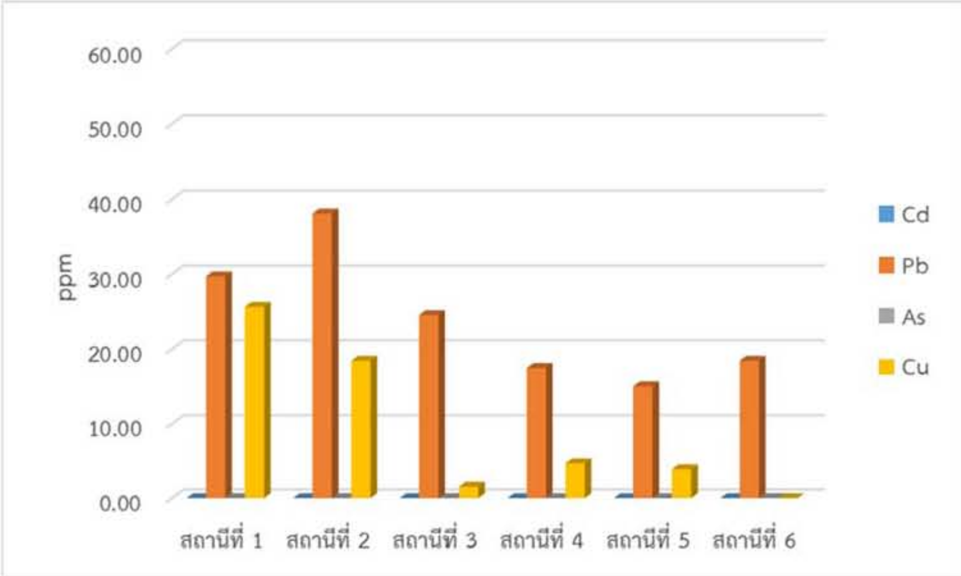
ภาพที่ 4-83 การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ในสถานีที่ไกลฝั่ง (ห่างฝั่ง 1 กิโลเมตร)

ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรีพบว่า บริเวณที่อยู่ชายฝั่ง (0 km) มีค่าสูงในสถานีที่ 3 (คลองบางโปรง) โดยโลหะหนักที่มีค่าการปนเปื้อนสูงสุดได้แก่ ทองแดง เท่ากับ 54.69 ppm และตะกั่ว เท่ากับ 46.96 ppm (ภาพที่ 5)



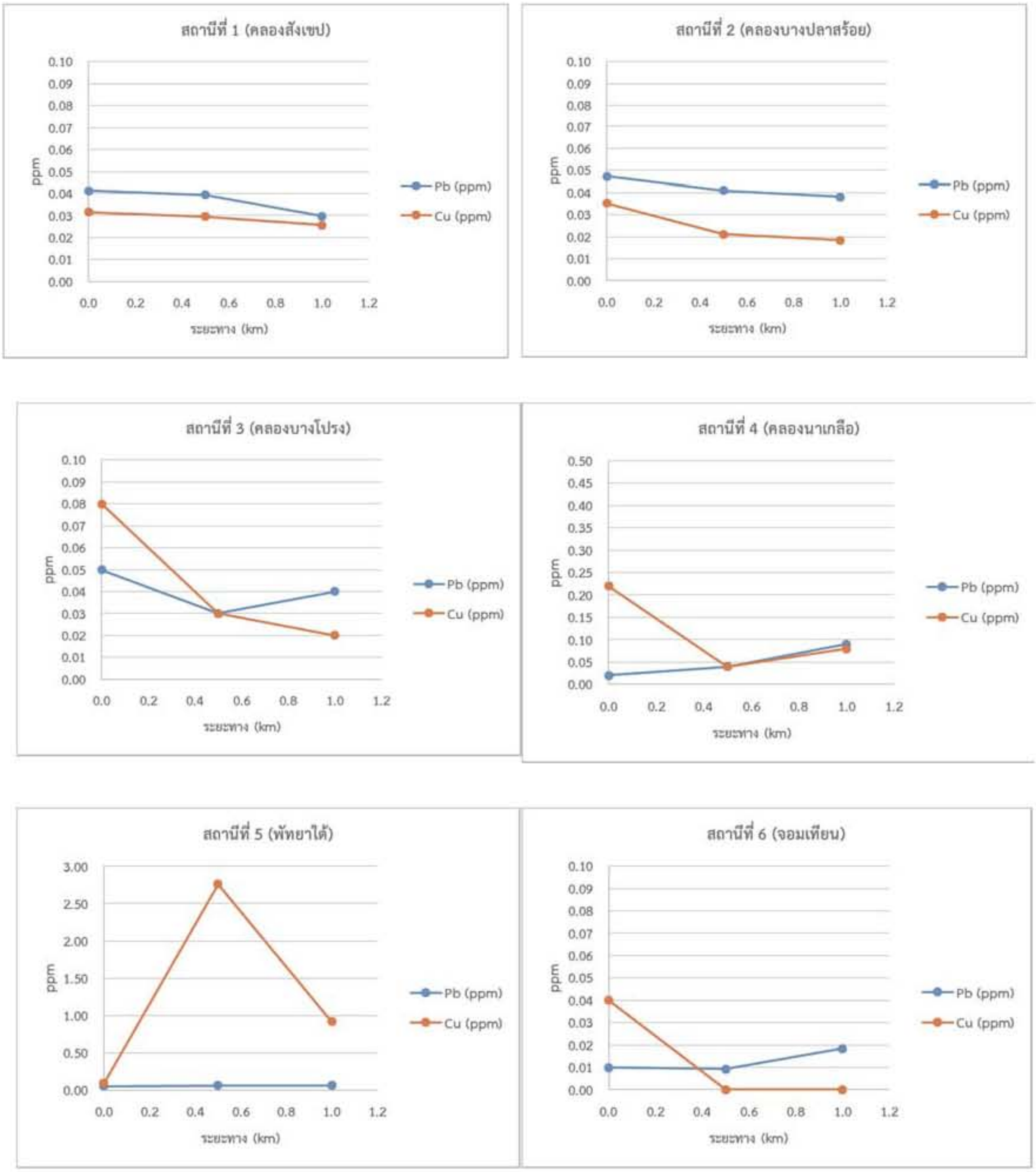
ภาพที่ 4-84 การปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ในสถานีที่อยู่ใกล้ฝั่ง (0 km)

สำหรับการปนเปื้อนโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ไกลฝั่ง (1 km) พบว่า บริเวณสถานีที่ 2 (คลองบางปลาสร้อย) โดยมีปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วสูงสุด (38.10 ppm) และ ปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วสูงสุดในสถานีที่ 1 (คลองสังเขป) ดังภาพที่ 6

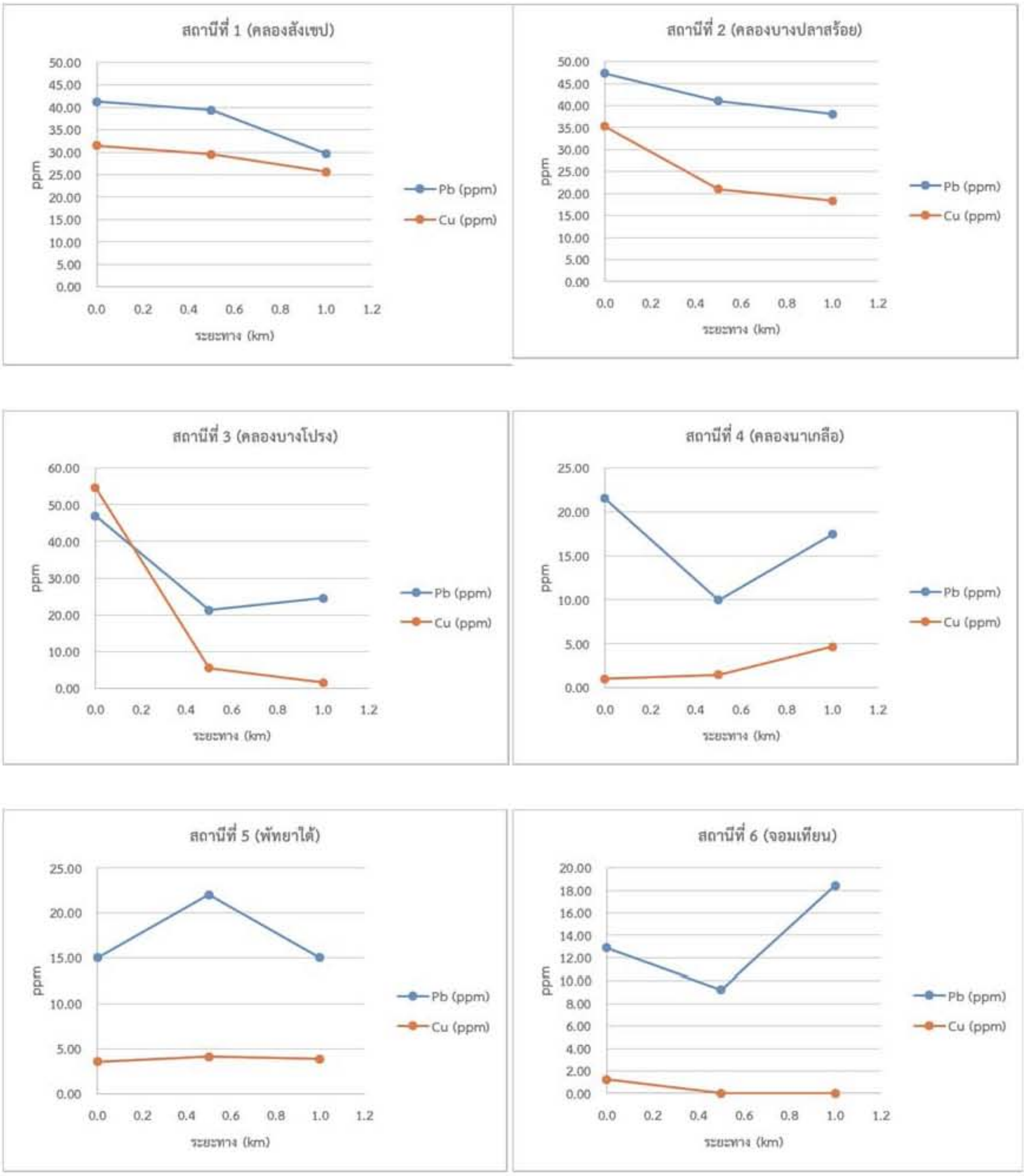


ภาพที่ 4-85 การปนเปื้อนของโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี ในสถานีที่ไกลฝั่ง (ห่างฝั่ง 1 กิโลเมตร)

การศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักจากบริเวณชายฝั่ง (0 km) ถึงบริเวณสถานีนอกฝั่ง (1 km) พบว่า โลหะหนักที่พบอย่างต่อเนื่องในการในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ตะกั่ว และทองแดง โดยโลหะหนักทั้งในน้ำมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะทางเมื่อห่างฝั่งออกไปเรื่อยๆ (ภาพที่ 7) ยกเว้น สถานีที่ 5 (พัทยาใต้) ซึ่งมีแนวโน้มของทองแดงเพิ่มขึ้น สำหรับการเปลี่ยนในดินตะกอนนั้นจะมีรูปแบบคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงโลหะหนักในน้ำ คือ บริเวณใกล้ฝั่งจะมีปริมาณสูงกว่าด้านนอก (ภาพที่ 8) ยกเว้น สถานีที่ 5 และ 6 ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นชายหาด มีคลื่น และการขึ้นลงของน้ำ ทำให้โอกาสที่จะเกิดการสะสมตัวของโลหะหนักทั้งในน้ำและดินตะกอนเกิดขึ้นได้น้อย ต่างจากบริเวณ สถานีที่ 1 2 และ 3 ซึ่งลักษณะพื้นที่จะเป็นคลอง ลักษณะดินส่วนใหญ่จะเป็นโคลนทำให้บริเวณดังกล่าวมีโอกาสที่จะตกตะกอนมากกว่า



ภาพที่ 4-86 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักในน้ำจากบริเวณใกล้ฝั่ง (0 km) ถึงบริเวณนอกฝั่ง (1 km) ในเขตพื้นที่ ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

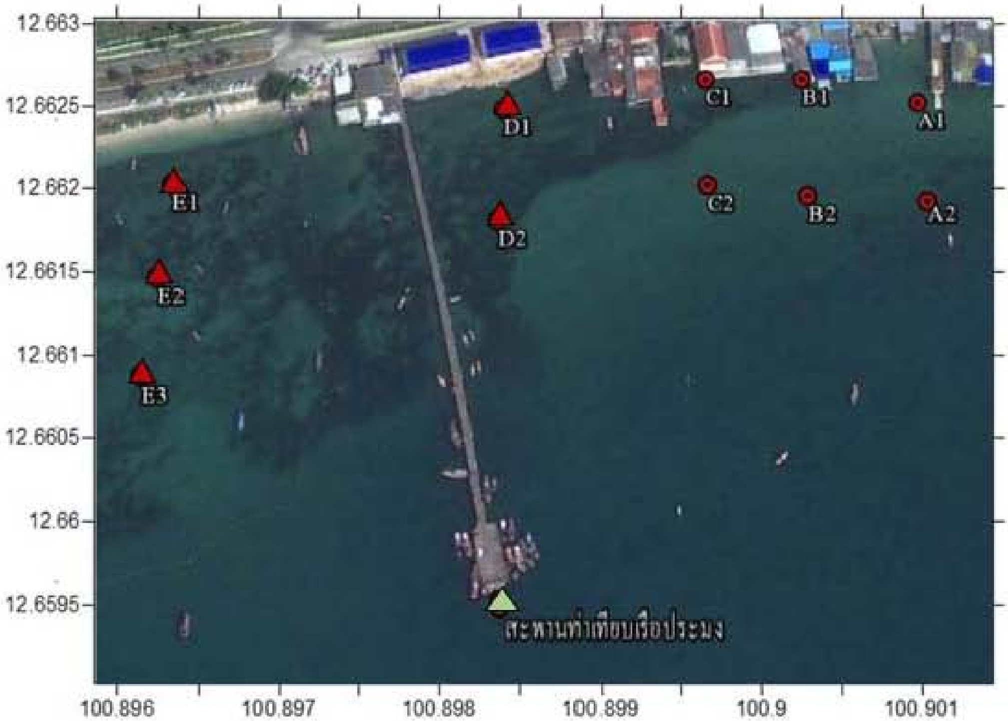


ภาพที่ 4-87 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักในน้ำจากบริเวณใกล้ฝั่ง (0 km) ถึงบริเวณนอกฝั่ง (1 km) ในเขตพื้นที่ ชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

4.5 ระบบนิเวศหญ้าทะเล (เทศบาลเมืองสัตหีบ)

4.5.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

แหล่งหญ้าทะเลบริเวณสะพานท่าเทียบเรือประมงซึ่งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 11 สถานี โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่หนึ่งเก็บตัวอย่างในพื้นที่เขตชุมชน (พื้นที่ที่ไม่มีหญ้าทะเล) ทั้งหมด 6 สถานี คือ A1, A2, B1, B2, C1 และ C2 และส่วนที่สองพื้นที่ที่มีแหล่งหญ้าทะเลทั้งหมด 5 สถานี คือ D1, D2, E1, E2 และ E3 ดังภาพที่ 4-88 ซึ่งแต่ละสถานีมีระยะห่าง 50 เมตร โดยกำหนดให้สถานีปลายสะพานท่าเทียบเรือประมงเป็นจุดสถานีอ้างอิง ที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์



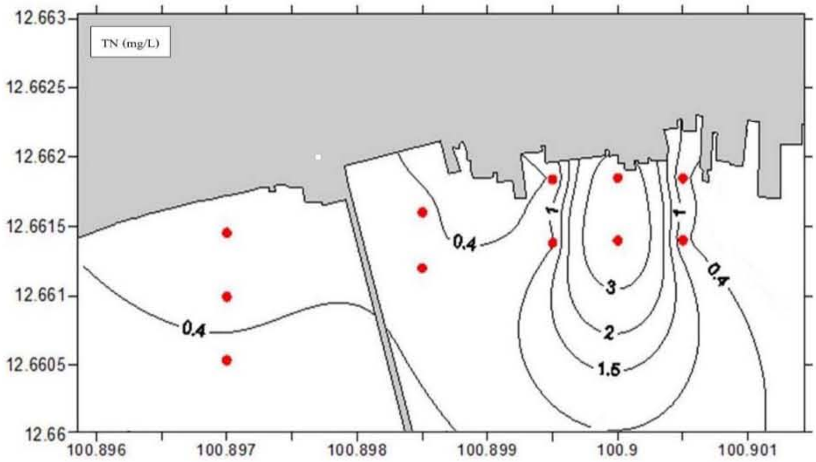
ภาพที่ 4-88 พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
ที่มา: https://maps.google.co.th

4.5.2 การกระจายของสารอาหารไนโตรเจน

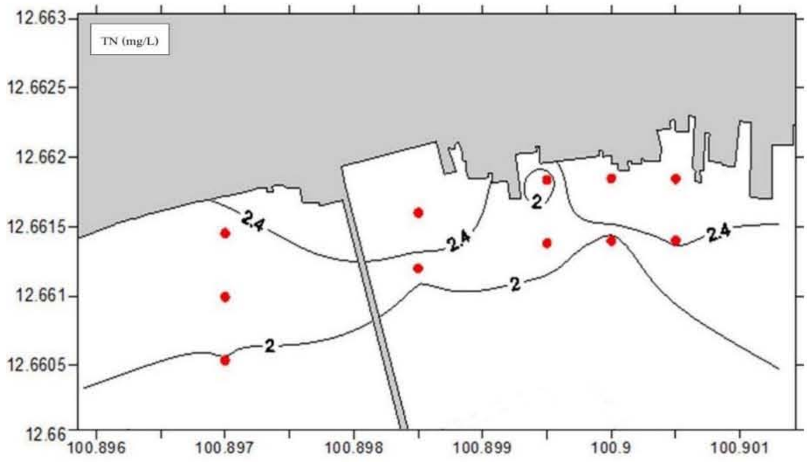
ปริมาณไนโตรเจนรวม (TN)

จากการเก็บตัวอย่างน้ำในดินตลอดระยะเวลาการศึกษา พบว่าพื้นที่เขตชุมชน มีค่าอยู่ระหว่าง 447.0 µg /l - 7595.4 µg /l (ค่าเฉลี่ย 2342.6 µg /l) ซึ่งค่าไนโตรเจนรวมต่ำสุด คือ ที่สถานี C1 จากการเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคมและมีค่าสูงสุด คือ ที่สถานี B2 จากการเก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม พบว่าพื้นที่หญ้าทะเลมีค่าอยู่ระหว่าง 453.7 µg /l - 3278.3 µg /l (ค่าเฉลี่ย 1515.0 µg /l) ซึ่งค่าไนโตรเจนรวมต่ำสุด คือ ที่สถานี E2 จากการเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคมและมีค่าสูงสุด คือ ที่สถานี D1 จากการเก็บตัวอย่างในเดือนกรกฎาคม แสดงในภาพที่ 4-89

(ก) มกราคม



(ข) กรกฎาคม

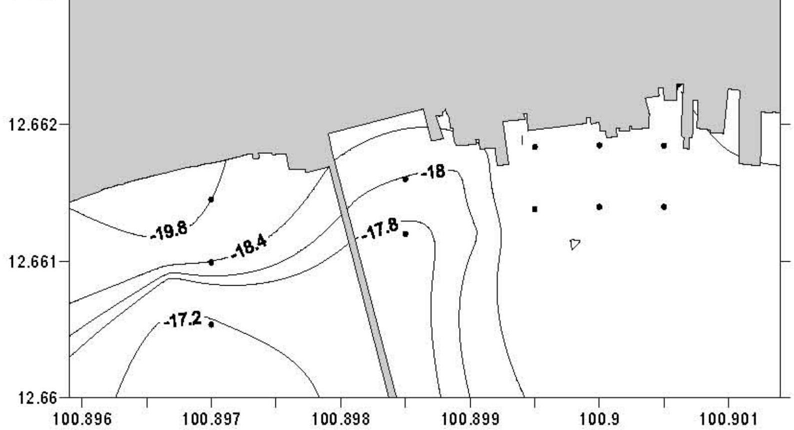


ภาพที่ 4-89 การกระจายของปริมาณไนโตรเจนรวมของน้ำในดิน (mg/L) (ก) เดือนมกราคม2556
(ข) เดือนกรกฎาคม 2556

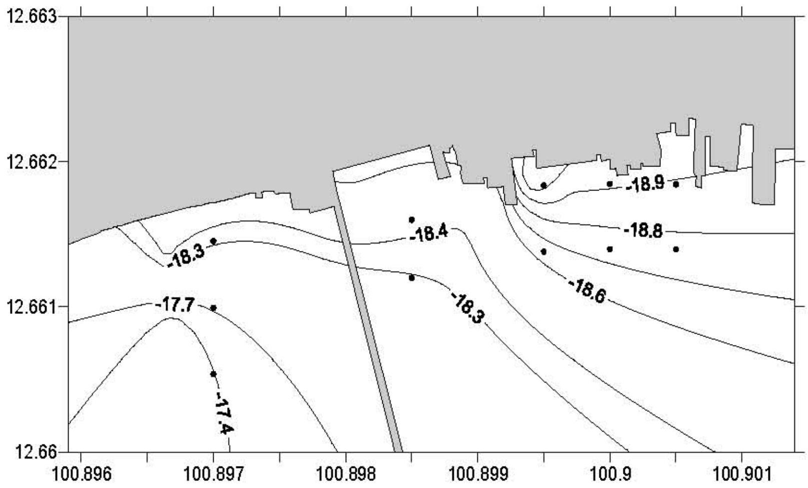
4.5.3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนที่ระดับผิว

จากการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวโดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ทำการศึกษาในช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 (ฤดูแล้ง) พบว่า ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนมีการเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากบริเวณชายฝั่งไปยังทะเล ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนในทุกสถานีอยู่ในช่วง –20.74 ถึง -16.81 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -18.7 ± 1.7 ‰ ในพื้นที่เขตชุมชน ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนอยู่ในช่วง -19.9 ถึง -18.08 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -19.04 ± 1.17 ‰ และปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในแหล่งหญ้าทะเลอยู่ในช่วง -20.74 ถึง -16.81 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -18.24 ± 1.49 ‰ (ภาพที่ 4-90) ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนสูงสุดอยู่ที่สถานี E3 ซึ่งอยู่ในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล และต่ำสุดอยู่ที่สถานี E1 ที่อยู่ในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเลเช่นเดียวกัน

ส่วนในช่วงเดือนกันยายน 2556 (ฤดูฝน) พบว่า ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนมีการเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากบริเวณชายฝั่งไปยังทะเล ในพื้นที่เขตชุมชน ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนอยู่ในช่วง -19.0 ถึง -18.43 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -18.81 ± 0.35 ‰ และปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในแหล่งหญ้าทะเลอยู่ในช่วง -18.55 ถึง -17.24 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -18.06 ±0.71 ‰ (ภาพที่ 4-91) ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนสูงสุดอยู่ที่สถานี E2 ซึ่งอยู่ในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล และต่ำสุดอยู่ที่สถานี B1 ที่อยู่ในพื้นที่เขตชุมชน ดังนั้นการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวโดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ มีการเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากบริเวณชายฝั่งไปยังทะเล



ภาพที่ 4-90 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนพฤษภาคม 2556

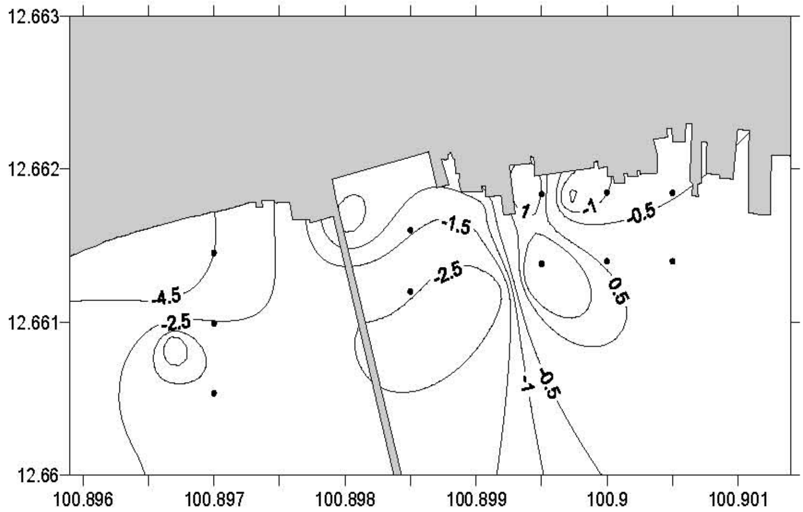


ภาพที่ 4-91 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนกันยายน 2556

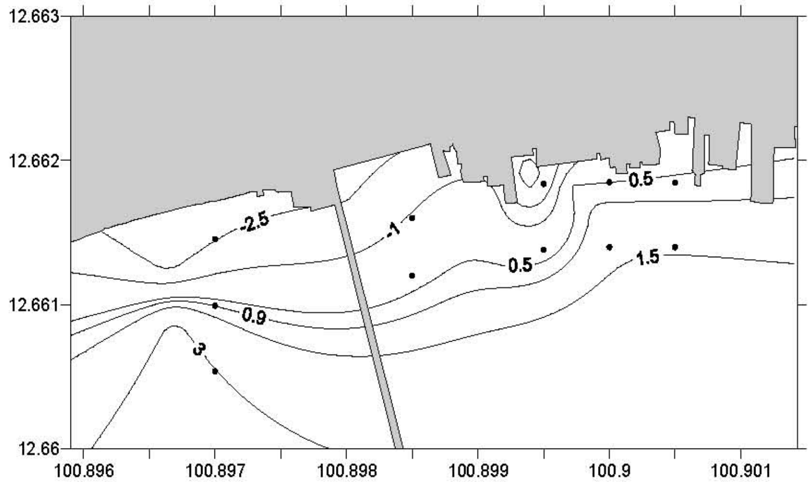
4.5.4 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในดินตะกอนที่ระดับผิว

ทำการศึกษาแหล่งที่มาของอินทรีย์ไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวโดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ทำการศึกษาในช่วงเดือนพฤษภาคม 2556 พบว่า ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนอยู่ในช่วง -1.7 ถึง 4.4 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 1.9 ± 1.89 ‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่มาจากพื้นที่เขตชุมชนอยู่ในช่วง 1.77 ถึง 4.41 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.21 ± 1.08 ‰ ในส่วนของพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนอยู่ในช่วงระหว่าง -1.67 ถึง 1.97 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ –0.41 ± 1.48 ‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนสูงสุดอยู่ในสถานี A2 ที่อยู่ในพื้นที่เขตชุมชน และต่ำสุดอยู่ที่สถานี E1 อยู่ในพื้นที่เขตชุมชนเช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 4-92

ในช่วงเดือนกันยายน 2556 พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนของทุกสถานีอยู่ในช่วง -6.4 ถึง 3.3 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -6.4 ± 3.41 ‰ และในพื้นที่เขตชุมชน ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนอยู่ในช่วง -6.4 ถึง 0.61 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -1.88 ± 3.92‰ ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนในพื้นที่แหล่งหญ้าอยู่ในช่วง -3.37 – 3.28 ‰ เฉลี่ยรวมอยู่ที่ -0.82 ± 3.59 ‰ ปริมาณ $\delta^{15}N$ ในดินตะกอนสูงสุดอยู่ที่สถานี E2 ที่อยู่ในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล และต่ำสุดอยู่ที่สถานี B1 ในพื้นที่เขตชุมชน ดังภาพที่ 4-93



ภาพที่ 4-92 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน (δ^{15}N) ในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนพฤษภาคม 2556

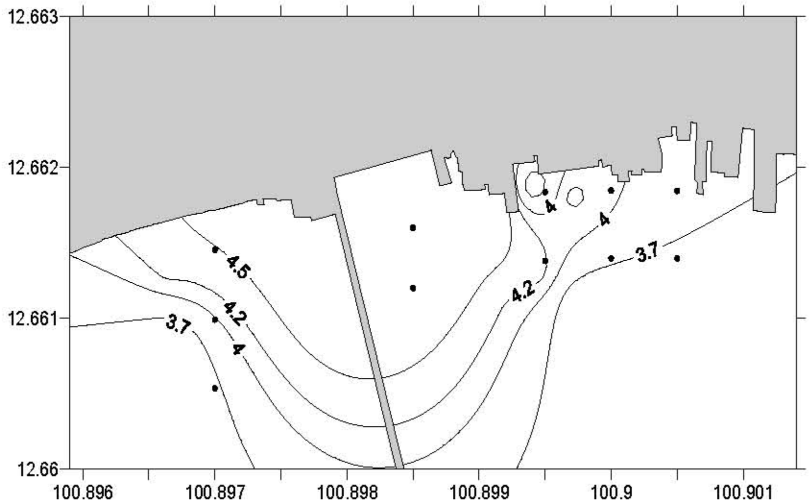


ภาพที่ 4-93 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน (δ^{15}N) ในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนกันยายน 2556

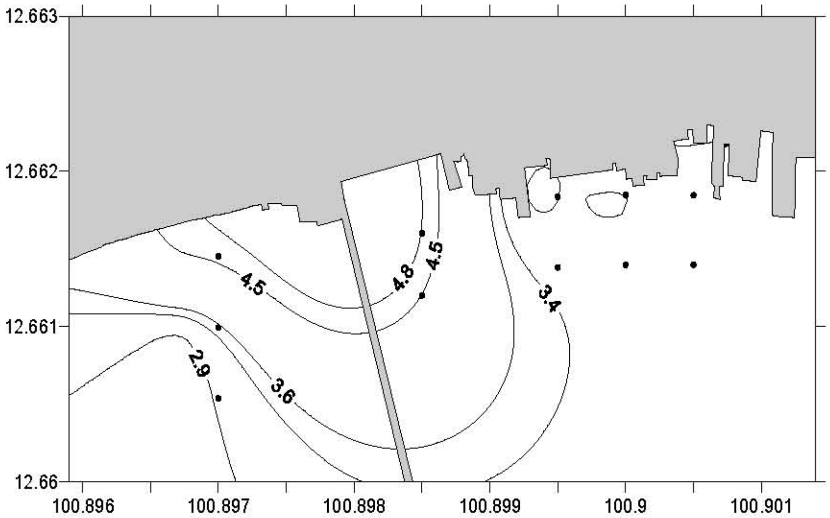
4.5.5 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว

สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี พบว่าในเดือนพฤษภาคม มีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วง 3.77 - 5.18 มีสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ± 0.48 และในเดือนกันยายน มีค่าอยู่ในช่วง 3.52 – 4.12 มีสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 3.86 ± 0.25 จากผลการศึกษาของทั้งสองฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การกระจายของสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่

ระดับผิว พบว่ามีค่าสูงจากบริเวณชายฝั่งและลดลงเมื่อระยะทางห่างออกไปทะเลมากขึ้นซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันในทั้งสองฤดูกาล (ดังภาพที่ 4-94 และ 4-95)



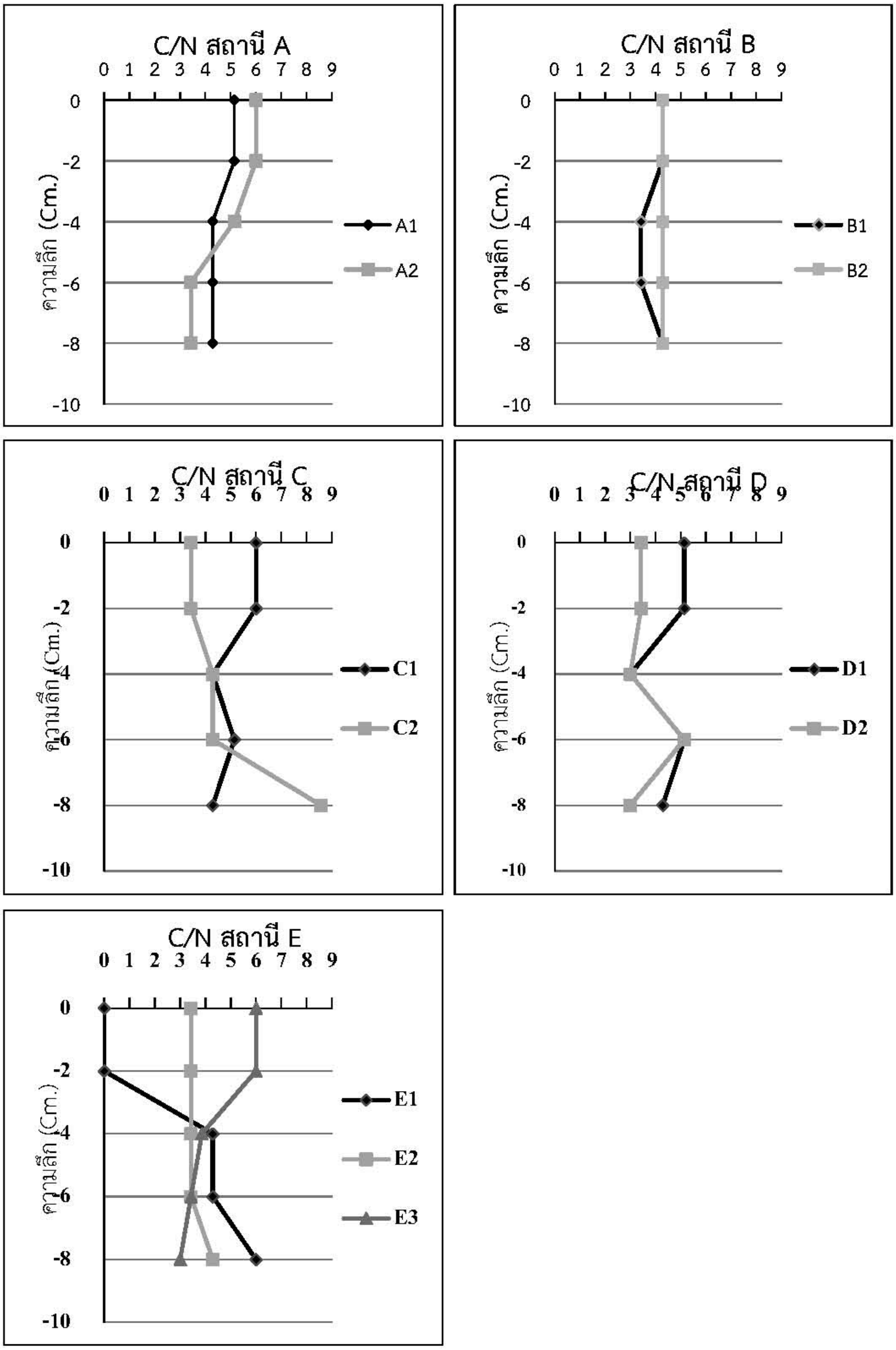
ภาพที่ 4-94 การกระจายของสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนพฤษภาคม 2556



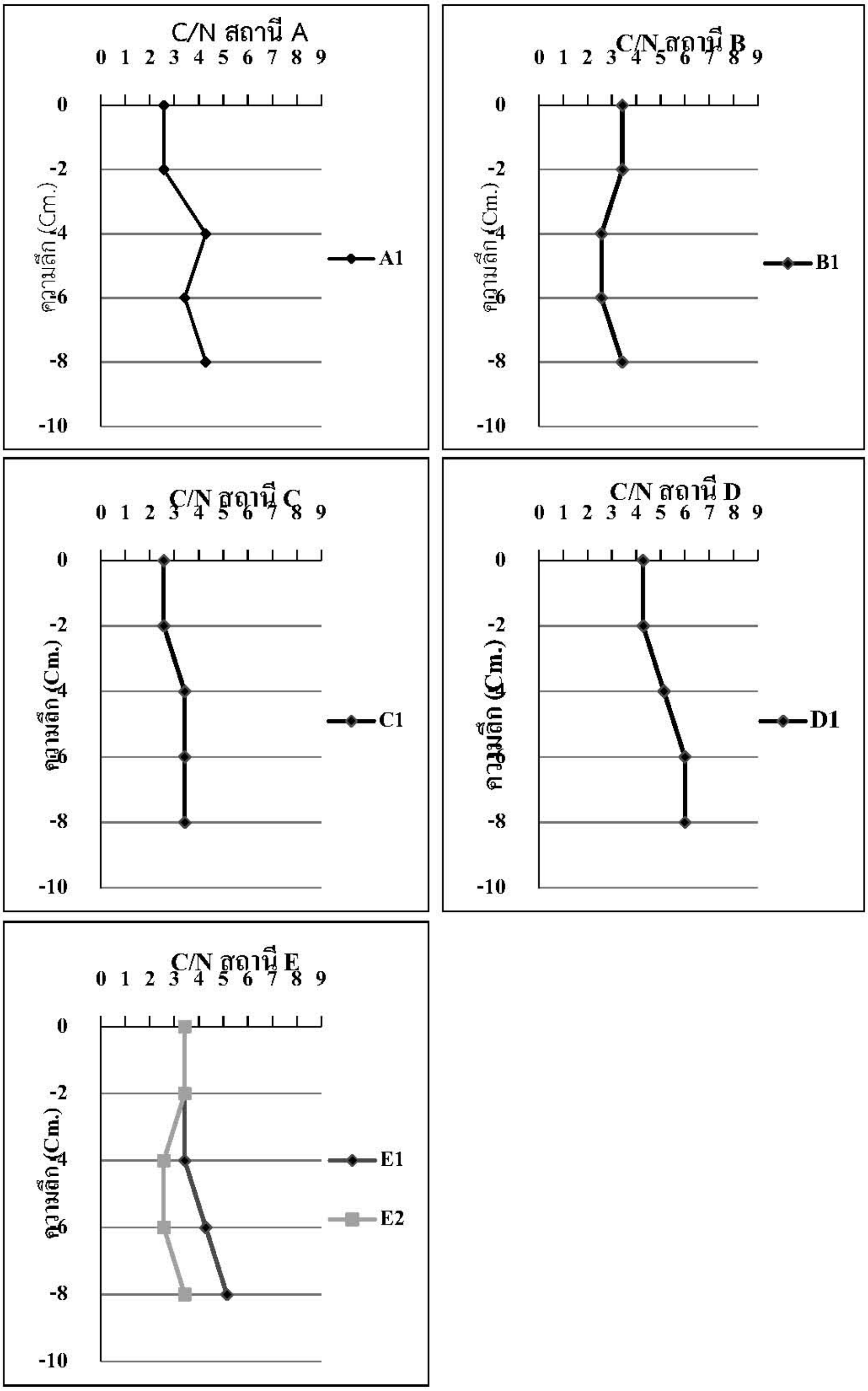
ภาพที่ 4-95 การกระจายของสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนกันยายน 2556

4.5.6 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึก

สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึก บริเวณชายฝั่งทะเลเทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี พบว่าในเดือนพฤษภาคม มีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วง 3.59 - 7.09 มีสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 ± 0.57 (ภาพที่ 4-96) และในเดือนกันยายน มีค่าอยู่ในช่วง 3.20 – 4.83 มีสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 ± 0.37 (ภาพที่ 4-97) และพบว่าสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น ยกเว้นสถานี A1, A2, B2, C1, D1 และ E3 ที่มีรูปแบบการลดลงและเพิ่มขึ้นที่ไม่แน่นอนเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4-96)



ภาพที่ 4-96 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึก บริเวณชายฝั่งทะเลเทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนพฤษภาคม 2556



ภาพที่ 4-97 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนในดินตะกอนตามความลึก บริเวณชายฝั่งทะเล เทศบาลเมืองสัตหีบ จ.ชลบุรี ในเดือนกันยายน 2556

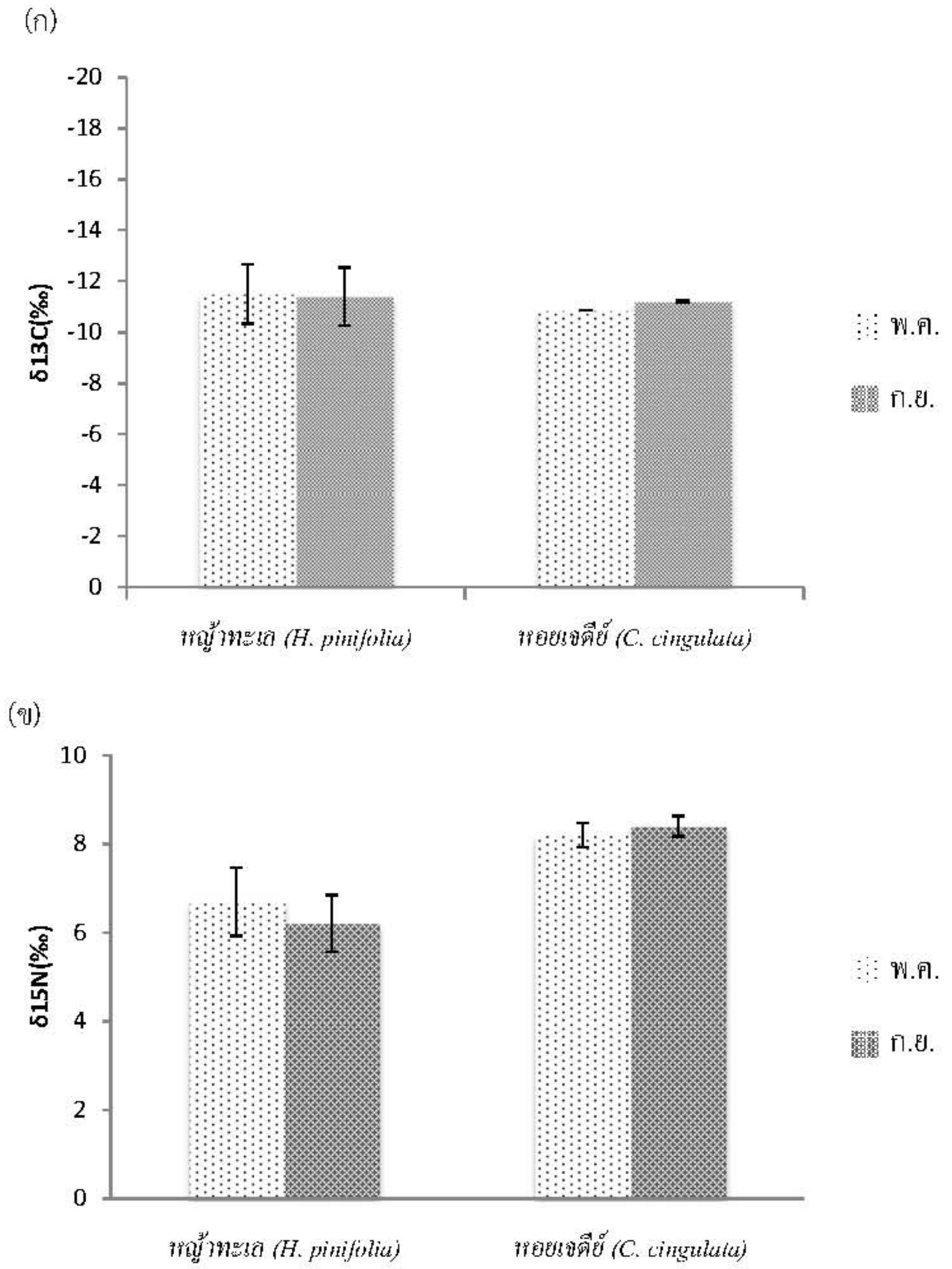
4.5.7 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)

4.5.7.1 ปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ในหญ้าทะเล (*H. pinifolia*)

จากการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) โดยใช้ไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ทำการศึกษาในช่วงเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) พบว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) ในหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) ของทุกสถานีอยู่ในช่วง -13.2 ถึง -10.06 ‰ ส่วนช่วงเดือนพฤศจิกายน 2556 (ฤดูฝน) พบว่าอยู่ในช่วง -11.89 ถึง -10.49 ‰ ส่วนไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) อยู่ในช่วง 5.7 ถึง 7.8 ‰ ส่วนช่วงเดือนกันยายน (ฤดูฝน) พบว่าอยู่ในช่วง 6.09 ถึง 6.99 ‰ ซึ่งทั้งสองฤดูไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนค่า C/N ในหญ้าทะเลในช่วงเดือนพฤษภาคม มีปริมาณเท่ากับ 15.1 ± 1.59 ซึ่งมีมีค่าน้อยกว่าในเดือนกันยายน (16.9 ± 3.11) จากผลการศึกษาทั้งสองฤดูกาลพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ภาพที่ 4-98

4.5.7.2 ปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ในหอยเจดีย์ *(C. cingulata)*

ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในหอยเจดีย์ *(C. cingulata)* ในช่วงเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) พบอยู่ในช่วง -13.28 ถึง -10.68 ‰ ส่วนช่วงเดือนกันยายน (ฤดูฝน) พบว่าอยู่ในช่วง -11 ถึง -11.4 ‰ และปริมาณ $\delta^{15}N$ ในเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) อยู่ในช่วง 8.0 ถึง 8.5 ‰ และในเดือนกันยายน (ฤดูฝน) อยู่ในช่วง 8 ถึง 8.3 ‰ จากผลการศึกษาของทั้งสองฤดูกาล พบว่าไม่มีความแตกกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังภาพที่ 4-98



ภาพที่ 4-98 ปริมาณ δ^{13}C (ก) และ δ^{15}N (ข) ในหญ้าทะเล (*H. pinifolia*) หอยเจดีย์ (*C. cingulata*) และในดินตะกอน พื้นที่ที่มีหญ้าทะเล ในเดือนพฤษภาคม (ฤดูแล้ง) และกันยายน (ฤดูฝน)

อักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

5.1 ระบบนิเวศหาดทราย

5.1.1 การกระจายสารอาหารในน้ำ และในดิน

5.1.1.1 การกระจายสารอาหารในน้ำ

ปริมาณสารอาหารไนโตรเจนในน้ำ (ภาพที่ 4-2 ถึง 4-15) พบว่าปริมาณ แอมโมเนีย ไนเตรท อนินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ อินทรีย์ไนโตรเจนละลายน้ำ ไนโตรเจนแขวนลอย และไนโตรเจนรวม มีปริมาณลดลงตามระยะทางจากปากคลองออกสู่ทะเล มีปริมาณสูงสุดบริเวณสถานีที่ 1 ซึ่งอยู่ใกล้กับปากคลอง และมีปริมาณต่ำสุดบริเวณสถานีที่ห่างจากปากคลองประมาณ 1.5 กิโลเมตร เนื่องจากปากคลองเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งชุมชนมากกว่าบริเวณอื่น แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปากคลองที่ทำการศึกษา เป็นแหล่งรองรับไนโตรเจนที่มาจากน้ำทิ้งชุมชน และการที่ปริมาณของสารอาหารไนโตรเจนลดลงตามระยะทางจากปากคลองออกสู่ทะเล เนื่องจากมีการผสมผสานกันระหว่างน้ำจืดจากคลองและน้ำเค็มจากทะเลในบริเวณปากคลอง ในขณะเดียวกันพบว่าบริเวณปากคลองสังเขปมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงที่สุด (8.40±0.29 mg/l) เนื่องจากสภาพโดยทั่วไปของบริเวณคลองสังเขปจะถูกดาดด้วยคอนกรีตตลอดทั้งแนว ซึ่งผ่านทั้งชุมชนและตลาดสดตลอดทั้งคลองจะมีท่อปล่อยน้ำทิ้งโดยไม่บำบัดปล่อยลงสู่คลอง ทำให้สารอาหารภายในคลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาของ El Sayed (2002) และ Cooper, Uthicke, Humphrey and Fabricius (2007) พบว่าสารอาหารไนโตรเจนมีปริมาณสูงสุดในบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนและลดลงเมื่อออกสู่ฝั่ง

การกระจายของสารอาหารฟอสฟอรัส (อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ อินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ ฟอสฟอรัสรวมละลายน้ำ ฟอสฟอรัสแขวนลอย และฟอสฟอรัสรวม) พบว่าการกระจาย มีปริมาณลดลงตามระยะทางจากปากคลองออกสู่ทะเล มีปริมาณสูงสุดบริเวณสถานีที่ 1 ซึ่งอยู่ใกล้กับปากคลอง และมีปริมาณต่ำสุดบริเวณสถานีที่ห่างจากปากคลอง ในขณะที่ความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากคลองออกสู่ทะเล และยังพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่หาดจอมเทียนบริเวณท่อระบายน้ำหน้าร้านลุงไสว มีค่าสูงกว่าคลองอื่น ๆ โดยมีปริมาณเท่ากับ 2.39±0.01 mg/l เนื่องจากท่อระบายน้ำบริเวณดังกล่าวได้รับน้ำทิ้งจากชุมชน และร้านอาหารโดยตรง ซึ่งไม่ผ่านการบำบัด และในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างมีฝนตกทำให้มีการชะล้างสิ่งสกปรกลงสู่ท่อระบายน้ำจำนวนมากด้วยเช่นกัน ส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Boonphakdee and Fujiwara (2008) ที่พบว่ามีบริเวณปากแม่น้ำรับสารอหารไนโตรเจนเข้ามา ซึ่งส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเกษตร การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเลี้ยงสัตว์ และน้ำทิ้งชุมชน

5.1.1.2 การกระจายสารอาหารในดิน

ในดินตะกอนบริเวณปากคลองมีปริมาณสารอาหารสูง เนื้องจากเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งชุมชนมากกว่าบริเวณอื่น และเป็นบริเวณที่มีการผสมผสานระหว่างน้ำจืดจากคลองและน้ำเค็มจากทะเลในบริเวณปากคลอง เมื่อกระแสน้ำจากคลองที่ไหลมาด้วยความเร็วสูงปะทะกับน้ำทะเล ทำให้ความเร็วลดลง เกิดการรวมตัวของสารอาหารกับสารแขวนลอยและตะกอนดิน ทั้งโดย

การแลกเปลี่ยนประจุกัน และการเกาะติด (adsorption) กับสารแขวนลอยและตะกอนดิน ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและจมตัวลงสู่พื้นท้องน้ำ (มนุวดี หังสพฤกษ์, 2532) ยกเว้นปริมาณแอมโมเนียและไนโตรเจนรวมของพัทยาใต้ พบว่าบริเวณที่อยู่ในชายฝั่งทะเลมีปริมาณไม่แตกต่างจากบริเวณปากคลอง โดยมีบางสถานีที่มีปริมาณของแอมโมเนียและไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้นและมีบางสถานีที่มีการสูญหายไป เนื่องจากบริเวณที่อยู่ชายฝั่งทะเลมีเรือภัตตาคารขนาดใหญ่จอดให้บริการนักท่องเที่ยว ส่งผลให้มีปริมาณของสารอาหารไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ส่วนคลองนาเกลือบริเวณชายฝั่งทะเลมีปริมาณแอมโมเนีย ไนเตรท และไนโตรเจนรวมสูงกว่าบริเวณปากคลอง เนื่องจากใกล้กับแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ และดินตะกอนบริเวณปากคลองเป็นดินทรายทำให้มีสารอาหารไนโตรเจนในดินน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ kaspar, Gillpie, Boyer & Mackenzie (1985) และ Gu, Ouyang, Ning & Wang (2017) พบว่าดินตะกอนในบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่ และเพาะเลี้ยงปลา มีปริมาณสารอาหารไนโตรเจนสูงกว่าบริเวณอื่นที่ห่างออกไป

5.1.2 ปริมาณสารอินทรีย์รวม สารอินทรีย์คาร์บอนรวมและไนโตรเจนรวม ในดินตะกอน

ปริมาณสารอินทรีย์รวม สารอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวม ในดินตะกอน พบว่าสถานีใกล้ปากคลองมีปริมาณสูงและลดลงตามระยะทางที่ออกจากชายฝั่ง ปากคลองจะเป็นดินตะกอนละเอียด สอดคล้องกับการศึกษา Onpankoon & Boonphakdee (2012) และ Gu et al. (2017) มีพื้นผิวมากสามารถดูดซับสารอินทรีย์และมวลสารต่าง ๆ ได้ปริมาณมาก (Kao et al., 2003; Ramaswamy et al., 2008; Gao et al., 2012; Liu et al., 2015; Xu et al., 2017) ยกเว้นคลองบางละมุง คลองนาเกลือ พัทยาใต้ หน้าร้านลุงไสว 1 ท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ หาดบางแสน และหาดวอนนภา ที่พบว่าบริเวณที่ใกล้ปากคลองมีปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ชายฝั่งทะเล (ภาพที่ 4-31 ถึง 4-38) เนื่องจากลักษณะดินตะกอนในสถานีบริเวณปากคลองเป็นดินทราย ทำให้สามารถดูดซับสารอินทรีย์และมวลสารต่าง ๆ ได้น้อย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sampaio, Freitas, Maguas, Rodrigues, and Quintino (2010) พบว่าปลายท่อระบายน้ำเสียที่ปากแม่น้ำ Tagus มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำสุด และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะทางออกสู่ทะเล เนื่องจากบริเวณปากท่อมีลักษณะตะกอนเป็นทรายดูสซับสารอินทรีย์ได้น้อย

5.1.3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$)

5.1.3.1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในดินตะกอน

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ในระดับผิวดินตะกอนที่สถานีที่ 1 ซึ่งอยู่ใกล้ปากคลองและใกล้กับจุดที่ปล่อยน้ำทิ้งจากชุมชนปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนต่ำที่สุด (มีปริมาณ $\delta^{13}C < -23$) แสดงให้เห็นว่าตะกอนดินมีแหล่งที่มาจากแผ่นดิน และเพิ่มขึ้นเมื่อออกห่างจากปากคลอง ถ้าตะกอนดินที่มีปริมาณ $\delta^{13}C > -22$ จะมีแหล่งที่มาจากทะเลสอดคล้องกับการศึกษาของ Meksumpun and Meksumpun (2002) ทำการศึกษาบริเวณอ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษธานี พบว่าสารอินทรีย์มาจากแผ่นดินสะสมมากในพื้นที่ปากแม่น้ำและจะลดลงเมื่อห่างออกจาก

ปากแม่น้ำมากขึ้น ผลการศึกษาของคลองนาเกลือ พบว่าในดินตะกอนมีปริมาณ $\delta^{13}C$ > -22 ในทุก ทุกสถานี แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ในตะกอนดินบริเวณนี้มีแหล่งที่มาจากทะเล ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจน $\delta^{15}N$ ในระดับผิวดินตะกอน ในแต่ละสถานีของแต่ละพื้นที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนักมีปริมาณอยู่ระหว่าง -0.91 ถึง 7.38 ‰ ซึ่งได้รับสารอินทรีย์จากแผ่นดินและทะเล (ศิริพร เพ็ญ และ ถนอมศักดิ์, 2555)

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ในดินตะกอนตามความลึกพบว่าในแต่ละสถานีของแต่ละพื้นที่มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก และไม่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามความลึก แต่มีบางสถานีใน คลองสังเขป คลองบางโปรง และคลองห้วยใหญ่ มี $\delta^{15}N$ รูปแบบการลดลงและเพิ่มขึ้นที่ไม่แน่นอนเมื่อความลึกของดินตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ denitrification เกิดขึ้นจากกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยการดึงไนโตรเจนไปใช้ในกระบวนการหายใจ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548; Rosenbauer et al., 2009)

จากการคำนวณสัดส่วนของสารอินทรีย์จากแผ่นดินและทะเลซึ่งเป็นแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่สำคัญในดินตะกอนชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี คำนวณโดย simple two sources mixing model จากสัดส่วนไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ตาราง 5-1 เพื่อศึกษาสัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ (ภาพที่ 5-1 ถึง 5-4) แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนสถานีที่อยู่ใกล้ปากคลองได้รับสารอินทรีย์มาจากแผ่นดินมากกว่าร้อยละ 50 และมีปริมาณลดลงตามระยะทางออกสู่ทะเล สอดคล้องกับการศึกษาของ Ogrinc, Fontolan, Faganeli, and Covelli (2005) พบว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนปากแม่น้ำ Isonzo มาจากแผ่นดินมากกว่าร้อยละ 90 ส่วนคลองนาเกลือในดินตะกอนได้รับสารอินทรีย์จากทะเลเป็นหลัก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Smith et al. (2008) พบว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอน อ่าว Todos Santos ได้รับสารอินทรีย์จากแผ่นดินน้อยกว่าร้อยละ 50 กล่บ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนใกล้ปากคลองได้รับมาจากน้ำทิ้งชุมชนเป็นหลัก

5.1.3.2 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในสารอินทรีย์แขวนลอยที่ระดับผิวน้ำ

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของ $\delta^{13}C$ สถานีในใกล้ปากคลองมีปริมาณต่ำที่สุด และจะเพิ่มขึ้นตามระยะทางออกจากชายฝั่ง พบว่าสถานีใกล้ปากครองมีปริมาณถ้าได้ค่า $\delta^{13}C$ < -23 แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์แขวนลอยมีแหล่งที่มาจากแผ่นดิน ส่วนตะกอนดินที่มีค่า $\delta^{13}C$ > -22 จะมีแหล่งที่มาจากทะเล สอดคล้องกับการสึกษาของ Maksymowska et al. (2002) พบว่าพื้นที่อยู่ห่างฝั่งใกล้กับมหาสมุทรแอตแลนติกมีปริมาณ $\delta^{13}C$ ในอินทรีย์แขวนลอยอยู่ในช่วง -22 ‰ ถึง -23‰ ส่วนพื้นที่ใกล้ชายฝั่งมีปริมาณ $\delta^{13}C$ อยู่ในช่วง -23‰ ถึง -26‰ เพราะได้รับอิทธิพลมาจากน้ำทิ้งชุมชน ในส่วนของคลองนาเกลือ พบว่าค่า $\delta^{13}C$ > -22 ทุกสถานี แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์แขวนลอยมีแหล่งที่มาจากทะเล

ปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในสารอินทรีย์แขวนลอย พบว่าคลองบางละมุง หาดบางแสน และหาดวอนนภา มีปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 2.00 – 8.00 ‰ แสดงให้เห็นว่าบริเวณดังกล่าวได้รับสารอินทรีย์แขวนลอยมาจากทะเล (Ogrinc et al., 2005) แต่คลอง

สังเขป คลองบางปลาสร้อย คลองบางโปรง คลองนาเกลือ และพัทยาใต้มีปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนมากกว่า 10 ‰ แสดงว่าอาจได้รับสารอินทรีย์แขวนลอยมาจากแหล่งอื่น เช่นน้ำเสียจากชุมชนจึงส่งผลให้มีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนสูง และบริเวณดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์แขวนลอยที่ไหลลงปากคลองสามารถกระจายออกไปได้ประมาณ 1.5 กิโลเมตร แต่ขณะเดียวกันบริเวณคลองบางโปรงในสถานีที่ 1 ใกล้กับปากคลองมีปริมาณไอโซโทปของไนโตรเจนต่ำ และมีปริมาณสูงขึ้นในสถานีที่อยู่ห่างออกไป ซึ่งอาจเกิดจากการฟุ้งกระจายของดินตะกอนใต้ท้องน้ำ จึงทำให้มีปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนสูงขึ้น ส่วนในสถานีที่ 1 อาจมีการนำไนโตรเจนไปใช้ หรือเกิดการตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) ในบรรยากาศจากแบคทีเรีย จึงส่งผลให้ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนมีค่าต่ำ (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548; Rosenbauer et al., 2009)

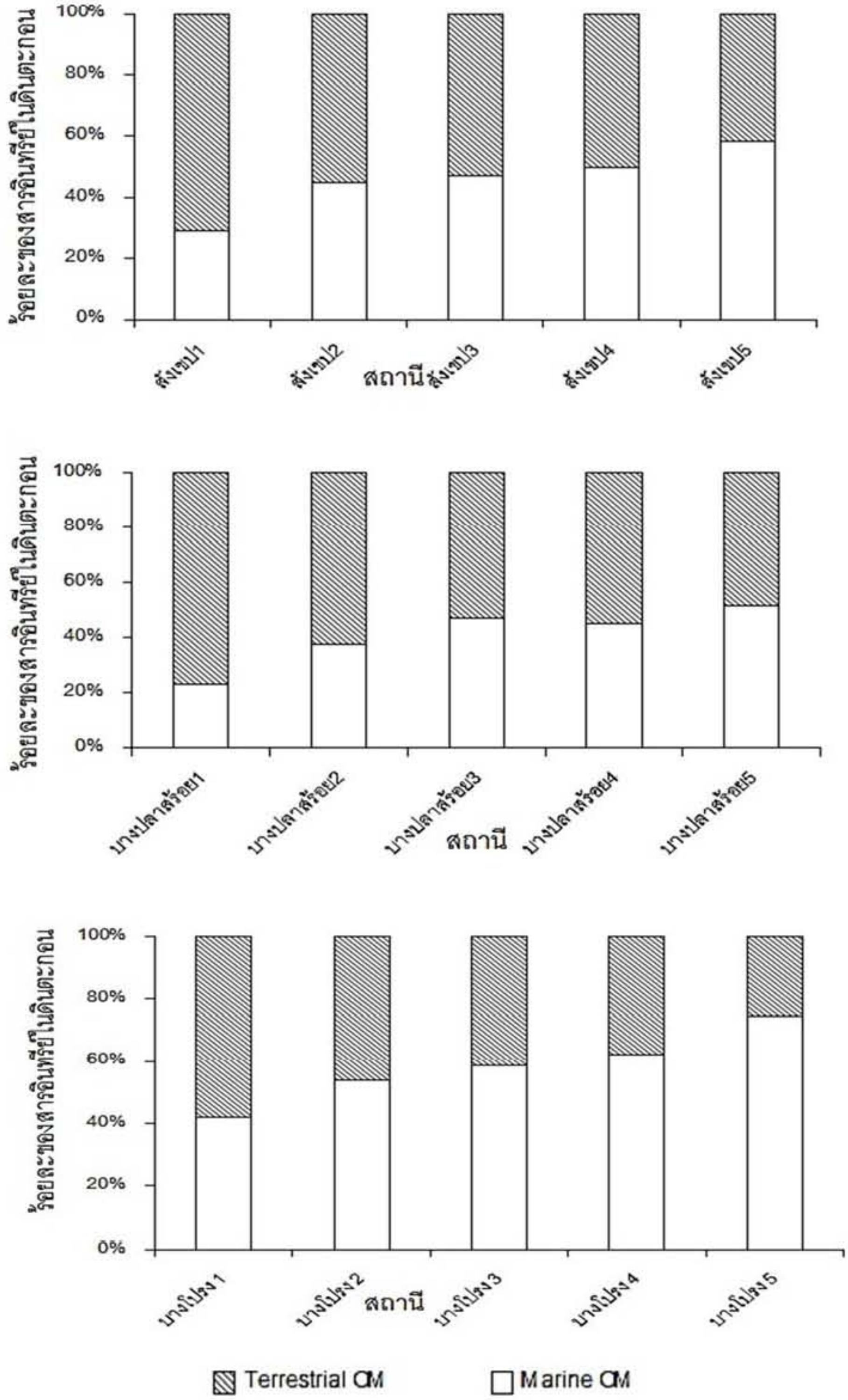
5.1.3.3 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน (δ^{13}C) และไนโตรเจน (δ^{15} N) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของ δ^{13}C และ δ^{15} N ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต จากภาพที่ 5-5 -5-9 พบว่าในกลุ่มไส้เดือนทะเล มีปริมาณ δ^{13}C และ δ^{15} N ใกล้เคียงที่อยู่ในแพลงก์ตอนสัตว์และ microphytobenthos แสดงให้เห็นว่าไส้เดือนทะเลรับสารอินทรีย์มาจากทั้งสองชนิด ยกเว้นคลองบางปลาสร้อยและหาดบางแสนที่มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณในดินตะกอน ในกลุ่มหอยสองฝา แอมฟิพอด มีปริมาณใกล้เคียงกับแพลงก์ตอนสัตว์ ยกเว้นหอยสองฝาในพื้นที่ หาดบางแสน หาดวอนนภา มีปริมารใกล้เคียงกับ microphytobenthos ส่วนกลุ่มหอยฝาเดียวมีปริมาณ δ^{13}C และ δ^{15} N สูงที่สุดมีปริมาณใกล้ microphytobenthos สอดคล้องกับการสึกษาของ Kanaya et al. (2013) พบว่า microphytobenthos เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์หน้าดิน เช่นเดียวกับการศึกษาของประมวล สีจันทร์ พบว่าแหล่งที่มาของอาหารในหอยทะเลสองฝา ได้แก่ สาหร่ายหน้าดิน benthic diato

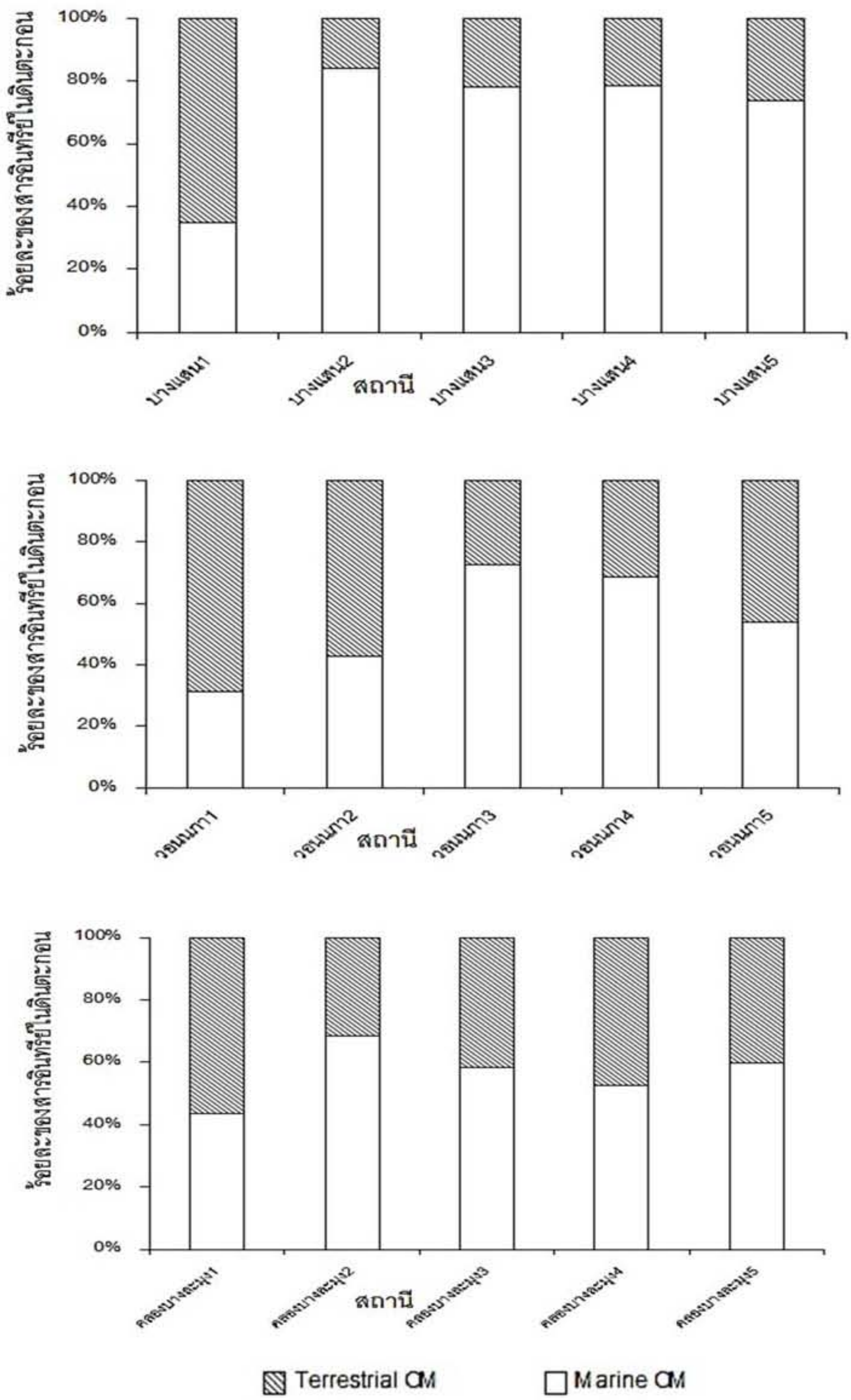
ตารางที่ 5-1 ค่าเฉลี่ยของไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$)

พื้นที่	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$
คลองสังเขป	-23.54±1	5.22±0.44
คลองบางปลาสร้อย	-24.00±1.04	4.23±1.55
คลองบางโปรง	-22.38±1.11	5.32±9.57
หาดบางแสน	-21.40±1.94	5.87±0.68
หาดวอนนภา	-22.96±1.68	1.73±1.82
คลองบางละมุง	-22.70±0.91	6.29±0.62
คลองนาเกลือ	-20.37±0.2	5.26±0.93
พัทยาใต้	-23.77±3.84	3.41±1.33
คลองห้วยใหญ่	-24.21±1.65	3.57±2.84
หน้าร้านลุงไสว1	-22.75±1.86	3.53±2.51
แหล่งที่มาของสารอินทรีย์		
Sewage POM	-27.8	24.51
Zooplankton (marine OM)	-18.47±0.90	11.9±0.92
Microphytobenthos[a]	-14.7	11.9

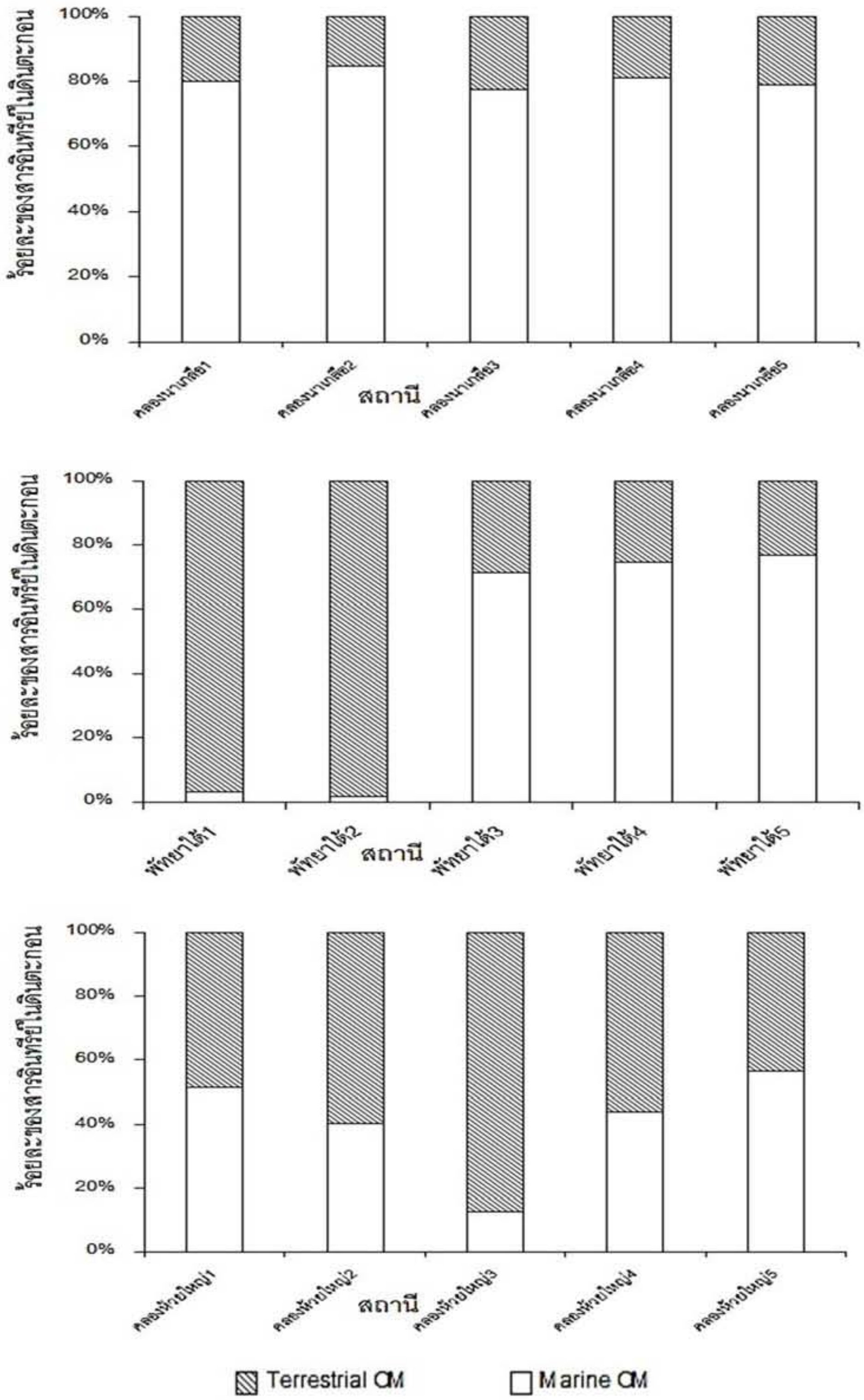
a อ้างอิง Kanaya et al. (2013)



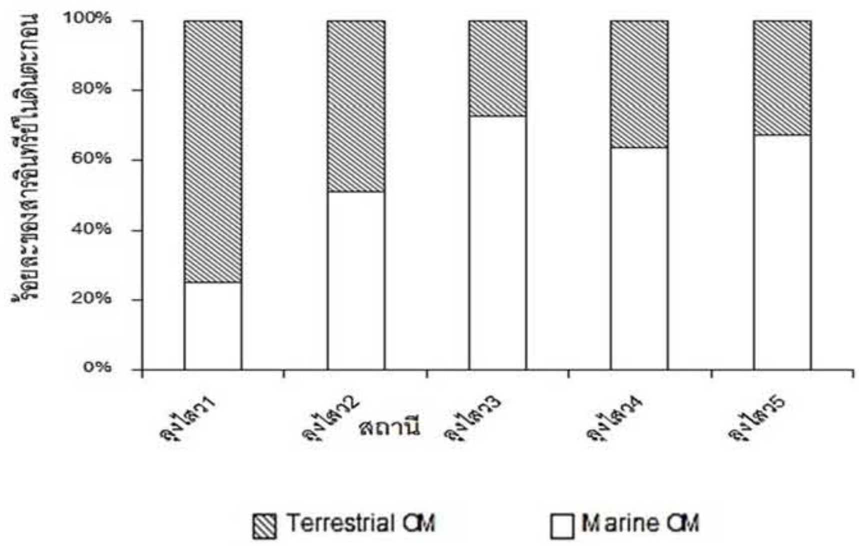
ภาพที่ 5-1 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่มาจากน้ำทิ้งชุมชน (sewage POM) และสารอินทรีย์จากทะเล (marine OM) ในดินตะกอนบริเวณคลองสังเขป คลองบางปลาสร้อย และคลองบางโปรง จังหวัดชลบุรี



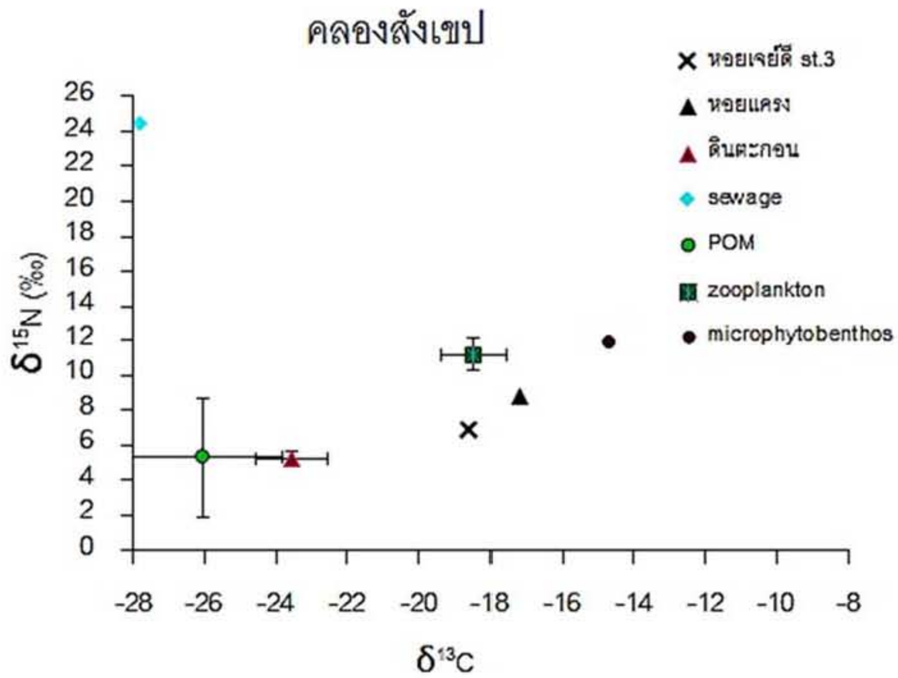
ภาพที่ 5-2 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่มาจากน้ำทิ้งชุมชน (sewage POM) และสารอินทรีย์จากทะเล (marine OM) ในดินตะกอนบริเวณหาดบางแสน หาดวอนนภา และคลองบางละมุง จังหวัดชลบุรี

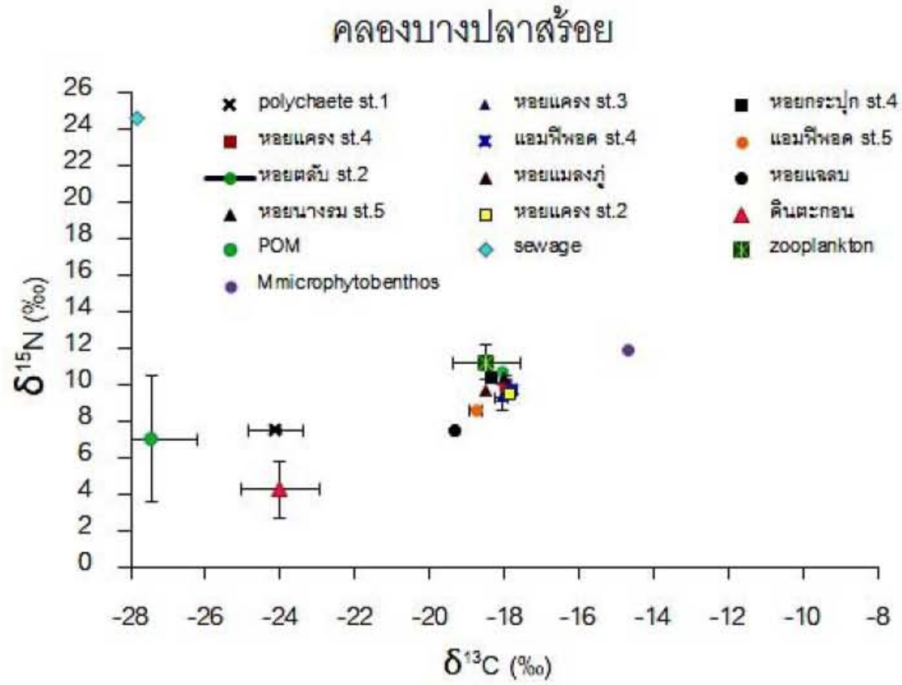


ภาพที่ 5-3 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่มาจากน้ำทิ้งชุมชน (sewage POM) และสารอินทรีย์จากทะเล (marine OM) ในดินตะกอนบริเวณคลองนาเกลือ พัทยาใต้ และคลองห้วยใหญ่ จังหวัดชลบุรี

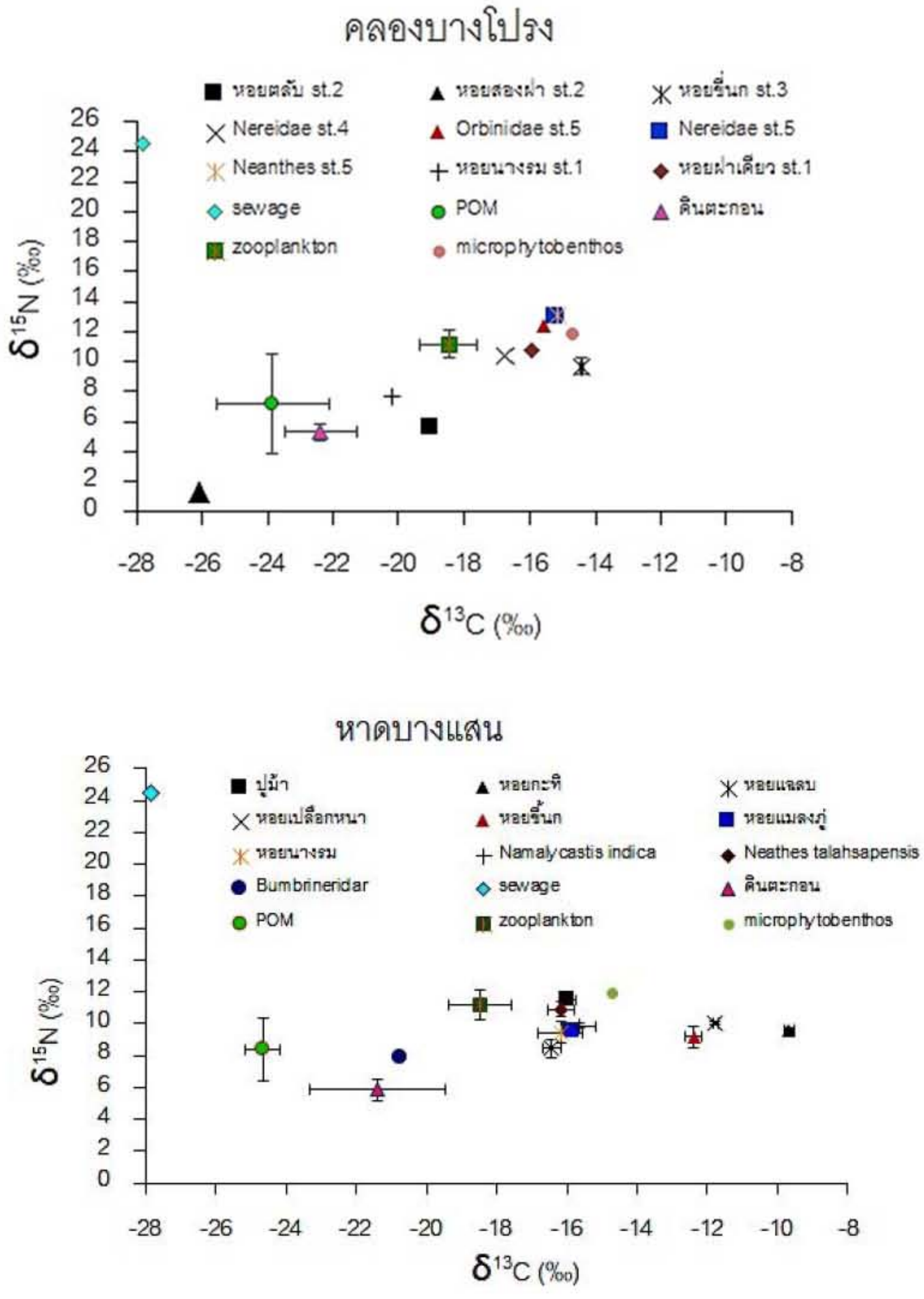


ภาพที่ 5-4 สัดส่วนแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่มาจากน้ำทิ้งชุมชน (sewage POM) และสารอินทรีย์จากทะเล (marine OM) ในดินตะกอน บริเวณหน้าร้านลุงไสว1 จังหวัดชลบุรี

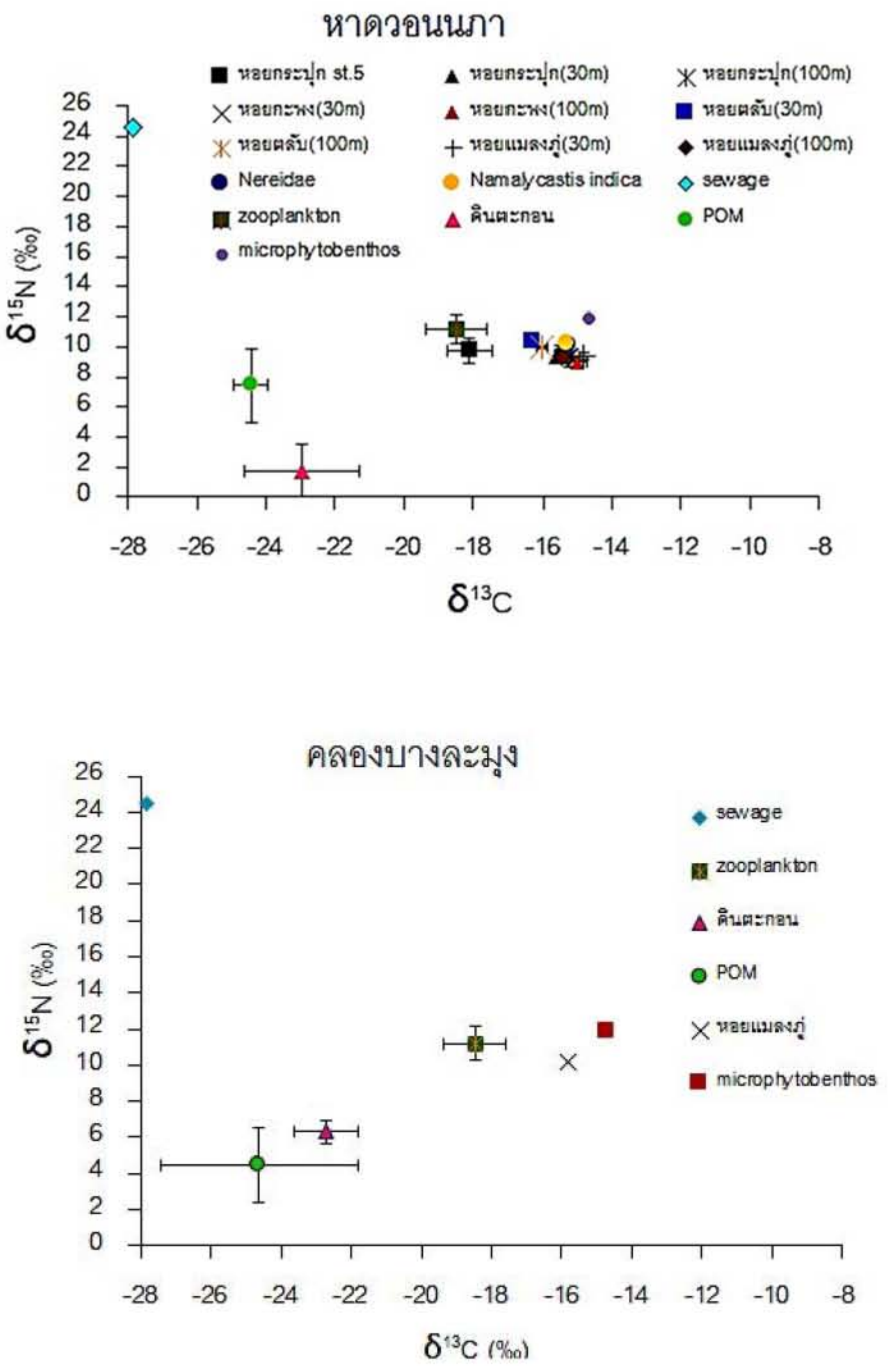




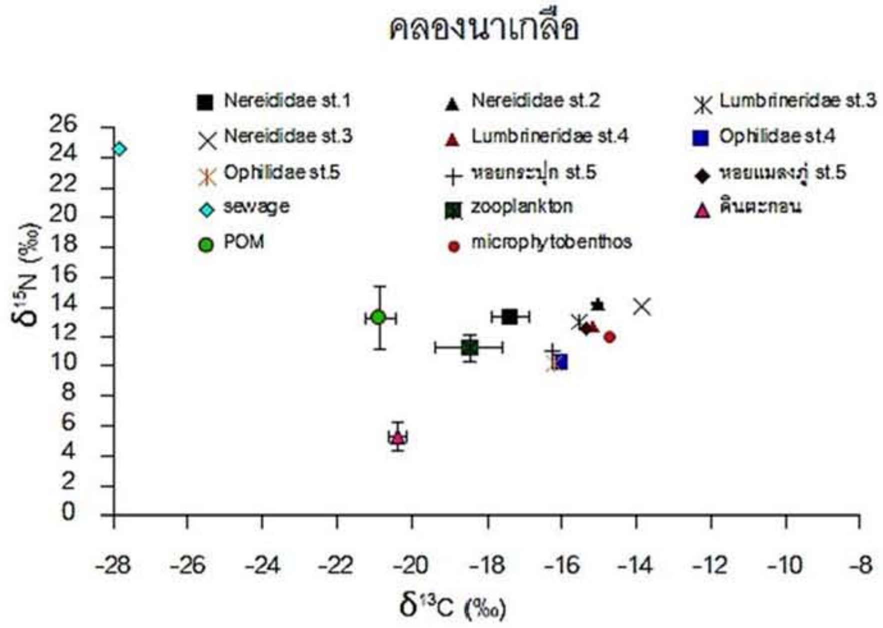
ภาพที่ 5-5 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณคลองสังเขป และคลองบางปลาสร้อย จังหวัดชลบุรี

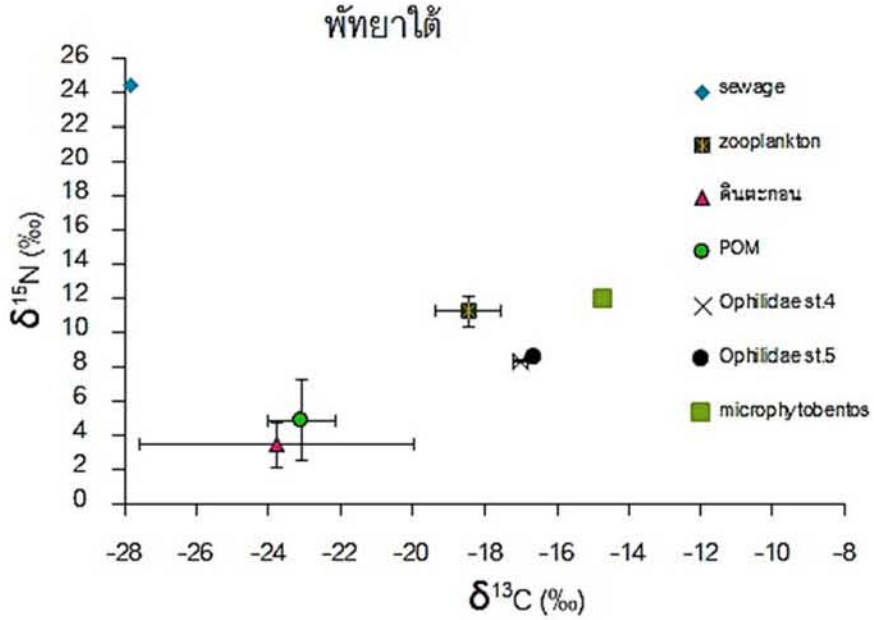


ภาพที่ 5-6 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณคลองบางดปรง และหาดบางแสน จังหวัดชลบุรี

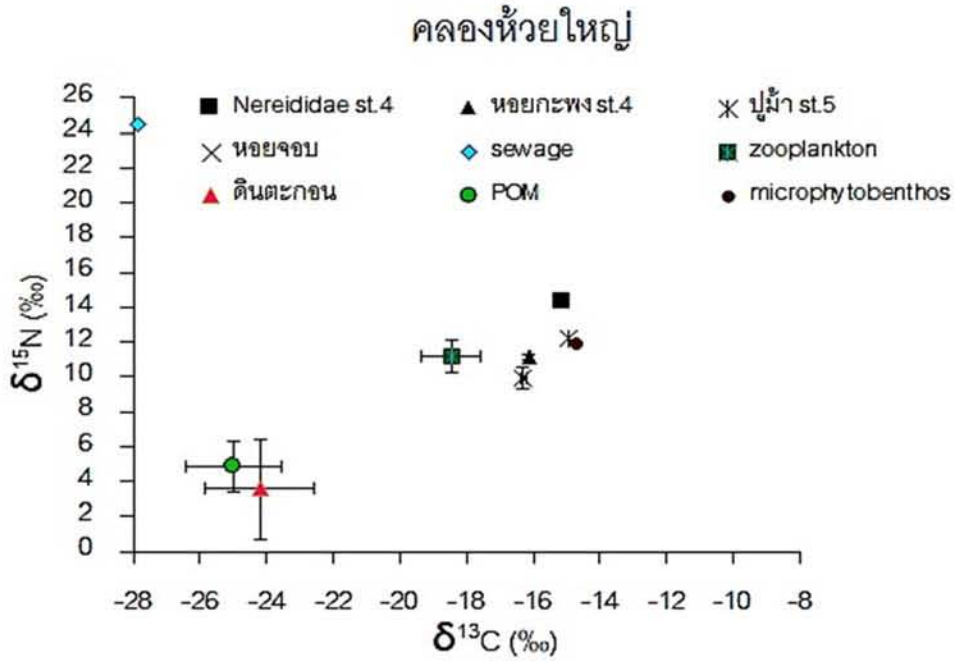


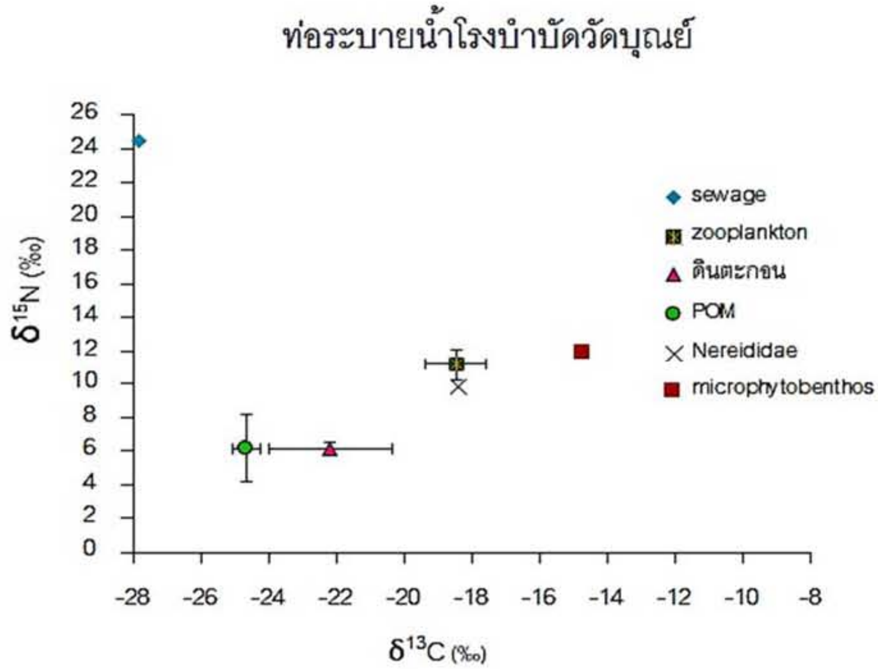
ภาพที่ 5-7 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณหาดวอนนภา และคลองบางละมุง จังหวัดชลบุรี





ภาพที่ 5-8 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน (δ^{13}C) และไนโตรเจน (δ^{15}N) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณคลองนาเกลือ และพัทยาใต้ จังหวัดชลบุรี





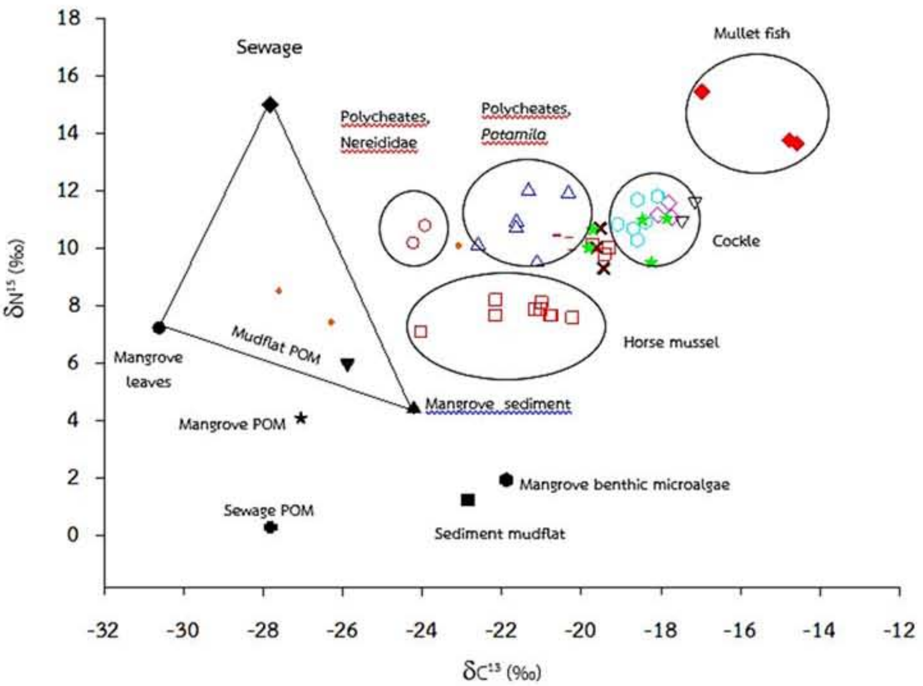
ภาพที่ 5-9 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณคลองห้วยใหญ่ และท่อระบายน้ำโรงบำบัดวัดบุณย์ จังหวัดชลบุรี

5.2 ระบบนิเวศป่าชายเลนและหาดโคลน

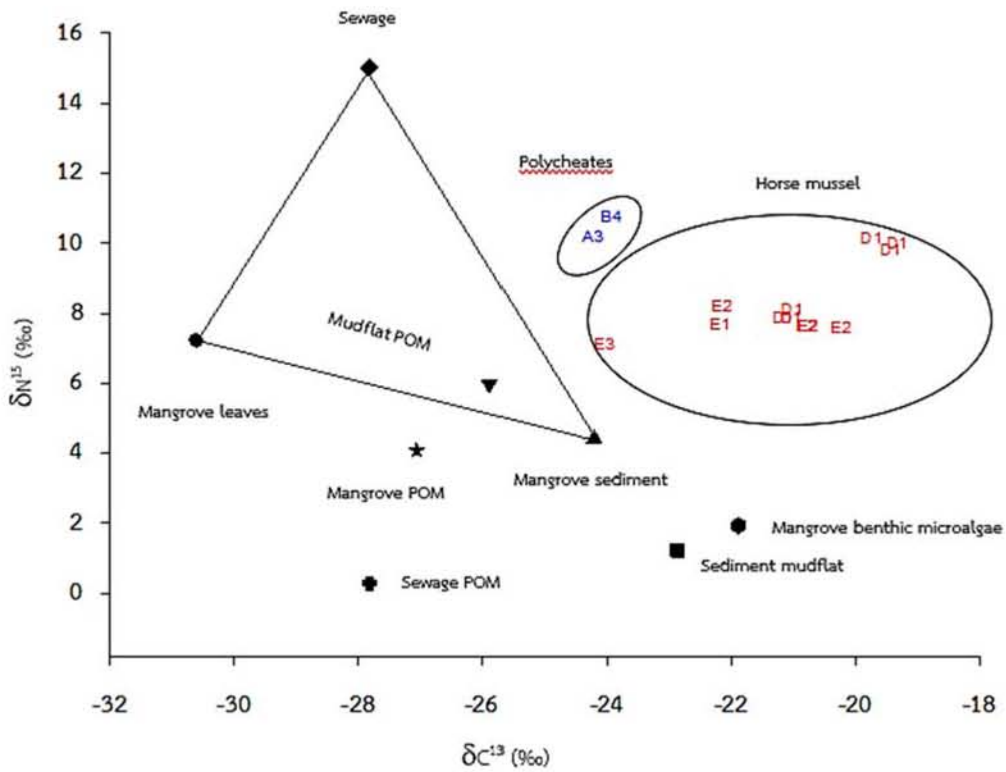
5.2.1. ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนในใบไม้ป่าชายเลน และสาหร่ายหน้าดิน

จากผลการศึกษาพบว่าการที่ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลนน้อยกว่า $\delta^{13}C$ ในหอยสองฝาที่อยู่ในพื้นที่หาดโคลนนั้น บ่งชี้ได้ว่าหอยสองฝาในพื้นที่หาดโคลนไม่ได้รับสารอินทรีย์จากใบไม้ในป่าชายเลน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ประมวล สีจันทร์(2554) พบว่า หอยทะเลสองฝาที่เลี้ยงใกล้กับป่าชายเลนนั้นไม่ได้รับสารอินทรีย์จากใบไม้ในป่าชายเลน เนื่องจากใบไม้ในป่าชายเลนอาจจะถูกสัตว์หน้าดิน เช่น ปูแสม ปูก้ามดาบ และปลาตีน ที่อยู่ในป่าชายเลนนำไปใช้ประโยชน์ จนทำให้สารอินทรีย์ในใบไม้ป่าชายเลนไม่เหลือพอที่จะเอื้อประโยชน์ให้กับหอยสองฝาในพื้นที่เลี้ยงหอยในลักษณะการถ่ายทอดพลังงานได้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Kon et al. (2015) ได้ทำการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ที่อยู่ในพื้นที่หาดโคลน พบว่า แหล่งที่มาของอาหารสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในพื้นที่หาดโคลนไม่ได้รับมาจากป่าชายเลน แต่ได้รับมาจากทะเลและแม่น้ำ ในทางตรงกันข้ามพบว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในปูแสม ชนิด*Sesarma* ในป่าชายเลนเข้าใกล้ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลน และปริมาณ $\delta^{15}N$ ในปูแสมใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{15}N$ ในใบไม้ป่าชายเลนเช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า ปูแสมชนิด *Sesarma* ได้รับสารอินทรีย์มาจากใบไม้ป่าชายเลน ในขณะที่ ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในปูแสมชนิด *Metaplax dentipes* ไม่ใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลน แสดงให้เห็นว่า แหล่งที่มาของอาหารของปูแสมชนิด *Metaplax dentipes* ไม่ได้รับมาจากใบไม้ในป่าชายเลน ดังภาพที่ 5-10 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kruitwagen et al.(2010) ได้ทำการศึกษาแหล่งที่มาของอินทรีย์คาร์บอนในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ และปลาที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศป่าชายเลนและหาดโคลนแทนซาเนีย พบว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในปูแสม (*Sesarma* sp.) ใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลน มากกว่าปูชนิด *S. leptosome* ซึ่งปูชนิดนี้ได้รับสารอินทรีย์มาจากสาหร่ายหน้าดินขนาดเล็ก แสดงให้เห็นว่าการกินอาหารของปูนั้นขึ้นอยู่กับประเภทและชนิดของปู

เมื่อนำปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลนมาเปรียบเทียบกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในไส้เดือนทะเล (Nereididae) และชนิด *Potamila* พบว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในไส้เดือนทะเลสูงกว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลน ดังนั้นสามารถบ่งชี้ได้ว่า แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในไส้เดือนทะเลที่อยู่ในป่าชายเลนไม่ได้รับมาจากใบไม้ในป่าชายเลน ในทางตรงข้าม ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในไส้เดือนทะเลสกุล Nereididae .ใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนจากพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tue et al. (2012) ได้ทำการศึกษาแหล่งที่มาของอาหารในสัตว์มีมีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ระบบนิเวศป่าชายเลน ประเทศเวียดนาม โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจน พบว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในไส้เดือนทะเลใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนจากพื้นที่ป่าชายเลน เนื่องจากไส้เดือนทะเลสกุลนี้จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์ที่กินพืช หรือกินเศษซากพืชและซากสัตว์ ดังภาพที่ 5-11



ภาพที่ 5-10 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนในเนื้อเยื่อปูแสมที่พบในป่าชายเลน (*Metaplax dentipes*) (★) และ(*Sesarma*)( ) (*Metaplax dentipes*) ในหาดโคลน (▽) และไส้เดือนทะเล (polycheates) สกุล Nereididae (○) และไส้เดือนทะเลชนิด *Potamila* (△) หอยกะพง (□) สารอินทรีย์แขวนลอย (POM) ในป่าชายเลน หาดโคลน และน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ใบไม้ป่าชายเลน และดินตะกอน ในป่าชายเลน หอยแครง (cockle) (○) หอยตลับลาย (—) หอยแมลงภู่(green mussel)(✖) หอยนางรม(oyster)(◇) ปลากระบอก(mullet fish)(◆) สารอินทรีย์แขวนลอย และดินตะกอนในหาด ✚ เลน(mudflat)



ภาพที่ 5-11 สัดส่วนไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจนของแต่ละสถานี ในเนื้อเยื่อหอยกะพง (*Arcuatula senhousia*)(Horse mussel) และไส้เดือนทะเลสกุล Nereididae ใบไม้ในป่าชายเลน ดินตะกอนในป่าชายเลน ดินตะกอนในหาดโคลน และอินทรีย์แขวนลอยในน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ และสารอินทรีย์แขวนลอย(POM) ในป่าชายเลน ในหาดโคลน

5.2.2 สารอินทรีย์แขวนลอย Particulate organic matter (POM)

จากการศึกษาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ใน POM โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ในอินทรีย์แขวนลอยในพื้นที่ป่าชายเลนใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ ในอินทรีย์แขวนลอยที่มาจากน้ำทิ้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ แสดงให้เห็นว่า สารอินทรีย์แขวนลอยในพื้นที่ป่าชายเลน ในขณะที่ ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในอินทรีย์แขวนลอยจากพื้นที่หาดโคลน ไม่ใกล้เคียงกับ $\delta^{13}C$ ในอินทรีย์แขวนลอยที่มาจากน้ำทิ้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่า อินทรีย์แขวนลอยในหาดโคลนไม่ได้มีแหล่งที่มาจากน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดังภาพที่ 4-61 เนื่องจากป่าชายเลนเป็นพื้นที่เชื่อมต่อระหว่างบนบกและในทะเล โดยป่าชายเลนจะทำหน้าที่เป็น buffer zone ในการรองรับสารอินทรีย์ที่มาจากบนบก ซึ่งรากพืชจำนวนมากหลากหลายชนิดในป่าชายเลนจะทำการดูดซับสารอินทรีย์ที่มาจากน้ำเสียของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ และกระบวนการทางเคมีต่าง ๆเช่น กระบวนการ nitrification และ denitrification ที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศป่าชายเลน โดยแบคทีเรียจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในพื้นที่ป่าชายเลน อาจจะทำให้สารอินทรีย์เกิดการตกตะกอนและสะสมอยู่ในพื้นดินป่าชายเลน และอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงมีผลทำให้สารอินทรีย์เกิดการสะสมในป่าชายเลนเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ASchenbroich et al. (2015) ได้ทำการศึกษาการแปรผันของช่วงเวลาและพื้นที่ที่มีผลต่อองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนที่ได้รับสารอินทรีย์มาจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง พบว่า สารอินทรีย์แขวนลอยจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งมีการแพร่กระจาย และตกตะกอนสะสมอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลนจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงในรอบวัน

5.2.3 เนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ป่าชายเลน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจนในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อหาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณป่าชายเลนเมืองใหม่ บริเวณปากคลองห้วยละมุ จ.ชลบุรี พบว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในปูแสม *Metaplax* ที่อยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน ดังภาพที่ 5-11 สูงกว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในปูชนิด *Sesarma* และแหล่งอาหารในป่าชายเลน ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่า แหล่งที่มาของอาหารในปูแสมทั้งสองชนิดนี้ไม่ได้มาจากแหล่งเดียวกัน โดยปริมาณ $\delta^{13}C$ ในปูชนิด *Sesarma* ใกล้เคียงกับ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลน ดินตะกอนจากป่าชายเลน และน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ จ.ชลบุรี แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาในอาหารของปูชนิด *Sesarma* ได้รับมาจากใบไม้ป่าชายเลน ดินตะกอนจากป่าชายเลน และน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำมีการแพร่กระจายเข้าสู่พื้นที่ป่าชายเลน โดยสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนนำไปใช้ประโยชน์ นั่นคือ ปูแสมชนิด *Sesarma* ดังภาพที่ 4-60 จากการศึกษาของ Cannicci et al (2009) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของน้ำเสียชุมชนที่มีผลต่อกลุ่มประชากรของหอยและปูที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนทางตะวันออกของแอฟริกา พบว่า น้ำเสียชุมชนมีผลต่อกลุ่มประชากรของปูที่อยู่ในป่าชายเลน

5.2.4 เนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตในพื้นที่หาดโคลน

จากการศึกษาแหล่งที่มาของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่หาดโคลน พบว่า ปริมาณ $\delta^{13}C$ ในหอยทะเลสองฝาที่อยู่ในพื้นที่หาดโคลน ได้แก่ หอยกะพง หอยนางรม หอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยตลับลายสูงกว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในแหล่งอาหารในป่าชายเลน และสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในหอยทะเลสองฝาที่อยู่ในพื้นที่หาดโคลนไม่ได้มาจากป่าชายเลน และน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ดังภาพที่ 4-61 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของประมวล สีจันทร์ (2554) พบว่าแหล่งที่มาของอาหารในหอยทะเลสองฝาที่เลี้ยงใกล้กับป่าชายเลน ได้แก่ สาหร่ายหน้าดิน benthic diatom และดินตะกอนจากพื้นที่เลี้ยงหอย

5.2.5 ดินตะกอน

5.2.5.1 ดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลน

จากการศึกษาดินตะกอนที่ระดับผิวในป่าชายเลนเมืองใหม่ บริเวณปากคลองห้วยละมุ จ.ชลบุรี พบว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลน มีปริมาณน้อยกว่าในพื้นที่หาดโคลน ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าดินตะกอนในพื้นที่ป่าชายเลน และพื้นที่หาดโคลนไม่ได้รับสารอินทรีย์มาจากแหล่งเดียวกัน เนื่องจากในพื้นที่ป่าชายเลนได้รับสารอินทรีย์จากเศษซากพืช และใบไม้ที่ร่วงหล่นทับถมอยู่บนดินตะกอนเป็นเวลานาน (Ray et al., 2015) โดยปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนป่าชายเลนใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ ในใบไม้ป่าชายเลน และน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ แสดงให้เห็นว่า แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนป่าชายเลนได้รับมาจากใบไม้ในป่าชายเลน และน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ จ.ชลบุรี

5.2.5.2 ดินตะกอนในพื้นที่หาดโคลน

ในพื้นที่หาดโคลน พบว่าปริมาณ $\delta^{13}C$ ในดินตะกอนสูงกว่าในพื้นที่ป่าชายเลน เนื่องจากในพื้นที่หาดโคลนมีแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น แปลงเพาะเลี้ยงหอย ดังนั้นในพื้นที่หาดโคลนจึงได้รับสารอินทรีย์มาจากแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเศษซากสิ่งมีชีวิตที่ตายและสะสมอยู่ในดินตะกอนในพื้นที่หาดโคลน เช่นเดียวกับการศึกษาของประมวล สีจันทร์ (2554) พบว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ที่อยู่ในดินตะกอนบริเวณหาดโคลน หรือแปลงเพาะเลี้ยงหอยส่วนหนึ่งมาจากเศษซากของหอยที่เกิดการตายในพื้นที่เพาะเลี้ยงและสะสมทับถมอยู่ในดินตะกอน ปริมาณ $\delta^{15}N$ ในดินตะกอนป่าชายเลนใกล้เคียงกับ ปริมาณ $\delta^{15}N$ ในน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ แสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนป่าชายเลนได้รับมาจากน้ำทิ้งจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในทางตรงกันข้าม ปริมาณ $\delta^{15}N$ ในน้ำเสียจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำสูงกว่าดินตะกอนในพื้นที่หาดโคลน ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่า ดินตะกอนในพื้นที่หาดโคลนไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำเสียที่มาจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ และการศึกษาการสะสมของสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับความลึก พบว่าปริมาณ $\delta^{15}N$ ในดินตะกอนมีแนวโน้มลดลงเมื่อความลึกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเกิดจากกระบวนการ denitrification โดยเริ่มเกิดขึ้นจากกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยมีการดึงไนโตรเจนไปใช้ในกระบวนการหายใจมากกว่าการตรึงไนโตรเจน ทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลง (จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, 2548)

5.3 การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสีย ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน (จังหวัดชลบุรี)

5.3.1. ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

5.3.1.1 เมืองขนาดเล็ก: พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข

จากผลคุณภาพน้ำเสียชุมชน (ตารางที่ 5-2) สถานี A2-A5 ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ปริมาณบีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 9.19 - 19.9 mg/l และ 9.55 - 22.5 mg/l ตามลำดับ ซึ่งการติดตามคุณภาพน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเลทั้ง 2 ครั้ง พบว่า เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) (ตารางที่ 4-7) ยกเว้นสถานี A2 (ครั้งที่2) ที่เกินจากมาตรฐาน ฯ เพียงเล็กน้อย (22.5 mg/l) ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวม มีค่าอยู่ในช่วง 1.154 - 8.48 mg/l และ 0.57-1.65 mg/l ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ในทางกลับกัน แหล่งน้ำผิวดินบริเวณสถานีคลองบางโปรง (B4) ปริมาณออกซิเจนละละลายน้ำ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 3.4 และ 1.59 mg/l ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองครั้งต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (ตารางที่ 4-7) ปริมาณบีโอดีครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 9.4 และ 11.6 mg/l ตามลำดับ ส่วนปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) มีค่าเท่ากับ 2.16 mg-N/L ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์มีค่าเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) (กรมควบคุมมลพิษ, ตรวจวัดวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2561) บริเวณจุดเชื่อมคลองพานทองและคลองสัตตพงษ์ อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นคลองที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยเป็นระยะทางกว่า 10 กิโลเมตร (ชุมชนบริเวณตำบลพานทองจนถึงนิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ ปากคลองไหลลงสู่แม่น้ำบางปะกง) พบว่า ปริมาณบีโอดี (7.4 mg/l) และแอมโมเนีย (NH_3^-) (4.80 mg-N/L) มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ฯ เช่นกัน (ตารางที่ 4-7) สอดคล้องกับรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี (สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, 2561) พบว่า คลองบางโปรงมีคุณภาพน้ำทะเลอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก ตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (MWQI) (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) โดยมีปริมาณแอมโมเนียรวมเท่ากับ 2,713 µg-N/L ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2560) (สำหรับเขตชุมชนไม่เกิน 950 µg-N/L) และปริมาณไนเตรท (NO_3^-) เท่ากับ 403 µg-N/L ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ เช่นกัน (ไม่เกิน 60 µg-N/L) หากแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงเกินไปจะทำให้สัตว์น้ำขับถ่ายแอมโมเนียได้น้อย ส่งผลให้พีเอชของเลือดสูงขึ้น ระดับแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลเสียต่อปฏิกิริยาต่าง ๆ ของกระบวนการหลั่งเอนไซม์ของสิ่งมีชีวิต (Lawson, 1995)

ซึ่งน้ำทิพย์ บุญขวาง (2553) ได้รายงานว่าคลองขนาดเล็กในอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี (คลองบางโปรง คลองสังเขป และคลองบางปลาสร้อย) มีปริมาณการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจนลงสู่อ่าวชลบุรี ได้แก่ แอมโมเนีย ไนเตรท และไนโตรเจนรวม เท่ากับ 182.2, 126.5 และ 274 ตัน/ปี ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคลองขนาดเล็กที่ไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณชายฝั่งทะเลมีศักยภาพสูงในการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจน ตะกอนแขวนลอย รวมถึงมลสารอื่น ๆ ออกสู่อ่าว

ไทยตอนใน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทะเล สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลและอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสี ได้ในอนาคต จากการสำรวจและรับแจ้งจากเครือข่าย พบว่าเกิดปรากฎการณ์น้ำทะเลเปลี่ยนสีจำนวน 25 ครั้ง ซึ่งเกิดในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยถึง 22 ครั้ง และพบมากที่สุดในจังหวัดชลบุรี (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2559)

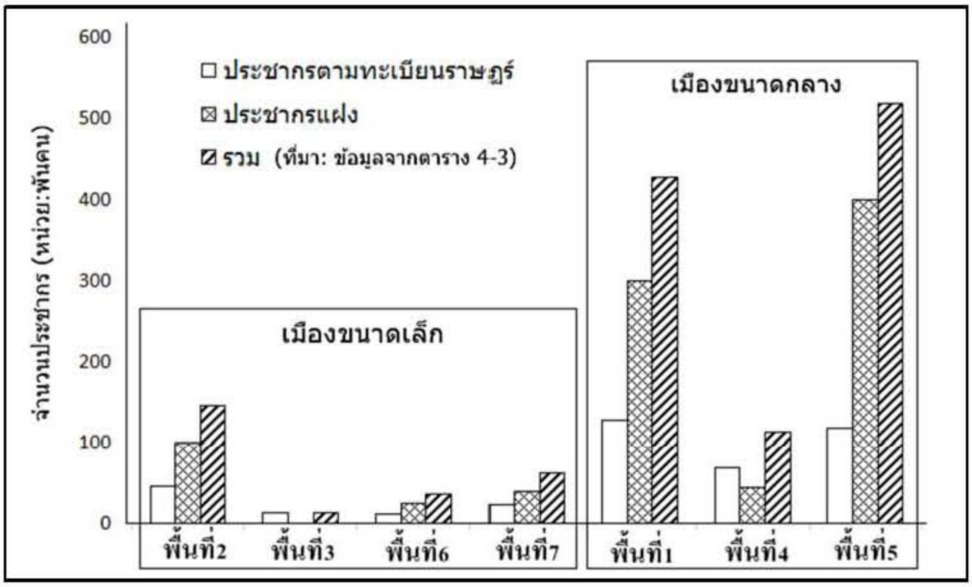
พื้นที่ให้บริการโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ ครอบคลุมพื้นที่บริการ 20.26 ตารางกิโลเมตร เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (แสดงในภาพที่ 4-75) พบว่า เขตพาณิชยกรรมแทรกตัวอยู่ในเขตชุมชนที่อยู่อาศัยตลอดแนวถนนสุขุมวิท โดยเฉพาะพื้นที่ตลาดหนองมนและถนนลงหาดบางแสน ยังมีโรงแรมและร้านอาหารขนาดใหญ่หลายแห่งกระจายตัวบริเวณถนนหน้าหาดบางแสนไปจนถึงแหลมแท่น ดังการศึกษาของปวีณา เปรมเจริญ (2554) พบว่าในพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุขมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมเพื่อการอยู่อาศัย การพาณิชย์และการบริการ โดยมีการกระจายตัวไปตามที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยว สถาบันการศึกษา และเส้นทางคมนาคมโดยเฉพาะตามแนวถนนสายหลัก แสดงให้เห็นว่าลักษณะการใช้ที่ดินของเทศบาลเมืองแสนสุขมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของประชากรแฝง (นักท่องเที่ยวและนักศึกษา) ในพื้นที่อย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากหาดบางแสนเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งของประเทศไทย มีความยาวประมาณ 2.5 กิโลเมตร พื้นที่รวมกว่า 76 ไร่ และมีจำนวนนักท่องเที่ยวในแต่ละปีมากกว่า 1.8 ล้านคน (กรมการท่องเที่ยว, 2558) จากกิจกรรมการท่องเที่ยวดังกล่าว ส่งผลให้ประชากรแฝงมากกว่าประชากรตามทะเบียนราษฎร์เป็นเท่าตัว (ภาพที่ 5-11) โดยมีประชากรรวมในพื้นที่ประมาณ 146,000 คน (กรมการปกครอง, 2560)

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 17,517 ลบ.ม./วัน (ตารางที่ 5-2) ในขณะที่ระบบบำบัดสามารถรองรับน้ำได้ 23,000 ลบ.ม/วัน ปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัดประมาณ 14,000 ลบ.ม./วัน และน้ำเสียที่ไม่ถูกนำเข้าสู่ระบบกว่า 3,571 ลบ.ม./วัน (ภาพที่ 5-13) แสดงให้เห็นว่า ความสามารถการรองรับของระบบบำบัดในโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุขเหนือและแสนสุขใต้ ยังคงเพียงพอสำหรับการรองรับกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่เทศบาลเมืองแสนสุข ในส่วนโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย พบว่า ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ยกเว้นบริเวณชุมชนสองฝั่งแนวคลองบางโปรงและทางตอนใต้ของพื้นที่บริเวณถนนเทศบาลพัฒนา (ถนนเลี่ยงเมือง) ซึ่งมีการกระจายตัวของเขตพาณิชยกรรมและเขตชุมชนที่อยู่อาศัยแยกจากศูนย์กลางของพื้นที่ศึกษา โดยที่โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมไปยังพื้นที่ดังกล่าว

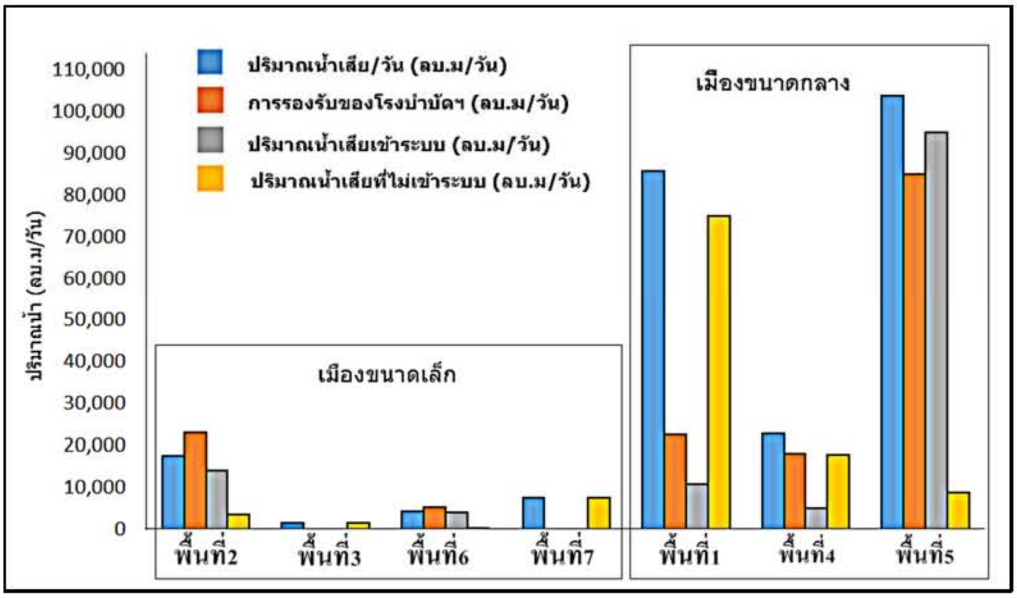
ตารางที่ 5-2 จำนวนประชากรเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำเสียในแต่ละพื้นที่

พื้นที่	ประชากรรวม คน	ปริมาณน้ำเสีย/วัน (ลบ.ม/วัน)	การรองรับของระบบ (ลบ.ม/วัน)	น้ำเข้าระบบ (ลบ.ม/วัน)	น้ำเข้าระบบ %	น้ำไม่เข้าระบบ (ลบ.ม/วัน)	BOD Influence mg/l	BOD Effluent mg/l	ประสิทธิภาพการบำบัด	แนวท่อครอบคลุม
1 (เมืองชล ฯ)	429,033	85,807	22,500	10,900	48%	74,907	38.23	5.88	84%	ไม่ครอบคลุม
2 (บางแสน)	146,425	17,571	14,000 (แสนสุขเหนือ)	6,500	46%	3,571	41.65	10.26	75%	ครอบคลุม
			9,000 (แสนสุขใต้)	7,500	83%		37.53	9.5	74%	ครอบคลุม
3 (บางพระ)	13,252	1,590	ไม่มีโรงบำบัด			1,590	ไม่มีโรงบำบัด			
4 (ศรีราชา)	113,904	22,781	18,000	4,000	74%	17,781	31.3	9.12	70%	ไม่ครอบคลุม
5 (พัทยา)	518,511	103,702	65,000 (หนองใหญ่)	80,000	123%	8,702	53.32	14.98	71%	ครอบคลุม
			20,000 (วัดบุญย์ ฯ)	15,000	75%		50.22	14.65	70%	ครอบคลุม
6 (บางเสร่)	36,167	4,340	5,400	4,000	74%	340	31.32	7.28	76%	ไม่ครอบคลุม
7 (สัตหีบ)	63,045	7,565	ไม่มีโรงบำบัด			7,565	ไม่มีโรงบำบัด			

172



ภาพที่ 5-12 จำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ ประชากรแฝง และประชากรรวมของแต่ละเมือง พื้นที่ 2 คือ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองแสนสุข, พื้นที่ 3 คือ เทศบาลตำบลบางพระ, พื้นที่ 6 คือ โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลตำบลบางเสร่, พื้นที่ 7 คือ เทศบาลเมืองสัตหีบ อำเภอสัตหีบ, พื้นที่ 1 คือ พื้นที่องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี พื้นที่ 4 คือ พื้นที่บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเทศบาลเมืองศรีราชา และพื้นที่ 5 เมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม)



ภาพที่ 5-13 เปรียบเทียบปริมาณน้ำเสียที่เกิดในพื้นที่, ความสามารถในการรองรับของระบบ ฯ , ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด และปริมาณน้ำเสียที่ไม่ได้เข้าระบบบำบัดในแต่ละพื้นที่

5.3.1.2 เมืองขนาดกลาง: พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี

จากผลคุณภาพน้ำทิ้ง (แสดงในตารางที่ 4-5) สถานี A1 ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 5.2 และ 7.3 mg/l ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสรวมเท่ากับ 8.5 mg/l และ 0.66 mg/l ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 255ถ) (ตารางที่ 3-2) ในขณะที่แหล่งน้ำผิวดิน สถานี B1-B3 (ตารางที่ 4-6) ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.34 -1.18 mg/l ซึ่งทั้งสองครั้ง พบว่า ทุกสถานีมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 3-2) ส่วนปริมาณบีโอดีมีค่าอยู่ในช่วง 18.8-175 mg/l และปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) มีค่าอยู่ในช่วง 1.22-2.1 mg-N/L ทั้งสองพารามิเตอร์มีค่าเกินจากเกณฑ์มาตรฐานฯ สอดคล้องกับรายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก ครั้งที่ 2/2561 (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2561) ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำและคลองสาขาของลุ่มน้ำบางปะกงทั้งหมด 13 สถานี พบว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม (62%)

โดยพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงปัญหามากที่สุด คือ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ, การปนเปื้อนของแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) คลองสังเขป (B1) และคลองบางปลาสร้อย (B2) มีเส้นทางไหลผ่านเขตชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตพาณิชยกรรมของพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรีเป็นระยะทางกว่า 2 กิโลเมตร สาเหตุที่คุณภาพน้ำของคลองทั้งสองแห่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) กล่าวคือ ชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตพาณิชยกรรมบริเวณใกล้เคียงลำคลองมีการระบายน้ำเสียลงสู่คลองทั้งสองสายโดยตรง เนื่องจากแนวท่อรวบรวมน้ำเสียมิได้ครอบคลุมไปยังชุมชนดังกล่าว (โดยเฉพาะชุมชนริมทะเล) ส่วนคลองห้วยละมุ (B3) ตั้งอยู่นอกเขตเทศบาล ฯ เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ จึงมีคุณภาพน้ำดีกว่าคลองสังเขปและคลองบางปลาสร้อย ซึ่งคลองทั้ง 3 สายมีปากคลองออกสู่ทะเลอ่าวไทยทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา สอดคล้องกับรายงานผลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13, 2558) ตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออกทั้งหมด 60 จุด พบว่า คุณภาพน้ำของอ่าวชลบุรี, ศรีราชา (เกาะลอย), พัทยากลาง และท่าเรือสัตหีบอยู่ในระดับเสื่อมโทรม ตามเกณฑ์ดัชนีคุณภาพน้ำทะเล (Marine Water Quality Index) (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) พารามิเตอร์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ฯ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายใน น้ำ (DO) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH3 -N) บริเวณพื้นที่อ่างศิลาและอ่าวศรีราชา (เกาะลอย), ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (PO4 -P) บริเวณพื้นที่อ่าวชลบุรี อ่างศิลา บางแสน อ่าวศรีราชา (เกาะลอย) หาดจอมเทียน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานสถาการณ์มลพิษของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) พบว่าชลบุรีมีคุณภาพน้ำชายฝั่งลดลงจากปี พ.ศ. 2558 จึงถูกจัดอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก

เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-76) พบว่า เขตพาณิชยกรรมแทรกตัวอยู่ในเขตชุมชนที่อยู่อาศัยตามแนวถนนสายหลัก เช่น ถนนสุขุมวิท ถนนวชิรปราการและถนนเศรษฐกิจ โดยเฉพาะบริเวณฝั่งตะวันตกของถนนวชิรปราการ

ใกล้กับตลาดใหม่และตลาดท่าเรือพลี เขตชุมชนที่อยู่อาศัยมีลักษณะกระจุกตัวหนาแน่นตามแนวชายฝั่งทะเล สอดคล้องกับภูวไนย พลไชย (2547) พบว่า ชุมชนแออัดชายทะเลในเขตเทศบาลเมืองชลบุรีมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและพื้นที่ชายฝั่งทะเลมากกว่าชุมชนบริเวณอื่น เนื่องจากประชากรในชุมชนแออัดชายทะเลส่วนใหญ่เป็นชาวประมงดั้งเดิมที่สืบทอดการประกอบอาชีพมาจากบรรพบุรุษ

พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำองค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรีครอบคลุมพื้นที่ 36 ตารางกิโลเมตร มีประชากรท้องถิ่นและประชากรแฝงรวมกันประมาณ 429,000 คน (ตารางที่ 4-7) จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 85,807 ลบ.ม./วัน (ตารางที่ 5-2) ในขณะที่ระบบบำบัดสามารถรองรับน้ำได้เพียง 22,500 ลบ.ม/วัน และมีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัดประมาณ 10,900 ลบ.ม./วัน (ภาพที่ 5-77) แสดงให้เห็นว่า ความสามารถการรองรับของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งมีน้ำเสียที่ไม่ถูกนำเข้าสู่ระบบบำบัดกว่า 74,900 ลบ.ม./วัน (ตารางที่ 5-2) สำหรับโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (ภาพที่ 4-76) ท่อดักน้ำเสียวางตัวในแนวเหนือจรดใต้บริเวณตอนกลางของเทศบาลเมืองชลบุรี สถานีสูบน้ำเสีย PS1 ทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียจากทิศเหนือ (เทศบาลตำบลบางทราย) ส่วนสถานีสูบน้ำเสีย PS2 จะรวบรวมน้ำเสียที่เกิดจากพื้นที่ฝั่งตะวันออกของถนนวชิรปราการและลำเลียงต่อไปยังโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ที่ตั้งอยู่ทางตอนใต้ ในขณะที่เขตชุมชนที่อยู่อาศัยขนาดใหญ่ทางฝั่งตะวันตกของถนนวชิรปราการไม่สามารถรวบรวมน้ำเสียเข้าสู่ท่อดักน้ำเสียได้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีระดับต่ำกว่าทางฝั่งตะวันออก จากการสำรวจภาคสนาม พบว่า น้ำในคลองสังเขป (B1) มีความสกปรกสูง (ปริมาณบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 117.6 mg/l) มีลักษณะเป็นสีดำและส่งกลิ่นเหม็น รวมไปถึงยังพบสิ่งปฏิกูลและขยะเป็นจำนวนมาก โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียโดยภาพรวม พบว่าครอบคลุมเฉพาะพื้นที่บริเวณถนนวชิรปราการและส่วนหนึ่งของถนนพระยาสัจจาเท่านั้น สำหรับพื้นที่เขตพาณิชยกรรมและชุมชนที่อยู่อาศัยที่การกระจายออกไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้สองฝั่งถนนเศรษฐกิจนั้น แนวท่อรวบรวมน้ำเสียยังไม่ครอบคลุมไปยังบริเวณดังกล่าว

5.3.1.3 เมืองท่องเที่ยว: พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่และวัดบุณย์กัญจนาราม) อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

คุณภาพน้ำเสียชุมชน สถานี A10-A14 (ตารางที่ 4-5) ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในช่วง 1.57-7.63 mg/l เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) (ตารางที่ 4-7) ส่วนปริมาณบีโอดีจากเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 12.07 – 126.6 mg/l มีเพียงสถานี A10 และ A13 ที่เป็นไปตามาตรฐาน ฯ ทั้งสองครั้งเนื่องจากเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำฯ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมอยู่ในช่วง 1.25-2.38 mg/l ซึ่งสถานี A13 และ A14 เกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ในขณะที่แหล่งน้ำผิวดินสถานี B7-B9 (แสดงในตารางที่ 4-6) ทุกสถานีมีปริมาณออกซิเจนละละลายน้ำอยู่ในช่วง 0.3 -2.4 mg/l ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 4-7) ปริมาณบีโอดีอยู่

ในช่วง 5.6-175 mg/l ซึ่งทุกสถานีเกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ ทั้งสองครั้ง ส่วนปริมาณแอมโมเนีย (NH_3^-) อยู่ในช่วง 0.3-2.33 mg-N/L มีเพียงสถานี B8 ที่เกินจากเกณฑ์มาตรฐาน ฯ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย และคุณภาพน้ำทิ้งของทั้งสองพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่พัทยา-นาเกลือ และนาจอมเทียน พบว่า สถานีท่อ Walking Street (A11) มีปริมาณบีโอดีสูงถึง 126.6 mg/l เป็นน้ำเสียที่ถูกรวบรวมมาจากถนนพัทยาสาย 1 (แสดงในภาพที่ 4-78) ซึ่งเป็นเขตพาณิชยกรรมหนาแน่น มีลักษณะเป็นอาคารพาณิชย์กึ่งพักอาศัยจำนวนมาก รวมไปสถานประกอบการต่าง ๆ เช่น ที่พักขนาดเล็ก ร้านอาหาร สถานบันเทิง และห้างสรรพสินค้า ฯลฯ ในขณะที่ท่อหน้าโรงแรมแกรนด์พัทยา (A12) มีปริมาณบีโอดีเพียง 12.07 mg/l ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ถูกรวบรวมมาจากถนนจอมเทียนสาย 1 (แสดงในภาพที่ 4-79) ซึ่งถนนสายดังกล่าว เป็นที่ตั้งของโรงแรมและคอนโดมิเนียมขนาดใหญ่หลายแห่ง กล่าวได้ว่า สาเหตุที่พื้นที่นาจอมเทียนมีคุณภาพน้ำทิ้งดีกว่าพื้นที่พัทยา-นาเกลือ เนื่องจากการที่โรงแรมต่าง ๆ มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบติดกับที่ (Onsite Treatment) ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ติดตั้งเพื่อบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย อาคารชุด โรงเรียน หรือสถานที่ประกอบการ เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความสกปรกของน้ำเสียก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ซึ่งเป็นไปตามกฎหมายกำหนดว่าอาคารสำหรับใช้เป็นโรงแรมจำเป็นต้องมีระบบระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียภายในเป็นของตนเอง (กรมการปกครอง, 2551) จึงทำให้น้ำเสียที่ออกมาจากเขตพาณิชย์กรรมในบริเวณดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ในทางกลับกัน สถานีท่อหน้าร้านลุงไสว 1 (A14) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อระบายน้ำออกสู่ชายฝั่งทะเลโดรยตรงมีปริมาณบีโอดีสูงถึง 66 mg/l เนื่องจากท่อดังกล่าวอยู่นอกพื้นที่รับผิดชอบโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดบุณย์กัญจนาราม (เมืองพัทยา, 2560) น้ำเสียจึงไม่ถูกรวบรวบเข้าสู่ท่อดักน้ำเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนเข้าระบบ (Influence) ของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำซอยวัดบุณย์กัญจนาราม พบว่า มีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 50.22 mg/l ซึ่งใกล้เคียงกับสถานี A14

ในส่วนของแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ คลองนกยาง (B7), คลองมาบยายเลีย (B8) และคลองห้วยใหญ่ (B9) ทุกสถานีปริมาณบีโอดีเท่ากับ 100.8, 67.87 และ 7.72 mg/l ตามลำดับ ซึ่งเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (ตารางที่ 4-7) กล่าวคือคลองนกยาง (แสดงในภาพที่ 4-78) ไหลผ่านชุมชนที่อยู่อาศัยแออัดบริเวณที่ว่าการอำเภอบางละมุง ส่วนคลองมาบยายเลียไหลผ่านเขตที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมบริเวณชุมชนวัดหนองใหญ่ สาเหตุที่มีปริมาณบีโอดีสูง เนื่องจากคลองนกยางและคลองมาบยายเลียทำหน้าที่เป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากบ้านเรือนที่ตั้งอยู่บริเวณสองฝั่งคลอง สำหรับคลองมาบยายเลียเป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (ซอยวัดหนองใหญ่) และบางส่วนเป็นน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัด แต่คลองนกยางรองรับน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดแต่อย่างใด (ปริมาณบีโอดีสูงเป็นอันดับสองของแหล่งน้ำผิวดินในการศึกษาครั้งนี้) เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการศึกษาสภาวะแวดล้อมในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (สำนักผังเมือง, 2559) ทำการศึกษาคุณภาพแหล่งน้ำธรรมชาติของกรุงเทพฯ แบ่งเป็นจุดเก็บในคลองต่าง ๆ รวม 292 จุด และแม่น้ำเจ้าพระยา 9 จุด พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 1 mg/l มีทั้งหมด 99 จุด ส่วนปริมาณบีโอดีที่มีค่าสูงกว่า 15 mg/l มีทั้งหมด 124 จุด ซึ่งเป็นคลองที่กระจาย

อยู่ในเขตศูนย์กลางธุรกิจและพาณิชยกรรม รวมไปถึงเขตที่อยู่อาศัยเป็นหลัก จากรายงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าคลองนกยางและคลองมาบยายเลียมีคุณภาพน้ำต่ำกว่าคลองหลายแห่งในกรุงเทพฯ

สอดคล้องกับ Jin Hur and Jinwoo choo (2012) ซึ่งได้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำ 18 สถานี ของแม่น้ำแกป ซึ่งมีพื้นที่ลุ่มน้ำมากกว่า 662 ตร.กม ไหลผ่านย่านชุมชนหนาแน่นของเมืองแทจอน ประเทศเกาหลีใต้ มีประชากรกว่า 1.5 ล้านคน พบว่า คุณภาพน้ำจากสถานีเก็บตัวอย่าง 5 จุดที่อยู่ในระยะ 100 เมตร จากบริเวณที่มีการปล่อยน้ำทิ้งของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำขนาดใหญ่ (รองรับน้ำทิ้ง 900,000 ลบ.ม./วัน) ปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย (NH_3^-) และไนเตรท (NO_3^-) มีค่าอยู่ในช่วง 10.1 – 24.5 mg/l, 4.70 – 11.10 mg-N/L และ 1.32 – 1.98 mg-N/L ตามลำดับ ซึ่งบริเวณลุ่มน้ำตอนล่างแสดงผลคุณภาพน้ำที่เกินเกณฑ์มาตรฐานฯ เช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีบริเวณต้นน้ำที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมของมนุษย์ พบว่า ปริมาณบีโอดี, แอมโมเนีย (NH_3^-) และไนเตรท (NO_3^-) มีค่าเท่ากับ 0.6, 0.01 และ 0.26 ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าแม่น้ำแกปมีแนวโน้มที่จะได้รับมลสารต่าง ๆ จากกิจกรรมของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการวิจัยในประเทศเวียดนาม Trinh et al. (2006) สำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำที่แม่น้ำทูริช (To Rich) และแม่น้ำฮุย (Nhue) ซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียมาจากเมืองฮานอย ซึ่งมีประชากรมากกว่า 7.5 ล้านคน แสดงให้เห็นคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน พบว่า ปริมาณบีโอดีเท่ากับ 70 mg /l, ฟอสฟอรัสทั้งหมด 3.5 mg/l, ไนโตรเจนทั้งหมด 31.6 mg N/l, ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำน้อยกว่า 1 mg/l แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำของคลองนกยางและคลองมาบยายเลียควรได้รับการฟื้นฟูสภาพน้ำเป็นการเร่งด่วนเพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศในระยะยาว

จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถคำนวณปริมาณน้ำเสียในพื้นที่ได้ 103,702 ลบ.ม./วัน (แสดงในตารางที่ 5-2) โดยเมืองพัทยาแบ่งพื้นที่รวบรวมน้ำเสียเป็น 2 แห่ง ได้แก่ พื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ อยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดหนองใหญ่) และพื้นที่นาจอมเทียนอยู่ในพื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา (ซอยวัดบุณย์กัญจนาราม) (แสดงในภาพที่ 4-77) ในขณะที่ระบบบำบัดซอยวัดหนองใหญ่และซอยวัดบุณย์กัญจนาราม สามารถรองรับน้ำได้ 65,000 และ 20,000 ลบ.ม/วัน ตามลำดับ มีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบำบัด 80,000 และ15,000 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4-7) แสดงให้เห็นว่าความสามารถการรองรับของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ฯ ซอยวัดหนองใหญ่ ไม่เพียงพอกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งโดยรวมเมืองพัทยามีน้ำเสียที่ไม่ถูกนำเข้าสู่ระบบบำบัดกว่า 8,702 ลบ.ม./วัน (แสดงในตารางที่ 5-2) สำหรับโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียและท่อระบายน้ำ ในพื้นที่ตำบลนาเกลือและพื้นที่พัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ พบว่าท่อดักน้ำเสียอยู่บริเวณถนนสายหลัก ได้แก่ ถนนสุขุมวิท ถนนพัทยาสาย 1 และสาย 2 (แสดงในภาพที่ 4-78) มีสถานีสูบน้ำเสียทั้งหมด 6 แห่ง ส่วนพื้นที่นาจอมเทียนซึ่งมีแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย 7 แนว และมีสถานีสูบน้ำเสีย 9 แห่ง (แสดงในภาพที่ 4-79) สรุปได้ว่าภาพรวมโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียของเมืองพัทยาค่อนข้างครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่

พื้นที่ให้บริการของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเมืองพัทยา อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 53.4 ตารางกิโลเมตร เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-78 และ 4-79) พบว่า พื้นที่ตำบลนาเกลือและพัทยาเหนือ-กลาง-ใต้ ลักษณะที่อยู่อาศัยในพื้นที่เมืองพัทยามีลักษณะเป็นหมู่บ้านจัดสรรเป็นส่วนใหญ่

กระจายตัวตลอดแนวถนนเลียบทางรถไฟไปทางทิศใต้ของพื้นที่ (แสดงในภาพที่ 4-78) เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นตลอดแนวชายฝั่งหาดพัทยา ศูนย์กลางของย่านพาณิชยกรรมอยู่บริเวณถนนพัทยาสาย 1 และสาย 2 สอบคล้องกับ สกาวรัตน์ วีระเสถียร (2556) รายงานว่าทิศทางการขยายตัวของอาคารสูงในเมืองพัทยามีลักษณะเป็นแนวยาวจากทิศเหนือจรดใต้ตามรูปร่างของเมืองพัทยา ในปี พ.ศ. 2540, 2546 และ 2554 มีการขยายตัวซ้อนทับกันบริเวณเขตพัทยากลางและพัทยาใต้ ส่วนพื้นที่นาจอมเทียน พบว่า เขตชุมชนที่อยู่อาศัยมีลักษณะเป็นหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่กระจายตัวอยู่บริเวณตลอดแนวฝั่งตะวันออกของถนนเลียบทางรถไฟ (แสดงในภาพที่ 4-78) เขตพาณิชยกรรมกระจุกตัวหนาแน่นบริเวณเขาพระตำหนักและกระจายตัวลงไปทางทิศใต้ตลอดแนวชายฝั่งทะเลบริเวณถนนจอมเทียนสาย 1 และสาย 2 รวมไปถึงถนนสุขุมวิทในลักษณะของโรงแรม อาคารพาณิชย์และร้านอาหารขนาดใหญ่ ซึ่งการศึกษาของสกาวรัตน์ วีระเสถียร (2556) พบว่า อาคารสูงประเภทคอนโดมิเนียมและโรงแรมกระจายตัวอยู่บริเวณพื้นที่ราบตอนบนของหาดพัทยาลงมาทางทิศใต้จนถึงหาดนาจอมเทียน

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยทางกายภาพในบริเวณดังกล่าว พบว่า ยังมีพื้นที่โล่งจำนวนมาก เป็นไปได้ว่าจะมีการก่อสร้างอาคารสูงประเภทคอนโดมิเนียมและโรงแรมบริเวณดังกล่าวในอนาคตกล่าวได้ว่า ลักษณะการใช้ที่ดินของเมืองพัทยามีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการท่องเที่ยวอย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากเมืองพัทยาเป็นเมืองท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงมากที่สุดในระดับโลก หาดพัทยาเหนือมีความยาวจรดพัทยาใต้ประมาณ 3 กิโลเมตร ซึ่งสามารถทำกิจกรรมได้หลากหลาย เช่น เล่นน้ำ ดำน้ำดูปะการัง รวมไปถึงสถานที่ท่องเที่ยวในรูปแบบอื่น ๆ เช่น ปราสาทสัจธรรม พิพิธภัณฑ์ระดับโลกริบลี่ และตลาดน้ำสี่ภาค เป็นต้น เมืองพัทยาเป็นเมืองท่องเที่ยวที่มีการให้บริการแบบครบวงจรสามารถตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ทุกรูปแบบ (รุ่งระวี วีระเวสส์, 2016) ซึ่งในปี พ.ศ. 2558 เมืองพัทยามีจำนวนนักท่องเที่ยวมากกว่า 9.2 ล้านคน และมีผู้มาเยือนกว่า 9.8 ล้านคน (กรมการท่องเที่ยว, 2558) ส่งผลให้เมืองพัทยามีประชากรแฝงมากกว่าประชากรตามทะเบียนราษฎร์เป็นเท่าตัว (ภาพที่ 5-12) โดยมีประชากรรวมกว่า 518,000 คน (กรมการปกครอง, 2560) สอดคล้องกับ (สุชาติ เซี่ยงฉิน, 2016) ทำการศึกษาเมืองพัทยาโดยใช้วิธี SWOT Analysis พบว่าเมืองพัทยามีจุดแข็งและโอกาสในการเป็นแหล่งท่องเที่ยวบันเทิง รวมไปถึงการลงทุนด้านธุรกิจการโรงแรม ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ เป็นต้น เนื่องจากธุรกิจดังกล่าวส่งผลต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การค้าและการลงทุนของเมืองพัทยามาอย่างต่อเนื่อง ชี้ให้ว่าเมืองพัทยามีศักยภาพและความพร้อมสูงมากในการแข่งขันด้านการค้าและอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวกับประเทศในกลุ่มสมาคมเศรษฐกิจอาเซียนและประชาคมโลก

จากการอภิปรายข้างต้น แสดงให้เห็นว่าในอนาคตเมืองพัทยาจะมีการขยายตัวทั้งด้านเศรษฐกิจ การลงทุน และอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันอย่างมาก ดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพน้ำทิ้งและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับพิจารณาขยายโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย ท่อระบายน้ำ และเพิ่มจำนวนโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำเสีย เพื่อให้เมืองพัทยามีศักยภาพเพียงพอที่จะรองรับกับการขยายตัวของเมืองรวมไปถึงปริมาณน้ำเสียที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต

5.3.2 การศึกษาโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of Sewage Network)

จากการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่า โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of sewage network) ทุกพื้นที่เป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) ระบายน้ำที่อยู่ใต้ถนนสายหลัก โดยทั่วไปจะรวบรวมน้ำฝนและน้ำเสียจากชุมชนไว้ในท่อเดียวกัน ส่วนน้ำเสีย (รวมกับน้ำฝนจนเกิดการเจือจาง) ที่เกินความสามารถในการรองรับได้ของระบบบำบัดจะถูกปล่อยให้ไหลล้นฝายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537) สำหรับท่อชนิดท่อแยก (Separate System) ซึ่งไม่มีการใช้ระบบนี้ในพื้นที่ศึกษา เป็นระบบที่แยกระหว่างท่อระบายน้ำฝนและท่อระบายน้ำเสีย โดยท่อระบายน้ำฝนทำหน้าที่รับน้ำฝนเพียงอย่างเดียวและระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ส่วนท่อระบายน้ำเสียทำหน้าที่ในการรองรับน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมเพื่อส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย ดังการศึกษาของ Brombach and Fuchs (2005) ศึกษาโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียระหว่างระบบท่อแบบแยกและระบบท่อแบบรวม พบว่า ระบบท่อแยกให้ผลการวิเคราะห์ในพารามิเตอร์สารอาหารที่ดีกว่า ในขณะที่พารามิเตอร์กลุ่มโลหะหนัก และ COD ระบบท่อรวมกลับมีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีกว่า ซึ่งแตกต่างจาก Baffrey et al, 2013 ศึกษาระบบการจัดการน้ำเสียของระบบบำบัด 31 แห่ง ในพื้นที่ภาคตะวันออกของกรุงมะนิลา พบว่า ระบบท่อรวมมีความเสี่ยงและใช้ต้นทุนในการดูแลรักษาที่มากกว่า ในขณะที่ระบบท่อแยกมีแนวที่จะโน้มเผชิญกับปัญหาเรื่องปริมาณน้ำฝนไหลบ่าน้อยกว่าระบบท่อรวม อย่างไรก็ตาม ผลวิจัยชี้ ให้เห็นว่าระบบทั้งสองแบบล้วนมีประสิทธิภาพเช่นกัน ซึ่งการเลือกใช้ระบบท่อแบบใดย่อมขึ้นอยู่กับบริบทในพื้นที่นั้น ๆ

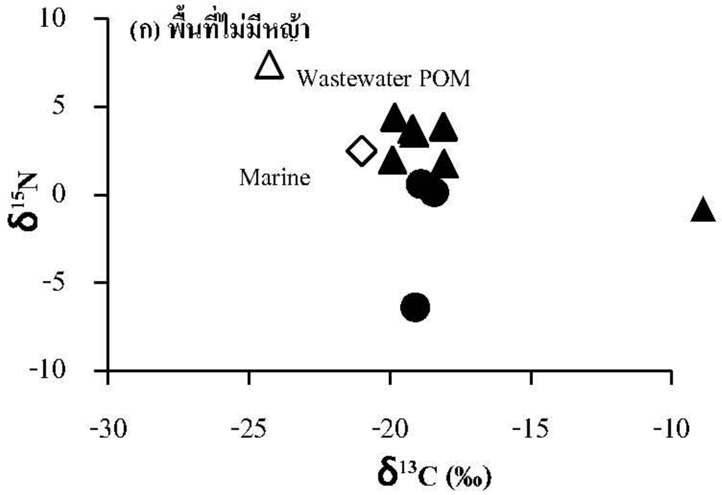
5.4 ระบบนิเวศหญ้าทะเล

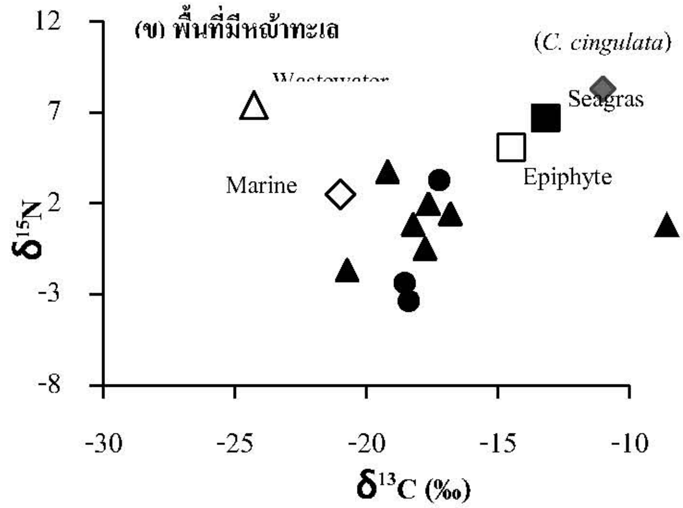
5.4.1 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ในดินตะกอน

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนที่ระดับผิว จากการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล (-20.74 ถึง -16.81 ‰) และในทั้งสองเดือน ผลการศึกษาพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งมีปริมาณ $\delta^{13}C$ สูงกว่าสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งชุมชน (-24.28 ‰) แสดงให้เห็นว่าดินตะกอนไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งชุมชน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนของการศึกษาครั้งนี้กับสารอินทรีย์ที่พบในตัวอย่างอื่น พบว่ามีปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนในดินตะกอนมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณ $\delta^{13}C$ สารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (-21.7 ถึง -20.8 ‰) ของการศึกษาครั้งนี้ จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนของพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล มีแหล่งที่มาจากสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (Marine POM) ดังภาพที่ 5-14 (Muzaka. 1999; Boonkhwang and Boonphakdee, 2013) เนื่องจากสารอินทรีย์แขวนลอย เช่น กลุ่มแพลงก์ตอนพืช หลังจากสิ่งมีชีวิตตายแล้ว ซากเหล่านี้จะถูกย่อยโดยผู้ย่อยสลายต่าง ๆ โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงให้เป็นสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ บางครั้งสารอินทรีย์จะเกิดการสลายตัว ตกตะกอนและทับถมอยู่ในดินตะกอน (Kaiser et al., 2014; Vanloon & Duffy, 2005) และการกระจายของปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอนพบว่ามีปริมาณสูงบริเวณใกล้ชายฝั่ง และมีปริมาณลดลงตามระยะทางเมื่ออยู่ห่างชายฝั่งออกไปทะเล เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนที่มาจากแผ่นดินนั้นถูก เจือจางลงจากอินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในทะเล (Gordon and Goni, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับ Onpankoon et al. (2013) พบว่าดินตะกอนในอ่าวไทยตอนใน ได้รับสารอินทรีย์จากแพลงก์ตอนพืชในทะเลเป็นส่วนใหญ่ และการศึกษาของ Kaiser et al. (2014) พบว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณอ่าว Lianzhou ทางตอนใต้ของจีน มีแหล่งที่มาสารอินทรีย์มาจากแพลงก์ตอนพืชในทะเล นอกจากนี้ในการศึกษาของ Papodimitriou et al. (2005) พบว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณแหล่งหญ้าทะเลของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มาจากอิพิไฟท์ และ Seston

ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิว ในเดือนพฤษภาคม และกันยายนไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4-92 และ 4-93) แต่ในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเลนั้นมีความแตกต่างของปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) จากภาพที่ 5-14 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวในพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคมของสถานี A1 A2 B1 B2 C1 และ C2 (3.7 4.4 2.0 3.5 3.9 และ 1.8 ‰ ตามลำดับ) และเดือนกันยายนในสถานี A1 และ C1 (0.6 และ 3.3 ‰) ส่วนในพื้นที่มีหญ้าทะเลในเดือนพฤษภาคมของสถานี D1 D2 E2 และ E3 (0.8 0.5 2.0 และ 1.4 ‰ ตามลำดับ) และเดือนกันยายนในสถานี E2 (3.3 ‰) มีค่าใกล้เคียงกับที่พบในอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (4.4 ± 0.31 ‰) จึงสามารถสรุปได้ว่าสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่ระดับผิวในสถานีดังกล่าวมีแหล่งที่มาจากอินทรีย์แขวนลอยในทะเล ส่วนปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนในดินตะกอนที่ระดับผิวของสถานีที่อยู่ใกล้ชายฝั่งสถานี B1 D1 E1 และ E1 (เดือนพฤษภาคม และกันยายน) มีปริมาณ $\delta^{15}N$ ต่ำมาก (-

6.4 -2.38 -2.41 และ -1.67 ‰ ตามลำดับ) เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งจากชุมชน (ดังภาพที่ 4-88) จึงทำให้ได้รับสารอินทรีย์ไนโตรเจนจากน้ำทิ้งหรือของเสียจากชุมชนปะปนลงมาด้วย (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542) ในขณะที่ปริมาณ $\delta^{15}N$ ในดินตะกอนตามความลึกมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเกิดจากกระบวนการดีไนติฟิเคชั่น (Denitrification) โดยจุลินทรีย์กลุ่มแอนแอโรบิคทำหน้าที่เป็นตัวย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจะรีดิวซ์สารประกอบอนินทรีย์ทั้งในรูปของไนเตรตและไนไตรท์ให้อยู่ในรูปของก๊าซไนโตรเจน โดยผ่านไนตริคออกไซด์ และไนตรัสออกไซด์ ตามลำดับ จึงส่งผลให้ปริมาณไอโซโทปเสถียรของไนโตรเจนมีค่าติดลบ (Lehmann, Bernasconi, Barbieri, & Mckenzie, 2002)





ภาพที่ 5-14 ปริมาณไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน ($\delta^{13}C$) และไนโตรเจน ($\delta^{15}N$) ในดินตะกอนระดับผิวใน (ก) พื้นที่ไม่มีหญ้าทะเล และ (ข) พื้นที่มีหญ้าทะเล อินทรีย์แขวนลอยในน้ำทะเล (marine POM) อินทรีย์แขวนลอยในน้ำทิ้ง (wastewater POM) หญ้าทะเล (*H. finifolia*) อิพิไฟท์ (Epiphyte) และหอยเจดีย์ (*C. cingulata*)

สรุปผลการศึกษา

1.ระบบนิเวศหาดทราย

จากการศึกษาผลกระทบของน้ำเสียจากชุมชนโดยใช้ไอโซโทปเสถียรของ $\delta^{13}C$ และ $\delta^{15}N$ พบว่าในดินตะกอนและสารอินทรีย์แขวนลอย บริเวณใกล้ชายฝั่งได้รับสารอินทรีย์มาจากน้ำทิ้งมากกว่าร้อยละ 50 และลดลงตามระยะทางออกสู่ทะเล ระยะทางของการกระจายสารอินทรีย์อยู่ในระยะ 1000 เมตร ส่วนสิ่งมีชีวิตในพื้นที่พบว่าได้รับสารอินทรีย์มาจาก microphytobenthos และแพลงก์ตอนสัตว์จากทะเลเป็นหลัก

2.ระบบนิเวศป่าชายเลน

จากการสึกาแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในป่าชายเลน โดยใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน และไนโตรเจน สามารถบ่งชี้แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอน พืช น้ำ และสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในป่าชายเลนได้ โดยสามารถบ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มาจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำได้เข้าไปสะสมในดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลน ในทางตรงกันข้ามสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากดรงปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่ได้เข้าไปสะสมในดินตะกอน อินทรียีแขวนลอย และสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในพื้นที่หาดโคลน หรือพื้นที่เพาะเลี้ยงหอย

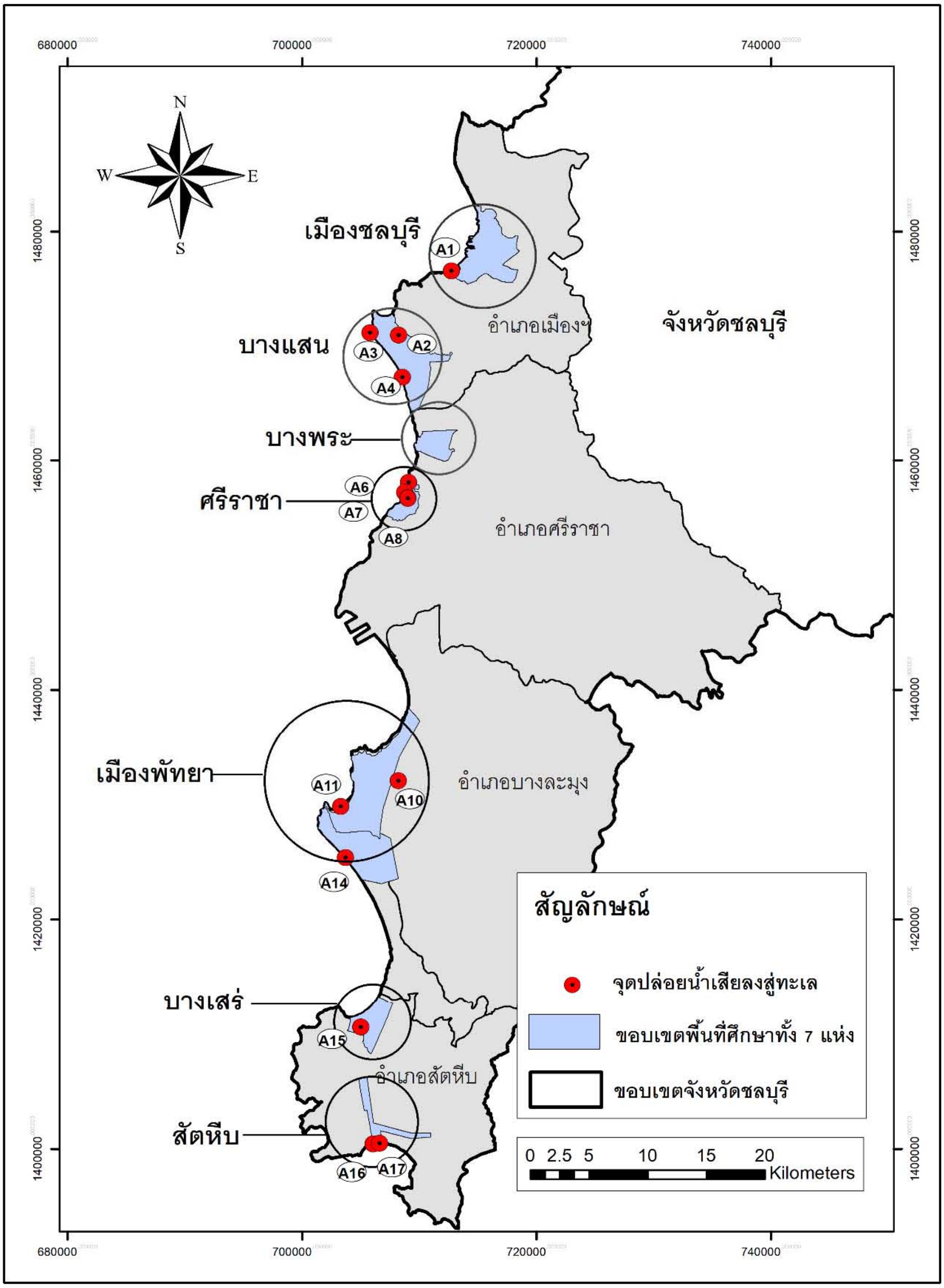
3. การใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการติดตามสถานการณ์น้ำเสีย ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยตอนใน (จังหวัดชลบุรี)

3.1. คุณภาพน้ำทิ้งและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีสามารถระบุจุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) หมายถึง จุดปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (สุธีลา ตุลยเสถียร และคณะ , 2544) และท่อระบายน้ำเสียลงสู่ทะเลที่สามารถสังเกตได้ มี 13 จุด ได้แก่ A1, A2, A3, A4, A10, A11 และ A14 (แสดงในภาพที่ 5-14)

ตารางที่ 5-3 จุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

สถานี	พื้นที่	ประเภทน้ำทิ้ง
A1	องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี	ผ่านการบำบัดแล้ว
A2	เทศบาลเมืองแสนสุข	ไม่ผ่านการบำบัด
A3 และ A4	เทศบาลเมืองแสนสุข	ผ่านการบำบัดแล้ว
A10	เมืองพัทยา	ผ่านการบำบัดแล้ว
A11 และ A14	เมืองพัทยา	ไม่ผ่านการบำบัด



ภาพที่ 5-15 แผนที่จุดกำเนิดมลพิษ (Point Source) ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ได้แก่ 13 สถานี ดังนี้ A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A10, A11, A14, A15, A16 และ A17

1) น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งมีปริมาณบีโอดีเกินจากเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ได้แก่ สถานีในพื้นที่เมืองพัทยา (A14) (แสดงในตารางที่ 4-1)

2) คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Effluent) ซึ่งสถานีน้ำออกจากระบบบำบัดของทุกพื้นที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ได้แก่ สถานี A1, A3, A5, A9, A10, A13 และA15

3) คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินทุกสถานี (B1-B10) (แสดงในตารางที่ 4-6) มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ บีโอดี และแอมโมเนีย (NH_3^-) ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ประเภทที่ 3) (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ยกเว้นสถานี B7 และ B9 ที่ปริมาณแอมโมเนียเป็นไปตามมาตรฐาน ฯ

3.2 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา สรุปโดยสังเขปได้ว่า

1) เขตพาณิชยกรรม (Commercial Zone) ทุกพื้นที่มีการกระจายตัวไปตามแนวถนนสายหลัก มีบางส่วนที่แทรกตัวอยู่ในเขตชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณใจกลางเมือง (Downtown) ซึ่งเป็นชุมชนเก่าแก่ที่ตั้งรกรากมายาวนาน ได้แก่ พื้นที่ในเขตเมืองชลบุรี ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวกลายเป็นย่านการค้าที่สำคัญ เช่น ตลาดใหม่ชลบุรีตั้งอยู่บริเวณใจกลางของพื้นที่เทศบาลเมืองชลบุรี (แสดงในภาพที่ 4-76) และพื้นที่เมืองบางแสน บริเวณตลาดหนองมน (แสดงในภาพที่ 4-75)

2) เขตชุมชนที่อยู่อาศัยชายฝั่งทะเล (Coastal Settlement Zone) มีลักษณะเป็นชุมชนแออัด ยื่นลงไปในทะเลประมาณ 50 - 200 เมตร ในพื้นที่ในเขตเมืองชลบุรี จากตำแหน่งที่ตั้งส่งผลให้ประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถเข้าถึงระบบสาธารณูปโภคได้ (โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย) ซึ่งสร้างขึ้นภายหลังการเกิดชุมชนกล่าวได้ว่า ชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล หรือปากคลองต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ (Point Source) ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและชายฝั่งทะเล (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2559) ปัจจุบันยังไม่มีการจัดการกับปัญหาดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมในทุกพื้นที่

3) เขตชุมชนที่อยู่อาศัย (Settlement zone) มีลักษณะเป็นหมู่บ้านจัดสรรขนาดใหญ่ที่กระจุกตัวรวมกันห่างออกไปจากศูนย์กลางของเมืองไม่มากนัก (5-15 กิโลเมตร) ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของเมืองทำให้เกิดเป็นพื้นที่ชานเมือง (Suburban) เพื่อรองรับกับประชากรแฝงที่ย้ายถิ่นฐานเข้ามาอาศัยในพื้นที่ โดยมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งที่ตั้งของสถานศึกษา นิคมอุตสาหกรรมและสถานที่ท่องเที่ยว ได้แก่ พื้นที่ในเขตเมืองชลบุรีและพื้นที่เมืองพัทยา จากลักษณะดังกล่าวอาจนำไปสู่การขยายตัวของเมืองอย่างไร้ทิศทาง (Urban Sprawl) ได้ในอนาคต เนื่องจากเป็นการขยายตัวโดยปราศจากการวางแผนสำหรับการรองรับด้านสาธารณูปโภค เส้นทางคมนาคม รวมไปถึงการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (John, 2010)

4) การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานเพื่อการอยู่อาศัย การพาณิชย์ และการบริการ ลักษณะการใช้ที่ดินดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมและจำนวนของประชากรแฝงในพื้นที่อย่างมี

นัยยะสำคัญ เช่น พื้นที่เมืองพัทยา พบว่า นักลงทุนรายใหญ่มีแนวโน้มพัฒนาโครงการอสังหาริมทรัพย์แบบผสมผสาน (Mixed-use Real Estate) ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 เป็นต้นมา เป็นการผสมผสานอสังหาริมทรัพย์เพื่อการอยู่อาศัยและพาณิชยกรรมรวมอยู่ในอาคารเดียวกัน (ประชาชาติธุรกิจ, 2561) ซึ่งเป็นผลดีต่อการพัฒนาเมืองในระยะยาว เนื่องจากเป็นการใช้ประโยชน์จากที่ดินได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (Howard Blackson, 2018)

3.3 โครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of sewage network)

จากการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่าแนวท่อรวบรวมน้ำเสีย (Structure of Sewage Network) ทุกพื้นที่เป็นชนิดท่อรวม (Combined Sewer) ระบายน้ำที่อยู่ใต้ถนนสายหลักโดยทั่วไปจะรวบรวมน้ำฝนและน้ำเสียจากชุมชนไว้ในท่อเดียวกัน ส่วนน้ำเสีย (รวมกับน้ำฝนจนเกิดการเจือจาง) ที่เกินความสามารถในการรองรับได้ของระบบบำบัดจะถูกปล่อยให้ไหลล้นฝายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537) และโครงข่ายแนวท่อรวบรวมน้ำเสียในพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดชลบุรีไม่ครอบคลุมพื้นที่บริการในพื้นที่ 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัดชลบุรี และพื้นที่ 4 เทศบาลเมืองศรีราชา (ทั้งสองแห่งมีปริมาณน้ำเข้าระบบน้อยกว่า 50%) (แสดงในตารางที่ 5-2) รวมไปถึงสถานีสูบน้ำเสียบางแห่งมีน้อยเกินไปซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำทิ้งและแหล่งน้ำผิวดินในพื้นที่ดังกล่าวอย่างมีนัยยะสำคัญ เนื่องจากโครงข่ายรวบรวมน้ำเสียไม่สามารถนำน้ำเสียเข้าสู่โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ตามที่โรงบัดบัดออกแบบไว้ จึงมีน้ำเสียส่วนเกินที่ไม่ถูกบำบัดรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งการซึมลงในแหล่งน้ำใต้ดิน บางส่วนไหลลงแหล่งน้ำผิวดินและระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลในที่สุด

4. ปนเปื้อนของโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี

จากการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและดินตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี พบว่า มีการปนเปื้อนของทองแดง และตะกั่ว ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะบริเวณใกล้ฝั่ง ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่เกิดขึ้นบนฝั่ง นอกจากนี้บริเวณที่ศึกษายังเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ในการเป็นท่าเทียบเรือ โดยเฉพาะบริเวณสถานีที่ 1 2 และ 3 ซึ่งเป็นแหล่งจอดเรือประมงที่สำคัญ ของจังหวัดชลบุรี ซึ่งอาจมีการปล่อยของเสียในรูปของน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำชายฝั่งได้ ซึ่งค่าปริมาณโลหะหนักที่พบในการศึกษาครั้งที่มีค่าสูงเกิดว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนด แต่ในขณะเดียวกันจากการตรวจสอบในครั้งนี้ไม่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักในกลุ่มของสารหนู และแคทเมียม ทั้งในน้ำและดินตะกอน ซึ่งข้อมูลในการศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องมีการศึกษาเชื่อมโยงกับคุณภาพน้ำอื่น ๆ เพื่อประเมินความเสี่ยงของมลพิษที่จะเกิดขึ้นอีกทั้งจำเป็นต้องศึกษาให้ชัดเจนถึงแหล่งที่มาของโลหะหนักดังกล่าวเพื่อการจัดการในอนาคตต่อไป

5. ระบบนิเวศหญ้าทะเล

ปริมาณไนโตรเจน พบว่าปริมาณไนโตรเจนในแต่ละเดือนใกล้เคียงกันมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ทั้งปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ ปริมาณไนโตรเจนในแต่ละสถานีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อปริมาณไนโตรเจนจากน้ำทิ้งชุมชนมีปริมาณสูง โดยเฉพาะในสถานี B1 B2 ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งชุมชนมากกว่าสถานีอื่น ๆ ส่วนการกระจายและแหล่งที่มาของปริมาณไนโตรเจน พบว่าในพื้นที่เขตชุมชนมีแหล่งที่มามาจากน้ำทิ้งชุมชน โดยเฉพาะในสถานีทีอยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งชุมชน (B1 B2) ในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเลมีแหล่งที่มามาจากน้ำทะเล นอกจากนี้ยังมีน้ำทิ้งบางส่วนที่มีแหล่งที่มามาทั้งจากน้ำทิ้งชุมชนและจากน้ำทะเล สำหรับการกระจายของไนโตรเจน พบว่าปริมาณไนโตรเจนในสถานีที่อยู่ใกล้กับท่อน้ำทิ้งชุมชนจะมีสูงกว่าสถานีอื่นๆ และปริมาณไนโตรเจนในสถานีในพื้นที่เขตชุมชนมีปริมาณสูงกว่าสถานีในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล ทั้งปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณไนโตรเจนแขวนลอย ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DIP) และอินทรีย์ฟอสฟอรัสละลายน้ำ (DOP) และปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) ในพื้นที่เขตชุมชนมีปริมาณสูงกว่าในพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล และพบว่ามีปริมาณสูงที่สุดในเดือนกันยายน แต่ปริมาณฟอสฟอรัสแขวนลอย (PP) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนรวม และไนโตรเจนรวม ในดินตะกอนของพื้นที่ไม่มีหญ้าทะเลและพื้นที่มีหญ้าทะเล พบว่าปริมาณสารอินทรีย์มีแนวโน้มลดลงจากพื้นใกล้ชายฝั่งไปยังพื้นที่อยู่ห่างจากชายฝั่ง โดยแหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนมาจากสารอินทรีย์แขวนลอยในทะเล (แพลงก์ตอนพืชในทะเล) ขณะที่อิพิไฟท์มีแหล่งที่มาของสารอินทรีย์จากหญ้าทะเล ถึงแม้ว่าแหล่งหญ้าทะเล บริเวณชายฝั่งเทศบาลเมืองสัตหีบไม่ได้รับสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งของชุมชน แต่จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหญ้าทะเลเป็นแหล่งอาหารให้กับหอยเจดีย์และอิพิไฟท์

บรรณานุกรม

กรมการท่องเที่ยว. (2558). *จำนวนนักท่องเที่ยวในเมืองพัทยาและเทศบาลเมืองแสนสุข ปี พ.ศ. 2558.* วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.tourism.go.th/

กรมการปกครอง. (2561). *จำนวนประชากรปี พ.ศ. 2561.* วันที่ค้นข้อมูล 3 มิถุนา 2561, เข้าถึง ได้จาก http://stat.dopa.go.th/

กรมควบคุมมลพิษ. (2555*). ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล; อ้างอิงพารามิเตอร์ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง.* วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2558, เข้าถึงได้จาก www.pcd.go.th/

กรมควบคุมมลพิษ. (2558). *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2559.* วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560, เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/

กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *ระบบฐานข้อมูลคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดินทั่วประเทศ (IWIS) ตรวจวัดวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2561.*วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://iwis.pcd.go.th/index.php

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). *การบาบัดน้าเสีย.* กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์. 442 หน้า

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. (2548). *ดินตะกอน.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาชีววิทยาทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ. (2546). *คู่มือวิธีการประเมินแบบรวดเร็วเพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพื้นที่ชายฝั่งทะเล : ระบบนิเวศป่าชายเลน.* กรุงเทพฯ : หน่วยปฏิบัติการนิเวศวิทยาทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทศบาลเมืองแสนสุข. (2559). *ประวัติและพัฒนาการของชุมชนตั้งเดิมในท้องถิ่น.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก https://saensukcity.go.th/

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และอุษา วิเศษสุมน. (2540). *คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรินทร์ บุญตานนท์. (2553). ไอโซโทปเสถียรในระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม. *วารสารสิ่งแวดล้อม,* 14(3), 11-16.

นีโลบล เนื่องตัน. (2542). *ชีวเคมี.* กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.

น้ำทิพย์ บุญขวาง ถนอมศักดิ์ บุญภักดี. และณัทธมน สุทธโสม 2553. บทบาทของคลองขนาดเล็กในการเคลื่อนย้ายสารอาหารไนโตรเจนลงสู่อ่าวไทยตอนใน. ใน *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชุมชนสังคมมีความสุข มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 19 มีนาคม 2553.*

ประชาชาติธุรกิจ. (2561). *ปีพ.ศ. 2561-2568 มิกซ์ยูสครองเมือง.* วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก https://prachachat.net/property/news-99497

ปวีณา เปรมเจริญ. (2554). *การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาการซ์ที่ดินในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535. (2535, 4 เมษายน). *ราชกิจจานุเบกษาฉบับกฤษีกา.*หน้า 278.

พัฒนา มูลพฤกษ์. (2546). *อนามัยสิ่งแวดล้อม* (พิมพ์ครั้งที่ 3).กรุงเทพฯ. ซิกม่า ดีไซน์ กราฟฟิก.

มนุวดี หังสพฤกษ์. (2532). *สมุทร ศาสตร์เคมี.* กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2559). *แหล่งมลพิษ: โครงการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา.* วันที่ค้นข้อมูล 20 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก http://slb-gis.envi.psu.ac.th/main/

รุ่งระวี วีระเวสส์. (2559). ศักยภาพการแข่งขันการท่องเที่ยวของเมืองพัทยาในตลาดโลก: วิเคราะห์ ด้วยดัชนีความได้เปรียบโดยเปรียบเทียบ. *Dusit Thani College Journal,10* (1), 260-268.

ศิริพรเพ็ญ อ่อนปานกุล และถนอมศักดิ์ บุญภักดี. (2555). องค์ประกอบทางเคมีและหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในดินตะกอนจากอ่าวไทยตอนใน. *ใน ประมวลผลงานวิจัยการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ณ โรงแรมตะวันนา กรุงเทพมหานคร วันที่ 17-19 ตุลาคม 2555.*

สกาวรัตน์ วีระเสถียร. (2556). *การวิเคราะห์ลักษณะทิศทางการขยายตัวของอาคารสูงในเมืองพัทยา.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์, คณะอักษรศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2550). *หญ้าทะเล*. กรุงเทพ: สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่ง และป่าชายเลน, กรมทรัพยากรธรรมชาติและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. (2561). *รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ปี 2561.* เข้าถึงได้จาก www.bims.buu.ac.th/

สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และรุ่งสุริยา บัวสาลี. (2554). *ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและพรรณไม้.* กรุงเทพฯ : มูลนิธิกระต่ายในดวงจันทร์.

สนิท อักษรแก้ว. (2538). *ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและการจัดการ.* กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2557). *ระบบบำบัดน้ำเสีย.* กรุงเทพฯ: ท้อป.

สุชาติ เชี่ยงฉิน. (2559). การศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเมืองพัทยาสู่ประชาคมอาเซียน. *The Journal of King Mongkut,* 760-772.

สุธีลา ตุลยเสถียร, โกศล วงศ์สวรรค์ และสถิต วงศ์สวรรค์. (2544). *มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย).* กรุงเทพฯ : รวมสาร์น.

สุวัจน์ ธัญรส. (2557). *มลพิษทางทะเลและชายฝั่ง*. ตรัง. ม.ป.ท.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13. 2553. *รายงานการติดตามตรวจสอบและประเมินผลประสิทธิภาพระบบรวบ รวม และระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชน เขตพื้นที่ภาคตะวันออก ปีงบประมาณ 2553. หน้า 2-1 ถึง 2-48.*

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี). (2561). *รายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน (แม่น้ำและคลองสาขา) ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก ครั้งที่ 2/2561*. วันที่ค้นข้อมูล 15 มิถุนายน 2561, เข้าถึงได้จาก. www.mnre.go.th/reo13/th/news/detail/9469

Andrews, J. E., Greenaway, A. M. and Dennis, P. F., 1998. Combined Carbon Isotope and C/N Ratios as Indicators of Source and Fate of Organic Matter in a Poorly Flushed, Tropical Estuary: Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46, 743–756.

Aschenbroich, A., Marchand, C., Molnar, N., Deborde, J., Hubas, C., Rybarczyk, H., & Meziane, T. (2015). Spatio-temporal variations in the composition of organic matter in surface sediments of a mangrove receiving shrimp farm effluents (New Caledonia). *Science of the total environment, 512-513,* 296-307.

Aspila, K. I., Agemian, H., & Chau, A. S. Y. (1976). A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. The United States of America: Springer.

Baffrey. R., Adis. A., & Aranzamendez, G. (2013) *Manila Water's Separate Sewer and Combined Sewer-Drainage Systems*. Retrieved from: https://www.scribd.com/

Boonkhwang, N., & Boonphakdee, T. (2013). Variations of chemical and isotopic compositions of particulate organic matter in the inner gulf of Thailand. In *The Second EnvironmentAsia International Conference on "Human Vulnerability and Global Environmental Change" 15-17 May 2013, Chonburi, Thailand.*

Boonphakdee, T., Kasai, A., Fujiwara, T., Sawangwong, P., & Cheevaporn, V. (2008). Combined stable carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in the Bangpakong river estuary, Thailand. *EnvironmentAsia, 1,* 28-36.

Boonphakdee, T., & Sichan, P. (2013). Is mangrove source of organic matter for cultured bivalves in an Adjacent Mudflat? a multiple stable isotope study. In *The Second EnvironmentAsia International Conference on "Human Vulnerability and Global Environmental Change" 15-17 May 2013, Chonburi. Thailand.*

Bouillon, S., Guebas, F. D., Rao, A. V. V. S., Koedam, N., & Dehairs, F. (2003). Sources of organic carbon in mangrove sediments: variability and possible ecological implications. *Hydrobiologia, 495,* 33-39.

Boutton, T. W. (1991). Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine, and freshwater environments. In Coleman, D. C. & Fry, B. (eds.), *Carbon isotopes techniques* (pp. 173-185). San Diego: Academic Press Inc.

Brombach, H., Weiss, G., & Fuchs, S. (2005). A new database on urban runoff pollution: comparison of separate and combined sewer systems. *Water Sci Technol, 51*(2), 119-128.

Cannicci, S., Bartolini, F., Guebas, F.D., Fratini, S., Litulo, C., Macia, A., Mrabu, E.J., Lopes, G.P., & Paula, J. (2009). Effects of urban wastewater on crab and mollusk assemblages in equatorial and subtropical mangrove of east Africa. *Estuarine, Coastal and shelf science, 84,* 305-317.

Chen, M., & Hur, J. (2015). Pre-treatments, characteristics, and biogeochemical dynamics of dissolved organic matter in sediments: A review. *Water Research, 79,* 10-25.

Chuan, L. L., & Sugahara, I. (1984). *A Manual on Chemical Analysis of Coastal Water and Bottom Sediment.* Primary Production Department and Marine Fisheries Research Department, SEAFDEC, Singapore.

Cifuentes, L.A., Coffin, R.B., Solorzano, L., Cardenas, W., Espinoza, J., Twilley, R.R., 1996. Isotopic and elemental variations of carbon and nitrogen in a mangrove estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science 43, 781-800.

Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Primer-E.

Cooper, T. F., Uthicke, S., Humphrey, C. & Fabricius, K. E. (2007). Gradients in water column nutrients, sediment parameters, irradiance and coral reef development in the Whitsunday Region, central Great Barrier Reef. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, 458-470.

Costanzo, S. D., O'Donhue, M. T., Dennison, W. C., Loneragan, N. R., Thomas, M. (2001). A new approach for detecting and mapping sewage impact. Marine Pollution bulletin 42, 149-156.

Craig, H. (1953) The geochemistry of the stable carbon isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta, 3,* 53–92.

Dela-Cruz,J., Ajani, P., Lee, R., Pritchard, T., and Suthers, I., 2002. Temporal abundance patterns of the red tide dinoflagellate *Notiluca Scintillans* along the southeast coast of Australia. Marine Ecology Progress Series 236, 75-88.

Dittmar, T., Lara, R. J., & Kattner, G. (2001). River or mangrove? Tracing major organic matter sources in tropical Brazilian coastal waters. *Marine chemistry, 73,* 253-271.

Dolence, T., Vokal, B. & Dolence, M. (2005). Nitrogen-15 Singnals of anthropogenic nutrient loading in *Anemonia sulcata* as a possible indicator of human sewage impacts on marine coastal ecosystem: a case study of Pirovac Bay and the Murter Sea (Central Adreatic*). Croatica Chemica Acta, 78,* 593-600

El Sayed, M.A. (2002). Distribution and Behavior of Dissolved Species of Nitrogen and Phosphorus in Two Coastal Red Sea Lagoons Receiving Domestic Sewage. *J. KAU: Mar. Sci.*, 13, 43-73.

Franca, S., Vasconcelos, R. P., Tanner, S., Maguas, C., & Costa, M. J. (2011). Assessing food web dynamics and relative importance of organic matter sources for fish species in two Portuguese estuaries: A stable isotope approach. *Marine environmental research, 72,* 204-215.

Fry, B. & Sherr E. B. (1984). δ^{13}C Measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contr. Mar. Sci., 27,* 13-47.

Gao, X., Yang, Y., & Wang, C. (2012). Geochemistry of organic carbon and nitrogen in surface sediments of coastalBohai Bay inferred from their ratios and stable isotopic signatures,*Marine Pollution Bulletin*, 64,1148-1155.

Gaston, T.F., Suthers, I. M. (2004). Spatial variation in δ^{13}C and δ^{15}N of liver, muscle and bone in a rocky reef planktivorous fish: the relative contribution of sewage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 304. 17-33.

Gonneea, E. M., Paytan, A., & Silveira, A. H. (2004). Tracing organic matter sources and carbon burial in mangrove sediments over the past 160 years. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 61,* 211-227.

Gordon E. S., & Goni M. A. (2004). Controls on the distribution and accumulation of terrigenous organic matter in sediments from the Mississippi and Atchafalaya river margin. *Marine Chemistry, 92,* 331-352.

Grasshoff, K., K. Kremling & M. Ehrhardt. (1999). Method of seawater analysis. 3rdedition. Wiley-VCH, Weinheim. 600 pp.Lopes, Bouillon, Mangion, Macia, and Paula (2009)

Gu, Y. G., Ouyang, J., Ning, J. J., & Wang, Z. H. (2017). Distribution and sources of organic carbon nitrogen and their isotopes in surface sediments from the largest mariculture zone of the eastern Guangdong coast, South Chaina. *Marine Pollution Bulletin*, 120, 286-291.

Herteman, M., Fromard, F., & Lambs, L. (2011). Effects of pretreated domestic wastewater supplies on leaf pigment content, photosynthesis rate and growth of mangrove trees: A field study from Mayotte Island, SW Indian Ocean. *Ecological Engineering, 37,* 1283– 1291.

Hoefs, J. (2004). *Stable isotope Geochemistry*. Germany: Springer.

Hoegh-Guldberg, O., Muscatine, L., Goiran, C., Siggaard, D., Marion, G. S. (2004). Nutrient induced perturbations to 13C and15N in symbiotic dinoflagellates and their coral hosts. *Marine Ecology Progress Series*, 280, 105–114.

Howard Blackson. (2018). *Why design matters, Sandiego! North park community plan update issues.* Retrieved from https://howardblackson.com/

Hungspreugs, M., & Yuangthong, C. (1983). A history of metal pollution in the upper Gulf of Thailand. *Mar. Poll. Bull*, 14, 465-469.

Jin, H., Soon-Jin, Hwang & Jae-Ki, Shin. (2008) Using Synchronous Fluorescence Technique as a Water Quality Monitoring Tool for an Urban River. *Water Air Soil Pollute, 191,* 231–243.

Kaiser, D., Unger, D., & Qiu, G. (2014) Particulate organic matter dynamics in coastal systems of the northern Beibu Gulf. *Continental Shelf Research, 82*, 99-118.

Kanaya, G., Nakamura, Y., Koizumi, T., Yamada, K., Koshikawa, H., Kohzu, A., &Maki, H. (2013). Temporal changes in carbon and nitrogen stable isotope ratios of macrozoobenthos on an artificial tidal flat facing a hypertrophic canal, inner Tokyo Bay. *Marine Pollution Bulletin,* 71, 179-189.

Kao, S. J., Lin, F. J., & Liu, K. K. (2003). Organic carbon and nitrogen contents and their isotopic compositions in surficial sediments from the East China Sea shelf and the southern Okinawa Trough. *Deep-Sea Research II*, 50, 1203-1217.

Kaspar, H. F., Gillespie, P. A., Boyer, I. C. & MacKenzie, A. L. (1985). Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepuru Sound, Marlborough Sounds, New Zealand. *Marine Biology*, 85, 127-136.

Kendall, C. & Caldwell, E. A. (1998) Fundamentals of stable isotope geochemistry. In *Isotope Tracers in Catchment Hydrology* (pp. 51-86). Amsterdam: Elsevier Science B.V.

Kon, K., Tongnunui, P., & Kurokura, H. (2015). Do allochthonous inputs represent an important food source for benthic macrofaunal communities in tropical estuarine mudflats?. *Food Webs, 2,* 10-17.

Kristensen, D. K., Kristensen, E., & Mangion, P. (2010). Food partitioning of leaf-eating mangrove crabs (*Sesarminae*) : Experimental and stable isotope (^{13}C and ^{15}N) evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 87,* 583-590.

Kruitwagen, G., Nagelkerken, I., Lugendo, B. R., Mgaya, Y. D., & Bonga, S. E. W. (2010). Importance of different carbon sources for macroinvertebrates and fishes of an interlinked mangrove-mudflat ecosystem (Tanzania). *Estuarine, Coastal and shelf science, 88,* 464-472.

Lajtha, K. & Michener, R. H. (1994). *Stable isotopes in ecology and environmental science.* Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Lassauque, J., Lepoint, G., Thibaut, T., Francour, P., Meinesz, A. (2010). Tracing sewage and natural Freshwater input in a Northwest Mediterranean bay: Evidence obtained from isotopic ratios in marine organisms. *Marine Pollution Bulletin,* 60, 843–851

Lehmann, M. F., Bernasconi, S. M., Barbieri, A., & Mckenzie, J. A. (2002). Preservation of organic matter and alteration of its carbon and nitrogen isotope composition during simulated and in situ early sedimentary diagenesis. *Geochimica et cosmochimica Acta, 66*(20), 3573-3*584.*

Lin, D.T., Fong, P. (2008). Macroalgal bioindicators (growth, tissue N, $\delta^{15}N$) detect nutrient enrichment from shrimp farm effluent entering Opunohu Bay, French Polynesia. *Marine Pollution Bulletin*, 56, 245-249.

Lin, H. J., Wu, C. Y., Kao, S. J., Kao, W. Y., Meng, P. J. (2007). Mapping anthropogenic nitrogen through point sources in coral reefs using $\delta^{15}N$ in macroalgae. *Mar. Eco. Prog. Series*. 335, 95-109.

Lopes, G.P., Bouillon, S., Mangion, P., Macia, A., & Paula, J. (2009). Population structure, density and food sources of *Terebralia palustris* (*Potamididae: Gastropoda)* in a low intertidal *Avicennia marina* mangrove stand (Inhaca, Island, Mozambique). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *84,* 318-325.

Liu, D., Li, X., Emeis, K-C., Wang, Y., & Richard, P. (2015). Distribution and sources of organic matter in surface sediments of Bohai Sea near the Yellow River Estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165, 128-136.

Lunstrum, A., & Chen, L. (2014). Soil carbon stocks and accumulation in young mangrove forests. *Soil Biology & Biochemistry, 75,* 223-232.

Maksymowska, D., Richard, P., Piekarek-Jankowska, H., & Riera, P. (2000). Chemical and isotopic composition of the organic matter source in the Gulf of Gdansk (Southem Baltic sea). *Esturine, Coastal and Shelf Science*, 51, 585-598.

Maren, O. & Paul, V. (2007). Carbon and nitrogen in a temperate agroforestry a system using stable isotopes as a tool to understand soil dynamics. *Ecological Engineering, 29,* 342-349.

Marion, G. S., Dunbar, R. B., Mucciarone, D. A., Kremer, J. N., Lansing, J. S., & Arthawiguna, A., 2005. Coral skeleton d15N reveals isotopic traces of an agriculture revolution. *Mar. Poll. Bull*, 50, 931-944.

Mariotti, A. (1983). Atmospheric nitrogen is a reliable standard for natural abundance $\delta^{15}N$ measurements. *Nature, 303,* 685–687.

Meksumpun, S., & Meksumpun, C. (2002). Stable carbon and nitrogen isotope ratios of sediment in Ban Don Bay: Evidence for understanding sources of organic matters in the coastal environment. *Kasetsart Journal*, 36, 75-82.

Mishima, Y., Hoshika, A., & Tanimoto, T. (1999). Deposition rates of terrestrial and marine organic carbon in the Osaka Bay, Seto Inland Sea, Japan, dermined using carbon and nitrogen stable isotope ratios in the sediment. *Journal of Oceanography, 55,* 1-11.

Mutcher, T., Dunton, H. K., Townsend-Small, A., Fredriksen, S., & Rasser, K. M. (2007). Isotopic and elemental indicators of nutrient sources and status of coastal habitats in the Carribean Sea, Yucatan Peninsula, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, 449-457.

Muzaka, A. N. N. (1999). Stable isotope composition of sementary organic matter off Zanzibar Town. *Tanznia Journal of Science*, 25, 54-70.

Nixon, S. W. (1995). Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41, 199-219.

Ogrinc, N., Fontolan, G., Faganeli, J., & Covelli, S. (2005). Carbon and nitrogen isotope compositions of organic matter in coastal marine sediments (the Gulf of Trieste, N Adriatic Sea): indicators of sources and preservation. *Marine Chemistry,* 95, 163-181.

Ono, K., Hiradate, S., Morita, S., Hiradate, M., Hirata, Y., Fujimoto, K., Tabuchi, R., & Lihpai, S. (2015). Assessing the carbon compositions and sources of Mangrove peat in a tropical mangrove forest on Pohnpei island, Federated States. *Geoderma, 245-246,* 11-20.

Onpankoon, S., Boonphakdee, T., Laoharojanaphand, S., & Chantarachot, W. (2013). Stable carbon and Nitrogen isotope compositions of organic matter in sediment in the Inner Gulf of Thailand. In *Conference: 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress.*

Papadimitriou, S., Kennedy, H., Kennedy, D. P., Duarte, C. M., & Marba, N. (2005). Sources of organic matter in seagrass-colonized sediments: A stable isotope study of the silt and clay fraction from *Posidonia oceanic*a meadows in the western Mediterranean. *Organic Geochemistry, 36*, 949-961.

Parsons, T. R., Maita, Y., & Lalli, C. M. (1984). *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis.* Oxford: Pergamon Press.

Peterson, B. J., Howarth, R. W., & Garritt, R. H . (1985). Multiple stable isotopes used to trace the flow of organic matter in estuarine food webs. *Science, 227,* 1361-1363.

Pielou, E.C. (1976). Ecological Diversity. In: Population and Community Ecology (eds.). Gordon and Breach Science Publishers, New York. 288-315.

Ramaswamy, V., Gray, B., Shirodkar, P. V., Rao, P. S., Chivas, A. R., Wheeler, D., & Thwin, D. (2008). Distribution and sources of organic carbon, nitrogen and their isotopic signatures in sediments from the Ayeyarwady (Irrawaddy) continental shelf, northern Andaman Sea. *Marine chemistry, 111, 137-150.*

Ranjan, R. K., Routh, J., Ramanathan, A. L., & Klump, J. V. (2011). Elemental and stable isotope records of organic matter input and its fate in the Pichavaram mangrove-estuarine sediments (Tamil Nadu, India). *Marine chemistry, 126,* 163-173.

Ray, R., Rixen, T., Baum, A., Malik, A., Gleixner, G., & Jana, T. K. (2015). Distribution, sources and biogeochemistry of organic matter in a mangrove dominated estuarine system (Indian sundarbans) during the pre-monsoon. *Estuarine, coastal and shelf science, 167,* 404-413.

Rebecca, O. B., & Charles, T. R. (2008). Using stable isotope to monitor anthropogenic nitrogen inputs to estuaries. *Ecological Applications,* 18(1), 22-30.

Rosenbauer, R. J., Swarzenski, P. W., Kendall, C., Orem, W. H., Hostettler, D. D., & Rollog, M. E. (2009). A carbon, nitrogen, and sulfur elemental and isotopic study in dated sediment cores from the Louisiana Shelf. *Geo-Marine Letters*, 29, 415-429.

Sampaio, L., Freitas, R., Mangus, C., Rodringues, A., & Quintino, V. (2010). Coastal sediments under the influence of multiple organic enrichment sources: An evaluation using carbon and nitrogen stable isotopes. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 272-282.

Sampaio, L., Freitas, R., Mangus, C., Rodringues, A., & Quintino, V. (2010). Carbon and nitrogen stable isotopes in coastal benthic populations under multiple organic enrichment sources. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 1790-1802.

Schulz, H. D., & Zabel, M. (2006). *Marine Geochemistry*. Berlin: Springer-Verlag.

Schlacher, T. A., Liddell, B., Gaston, T. F., & Hoenlinger, M. S. (2005). Fish track wastewater pollution to estuaries. *Oecologia, 144,* 570-584.

Shahraki, M., Fry, B., Krumme, U., & Rixen, T. (2014). Microphytobenthos sustain fish food webs in intertidal arid habitats: A comparison between mangrove-lined and creeks in the Persian Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 149, 203-212.

Smith, S. V., Ibarra-Obando, S. E., Diaz-Castaneda, V., Aranda-Manteca, F. J., Carriquiry, J. D., Popp, B. N., & Gonzalez-Yajimovich, O. (2008). Sediment Organic carbon in Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. *Estuaries and Coasts*, 31, 719-727.

Strickland, J. D. H., & Parsons T. R. (1972). *A practical handbook of seawater analysis Fish*. Res. Bd. Canada. 167 (2nd Ed.), Ottawa, 284 pp

Sugimoto, R., Kasai, A., Yamao, S., Fujiwara, T., Kimura, T., 2006. Short-term variation in behavior of allochthonous particulate organic matter accompanying changes of river discharge in Ise Bay, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66, 267-279.

Sukasem, W. (1989). Impeovement of sovent extraction method for trace metals in sea water. Master of science thesis, *Department of Marine Science*, Graduate School, Chulalongkon University.

Tak-cheung, W., Kenneth, M. Y., Rudolf, S. S., Paul, K. S., Cheung, S. G., Li, X. Y., & Joseph, H. W. (2011). Stable isotope as a useful for revealing the environmental fate and trophic effect of open-sea-cage fish farm wastes on marine benthic organisms with different feeding guilds. *Marine Pollution Bulletin*, 63, 77-85.

Tournoud, M. G., Perrin, J. L., Gimbert, F., Picot, B. (2005). Spatial evolution of nitrogen and phosphorus loads along a small Mediterranean river: implication of bed sediments. *Hydrol Process,* 19(18), 3581–92.

Trinh, A.D., Georges,V., Marie, P.B., Nicolas, P., Vu, D.L., & Le, L.A. (2006). Experimental Investigation and modeling approach of the impact of urban wastewater on a tropical river ; a case study of Nhue River, Hanoi, Viet Nam. *Journal of Hydrology. 334,* 347–358.

Tue, N.T., Hamaoka, H., Sogabe, A., Quy, T.D., Nhuan, M.T., & Omori, K. (2012). Food sources of macro-invertebrates in an important mangrove ecosystem of Vietnam determined by dual stable isotope signatures. *Journal of sea research, 72,* 14-21.

Vanloon, G. W., & Duffy, S. J. (2005). Organic matter in water. *Environmental Chemistry, 2,* 254-272.

Verardo, J. D., Froelich, P. N., &McIntyre, A. (1990). Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediment using the Carlo Erba NA-1500 analyzer. Deep sea Research, 37, 157-165.

Vizzini, S. and Mazzola, A. 2004. Stable isotope evidence for the environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 61–70.

Vizzini, S. and Mazzola, A. 2006. The effects of anthropogenic organic matter inputs on stable carbon and nitrogen isotopes in organisms from different trophic levels in a southern Mediterranean coastal area. *Science of the Total Environment,* 368, 723–731.

Wu, Y., Zuang, J., Li, D. J., Wei, H., & Lu, R. X. (2003). Icefish (salangidae) as an indicator of anthropogenic pollution in freshwater systems using nitrogen isotope analysis. *Bull Environ Contam Toxicol*, 79, 323-326.

Xu, G., Liu, J., Hu, G., Jonell, T. N., & Chen, L. (2017). Distribution and source of organic matter in surface sediment from the muddy deposit along the Zhejiang coast, East China Sea. Marine Pollution Bulletin, 123, 395-399.

Yamamuro, M., Kayanne, H. & Yamano, H. (2003). δ^{15}N of seagrass leaves for mornitoring anthropogenic nutrient increases in coral ecosystems. *Marine Pollution Bulletin, 46,* 452-458.