

## นิพนธ์ต้นฉบับ

# ศักยภาพแหล่งทรัพยากร่องน้ำในพื้นที่จังหวัดสงขลา

ดันพูล ตันโนยพาส<sup>1</sup> สมชัย ชัยเสน<sup>2</sup> และ กอลยาณี คุปตานนท์<sup>3</sup>

### Abstract

Tonnayopas, D., Chaisen, S. and Kooptarnond, K.

Potential building sand deposits in Songkhla province area

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2002, 24(4) : 675-700

An investigation of potential building sand deposits in Songkhla province area subdivided them into four regions according to their accumulation in various alluvial plains, meanders throughout alluvial deposits and residual soils. Four selected deposits, were Rattaphum-Khuan Niang, U-Taphao river, Na Mom, and Chana-Thepha regions. Information obtained from these deposits revealed a good correlation between the geomorphological features as interpreted from aerial photographs and those identified from vertical electrical resistivity sounding results. Sand samples were analysed for their physical and chemical properties. Petrographic studies were also undertaken to characterize the composition types,

Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand.

<sup>1</sup> Ph.D. (Applied Geology) รองศาสตราจารย์ <sup>2</sup> ว.ศ.ม. (วิศวกรรมเหมืองแร่) <sup>3</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อําเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : tdanupon@ratree.psu.ac.th

รับต้นฉบับ 16 พฤษภาคม 2544

รับลงพิมพ์ 11 กรกฎาคม 2545

texture and shapes. An overview of the sand properties was used them to be within the acceptable limits for building sand. However, relatively high organic impurities and soundness were found in sand from Khuan Niang and Na Mom deposits. The result indicated a potential reconnaissance mineral resource of about 46 square kilometres.

A reserve evaluation for natural building sand was carried out by using Geographic Information System (GIS). Maps of the various parameters considered were constructed in digital database format with the aid of Arc/Info and ArcView software. Overlay mapping and buffer zone modules were performed to evaluate inferred resources of building sand. The key parameters of analysis included the distance from transportation, distance from streams, lithology and thickness of sand layers. The remaining inferred sand total was of about 386 million cubic metres or about 1,021 million metric tons was therefore estimated, of which 60 percent lies in the Rattaphum-Khuan Niang region and 40 percent in the other regions.

**Key words :** Engineering geology, sand deposit, Songkhla, GIS, geoelectric, buffer zone, overlay mapping

### บทคัดย่อ

ดุษฎิ์ ตันน้อยภาส สมชัย ชัยเสน และ กัลยาณี คุปตานนท์

ศักยภาพแหล่งทรัพย์ก่อสร้างในพื้นที่จังหวัดสงขลา

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2545 24(4) : 675-700

การสำรวจศักยภาพแหล่งทรัพย์ก่อสร้างในพื้นที่จังหวัดสงขลา แบ่งได้เป็นสี่เขตตามลักษณะการสะสมตัวหหากลายในที่ราบต่ำตอนน้ำพا ทางน้ำโถงตัวดอนถึงแหล่งสะสมต่ำตอนน้ำพา และดินตกด้าน พื้นที่แหล่งทรัพย์ที่ได้เลือกไว้ เรียกว่า เขตต่ำภูมิ-ควนเนียง เขตคลองอู่ตะเภา เขตนาหมื่น และเขตจะนะ-เทพา นอกจากนี้สารสนเทศของภาพลักษณ์ทางธรณีวิทยาสัมฐานที่แปลจากวุปร่ายทางอากาศและรูปพรรณสัมฐานจากการหยั่งด้วยความด้านท่านไฟฟ้าแนวลึกได้แสดงถึงสหสัมพันธ์กันอย่างดี การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างทรัพย์ ทางศิลปารณ์ได้ตรวจสอบถึงลักษณะรูปร่าง ผิวนื้อ และ ส่วนประกอบแร่ โดยภาพรวมสมบัติของทรัพย์ในเกลที่ มาตรฐานสำหรับทรัพย์ก่อสร้าง แม้ว่ามีปริมาณสารอินทรีย์เจือปนและค่าคงตัวที่พบในกลุ่มตัวอย่างจากแหล่งควนเนียง และนาหมื่นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่ศักยภาพปริมาณสำรองของทรัพย์สำรวจ เนื่องต้นมีอยู่ประมาณ 46 ตร.กม.

การประเมินปริมาณสำรองแหล่งทรัพย์ก่อสร้างธรรมชาติด้วยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้พิจารณาแผนที่หลักชนิดที่มีปัจจัยต่างกัน นำมาสร้างขึ้นในรูปฐานข้อมูลเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม Arc/Info และ ArcView ด้วยชุดคำสั่งย่อยการทำแผนภาพเชิงช้อนและเขตภัณฑ์ ได้ประเมินถึงปริมาณสำรองอนุมาณของทรัพย์ก่อสร้าง ปัจจัยสำคัญในการวิเคราะห์ประกอบด้วย ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากทางน้ำ วิทยาพินและความหนาของแหล่งทรัพย์ อายุไรเก็ตตามทรัพย์ที่อนุமานไว้ทั้งหมดได้ประเมินคงเหลือประมาณ 386 ล้านลบ.เมตร หรือประมาณ 1,021 ล้านเมตรติกตัน ซึ่ง 60% อยู่ในเขตต่ำภูมิ-ควนเนียง และ 40% อยู่ในเขตที่เหลือ

จากประมาณการการใช้ทรัพย์คิดมาจากการอัตราส่วน การใช้ปูนซีเมนต์ของประเทศไทยในอดีต (กรมทรัพยากร ธารณี 2538) พยากรณ์ว่าในช่วงปี พ.ศ. 2543-2546 มีความต้องการรายเพิ่มขึ้นถึง 26.11% หรือเฉลี่ยอัตรา

8%/ปี คิดเป็นหน่วยตันได้ประมาณ 60 ล้านตัน หรือประมาณ 23 ล้านลบ.เมตร ซึ่งยังไม่รวมถึงทรัพย์ที่นำไปถม แต่เมื่อเกิดวิกฤติการณ์ทางด้านเศรษฐกิจเป็นต้นมา ปริมาณการก่อสร้างลดลงเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้อุปสงค์

รายในเวลาต่อมากลดลงตามไปด้วย อายุร่วมกับการณ์ว่าเมื่อสถานการณ์ทางเศรษฐกิจพื้นตัวเข้ม ปริมาณความต้องการใช้ทรัพย์ก็จะคืนสู่เท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น

จังหวัดสงขลา เป็นศูนย์กลางทางด้านเศรษฐกิจที่สำคัญแห่งหนึ่งในภาคใต้ตอนล่าง โดยเฉพาะพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ที่เป็นศูนย์กลางทางด้านการพาณิชย์และการท่องเที่ยวที่สำคัญ มีอุปสงค์ทรัพยากรทรัพยากรธรรมชาติในการก่อสร้างสาธารณูปการมากขึ้นทุกปี ซึ่งในพื้นที่นี้มีหลายหน่วยงานได้ดำเนินการสำรวจและเก็บข้อมูลทรัพย์อย่างเป็นระบบ (สมชัยและรัศมี 2537; วงศ์และไช 2540; อำเภอ 2541) แต่สำหรับข้อมูลแหล่งทรัพย์ก่อสร้างในสงขลา (สมชัย, 2540) ยังขาดแคลน กระฉัดกระจาย และจัดเก็บไม่เป็นระบบ จึงได้มีการศึกษาวิธีค้นหาอย่างเป็นระบบ นับตั้งแต่กลยุทธ์ค้นหา การสำรวจ การประเมิน ไปจนถึงขั้นตอน แยกทรัพย์ก่อสร้าง (building sand) โดยเน้นด้านธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการทำเนิดและลักษณะการสะสมตัว ปริมาณสำรวจและพื้นที่แหล่งใหม่ ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคหลายด้านบูรณาการเป็น สาขาวิชาการ (multidisciplinary) ได้แก่ การรับรู้จากระยะไกล (remote sensing) การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ การสำรวจทางธรณีสัณฐานวิทยาและธรณีวิทยาในภาคสนาม และ การวิเคราะห์คุณภาพ (กายภาพและทางเคมี) ของทรัพย์ เป็นต้น โดยมีจุดมุ่งหมายจัดแบ่งชนิดหรือกลุ่มของทรัพย์ตามความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรม ก่อสร้างสูงสุด อันนำไปสู่การติดตั้งแผนที่ความคิด ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติทรัพย์อย่างยั่งยืน ในอนาคตและหาแนวทางจำกัดเขตพื้นที่ประกอบการให้มีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศที่กล่าวมา ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของ Arc/Info และ ArcView

## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

### 1. วัสดุอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์หลักที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วยดังนี้

1. รูปถ่ายทางอากาศ ขาวดำ มาตราส่วนประมาณ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ที่ถ่ายใช้ในโครงการสำรวจการใช้ที่ดิน คลุมพื้นที่แอ่งสะสมตัวของทรัพย์ศึกษาทั้งหมด (Table 1)

2. กล้องมองภาพสามมิติแบบกระจก (mirror stereoscope) พร้อมด้วยอุปกรณ์เสริม

3. แผนที่ภูมิประเทคโนโลยีของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7017 จำนวน 4 ระหว่าง คือ ระหว่าง 5023 II (อ.รัตภูมิ) 5022 I (อ.หาดใหญ่) 5122 I (อ.เทพา) และ 5122 IV (อ.จะนะ) (Figure 1)

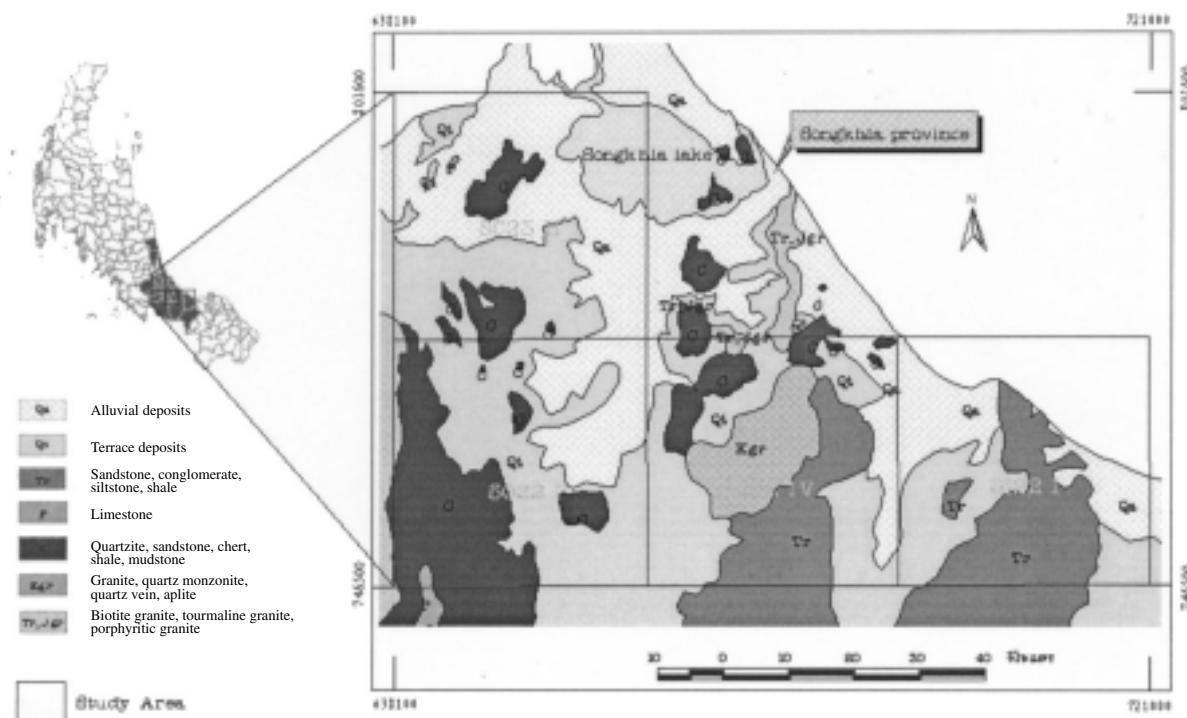
4. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ระหว่าง NB 47-8, 5 (จ.นราธิวาส และ อ.ตากใบ) ระหว่าง 47-3 (จ.สงขลา) และระหว่าง NB47-7 (จ.สตูล) ของกรมทรัพยากรธรณี (2528) และสำเนาชุดแผนที่ธรณีวิทยาไม่พิมพ์เผยแพร่ มาตราส่วน 1:50,000 ได้แก่ ระหว่าง 5122 IV อ.จะนะ (สมชายและสมชัย 2529) และระหว่าง 5122 I อ.เทพา (สมชายและคง 2531)

5. อุปกรณ์สำรวจทางธรณีและเก็บตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า (OYO) รุ่น McOHM Mark-2 Model-2115A พร้อมชุดอุปกรณ์เสริม และคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้แปลความซึ่งชื่อ Resist version 1.0

7. อุปกรณ์หาพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Global

**Table 1. The characteristics of the studied aerial photograph**

Location	Run path	Number of photograph	Date of acquisition
Rattaphum-Khuan Niang	16 A	159-175	31 March 1995
	15 B	22-52	7 April 1995
U-Taphao	17 A	16-18	7 April 1995
Na Mom	19	212-216	11 April 1995
Chana-Thepha	22	90-102	9 April 1995



**Figure 1. General geological map of study area**

Positioning System- GPS) ยี่ห้อ Trimble Pathfinder รุ่น TDC1 พร้อมโปรแกรม Pathfinder Office version 1.10

8. กล้องขยายและกล้องจุลทรรศน์ ที่มีกำลังขยายต่างกัน พร้อมอุปกรณ์บันทึกภาพ

9. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หน่วยความจำชั้กร้า 128 MB หน่วยความจำภายใน 40 GB

10. อุปกรณ์นำเข้าข้อมูล เช่น เครื่องกวาดภาพ (scanner) เครื่องอ่านพิกัด (digitizer)

11. อุปกรณ์แสดงผล จอภาพ 20 นิ้ว เครื่องพิมพ์และเครื่องวัดภาพ

12. โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการประมวลผล ได้แก่ Arc/Info รุ่น 3.5.2 และ ArcView รุ่น 3.1 โปรแกรม Pathfinder Community Base Station รุ่น 2.68I และ Pathfinder Office รุ่น 1.10 รวมทั้งโปรแกรมสนับสนุนการสร้างชั้นความหนา Surfer รุ่น 6.03

## 2. วิธีการ

การสำรวจศักยภาพแหล่งทรัพยากรหัศม์ในจังหวัดสงขลาดำเนินการครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของอำเภอรัตนภูมิ ควนเนียง บางกล้ำ หาดใหญ่ นาหม่อง คลองหอยโ่ง นาทวี เพพา และ สะเดา พื้นที่รวมกันทั้งหมดประมาณ 3,054 ตร.กม. (Figure 1)

ด้วยขนาดพื้นที่สำรวจค่อนข้างกว้าง กับปรกับต้องการสำรวจคุณภาพและปริมาณทรัพยากรหัศม์ในงานก่อสร้าง ฉะนั้นเพื่อให้ได้สารสนเทศที่ต้องการ จึงได้เลือกวิธีการสำรวจทางธรณีวิศวกรรม (engineering geological investigation) อันเป็นการทดสอบความรู้้ทั้งด้านธรณีวิทยาและวิศวกรรมโยธา (ดนุพล 2542) โดยใช้อุปกรณ์และเทคนิคสำรวจทางอากาศ บนพื้นดินและใต้ดิน เพื่อได้なるสารสนเทศดังกล่าวมาบูรณาการเกิดผลที่ถูกต้อง และทรงประสิทธิภาพสูงสุด ดังมีรายละเอียดวิธีการต่อไปนี้

## 2.1 การแปลงรูปวิทยาภาพถ่าย (photogeology - interpretation)

จากการลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏบนรูปถ่ายอันเป็นเบื้องต้นในการแปลงรูปถ่าย (ดุนพลดและคณะ 2540) และได้ยึดถือแนวปฏิบัติแปลความสำรวจดิน (Campbell, 1978) เป็นเกณฑ์ในการค้นหาแหล่งทรัพย์ครั้งนี้ โดยแปลผ่านกล้องมองภาพสามมิติแบบกระจาดชนิดประจำสำนักงานทำการคัดลอกลงสู่ฐานข้อมูลใน GIS

## 2.2 การสำรวจด้านธรณีสัณฐานวิทยาและธรณีวิทยา

สำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบข้อมูล ทางหลักฐานเพิ่มเติม และปรับปรุงแก้ไขงานแปลงรูปถ่ายทางอากาศ และข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาเดิม พิรุณหั้งวัดโครงสร้างธรณีวิทยาของหินดันกำเนิดรายและวางแผนกำหนดจุดสำรวจด้านธรณีไฟฟ้า เก็บตัวอย่างและบอกรายหั้งที่ยังทำอยู่และปล่อยร่องจากเครื่องกำหนดพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS)

## 2.3 การสำรวจด้านธรณีไฟฟ้า (geoelectric prospecting)

สำรวจในพื้นที่แหล่งทรัพย์ที่สามารถเข้าถึง และหลายจุดไกลับบอกรายที่ประกอบการอยู่ในปัจจุบันและที่ปล่อยทึ้งร่างไว้ เพื่อเปรียบเทียบผลการแปลงขั้นความลึก กับสภาพชั้นทรายจริง ด้วยวิธีโครงแบบชั้นเบอร์เจร์ (Schlumberger configuration) วัดสภาพความด้านทานไฟฟ้าจำเพาะประภู (apparent resistivity) ของพื้นดินในแนวตั้ง (vertical electrical sounding-VES) ขยายระยะห่างของชั้นไฟฟ้าใกล้สุดข้างละ 100 เมตร มีสถานีวัดหั้งหมุด 47 จุด การแปลความลึกนั้น ได้นำเสนอโดย VES ที่ลงจุดความต้านทานจำเพาะกับระยะห่างชั้นไฟฟ้าในภาพลักษณะเปลี่ยนแปลงตามความต้องการจับคู่เส้นโดยบางส่วน (partial curve matching method) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ Resist version 1.0 ให้คำนวณจนเส้นโค้งคำนวนเข้าใกล้เส้นโค้งที่วัดจากภาคสนามมากที่สุด โดยพยายามให้มีค่าผิดพลาดรายยกกำลังสองเฉลี่ย (root mean square-RMS) ต่ำที่สุดเท่าที่เข้าคู่ได้ และในการแปลงความลึกของแหล่งทรัพย์ครั้งนี้ ได้ยึดถือว่าเส้นโค้งที่ความชันผิดแยกไปจากเดิมมาก ระยะถึงจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของชนิดชั้นตะกอน

## 2.4 การตรวจสอบสมบัติทรัพย์และจำแนกทางวิศวกรรม

ตัวอย่างทรัพย์ที่เก็บมาในลักษณะเสียสภาพ (disturbed sample) และได้คัดขนาดหินนิ่งใหญ่ (boulder) ถึงกรวดเล็ก (granule) ออก เนื่องจากมีปริมาณไม่มากถึงขั้นเป็นตัวแทนกลุ่ม ตัวอย่างเก็บมาหั้งหมุด 18 แห่ง แห่งละ 2 ถุง แต่ละถุงหนัก 20-30 กก. นำมาตรวจสอบทางกายภาพและผลที่ได้เปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานอเมริกัน (The American Standards of Testing Materials-ASTM) เป็นหลัก

การลดปริมาณตัวอย่างจากสนามให้เป็นตัวอย่างทดสอบ (ASTM C 702) ได้ใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง (riffle sample splitter) โดยมุ่งตรวจสอบบัติหลักของมวลรวมทรัพย์ที่ใช้งาน อันได้แก่ การคละขนาด (gradation) ของมวลรวม (ASTM C 136) ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ (ASTM C 128) ปริมาณสารอินทรีย์ที่เจือปน (organic matter) (ASTM C 40) เพียบกับแผ่นแก้วสีมาตรฐาน (organic plate) ทดสอบการคงตัว (soundness) โดยใช้สารโซเดียมซัลเฟต (ASTM C 88) ตลอดจนตรวจสอบทางกายภาพของเม็ดทรัพย์ภายใต้กล้องขยายเช่น ผิวนีโอ รูปทรง (ASTM C 33) วัสดุองค์ประกอบหั้งแร่และเศษหิน (ASTM C 295) การจำแนกประเภทได้ยึดตามระบบการจำแนกตินเอกสาร (unified soil classification-USC) และระบบกรมทางหลวงอเมริกา (ASSHTO)

## 2.5 การวิเคราะห์ทางทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณส่วนประกอบออกไซต์ของซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) ในทรัพย์ (ASTM C 146) เพื่อคำนึงถึงคุณภาพของทรัพย์ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมประเภทใดมากที่สุด โดยยึดถือปริมาณซิลิกาที่น้อยกว่า 98.5% เป็นเกณฑ์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างเนื่องจากสภาพแวดล้อมธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ไม่พบแร่เป็นต้นกำเนิดให้เกลือ ที่อาจก่อให้เกิดปริมาณเกลือและคลอไรด์ละลายน้ำ (ASTM C 1218) บนเนื้อน้อยในรายถึงขั้นมีผลต่อวัสดุก่อสร้าง จึงไม่ได้ทำการตรวจสอบวิเคราะห์

## 2.6 วิเคราะห์ภูมิสารสนเทศ (Geo-Information - Analysis)

จากข้อมูลการสำรวจศักยภาพแหล่งทรัพย์จังหวัดสงขลา เป็นการนำเข้าข้อมูลศักยภาพแหล่งทรัพย์ ใน

ลักษณะจุด (point) เส้น (arc) และพื้นที่ (polygon) ทุกชนิดแปลงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลข เข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arc/Info (Figure 2) โดยผ่านอุปกรณ์ก้าวภาพและเครื่องกำหนดพิกัด และถ่ายโอนลงบนแผนที่ชนิดต่างๆ ของพื้นที่สั่งขลา พร้อมด้วยการกระจายของหินตันกำเนิดที่เป็นไปได้ อาทิ เช่น หินแกรนิต หินทราย ที่ได้แก่ ไข่มากจากแผนที่ธรณีวิทยาระหว่างและมาตราส่วนต่างๆ สร้างและลงจุดพิกัดฐานข้อมูลใช้งานและภูมิสารสนเทศ แหล่งทราย ได้แก่ เมืองทรายห้องเลิกกิจกรรมและทำอยู่ในปัจจุบัน จุดเก็บตัวอย่าง จุดสำรวจความด้านท่านไฟฟ้า ลงบนแผนที่ชั้นข้อมูลต่างๆ ดำเนินการประมาณผลพื้นที่แหล่งทราย ด้วยวิธีเชิงซ้อน (overlay) จัดแบ่งออกเป็นหมวดเชื่อมพื้นที่ (spatial join) เขตพื้นที่กันชน (buffer zone) การแยกภาพลักษณ์ (feature extraction) การผนึกภาพลักษณ์ (feature merging) (ESRI, 1998) เมื่อนำข้อมูลถ่ายโอนมายังโปรแกรม ArcView ไปพิจารณา ร่วมกับผลข้อมูลสำรวจความด้านท่านไฟฟ้าทุกจุดที่ได้ประมาณผลความลึกของตะกอนแต่ละชั้น และหาความ

หนาชั้นทรายที่ระดับลึกไม่เกิน 50 เมตร นำเข้าประมาณในโปรแกรม Surfer สร้างชั้นความหนา (thickness of contour line) ด้วยการปรับระดับความหนาล่างสุดให้เริ่มศูนย์ กำหนดช่วงเส้นชั้นความหนาให้เหมาะสมกับความหนาของแหล่ง ก็จะได้แผนที่ชั้นความหนา (isopach map) ดังเช่น แหล่งทรายเขตต์ภูมิ-ควนเนียง และเขตจะนะนาทวี สำหรับกรณีจุดสำรวจไม่กระจายครอบคลุมพื้นที่ก็ใช้ค่าความหนาเฉลี่ยของแหล่งทราย โดยพิจารณาจากความหนาที่แปลความได้จากจุดสำรวจความด้านท่านไฟฟ้า ทั้งหมดในแต่ละแหล่งนั้น นำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ได้แก่ เขตอุตรดева และ นาหม่อง ดังนั้นการประเมินปริมาณสำรองศักยภาพแหล่งทรายท่อนามานก์ได้ดังนี้

ปริมาตรแหล่งทรายทั้งหมด = พื้นที่แหล่งทราย ทั้งหมด × ความหนาเฉลี่ยของชั้นทราย

ปริมาตรทรายนอกพื้นที่กันชน = พื้นที่กันชน × ความหนาเฉลี่ยของชั้นทราย

ปริมาณสำรองศักยภาพแหล่งทราย = ปริมาตรแหล่งทรายทั้งหมด - ปริมาตรทรயในพื้นที่กันชน

### 2.6.1 ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Geo-information database)

ประกอบด้วยข้อมูลสองชนิดคือ ข้อมูลปฐมนิเทศ ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่แหล่งทราย ได้จากการแปลงรูปถ่ายทางอากาศ ตำแหน่งบ่อทรายห้องที่เลิกกิจกรรมและ/หรือประกอบการอยู่ ตำแหน่งจุดสำรวจความด้านท่านไฟฟ้า และเก็บตัวอย่าง ส่วนอีกชนิด คือ ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศครอบคลุมแหล่งทราย จัดแยกออกเป็นชั้นข้อมูลความสูง เส้นทางคมนาคม ทางน้ำ ขอบเขตชั้นลุ่มน้ำของกรมป่าไม้ ขอบเขตการปกคล้อง ที่ดังสาระะ (มัสยิด วัด สถานที่ราชการ) และขอบเขตชุดหินตามยุคจากแผนที่ธรณีวิทยา โดยข้อมูลดังกล่าวจัดทำอยู่ในแบบแผนที่เชิงตัวเลขของชั้นข้อมูล/ชั้นข้อมูลสืบขาว (layers/coverages) ที่ได้แยกเก็บไว้ในแต่ละประเภทแฟ้มข้อมูล (Figure 2)

### 2.6.2 การสร้างเขตกันชน (Buffer zone)

ปัจจัยที่พิจารณาสร้างเขตกันชนในการศึกษาครั้นนี้ ได้แก่ แหล่งน้ำสาธารณะ เส้นทางคมนาคม และพื้นที่สาธารณะชุมชนท้องถิ่น โดยยึดตามหลักเกณฑ์พระราชบัญญัติเรื่อง พ.ศ. 2510 แก้ไขปรับปรุง พ.ศ. 2537

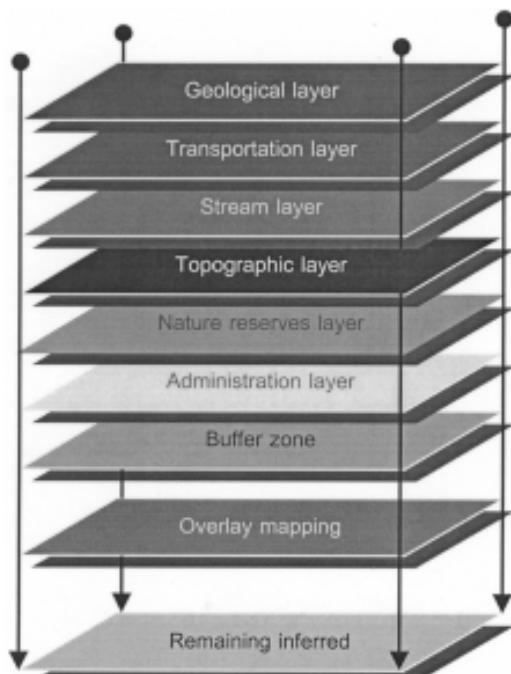


Figure 2. Flow chart of GIS processing data for potential sand deposit areas

เป็นหลัก (Table 6) แต่ผลสำรวจแหล่งทรายทุกแหล่งอยู่นอกเขตชุมชน จึงไม่นำมาพิจารณาและนำไปกำหนดค่าลงในคำสั่งการสร้างเขตกันชนในโปรแกรม Arc/Info

### 2.6.3 การทำแผนภาพเชิงช้อน (Overlay mapping)

จากขอบเขตของพื้นที่แหล่งทรายแต่ละแห่ง ได้สร้างเขตกันชนของแต่ละองค์ประกอบขึ้นไว้ในชั้นข้อมูลเขตกันชนจนครบทุกปัจจัยก่อน จึงนำไปรวมกับชั้นพื้นที่ประกอบด้วยเขตกันชนทุกปัจจัยไปถ่ายลงในชั้นข้อมูลแผนที่ของการปกคล้อง ผ่านคำสั่งสอบถาม (query) ในโปรแกรม ArcView จะได้พื้นที่ศักยภาพแหล่งทรายอนุมาน

### 2.6.4 ปริมาณสำรอง

การเผยแพร่ข้อมูลของพื้นที่แหล่งทรายทั้งสี่เขตนั้น ล้วนได้เก็บตัวอย่างตรวจสอบและจุดสำรวจต่างๆ ได้มาจากแผนที่ธรณีวิทยา รูปถ่ายทางอากาศข้าวต่ำ และสังเกตการณ์ภาคสนาม (ดุนพูลและคณะ 2544) ส่วนความหนาทรายก่อสร้างเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่อยู่ ได้รับมาจากการเฉลี่ยค่าความหนาที่วัดในทรายโอล์ฟและในบ่อทรายและพิจารณารวมกับผลแปลความหนาจากการสำรวจทางธรณีไฟฟ้า (Table 2) ความหนาที่นำมาพิจารณาคำนวณในแต่ละพื้นที่อยู่แหล่งทรายจะไม่นำค่าความหนาหน้าดินมารวมด้วย เช่นเดียวกับชั้นทรายที่บางแหล่งความหนา

ไม่คุ้มในแห่งเศรษฐศาสตร์ (< 2.0 เมตร) และหากมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะประกาย (facies changes) ในลักษณะการคัดขนาดคละทรายธารน้ำพา (fluvial sand grading) ไปสู่ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว ก็ไม่พิจารณา เช่นกัน

สำหรับข้อมูลความหนากระจาดเพียงพอ ได้สร้างแผนที่ชั้นความหนาของทราย และคำนวณตามวิธีนิยม มีสูตรคำนวณดังนี้

$$V = (A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{n-1} + A_n) \times (L/2) \quad (1)$$

โดยที่  $V$  = บริมาตร หน่วยเป็น ลบ.เมตร

$A_n$  = พื้นที่หน้าตัดของระนาบเส้นชั้นความหนาที่ระดับ  $n$  หน่วยเป็น ตร.เมตร

$L$  = ค่าความต่างของระนาบแต่ละชั้นความหนาหน่วยเป็น เมตร

ปริมาณสำรองคงดีเป็นปริมาตรหน่วยลบ.เมตร และน้ำหนักเป็นล้านเมตริกตัน ซึ่งความถ่วงจำเพาะของแหล่งทรายทุกแหล่งค่อนข้างคงตัว อยู่ระหว่าง 2.64-2.65 (Table 4)

### ผลการศึกษา

ศักยภาพแหล่งทรายก่อสร้างในสงขลาสมอยู่ในลักษณะธรณีสัณฐานหลักหลาย อันเป็นผลมาจากการ

Table 2. Summary of potential building sand deposits in Songkhla province area

Feature of deposits	Rattaphum-Khuan Niang	U-Taphao	Na Mom	Chana-Thepha
Aerial appearance	light gray, fine texture	variable gray tones, smooth dendritic and parallel	light to medium gray dendritic	white to light gray, mottled dendritic
Drainage pattern	dendritic	old flood plain, oxbow lake	youth to maturity valley and hill	youth irregular hill and ridges
Stream stage	maturity to old hilly with granite knob	old	youth to maturity	youth
Topography	granite knob	flood plain, oxbow lake	valley and hill	irregular hill and ridges
Area, km <sup>2</sup> .	21.02	8.42	2.78	13.86
Grain shape	angular to subrounded	well rounded	angular to round	very angular to subrounded
Source rocks	granite, sandstone	sandstone-shale	granite	granite, sandstone-shale

กระทำของตัวกลาง ซึ่งเป็นธารน้ำเป็นหลัก และคุณภาพ trajectory ขึ้นกับพินทันกำเนิด ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย พินทรัพย์ พินดินดานและพินแกรนิต มีรายละเอียดดังนี้

### 1. การแปลสภาพธรณีวิทยา

การกระจายของแหล่งทรัพย์ในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ของจังหวัดสงขลา (Figure 3-6) ได้ล้อมกรอบเน้นสำรวจ เฉพาะแหล่งทรัพย์น้ำจืด (fresh water sand deposits) หรือทรัพย์บก ไม่ว่าจะเป็นแหล่งทรัพย์ภาคพื้นสมุทร (marine sand deposits) ซึ่งต้องผ่านการล้างและไม่นิยมนำมาใช้ ก่อสร้าง อีกทั้งส่วนใหญ่อยู่ตามชายฝั่งในเขตหัวห้มตาม กุฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ลักษณะโดยเด่น ของแต่ละแหล่งทรัพย์ ซึ่งแปลความได้สรุปไว้ใน Table 2

ผลแปลสภาพธรณีวิทยาของแหล่งทรัพย์ในเขตตากลูม และควนเนียง พบว่ามีลักษณะเนื้อสภาพละเอียด-ปานกลาง วรรณะสี (tone) บริเวณที่รับและริมทางน้ำสีเทาอ่อน ส่วนบริเวณลานตะพัคลำน้ำสีเข้มและลักษณะยอดขุ่นระ และเรียบของเขานหินปูนและเขานหินทรัพย์และพินดินดาน สีเทาปานกลาง ปรากฏการประสานสายชั้นเจน (Figure 3)

ส่วนในเขตคลองอู่ตะเภา วรรณะสีเทาเบปรบวน เรียบ ทางน้ำเหลืองก็ไม่และนาน ภูมิประเทศเป็นทางน้ำ โถงด้วด ทะเลสาบรูปแยกและที่รับน้ำท่ามถึง (Figure 4) ส่วนเขตนาหมื่อม เนื้อสภาพปานกลางถึงหยาบ จะมีวรรณะสีเข้มในบริเวณเป็นเขายอดแหลม ส่วนสีเทาลึกลับอ่อน บริเวณสะสมกรุดทรัพย์ (Figure 5) แหล่งทรัพย์เขตจะนะ-เทพา ในที่รับและที่ลุ่มน้ำเนื้อสภาพละเอียดถึงปานกลาง สีเทาอ่อนถึงขาว ส่วนบริเวณที่เป็นเขากลูมชัน มีเนื้อสภาพปานกลางถึงหยาบ วรรณะสีเทา ริ้วธรรมากมาย (Figure 6)

### 2. การกระจายของศักยภาพแหล่งทรัพย์ก่อสร้าง

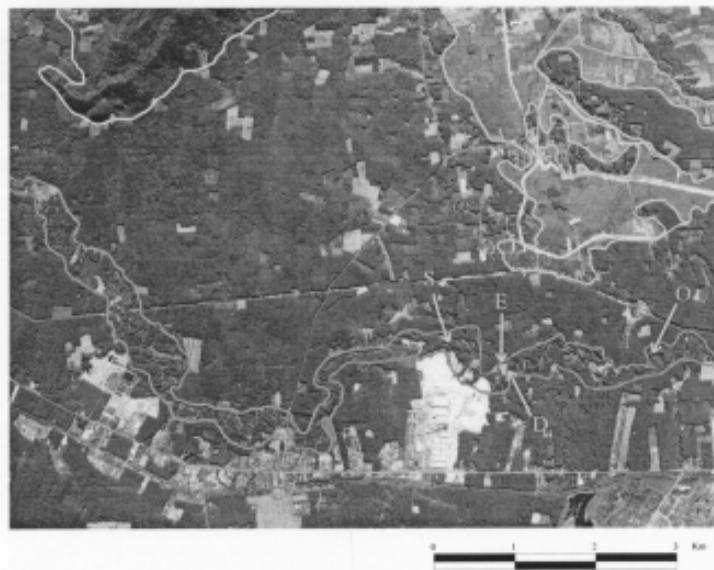
ผลการสำรวจศักยภาพแหล่งทรัพย์แบ่งออกได้เป็น 8 พื้นที่ย่อย อยู่ใน 4 เขต คือ เขตตากลูม-ควนเนียง เขตคลองอู่ตะเภา เขตนาหมื่อม และ เขตจะนะ-เทพา ดัง รายละเอียดต่อไปนี้

#### 2.1 เขตตากลูม-ควนเนียง

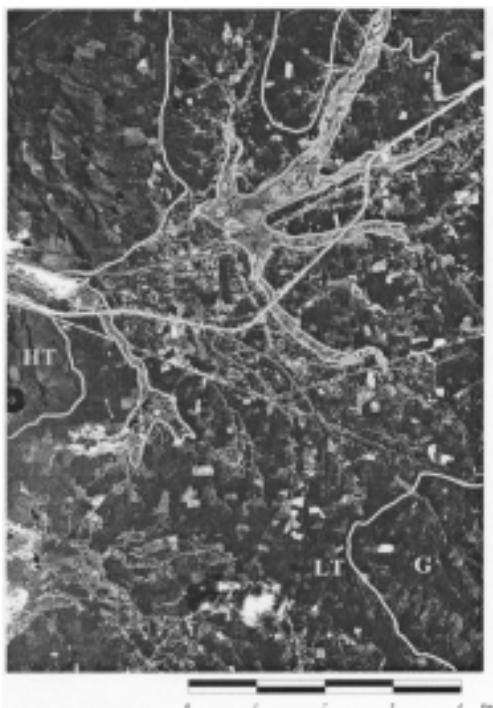
พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่รับ ที่รับลุ่มริมฝั่งทะเลสาบสงขลา มีทั้งเนินเตี้ยและภูเขาที่ไม่สูงมากนัก กระจายอยู่ห่างกัน ส่วนพากตะวันตกของพื้นที่ มีทิออกเข้าหาด



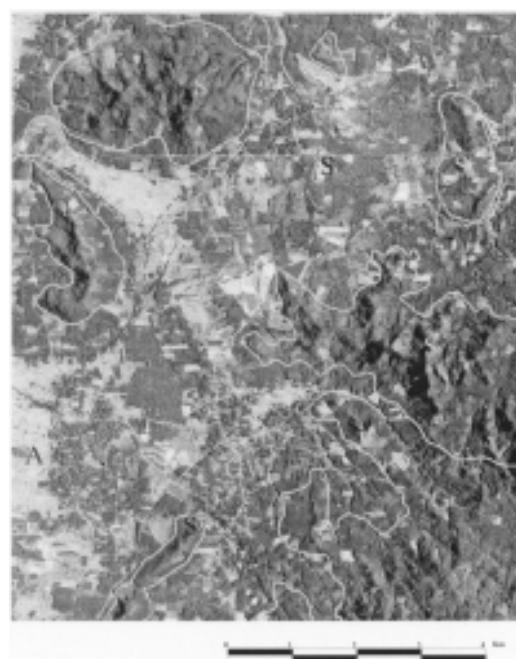
**Figure 3.** Aerial photograph showing feature of braided drainage pattern deposits (B) including , natural levee deposits, flood plain deposits, part of an alluvial high terrace (HT) and surrounded by limestone and sandstone-shale rocks (S) in Rattaphum-Khuan Niang deposit.



**Figure 4.** Aerial photograph showing features of a flood plain along U-Taphao. Erosion is taking place at (E) and deposition at (D). Meander scars and scrolls are seen at point (S). The oxbow lake at (O) is being filled by overflow sediments and by peat.



**Figure 5.** Aerial photograph showing view of alluvial plain (A) of Na Mom sand deposit. The small lower terraced fields (LT) are on the residual granite (G).



**Figure 6.** Aerial photograph showing view of an alluvial plain (A) and granite wash (GW) developed on the slope of mountain range of granite (G) and sandstone-shale (S) in Chana-Thepa deposit.

วางแผนที่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นเขากhinบุนโดด อยู่บริเวณที่รับตะวันตกเฉียงเหนือของระวังแผนที่

### 2.1.1 แบบรูปทางน้ำและลักษณะแองสะสม

ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่รับและเนินเดี้ยง มีทางน้ำแบบรูปกิ่งไม้ (dendritic pattern) อยู่ในระยะมัชณิมวัยถึงปัจจุบันวัย มีทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออกโดยประมาณ ลงสู่ทะเลสาบสงขลา ทางน้ำสายหลัก ได้แก่ คลองภูมิหรือคลองรัตภูมิ คลองเขาร้อน เป็นต้น

พื้นที่อำเภอรัตภูมิและอำเภอควนเนียง เป็นส่วนหนึ่งของขอบด้านทิศตะวันตกของแม่น้ำลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (ดูนุพลดและคณ 2543) ดังนั้นตะกอนน้ำพามาจึงสะสมตัวน้อยทางตะวันตกและสะสมหนาขึ้นทางทิศตะวันออกของแหล่ง ซึ่งหินตันกำเนิดตะกอนที่สำคัญได้แก่ แนวเทือกหินแกรนิติกลา (central granite belt) ในเทือกเขาบรรทัดที่รอยต่อ กับจังหวัดสตูล เป็นหินยุคปลายไทรแอสซิก-จูแรสซิก (Triassic-Jurassic period) นอกรางนี้หินตะกอนเนื้อประสม (clastic sedimentary rocks) ยุคไชลูเรียน (Silurian) ดีโวนีียน (Devonian) และคาร์บอนิฟอรัส (Carboniferous) ได้แก่ หินทรายและหินกรวดมุน เป็นต้น สะสมในลักษณะสิ่งทับถมร่องน้ำ (channel deposits) และสิ่งทับถมขอบร่องน้ำ (channel margin deposits)

### 2.1.2 ธรณีวิทยาแหล่งทราย

พบว่ามีลักษณะการสะสมตัวของตะกอนแหล่งน้ำอยู่ในพื้นที่เป็นที่รับและที่ลุ่มต่ำ โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับคลองเขาร้อนและคลองรัตภูมิ ในกำแพงเพชรและบางแห่ง อ.รัตภูมิ มีป่าทรายเปิดดำเนินการอยู่และบ่อทรายเก่ากระจาดอยู่เป็นหย่อมๆ บ่อทรายส่วนใหญ่มักมีน้ำท่วมขังอยู่ตลอดเวลา อันเป็นอุปสรรคแก่การตรวจดูชั้นหน้าทราย อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งแหล่งทรายทางธรณีวิทยาออกได้เป็น 2 พื้นที่ย่อย (Figure 7) คือ

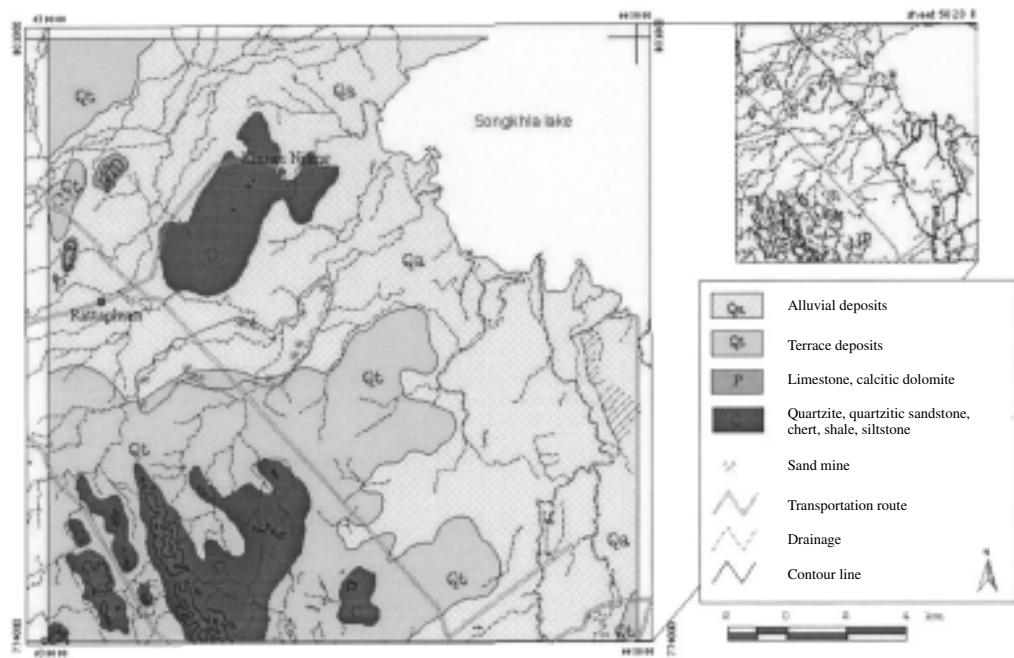
1) แหล่งทรายแรก มีตำแหน่งพิกัดยูทีเอ็ม 785622 เหนือ 643285 ตะวันออก ในแผนที่ภูมิประเทศ ระหว่าง 5023 II มีการสะสมตัวของตะกอนกรวดทราย ทรายแบ่ง และดินเหนียว มีความหนารวมทั้งหมดประมาณ 14 เมตร (Figure 8) ชั้นหินดิน (top soil)

เป็นดินเหนียวปนทรายแบ่งสีเทา-น้ำตาลแกมเหลือง แทรกสับด้วยชั้นบางๆ ของทรายขนาดเม็ดละเอียดถึงปานกลาง สีเทาขาว ลึกลงไปเป็นชั้นตะกอนทรายขนาดละเอียดถึงปานกลาง ที่สับออยู่กับชั้นตะกอนทรายขนาดปานกลางถึงหยาบมากและมีกรวดปนอยู่บ้างหนา 1-5 เมตร ในชั้นล่างของทรายส่วนนี้มีซากตันไม้ขนาดใหญ่ แทรกอยู่เป็นจำนวนมาก ชั้นหินดาน (bed rock) เป็นหินหินดาน (shale) สีเทาดำ-เทาแกมเหลือง ที่มีความผุสูง นอกจากนี้ยังพบแร่ไฟร์ตและมัสดโคไวต์ปะปนอยู่ โดยหินดานวางตัว S18 °E / 40 °S จัดอยู่ในพื้นยุคคาร์บอนิฟอรัส

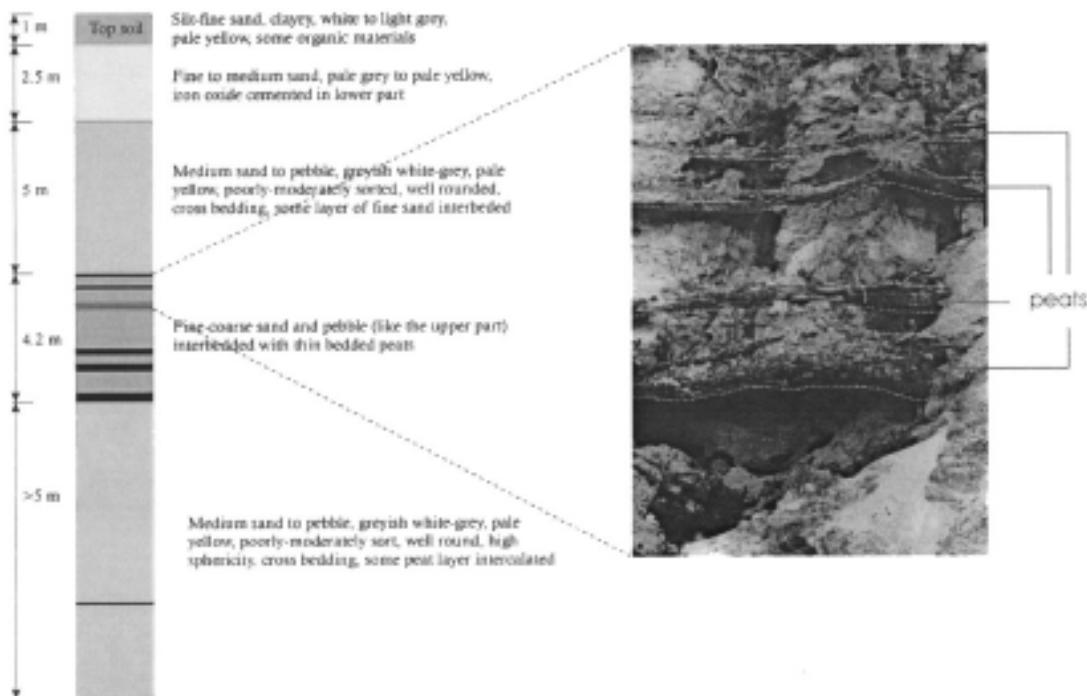
2) แหล่งทราย มีตำแหน่งพิกัดยูทีเอ็ม 788174 เหนือ 647503 ตะวันออก มีความหนามาก จากหน้าเหมืองที่เปิดให้เห็นอยู่ ที่ความลึกประมาณ 17 เมตร ยังไม่พบชั้นหินดาน ชั้นหินดินที่ปิดทับ เป็นทรายแบ่งปนทรายละเอียด ดินเหนียวปนสีขาว เทาจางถึงน้ำตาล จาง มีพีต (peat) ปนมากในส่วนบน ชั้นถัดมาเป็นตะกอนทรายขนาดละเอียดถึงปานกลาง สีเทาถึงเหลืองอ่อน โดยมีชั้นทรายที่จับตัวกันแข็งประสานด้วยเหล็กออกไซด์สีน้ำตาลเข้ม เรียกว่า ชั้นดานเหล็ก (iron pan) ลึกลงไปเป็นชั้นทรายเม็ดขนาดปานกลางจนถึงกรวดขนาดใหญ่ ซึ่งมีสีขาวแกมเทาถึงเทา เหลืองชีด การคัดขนาดปานกลางถึงเลว (moderately to poor graded) แสดงลักษณะการวางชั้นเนียงระดับ (cross bedding) และที่ระดับความลึก 8-12 เมตร ปราการชั้นทรายละเอียดแทรกสับกับพื้ตอยู่ถึง 8 ชั้นต่ำกว่ากัน นอกจากนี้ที่ระดับความลึกประมาณ 15 เมตร ก็ยังปราการมีพืตอยู่ชั้นกัน แต่มีขนาดและปริมาณน้อยกว่าต่อนบนที่ได้กล่าวมา

### 2.2 เบตคลองอุต्तरฯ

คลองอุตฯ เป็นลำน้ำสายหลักที่ใหญ่ที่สุดในบริเวณลุ่มน้ำหาดใหญ่-สະเดา ที่ว่างตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีชารน้ำขนาดเล็กหลายสายที่ไหลมาบรรจบกัน คลองสายนี้เริ่มจากบริเวณอำเภอสະเดา ไหลลัดเลาะมาทางทิศเหนือผ่านอำเภอคลองหอยโข่ง หาดใหญ่ บางกอกลำ แล้วไหลออกสู่ทะเลสาบสงขลา ด้านทิศตะวันออกของคลองอุตฯ ทางเหนือของแม่น้ำหาดใหญ่ด้านทิศตะวันออก เป็นบริเวณเนินสูง-ต่ำ ที่มีความกว้างไม่มากนัก โดยมีความลาดชันໄต่ระดับชั้นไปจนถึงบริเวณภูเขา มีริเวอร์ (rill) ไหลจากทิศตะวันออกมายังทิศตะวันตก ส่วนด้านทิศตะวันตก



**Figure 7. Geology, sand distribution and mine localities in Rattaphum-Khuan Niang area (modified from geological map 1:250,000)**



**Figure 8. Litho-stratigraphic column of a) Rattaphum-Khuan Niang sand deposit and b) profile of sand deposit at a sand pit.**

ของคลองอู่ตะเภา เป็นที่รากว้างใหญ่สลับด้วยเนินและลาดชันสูงขึ้นเมื่อเข้าใกล้ที่ออกเข้าสูง ที่อยู่ห่างจากคลองอู่ตะเภาไม่น้อยกว่า 15 กม.

### 2.2.1 แบบรูปทางน้ำและลักษณะแองสะสม

แองหาดใหญ่-สะเดา วางตัวเป็นแนวยาวเหนือ-ใต้ มีภูเขาสูงและเนินขนาดใหญ่ทั้งสองข้าง ทางน้ำที่เกิดอยู่ในพื้นที่นี้จึงประกอบด้วย ร่องธาร (gully) อยู่มากmany ทั้งสองข้างของแม่น้ำ บนบางบริเวณมีแบบรูปทางน้ำกึ่งไม้ผสมกับแบบรูปทางน้ำขนาดใหญ่ ทางน้ำทั้งหมดของสองฝั่ง แองหาดใหญ่-สะเดา ให้สามารถเข้ากับคลองอู่ตะเภา ซึ่งกว้างประมาณ 15-30 เมตร มีลักษณะทางน้ำโค้งตัวดิบ (meander) และรอยทะเลสาบรูปแยก (oxbow scar) นอกจากนี้การหักมุมของแนวคลองอู่ตะเภาในบางบริเวณที่ขานานกับทางน้ำสาขา แสดงถึงแนวโครงสร้างทางธรณี-วิทยา ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นรอยเลื่อน (fault) ระดับห้องถิน มีแนวอยู่ทิศประมาณ N45°E (ดูนุพลและคณะ 2540)

จากการติดตามลักษณะทางน้ำโค้งตัวดิบ (entrenched meander) ของคลองอู่ตะเภา ด้วยแผนที่ภูมิประเทศ ปี พ.ศ. 2511 และ ปี พ.ศ. 2530 กับรูปถ่ายทางอากาศ พ.ศ. 2538 พบว่ามีลักษณะเป็นทางน้ำโค้งตัวดิบ (ingrown meander) ความคดโค้งของลำน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาจนเกิดคอกอด โดยเฉพาะในบริเวณส่วนปลายสายน้ำ จนทำให้กรุดทรัพย์ทับถมเกิดรอยทางน้ำโค้งตัวดิบ (meander scar) จำกัดอยู่ภายในเขตทางน้ำโค้งตัวดิบ (meander belt) มีความกว้าง 130-520 เมตร และมีความยาวตลอดสายน้ำประมาณ 25 กม.

### 2.2.2 ธรณีวิทยาแหล่งทรัพย์

แหล่งทรัพย์ขนาดน้ำทับถมอยู่ในรอยทะเลสาบรูปแยก ทางน้ำโค้งตัวดิบ และเนินตะกอนน้ำพา จากแหล่งทรัพย์ที่เปิดดำเนินการอยู่บริเวณสองฝั่งคลองอู่ตะเภา (Figure 9) พบว่าลักษณะตะกอนทรัพย์ ชั้นหน้าดินเป็นทรัพย์ละเอียด ทรัพย์แบ่ง และบางแห่งมีดินเหนียวปนเล็กน้อย มีความหนาจากผิวดินอยู่ในช่วง 2-7 เมตร ชั้นล่างถัดลงไปเป็นชั้นทรัพย์ละเอียดถึงทรัพย์หยาบปนกรวด ความลึกไม่เกิน 12 เมตรจากผิวดิน ในชั้นทรัพย์นี้บางบริเวณจะพบชากดันไม้ปนอยู่ด้วย เช่น พื้นที่ตำบลบ้านพู ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับในเขตวัตถุภูมิ-ควันเนียง หินตันกำเนิดทรัพย์ ได้แก่ หินทรัพย์ แทรกสลับด้วยหินทรัพย์ปนกรวด

และหินทรัพย์แป้งของหมวดหินสารเตา ยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) และหมวดหินนาที ยุคไทรแอสซิก (ดูนุพล 2540)

### 2.3 เบทานาหมื่น

มีลักษณะภูมิสังฐานเป็นหุบเขาที่รายล้อมด้วยภูเขาสูงและเนิน พื้นที่ในหุบเขาน้ำใหญ่มีลักษณะเป็นเนินเดียวๆ โดยมีที่รากแคนในบริเวณสองฝั่งของทางน้ำสายเล็กๆ อันได้แก่ คลองหวะ และคลองม่วง ที่ไหลมาบรรจบรวมกันก่อนไหลออกจากหุบเขามาทางทิศตะวันตก

### 2.3.1 แบบรูปทางน้ำและลักษณะแองสะสม

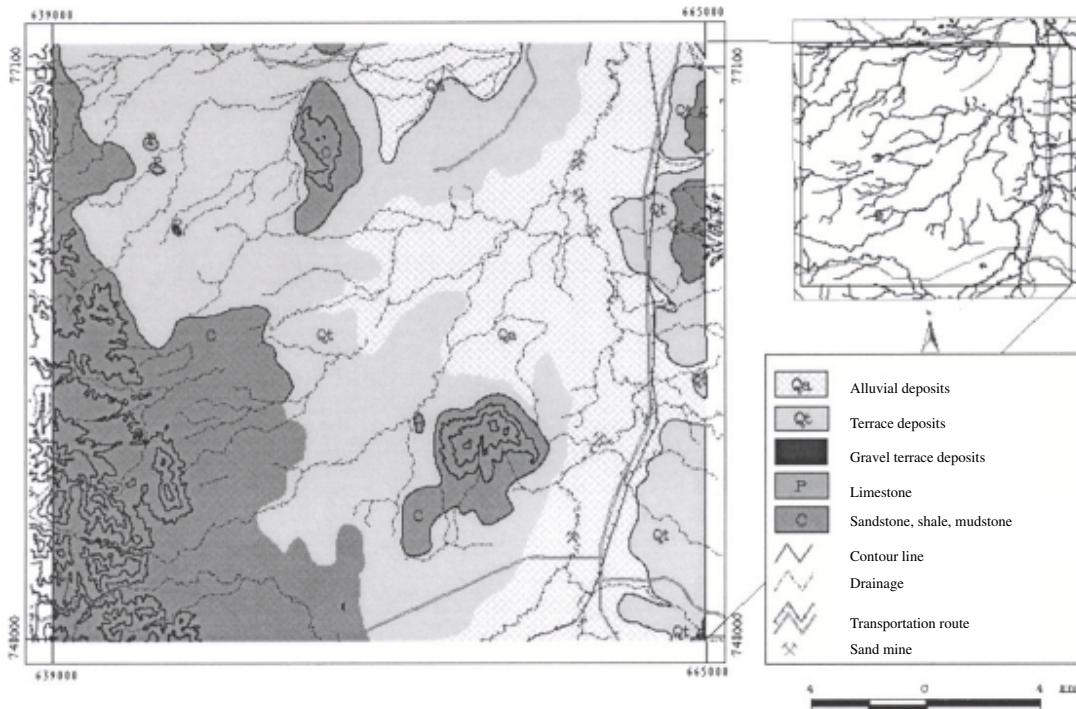
เป็นแหล่งทรัพย์ขนาดเล็กที่แยกกระจายแยกกันอยู่ 3 พื้นที่ย่อย (Figure 5) ครอบคลุมพื้นที่รวมทั้งหมด 2.791 ตร.กม. ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1) พื้นที่แหล่งแรก อยู่บริเวณใกล้เคียงบ้านนาทองสุข ตำบลทุ่งขึ้น มีพื้นที่แหล่งทรัพย์ที่อยู่ใกล้ทางน้ำขนาดเล็กของคลองท่าหวานและคลองปลักโก ที่มีขอบเขตแหล่งทรัพย์คล้ายรูปตัว "C" กว้างไม่เกิน 300 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 0.854 ตร.กม.

2) พื้นที่แหล่งที่สอง อยู่ทิศตะวันออกของอำเภอหนองม่อม ประกอบด้วย 2 แหล่งย่อย คือแหล่งล่างบริเวณสองฝั่งคลองหวะ อยู่ในเขตตำบลทุ่งขึ้น มีพื้นที่แหล่งทรัพย์ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 0.792 ตร.กม. ยาว 2.1 กม. กว้างประมาณ 400 เมตร ส่วนแหล่งบนอยู่ในบริเวณที่รับสองฝั่งทางน้ำขนาดเล็กใกล้เคียงบ้านพลีคิวาย ในพื้นที่ตำบลหนองม่อม และตำบลพิจิตร พื้นที่แหล่งทรัพย์แหล่งที่สอง อยู่ในเขตตัวตัว "T" ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 1.135 ตร.กม.

### 2.3.2 ธรณีวิทยาแหล่งทรัพย์

พื้นที่แหล่งทรัพย์ที่ตั้งตระหง่านอยู่ในบริเวณตะพักลำน้ำคลองหวะ (Figure 10) และทับถมจากการกร่อนแบบผิวแผ่น (slope wash) และทับถมริมทางน้ำปัจจุบันในหุบเข้า (Figure 11) ในบริเวณส่วนล่างใกล้บ้านนาทองสุข เป็นแหล่งทรัพย์ที่อยู่ใกล้กับทางน้ำที่พัดพาตะกอนจากภูเขาด้านทิศใต้เป็นระยะทางไม่เกิน 5 กม. ธรณีสังฐานส่วนใหญ่เป็นเนินที่มีที่รากแคนอยู่บนสูงของชั้นหินดินขนาดเล็ก ตะกอนไม่หนา มีปริมาณกรวดขนาดใหญ่ปนอยู่สูง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ และมีกรวดของหินทรัพย์หินควอตซ์ไซด์ หินเซริต เป็นต้น มีรูปทรงกลมมน ผลสำรวจในบริเวณที่เปิดทำเหมือง พบว่าชั้นหินดินเป็นทรัพย์



**Figure 9. Geology, sand distribution and mine localities in U-Taphao area (modified from geological map 1:250,000)**



**Figure 10. Terrace gravel with erosion along road from Hat Yai to Na Mom.**

บันกรวดและมีชั้นดินเหนียวสลับที่ หนาประมาณ 0.5 เมตร ถัดลงไปเป็นชั้นกรวดทราย ที่มีการกระจายขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอมาก โดยทั่วไปสีค่อนข้างขาว สีน้ำตาลอ่อน มีความหนาประมาณ 1.5-3.0 เมตร บางบริเวณมีชั้นดาน

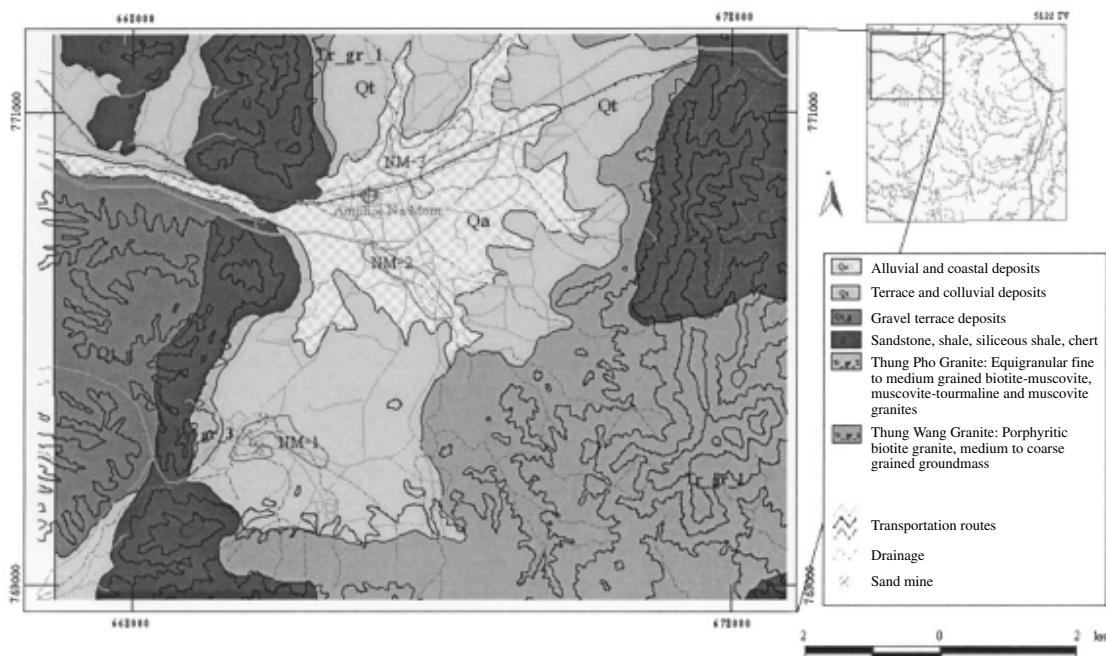
ดินเหนียว (claypan) สีดำ ซึ่งหนาประมาณ 1 เมตร แทรกสลับอยู่กับชั้นกรวดทรายดังกล่าว เช่นกัน

#### 2.4 เขตตะนะ-เทpa

พื้นที่ด้านทิศเหนือของจุดอ่าวไทย มีลักษณะเป็นที่ราบ ที่ราบลุ่ม หาด และมีภูเขาขนาดเล็กถึงใหญ่กระจายอยู่ทั่วไป ด้านทิศใต้มีทั้งภูเขาโดยเด่นและเทือกเขาซึ่งขึ้นมาก วางแผนอยู่ในแนวประมาณเหนือ-ใต้ เป็นที่ราบ ที่ราบลุ่ม และลานหินพัง (scree) มีริมาราหรายทิศทางที่ให้หลงมาตามเทือกเขา พัดพาตะกอนมาสะสมสู่เนื้องล่าง ก่อนที่จะไปรวมกับทางน้ำหลัก อันได้แก่ คลองสะกอม และแม่น้ำเทpa ที่ให้หลงสู่อ่าวไทยทางทิศเหนือ

##### 2.4.1 แบบรูปทางน้ำและลักษณะแองสะสม

บรรดาธาร้ำธารได้พาตะกอนกรวด ทราย มะสะสมตัว มีลักษณะทางน้ำแบบกิงไม้ โดยผังเขตอำเภอจะน้ำมีทิศทางการไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือก่อน ย้อนกลับไปทางทิศเหนือ รวมกับทางน้ำสายหลักให้หลงสู่อ่าวไทย ตะกอนสะสมตัวอยู่ใน 2 พื้นที่ย่อยที่ต่อเนื่องกัน (Figure 6) คือ



**Figure 11. Geology, sand distribution and mine localities in Na Mom area (after Nakapadungrat and Chaisen, 1986)**

1) พื้นที่ย่อยแรก อยู่ที่ลาดชันติดกับภูเขาที่เป็นต้นกำเนิดของตระกอน ลักษณะธรณีสัณฐานเริ่มเปลี่ยนจากที่ร่วนทางด้านทิศตะวันตกมาเป็นเนินเดี้ยทางด้านทิศตะวันออก ได้แก่ บริเวณบ้านสะพานไม้แก่นตากและสะพานไม้แก่นกลาง

2) ส่วนพื้นที่ย่อยที่สอง เป็นพื้นที่ร่วนและที่ร่วนลุ่มที่ต่อเนื่องมาจากทางทิศเหนือ มีรากประสานสาย (braided stream) ปรากฏอยู่ เป็นพื้นที่นาและปล่อยทึ้งรกร้างไว้ บางบริเวณมีน้ำขังอยู่ ทางทิศตะวันออกของควนล้านและความจำศิล อันเป็นพื้นที่รกรอยต่อระหว่างอำเภอจะนะกับอำเภอเทพา

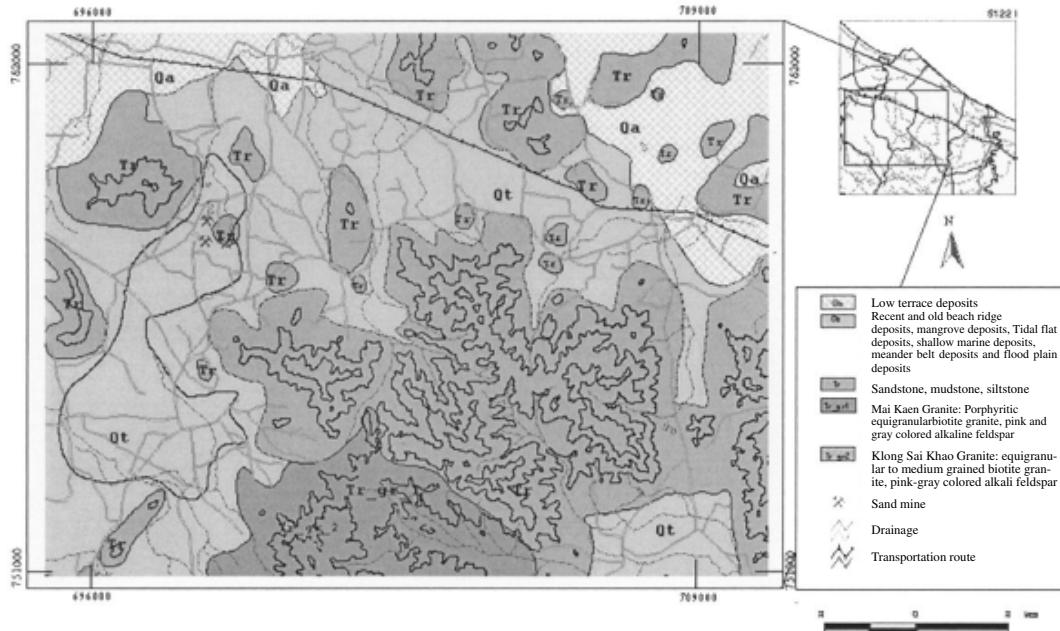
#### 2.4.2 ธรณีวิทยาแหล่งทราย

ศักยภาพแหล่งทรายมีการสะสมจากการกร่อนแบบผิวแผ่น และลานหินปัง (Figure 12) ในพื้นที่นี้ มีบ่อทรายเปิดดำเนินการอยู่ 1 เหمفอง (ทรายทึ้งจากการทำเหมืองดีบุก) และบ่อเก่า 2 แห่ง ซึ่งอยู่ใกล้กันในบริเวณที่ร่วนลุ่มทางด้านทิศตะวันออกของควนจำศิล อ.จะนะ ซึ่งเป็นบริเวณส่วนหนึ่งของพื้นที่ศักยภาพแหล่งทรายที่ได้จากการแปลความรูปถ่ายทางอากาศ บ่อทรายจะมีน้ำขัง

อยู่มาก จึงเป็นอุปสรรคแก่การเก็บข้อมูลลักษณะชั้นทรายที่ไม่สามารถทำได้มากนัก

ในบริเวณที่เปิดบ่อเป็นที่ร่วนลุ่ม ชั้นหินดินเป็นทรายละเอียด ทรายແပัง มีดินเหนียวปน สีเทาถึงเทาดำ หนาไม่เกิน 1 เมตร มีพืดปน ถัดลงไปเป็นชั้นทรายหยาบปนกรวด โดยทั่วไปสีค่อนข้างขาวถึงเหลือง ในบางจุดระหว่างชั้นนี้กับหินดิน มีชั้นด้านเหล็ก สีน้ำตาลซึ่งหนาไม่เกิน 30 ซม. ทรายในชั้นถัดลงไปอยู่ลึกประมาณ 5-15 เมตร

สำหรับตะกอนที่สะสมตัวเป็นเนินเตี้ยนนั้น เม็ดตะกอนทรายมีขนาดใหญ่ถึงใหญ่มาก คล้ายกับทรายละเอียด (Table 2) จากการสังเกตพบผลลัพธ์ที่สอนตัดผ่านและริมคลังธารน้ำ พบร่วมตะกอนพัดพาอยู่ไม่ไกลจากหินดันกำเนิดมากนัก เนื่องจากพบว่ามีหินใบโอลอไทร์แกรนิตและหัวร์มาลีน-ใบโอลอไทร์แกรนิต ผลลัพธ์บริเวณภูเขาระหว่างหินดันกำเนิดมากนัก เนื่องจากพบว่ามีหินใบโอลอไทร์แกรนิตและหัวร์มาลีน-ใบโอลอไทร์แกรนิต ผลลัพธ์บริเวณภูเขาระหว่างหินดันกำเนิดเดียวและเนื้อดอก (สมชัย และคณะ, 2539) ซึ่งอยู่ในแนวเทือกหินแกรนิตกลางของยุคไทรแอสซิก



**Figure 12. Geology, sand distribution and mine localities in Chana-Thepha area  
(after Nakapadungrat *et al.*, 1988)**

### 3. ผลสำรวจด้านธรณีไฟฟ้า

การแปลผลได้สังเกตลักษณะรูปร่างเส้นโค้งความต้านทานจำเพาะสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นหลัก เนื่องจากลักษณะธรณีวิทยาบริเวณทั่วถดตะกอนไม่มีความซับซ้อนของกำเนิดและโครงสร้าง กับกรับเป็นตะกอนที่โดยเด่นในแหล่งทรัพยากร่องอกเป็นกลุ่มได้เพียง 2-3 ชนิดเท่านั้น ค่าความต้านทานจำเพาะประกายและความหนาของชั้นต่างๆ พบว่าโดยทั่วไปมีชั้นใต้ดินแบ่งออกได้ 3 ชั้น (Table 3) ชั้นหน้าดินมีความหนาในช่วง 0.5-12.6 เมตร มีค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง >166->1,011 โอม์-เมตร ลักษณะลงไปเป็นชั้นกรวดทรายหนาในอยู่ช่วง 1.5-45.4 เมตร มีค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 41-694 โอม์-เมตร และความลึกชั้นหินดานผุ และ/หรือหินดานพบว่าเส้นโค้งความต้านทานจะโค้งบิดอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับเส้นโค้งของชั้นตะกอนต่างๆ ที่วางอยู่ต่อหน้า (Figure 13) มีค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉลี่ย ในพิสัย 6-36 โอม์-เมตร เส้นโค้งที่คำนวณทำบั่นคู่กับค่าที่วัดจากในสนามนั้น มีค่าผิดพลาดรากยกกำลังสองเฉลี่ยในพิสัย 2-4

### 4. คุณภาพทรัพยากร่องสัน

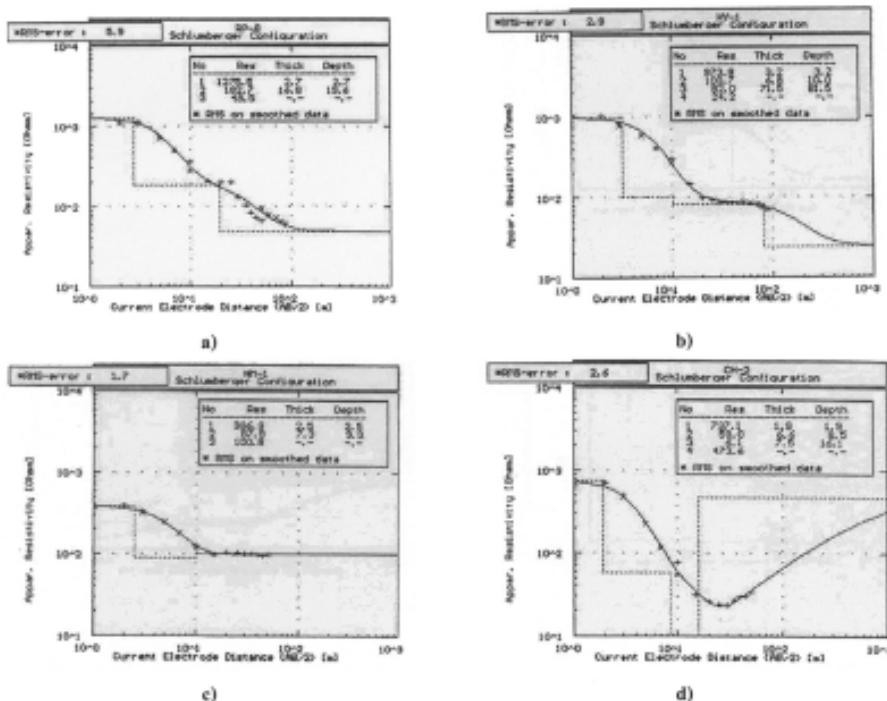
การจำแนกคุณภาพในที่นี้เน้นตามการประยุกต์ในงานถม บุนปลาสเตอร์และมอร์ต้าร์ และคอนกรีตเป็นหลัก มีปริมาณส่วนน้อยนำไปใช้ในอุตสาหกรรม เช่น เชื้อถลุงในการหลอม และงานหล่อโลหะ เป็นต้น

#### 4.1 ศึกษาธรณนา

ภายใต้กล้องกำลังขยาย พบร่องรอยของเม็ดทรายกลมมนั้นพบแต่เฉพาะในแหล่งคลองอู่ตะเภาเท่านั้น แหล่งอื่นนอกนั้นค่อนข้างเป็นเหลี่ยมถึงกึ่งมน (Table 2) มีข้อสังเกตว่าเป็นแหล่งอยู่ใกล้หินดันกำเนิด วัสดุองค์ประกอบในรายที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ แร่ควอตซ์ เฟลต์-สปาร์ มีปนเล็กน้อย ได้แก่ หัวร์มาลีน ไมกา (Table 5) ถึงแม้ว่าแร่ไฟริต มัสโคไวต์และไบโอไทด์มีผลเสียต่อคุณค่า บุนปลาสเตอร์และมอร์ต้าร์ แต่ก็มีปริมาณต่ำกว่า 3% อันไม่ก่อความเสียหาย (SABS 1083, SABS 1090) นอกจากนี้ยังพบเศษหินเชิร์ต หินทราย หินดินดาน หินโคลน (mudstone) หินทรายแบ่ง และพีต

**Table 3. Summary of the average vertical electrical sounding depth of sand deposits**

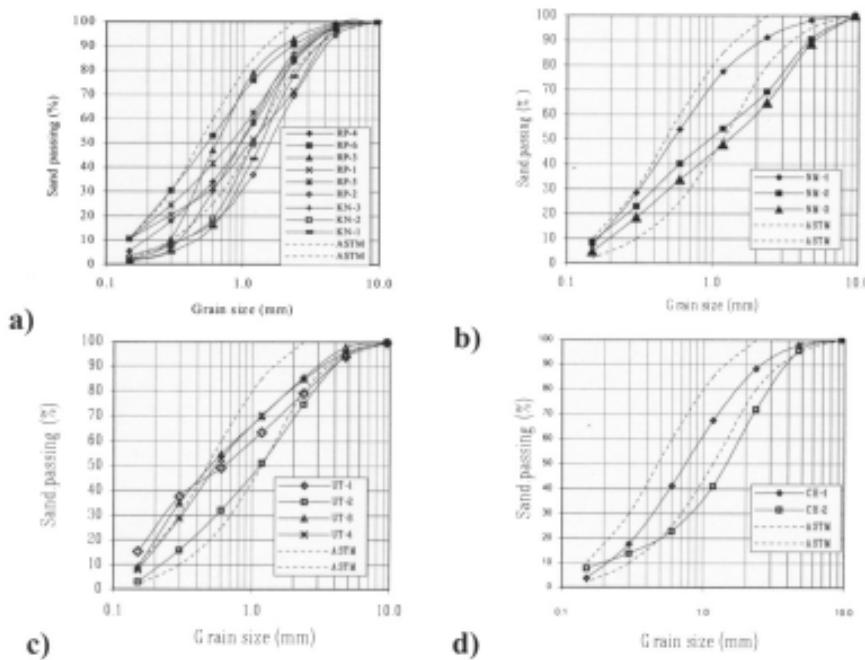
<b>Thickness of formations, m</b>	<b>Rattaphum-Khuan Niang</b>	<b>U-Taphao</b>	<b>Na Mom</b>	<b>Chana-Thepha</b>
Overburden, m.	0.0-9.4	0.0-12.6	0.0-6.9	0.0-4.3
Gravel-sand bed, m.	1.2-36.0	1.1-51.9	0.5-14.1	1.3-11.9
Weathered bed rocks, m.	>7.0->25.5	>6.8->51.9	0.8-36.5	>6.1-21.6
Bed rocks, m	> 16.9	-	>5.3->36.5	>16.0->21.6

**Figure 13. Geoelectrical layers interpretation of sand deposits in region of a) Rattaphum-Khuan Niang, (RP-8) b) U-Taphao (UT-1), c) Na Mom (NM-1) and d) Chana-Thepha (CH-2).**

#### 4.2 การคละขนาดและจำแนกประเภท

จากการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายขนาดของเม็ดทรายชนิดเม็ดละเอียด พบร่วมทรายทึบค่อนข้างอยู่ในเกณฑ์กำหนดของ ASTM C 33 (Figure 14) ค่าโมดูลส์ความละเอียดอยู่ในพิสัย 2.40-3.70 เฉลี่ย 2.98 มีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.40 และค่าที่ไม่บ่งถึงการคละ แต่ก็เป็นปัจจัยมีประโยชน์ระบุลึงความแปรผันย่อยในการคัดขนาดของทรายจากแหล่งเดียว กัน บรรดาลักษณะที่ขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร (ทรายแบ่งและดินเหนียว) มีเพียง 0.2-3.78% เกินกว่ามาตรฐาน 3% เล็กน้อย จัดว่า

เหมาะสมตัวอย่างทรายทึบค่อนขนาดกลุ่มตาม AASHTO พบว่าอยู่ในกลุ่ม A-1-b (Table 4) นั่นคือ มีการคละขนาดดีประกอบด้วย กรวด ทรายหยาบ ทรายละเอียดและปราศจากดินที่มีสภาพพลาสติกหรือมีเล็กน้อยปนอยู่ และหากจำแนกตามระบบดินเอกสารฯ พบร่วมแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ใหญ่ คือ กลุ่ม SP (ทรายสะอาดที่มีการคละขนาดเล็ก ทรายปนกรวด มีส่วนละเอียดปนเล็กน้อยหรือไม่มี) จำนวน 13 ตัวอย่าง และกลุ่ม SW (ทรายสะอาดที่มีการคละขนาดดี ทรายปนกรวด มีส่วนละเอียดปนเล็กน้อยหรือไม่มี) จำนวน 5 ตัวอย่าง



**Figure 14.** Grain size distribution curves of the sand samples from region of a) Rattaphum-Khuan Niang, b) U-Taphao, c) Na Mom and d) Chana-Thepha superimposed on grading of ASTM required upper and lower limits for fine aggregates.

**Table 4.** Results of physical and chemical properties on the sand samples of Songkhla province

Region	Sample number	S.G.	Absorption , %	Soundness	Fineness Modulus	AASHTO	USC
Rattaphum-Khuan Niang	RP-1	2.63	0.68	4.06	3.07	A-1-b	SW
	RP-2	2.65	0.80	2.53	3.70	A-1-b	SP
	RP-3	2.64	0.51	5.09	2.69	A-1-b	SP
	RP-4	2.64	0.39	6.49	3.00	A-1-b	SW
	RP-5	2.64	0.72	10.01	2.92	A-1-b	SW
	RP-6	2.65	0.78	6.28	2.40	A-1-b	SP
	KN-1	2.64	0.69	12.54	3.60	A-1-b	SP
	KN-2	2.64	0.44	14.76	3.39	A-1-b	SP
	KN-3	2.65	0.41	12.05	3.14	A-1-b	SP
	UT-1	2.65	0.39	3.34	2.62	A-1-b	SP
U-Taphao	UT-2	2.64	0.19	3.03	3.29	A-1-b	SP
	UT-3	2.64	0.18	5.37	2.84	A-1-b	SP
	UT-4	2.64	0.28	11.68	2.60	A-1-b	SP
	NM-1	2.67	1.00	10.64	2.44	A-1-b	SP
Na Mom	NM-2	2.64	0.64	11.68	3.14	A-1-b	SP
	NM-3	2.64	0.65	15.46	3.42	A-1-b	SW
Chana-Thepha	CH-1	2.64	0.59	11.38	2.84	A-1-b	SP
	CH-2	2.66	1.12	7.73	2.47	A-1-b	SW

**Table 5. Mineral composition and silica oxide contents**

Region	Sample number	Essential particles	Organic impurities	SiO <sub>2</sub> (%)
Rattaphum-Khuan Niang	RP-1	Smoky quartz, milky quartz and rock crystal more than 85 % of composition, feldspar and rock fragments of chert, peat and trace elements of tourmaline, biotite and muscovite	2 2 1 2 2 1 3 4 2	91.36 94.32 94.99 92.72 93.05 92.45 95.28 95.13 93.31
	RP-2			
	RP-3			
	RP-4			
	RP-5			
	RP-6			
	KN-1			
	KN-2			
	KN-3			
U-Taphao	UT-1	Quartz, feldspar, small amount of tourmaline and rock fragments of chert, sandstone, shale, mudstone, and siltstone	1 2 2 3	97.12 97.80 97.48 97.63
	UT-2			
	UT-3			
	UT-4			
Na Mom	NM-1	Quartz, feldspar, small amount of tourmaline and muscovite	5 5 1	91.12 89.93 94.12
	NM-2			
	NM-3			
Chana-Thepha	CH-1	Mainly milky quartz to rock crystal, feldspar, few biotite and tourmaline	1	94.89
	CH-2		5	96.29

**Table 6. Requirements for buffer zone and nature reserves for evaluation of building sand deposits in this study**

List of items	Information feature	Buffer zone distance
1. Mineral Statutory 1967 modified 1994	line	
1.1 Transportations		
- Principle road		100 m
- Minor road		50 m
1.2 Drainage or sources	line	50 m
2. Nature reserve	area	-
3. Republic area	point	-

**4.3 ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ**

ค่าความถ่วงจำเพาะของทรายมีค่าสูงสุด 2.67 ของแหล่งน้ำหน้ม่อม ค่าต่ำสุด 2.63 ของแหล่งรัตนภูมิ-ควนเนียง ซึ่งค่าเฉลี่ยทุกแหล่ง 2.64 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.09 และ ค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดเป็น 1.12% ของแหล่งจะนะ-เทพา ค่าต่ำสุดเป็น 0.18% ของแหล่งคลองอุตตะเกา (Table 4) มีค่าเฉลี่ยทุกแหล่งอยู่ที่จำนวน 0.58% ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.26% ซึ่งค่าการดูด

ซึมน้ำของมวลรวมละเอียดไม่ควรเกิน 3% เพราะจะมีผลต่อความสามารถให้ได้ (workability) ของส่วนผสมและกำลังอัดของคอนกรีต (Collis and Fox, 1985)

**4.4 สารอินทรีย์ การคงตัว และ ปริมาณชิลิกา-****ออกไซด์**

ตัวอย่างทรายหั้งหมุดมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เจือปนถึงขั้นเป็นสารอันตรายต่อคอนกรีต (deleterious substances) มีค่าเกิน 3 (ค่ามาตรฐาน) อยู่จำนวน 4

ตัวอย่าง (Table 4) ส่วนผลตรวจสัดมีความหนาแน่นต่ำ คือ พืด ที่พบในตัวอย่างจากแหล่งรัตภูมิ-ควนเนียง และแหล่งคลองอู่ตะเภา บางครังเกินเกณฑ์ 1.0% (ASTM C 33) ค่าการคงตัวอยู่ในช่วง 2.53-15.46 % (Table 4) โดยแหล่งควนเนียงและนาหมื่นมีค่าค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยหั้งหมุดอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเทียบกับที่ยอมให้สูงหายได้ไม่เกิน 10% สำหรับมวลรวมละเอียด (ASTM C 33) ส่วนปริมาณของซิลิกาต่ำกว่า 98.5% คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 89.93-97.8% (Table 4) ซึ่งจัดเป็นทรัพยากริมแม่น้ำที่ได้จากการหลอมและในงานหล่อโลหะได้เช่นกัน

## 5. ประมาณพื้นที่แหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ

จากฐานข้อมูลศักยภาพแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำที่ได้จากการแปลงฐานที่ดินของภาค เป็นหลัก (ดันพูลและคุณ 2544) ที่อยู่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arc/Info นำเข้าพิจารณาร่วมกับฐานข้อมูลของพื้นที่ต้องกันออก ได้แก่ ทางน้ำสาธารณะ ทางคมนาคม พื้นที่สาธารณะชุมชน ถึงจะได้พื้นที่คงเหลือ (Figure 2) เพื่อประกอบการพิจารณาทำเหมืองทรัพยากริมแม่น้ำ ตั้งมีรายละเอียดในแต่ละแหล่งดังนี้

### 5.1 เขตตัตภูมิ-ควนเนียง

ในพื้นที่อยู่ 2 แหล่ง พื้นที่ศักยภาพแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ 21.024 ตร.กม. (Table 7) และมีพื้นที่อาจได้รับผลกระทบจากการพัฒนาทำเหมืองทรัพยากริมแม่น้ำ 5.326 ตร.กม. ดังนั้นคงเหลือพื้นที่ศักยภาพแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ 15.697 ตร.กม. (Figure 15)

### 5.2 เขตคลองอู่ตะเภา

พื้นที่ศักยภาพแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ มีหั้งหมุด 8.421 ตร.กม. (Table 7) ส่วนใหญ่อยู่ในเขตสองริมฝั่งและที่ราบล่างแม่น้ำ จึงประเมินว่ามีพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการพัฒนาทำเหมืองทรัพยากริมแม่น้ำ 3.925 ตร.กม. ดังนั้นคงเหลือพื้นที่ศักยภาพแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ 4.496 ตร.กม. (Figure 16)

### 5.3 เขตนาหมื่น

มีพื้นที่อยู่ 3 บริเวณ เป็นหย่อมอยู่ในหุบแม่น้ำหมื่น มีหั้งหมุด 2.780 ตร.กม. (Table 7) จึงมีพื้นที่อาจได้รับผลกระทบจากการพัฒนาทำเหมืองทรัพยากริมแม่น้ำ 1.445 ตร.กม. ดังนั้นคงเหลือพื้นที่ศักยภาพแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ 1.335 ตร.กม. (Figure 17)

### 5.4 เขตจันะ-เทพา

พื้นที่อยู่หั้งสองแห่ง เป็นหย่อมอยู่ในเขตจันะ-เทพา หั้งหมุด 13.859 ตร.กม. (Table 7) จึงมีพื้นที่อาจได้รับผลกระทบจากการพัฒนาทำเหมืองทรัพยากริมแม่น้ำ 3.852 ตร.กม. ดังนั้นคงเหลือพื้นที่ศักยภาพแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ 10.007 ตร.กม. (Figure 18)

## 6. ประเมินความหนาและปริมาณสำรองแหล่งทรัพยากริมแม่น้ำ

ผลการสำรวจความลึกตามบ่อทรัพยากริมแม่น้ำ ตั้งต้นทางไฟฟ้า พอกอนามความหนาได้จากการสำรวจชั้นความหนาและความหนาเฉลี่ย มีรายละเอียดแต่ละแหล่งดังนี้

### 6.1 เขตตัตภูมิ-ควนเนียง

จุดสำรวจความลึกแหล่งที่ 13 จุด (Table 3) กระจายคลุ่มพื้นที่ จำกความหนาชั้นทรัพยากริมแม่น้ำ

Table 7. Summary of buffer zone and remaining sand areas by ArcView processing

Subarea	Buffer zone ( $\text{km}^2$ )			Total buffer zone area ( $\text{km}^2$ )	Remaining resources ( $\text{km}^2$ )
	Transportation	Drainage	Public zones		
Rattaphum-Khuan Niang	2.773	2.653	0.050	5.326	15.697
U-Taphao	0.430	3.642	0.044	3.925	4.496
Chana-Thepha	2.728	1.189	0.125	3.852	10.007
Na Mom-1	0.175	0.309	-	0.433	0.421
Na Mom-2	0.360	0.206	0.009	0.467	0.325
Na Mom-3	0.175	0.450	-	0.545	0.590

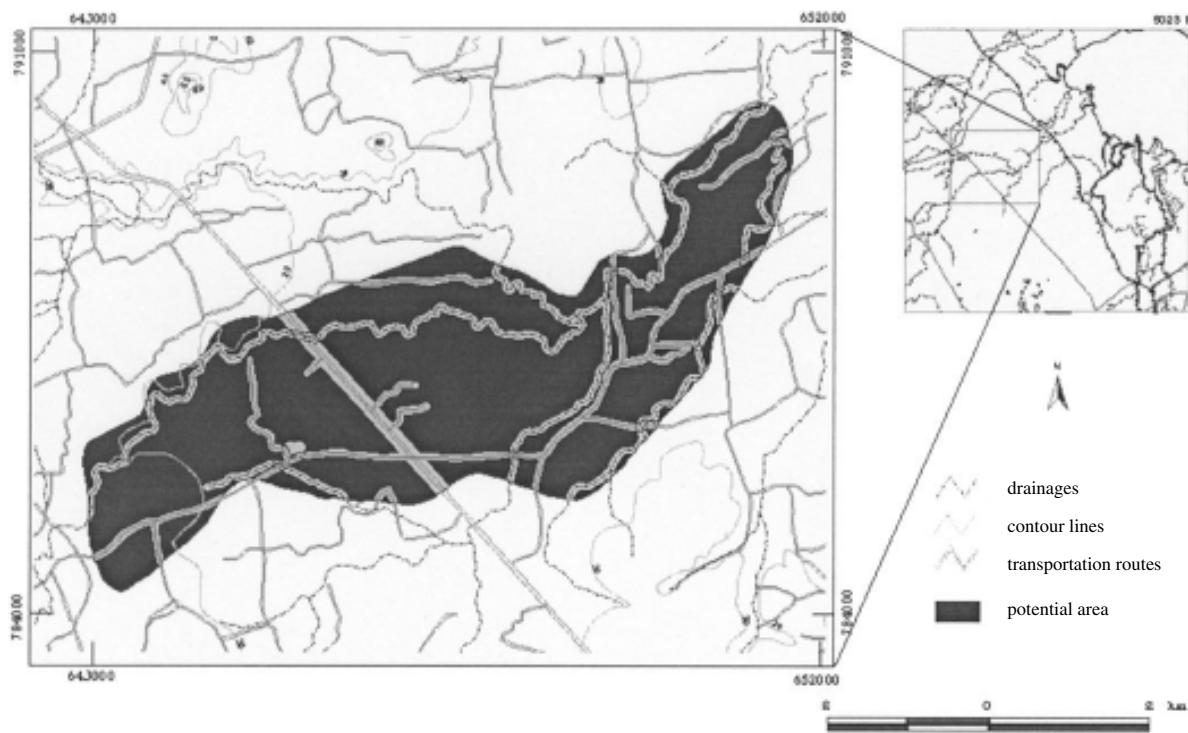


Figure 15. Rattaphum-Khuan Niang potential building sand deposit and buffer zone areas.

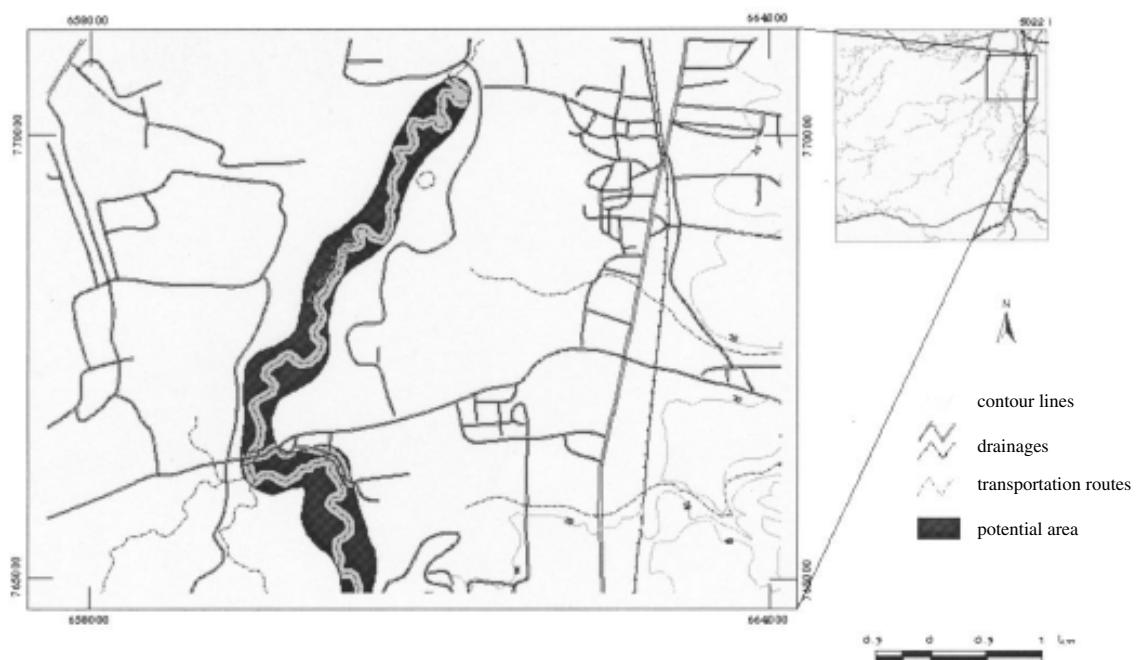


Figure 16. Some U-Taphao potential building sand deposit with buffer zone areas.

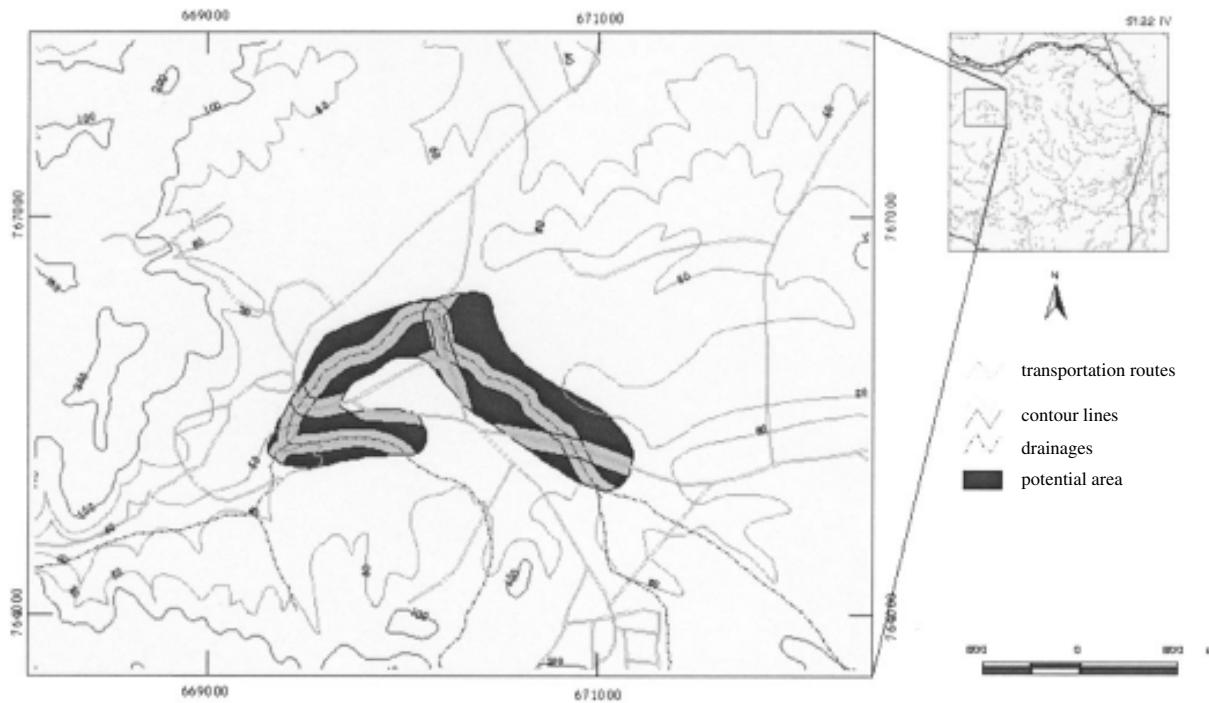


Figure 17. Na Mom potential building sand deposit with buffer zone areas.

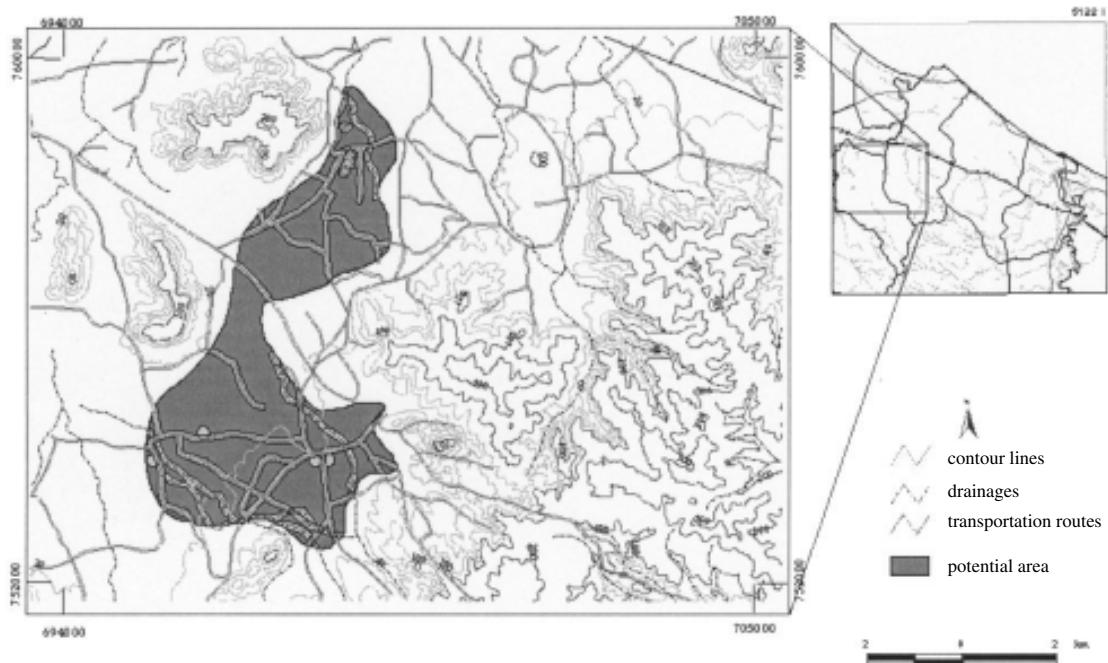


Figure 18. Chana-Thepha potential building sand deposit with buffer zone areas.

แปลผลจากความต้านทานไฟฟ้าในแต่ละจุดสำรวจ สร้างแผนที่ความหนา (Figure 19a) มีชั้นความหนาตั้งแต่ 0-28 เมตร (Table 9) ได้ปริมาณสำรอง 305,713,097 ลบ.เมตร และในส่วนปริมาตรของพื้นที่กันชนได้ใช้ความหนาเฉลี่ย 14.34 เมตร (Table 8) คุณกับพื้นที่กันชน (Table 7) ออกมากได้เป็น 76,373,314 ลบ.เมตร คงเหลือพื้นที่ศักยภาพเหล่งทรายจำนวน 229,332,389 ลบ.เมตร หรือ 605.35 ล้านเมตริกตัน (Table 10)

## 6.2 เขตคลองอู่ตะเภา

ลักษณะภูมิสังเคราะห์ของแหล่งทรายนี้ค่อนข้างแคบและสะสมไปตามความยาวคลองอู่ตะเภา กว้างประมาณ 130-520 เมตร ดังนั้นบรรดาจุดสำรวจความลึกจากความต้านทานไฟฟ้าเหล่านี้ทั้งหมด 13 จุด (Table 3) จึงกระจายไปตามความยาวของคลอง ไม่สามารถสร้างความหนาชั้นทรายในรูปแผนที่ชั้นความหนาที่นำเสนอถือได้ว่าความหนาชั้นทรายที่ความลึกไม่เกิน 50 เมตร มีค่าอยู่ในช่วง 5.7-45.4 เมตร เฉลี่ยความหนา 16.92 เมตร (Table 8) มาคำนวณกับปริมาณพื้นที่ได้จากการประมวลด้วย ArcView ได้แหล่งทรายนี้ทั้งหมด 8,420,843 ตร.เมตร พื้นที่กันชน 3,924,866 ตร.เมตร พื้นที่ทรายคงเหลือ 4,495,977 ตร.เมตร (Table 7) นั้น คือปริมาณสำรองเหล่งทรายที่อนุมานคงเหลือ 76,071,931 ลบ.เมตร หรือประมาณ 200.83 ล้านเมตริกตัน (Table 10)

## 6.3 เขตนาหมื่อม

ความหนาชั้นทรายที่แปลผลจากความต้านทานไฟฟ้าในแต่ละจุดสำรวจที่มีจำนวนน้อยและพบว่าแหล่ง NM-2 นั้นความหนาไม่เท่ากันในเชิงพาณิชย์ จึงพิจารณาเฉพาะความหนาเฉลี่ยของแหล่ง NM-1 และ NM-3 ได้ 3.95 และ 5.95 เมตร ตามลำดับ (Table 8) เมื่อคุณกับพื้นที่แหล่งทรายคงเหลือ (Table 7) ก็จะได้เป็นปริมาณสำรองเหล่งทรายอนุมานของ NM-1 และ NM-3 เป็นปริมาตรประมาณ 1,661,611 และ 5,172,641 ลบ.เมตร หรือประมาณ 4.4 และ 9.3 ล้านเมตริกตัน ตามลำดับ (Table 10)

## 6.4 เขตจะนะ-เทพา

ครอบคลุมพื้นที่ 13.8 ตร.กม. (Table 7) จากความหนาชั้นทรายที่แปลผลจากความต้านทานไฟฟ้าในจุดสำรวจความลึกไม่เกิน 50 เมตร ทั้งหมด 11 จุด มีความหนาอยู่ในพิสัย 4.6-10.0 เมตร มีความหนาเฉลี่ย 7.34 เมตร (Table 8) แบ่งชั้นความหนาตั้งแต่ 0-9 เมตร (Figure 19b) ผลคำนวณจากแผนที่ความหนา (Table 9) ได้ปริมาณสำรอง 104,361,364 ลบ.เมตร และในส่วนปริมาตรของพื้นที่กันชนได้ใช้ความหนาเฉลี่ยคุณกับพื้นที่กันชน (Table 7) ได้เป็น 28,274,025 ลบ.เมตร ดังนั้นประมาณการปริมาณสำรองศักยภาพเหล่งทรายอนุมาน

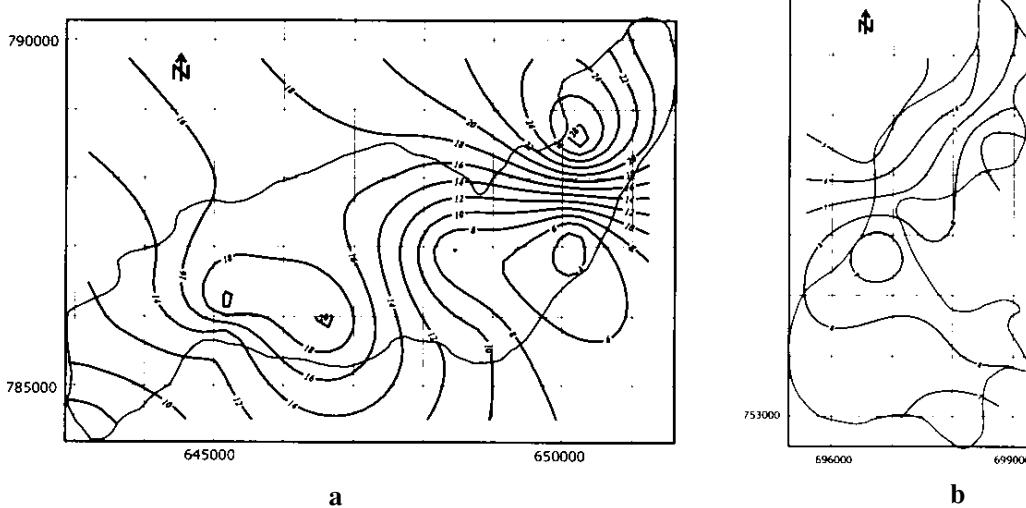


Figure 19. Isopach map of potential building sand deposit area at region of a) Rattaphum-Khuan Niang and b) Chana-Thepha

**Table 8. Overview of total thickness of natural sand deposits in Songkhla province**

Rattaphum-Khuan Niang		U-Taphao		Na Mom		Chana-Thepha	
Station	Thickness (m)	Station	Thickness (m)	Station	Thickness (m)	Station	Thickness (m)
RP-1	7.2	UT-1	6.8	NM-1	7.3	CH-1	5.5
RP-2	11.4	UT-2	17.08	NM-2	5.1	CH-2	6.6
RP-3	12.5	UT-3	25.0	NM-3	1.9	CH-3	4.6
RP-4	20.7	UT-4	20.2	NM-4	1.5	CH-4	7.6
RP-5	20.6	UT-5	5.7	Ave.	3.95	CH-5	9.5
RP-6	12.9	UT-6	12.0	NM-5	1.0	CH-6	8.5
RP-7	16.1	UT-7	29.1	NM-6	Error	CH-7	7.2
RP-8	16.8	UT-8	15.6	NM-7	1.9	CH-8	7.7
RP-9	5.8	UT-9	45.4	Ave	none	CH-9	7.3
KN-1	10.8	UT-10	10.0	NM-8	-	CH-10	10.0
KN-2	3.0	UT-11	12.3	NM-9	7.4	CH-11	6.2
KN-3	19.1	UT-12	8.6	NM-10	4.5	Ave.	7.34
KN-4	29.5	UT-13	12.3	Ave.	5.95		
Ave.	14.34	Ave.	16.92				

**Table 9. Calculated area of total reserves from thickness map at Rattaphum-Khuan Niang and Chana-Thepha regions**

Rattaphum-Khuan Niang		Chana-Thepha	
Contour Level (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Contour Level (m)	Area (m <sup>2</sup> )
0	21,023,730	0	13,859,275
2	21,023,730	1	13,859,275
4	21,023,730	2	13,859,275
6	21,023,730	3	13,859,275
8	20,710,022	4	13,859,275
10	18,245,395	5	13,825,129
12	15,781,011	6	12,846,191
14	13,257,714	7	10,231,876
16	9,157,223	8	4,634,208
18	3,260,362	9	914,445
20	2,242,307		
22	1,453,928		
24	897,113		
26	400,266		
28	49,004		

คงเหลือประมาณ 76,087,339 ลบ.เมตร หรือประมาณ  
201.63 ล้านเมตริกตัน (Table 10)

สรุปผลและวิจารณ์

ศักยภาพแหล่งทรัพยากร่องสิ่งที่สำคัญของจังหวัด  
สงขลา จัดเป็นทรัพยากรากพื้นที่ป้องกันภัยคุกคามเทอร์นารี พบ

**Table 10. Inferred reserves of building sand deposits in various regions of Songkhla province**

Region	Inferred resources total (m <sup>3</sup> )	Resources in buffer zone (m <sup>3</sup> )	Remaining inferred resources m <sup>3</sup>	t × 10 <sup>6</sup>
Rattaphum-Khuan Niang	305,713,097	76,373,314	229,339,783	605.35
U-Taphao	142,480,000	66,408,733	76,071,931	200.83
Na Mom, NM-1	3,372,119	1,443,894	1,661,611	4.40
NM-3	6,753,101	3,247,520	3,511,029	9.30
Chana-Thepha	104,361,364	28,274,025	76,087,339	201.63
<b>Total</b>	<b>1,337,726,156</b>	<b>406,698,253</b>	<b>386,671,693</b>	<b>1021.51</b>

กระจายอยู่ในหลายพื้นที่ ในลักษณะที่รากต่อกันแน่น้ำพาน ในทางน้ำโคงตัวดหรือบริเวณรอยทะเลส่วนรูปแบบ และเนินตะกอนน้ำพารูปพัด หินตันกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ หินแกรนิตยุคไทรแอสซิก ยุคปลายไทรแอสซิก-จุแรสซิก หินทราย หินกรวดมัน ยุคไชลูเรียน-ดิโวนียัน คาร์บอนิฟอรัส ไทรแอสซิกและเทอร์เชียริ

ถึงแม้ว่าแหล่งทรัพย์ชนิดลักษณะนี้จะเพื่อการก่อสร้าง (คอนกรีต มอร์ต้าร์ ปลาสเตอร์) ส่วนมากของพื้นที่สูงขึ้น ได้ผลิตอยู่ในเขตต่ำภูมิ-ความเนินยัง คลองอุตสาหกรรม นาหมื่น แม่น้ำ-เทพา แต่ก็ยังมีศักยภาพแหล่งทรัพย์ก่อสร้าง เขตอื่นอีก เช่น ก่อนหน้า ที่คุ้มทุนแก่การประกอบการ ทำเหมืองภายใต้สภาพเศรษฐกิจปัจจุบันได้เท่านั้น นอกจากนี้ศักยภาพแหล่งที่ไม่ได้พิจารณาในการศึกษาคือ แหล่งลานตะพากก้อนกรวด (gravel terrace) แหล่งเศษหินเชิงเขา (colluvial deposit) และตะกอนน้ำหลาจาก การกร่อนแบบผิวแผ่น ที่พบอยู่ตามขอบแม่น้ำ หาดใหญ่-นาหมื่น (Figure 9) ก็สามารถนำมาอยู่เป็นมวลรวมหยาบได้ แต่ต้องล้างดินและเศษวัสดุอื่นที่เกะติดกัน

ในแหล่งรัตภูมิ-ความเนินยัง ศักยภาพของแหล่งทรัพย์เป็นอันดับต้น เนื่องจากมีการกระจายตัวของแหล่งสะสมค่อนข้างกว้าง ชั้นทรายหยาบอยู่ในระดับที่ตื้นและมีความหนาค่อนข้างมาก นั่นคือ มากกว่า 15 เมตร ส่วนพื้นที่นำเสนอจริงลงมาคือ แหล่งจะน้ำ-เทพา ที่มีแหล่งสะสมตัวของทรัพย์แห่งกว้างพอดีสมควร แต่ความหนาของชั้นทรายโดยเฉลี่ยไม่มากนัก โดยทรายสะสมตัวในที่รากต่อกันน้ำพารูปแบบและลานหินพัง ส่วนพื้นที่ริมคลองอุตสาหกรรม

เป็นบริเวณที่ชั้นตะกอนมีความหนามาก แต่มักมีชั้นหน้าดินเป็นทรายละเอียดค่อนข้างหนา ชั้นทรายหยาบมีน้อย และพื้นที่สะสมตัวของตะกอนแคบ การผลิตทรัพย์ในพื้นที่นี้ ปัจจุบันดำเนินการอยู่บริเวณริมคลองอุตสาหกรรม จึงมีผลให้เกิดตะกอนขุ่นขันในล้าน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดินที่ป้อนสู่การผลิตน้ำประปาของอำเภอหาดใหญ่ สำหรับแหล่งทรายนาหมื่นสะสมตัวในบริเวณแคบ ริมฝั่งทางน้ำ มีความหนาอย่างมากและแผ่กระจายครอบคลุมพื้นที่ไม่มากนัก ซึ่งมีศักยภาพของแหล่งต่ำกว่าแหล่งอื่นทั้งหมด อย่างไรก็ตามแหล่งทรายบางแห่ง เช่น ทรายในทางน้ำโนราณทางตะวันออกของเขตนาหมื่น ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างน้อย ควรเสริมการสำรวจรายละเอียดมากขึ้น เพื่อสามารถกำหนดการแหล่งน้ำและความหนาคงเส้นคงวา

การแปลรูปถ่ายทางอากาศช่วยให้ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการสำรวจภาคสนามไปได้มาก อย่างไรก็ได้รูปถ่ายที่ใช้หากว่ามีมาตรฐานด้วย精度 1:10,000 ขึ้นไป ก็จะยิ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแปลงได้อีกมาก สำหรับความลึกและความหนาของแหล่งทรัพย์ที่แปลความจากการสำรวจด้วยเครื่องวัดความด้านท่านไฟฟ้า พบว่า แยกหินดานกับชั้นทรายและชั้นที่มีพิเศษได้ชัดเจน แหล่งคลองอุตสาหกรรมในบางแห่งมีชั้นทรายได้ถึง 2 ชั้น (Table 4) อย่างไรก็ตามควรตระหนักด้วยว่า ค่าเหล่านี้อาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่พอสมควร จากโปรแกรมที่ใช้แปลงและระเบียบวิธีโครงแบบสำรวจ ซึ่งหากต้องการสำรวจชั้นในรายละเอียดเสนอแนะว่าควรใช้วิธี dipole-dipole อันจะได้หน้าตัดการวางแผนของชั้นทรายยาวตลอดแนวสำรวจ ถึงกระนั้นก็ควรเสริมด้วยการตรวจสอบกับข้อมูลในภาค

สนามอย่างอื่นด้วย เช่น บ่อทรายเก่าหรือหลุমเจาะข้างเคียง หน้าตัดข้างของชั้นดินที่โผล่ หรือหินโผล่ข้างด้าน เป็นต้น

ประเด็นการคละขนาดจัดอยู่ในเกณฑ์และใกล้เคียง กับมาตรฐานมวลรวมละอิฐผสมปูนปลาสเตอร์ มอร์ตาร์ และคอนกรีต ซึ่งบางแหล่งในอำเภอรัตภูมิ-ควนเนียง อาจ ต้องปรับปรุงการคละขนาดที่มีขนาดทรายหยาดหรือละเอียด เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับวัสดุขนาดเล็กกว่า 75 ไมโครเมตร (ASTM C 142) และวัสดุอนุภาคที่หดตัวสูง จะเป็นสาเหตุอย่างร้าว และสามารถนำไปสู่พังทลายของ โครงสร้างมืออยู่น้อย สำหรับเกลือมีผลต่อการขยายตัวของ คอนกรีต หรือปูนปลาสเตอร์ และคลอไรด์ที่มีผลต่อเหล็ก เสริม ( $< 0.03\%$ ) และรอยขีดเกลือในปูนปลาสเตอร์ ล้วน เชื่อว่ามีปริมาณไม่เกินเกณฑ์กำหนด แต่ถึงหากว่ามีสูงก็ สามารถถังน้ำหรือผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพอย่าง ง่ายได้ อย่างไรก็ตามหากให้ความมั่นใจควรสูญทดสอบ ก่อนนำไปใช้ก็เพิ่มความปลอดภัยไว้ก่อนแก่การทำงาน ส่วน ปริมาณสารอินทรีย์เจือปนในอัตราที่เป็นอันตรายและค่า ความคงตัวสูงของทรายพบในแหล่งนาหมื่น ควนเนียง และ จะนะ ปริมาณชิลิกาในทรายทุกแหล่งไม่เกิน 98.5% จึง เห็นจะสมสำหรับใช้ในงานอุดสานก่อสร้าง โดยมุ่ง มองภาพรวมปริมาณสำรองแร่สำรวจเบื้องต้น (reconnaissance mineral resource) ทรายก่อสร้างชนิดคละเอียด เหล่านี้สามารถนำไปใช้งานได้ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการ การล้างและปรับปรุงมาก

ในการประเมินปริมาณสำรองศักยภาพแหล่งทรัพย์ ก่อสร้างที่น่าเชื่อถือได้อย่างสมเหตุสมผลนั้นพื้นที่ศักยภาพแหล่งทรัพย์ที่ควรตัดทิ้งไป หากพบว่าจุดข้อมูลสำรวจ ขั้นทรายน้อย และรวมถึงแหล่งอยู่ในเขตอนุรักษ์ธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ปริมาณทรายสำรองจึงค่อนข้างยุ่งยากแก่การ ประเมิน แต่กระนั้นก็พอวิเคราะห์ได้จากภูมิสารสนเทศ ของแหล่งทรัพย์ที่มีอยู่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ชั้น ข้อมูลตัวประกอบต่างๆ ที่ได้นำมาพิจารณาแต่ละเขต จึง ทำให้การประเมินแหล่งทรัพย์สำรองอนุมานอย่างสมเหตุ สมผล ปริมาณสำรองศักยภาพแหล่งทรัพย์ของเขตภูมิ- ควนเนียงคิดเป็นประมาณอัตรา 60% ของปริมาณสำรอง อนุมานทั้งหมดประมาณ 386 ลบ.เมตร หรือประมาณ 1,021 ล้านเมตริกตัน อนึ่งปริมาณสำรองครั้งนี้ไม่ได้คำนึง แหล่งก้อนกรวดลานตะพักร (terrace gravel) ซึ่งสามารถ

ทำเป็นทรายย่อย (crusher sand) รวมถึงแหล่งทรัพย์แก้ว เช่นกัน

งานวิจัยครั้งนี้ได้ยืนยันผลบริมาณสำรองอนุมาน เป็นส่วนใหญ่ หากว่าในบางพื้นที่มีการทำบ่อทรายหนาแน่น เช่น เขตตั้งภูมิ มีข้อมูลพอเพียงก็สามารถแสดงปริมาณ สำรองแหล่งทรัพย์คงเหลือได้ถึงระดับขั้นปริมาณสำรองที่ วัดผล (measured mineral resources) หรือปริมาณ สำรองที่ระบุ (indicated mineral resources) ได้เช่นกัน

### กิตติกรรมประกาศ

คณะกรรมการเหมืองแร่และวัสดุ คณะกรรมการศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ กรมทรัพยากรธรรมชาติ ผ่านสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติ เขต 1 สงขลา ที่ได้เห็น สนับสนุนในการดำเนินการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ บรรดาเจ้าของและคนงานของบ่อทรายทุกแห่ง ที่ได้ อนุญาตให้เข้าไปตรวจสอบทรัพย์ที่โผล่และได้ให้ข้อมูลที่มี ประโยชน์เกี่ยวกับทรัพย์แหล่งนั้น ตลอดจนเจ้าหน้าที่กรม ทรัพยากรธรรมชาติ เขต 1 ทุกท่านที่ได้ร่วมออกสำรวจภาค สนาม และ ศูนย์ริมโขงซึ่งและระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ภาคใต้ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ยืมรูปถ่ายทาง อากาศและอื่นๆ จำนวนมาก และ พศ.ดร.อำนวย สิทธิเจริญชัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขของ แผนที่ภูมิประเทศาวางจังหวัดสงขลา

### เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรรมชาติ 2538. ล้มมนาอุดสาหกรรมปูนซีเมนต์ :  
สถานการณ์และแนวโน้ม การประชุมทางวิชาการกรม ทรัพยากรธรรมชาติ ปี 2538, กรมทรัพยากรธรรมชาติ ชั้นชัย เศษเพราหมณ์ และ รัศมี สุวรรณเวรกำธร. 2537.  
ภาพจากดาวเทียมเพื่อการค้นหาและติดตามแหล่งทรัพย์ ก่อสร้าง จุลสารดาวเทียม ฉบับที่ 49 หน้า 1-5  
ดันพูล ตันน์โยภาส. 2539. คิลารรณนาสำหรับวิศวกร พิมพ์ ครั้งที่ 1 ภาควิชาภูมิศาสตร์เหมืองแร่และโลหะ วิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หน้า 221  
ดันพูล ตันน์โยภาส. 2540. การประกันคุณภาพฐานรากเขื่อน สะเดา การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 3 โรงแรเมเจนี อ.หาดใหญ่ 16-18 มค. พ.ศ. 2540

## หน้า GTE 5-1-GTE 5-10.

ดันพูล ตันนโยภาส. 2541. การรับรู้จากระยะไกลเบื้องต้น เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ และโลหะวิทยา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หน้า 89-90.

ดันพูล ตันนโยภาส. 2542. หลักการธรณีวิศวกรรม พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หน้า 211-235

ดันพูล ตันนโยภาส กัญญาณี คุปตานนท์ และ สมชัย ชัยเสน. 2544. ธรณีวิทยาภาคถ่ายและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการสำรวจแหล่งทรัพยากรในจังหวัดสงขลา การประชุมวิชาการด้านเหมืองแร่ โลหะและนิโตรเลียม ครั้งที่ 6 24-26 ตุลาคม 2544 โรงแรมแม่นدارิน กรุงเทพฯ หน้า 1-22 -1-30.

ดันพูล ตันนโยภาส วิพัฒน์ รุ่งเรือง และ อานันต์ คำวีระ. 2540. การสำรวจโครงสร้างและธรณีเทคโนโลยีของแหล่งหินทรายในจังหวัดสงขลา รายงานการประชุมวิชาการเรื่อง การประยุกต์ใช้ธรณีพิสิกส์ในงานสำรวจแหล่งหินทรายและการธรณี化的 งานวิศวกรรม และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 1. 31 มี.ค. -1 เมย. 2540 โรงแรมรีเจนซ์ หาดใหญ่ หน้า 67-79.

ดันพูล ตันนโยภาส พรศิลป์ ผลพันธิน เชวน์ ยงเฉลิมชัย อานันต์ คำวีระ และ สุชาดา ยงสกิดศักดิ์. 2543. การจัดทำระบบข้อมูลสารสนเทศเพื่อการจัดการคุณภาพ นำ้บิวโนะะเลสาบสงขลาตอนล่าง รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หน้า 18-32.

รังสิโรจน์ วงศ์พรหมเมฆ และ โชค ตราฉัช. 2540. ทรัพย์ในทะเลแห่งทรายสำรองของประเทศไทยในอนาคต เอกสารการสัมมนาเรื่อง การจัดการทรัพยากรทรัพย์ของประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณี 24 ก.ค. 2540 หน้า 13-31

สมชาย นาคะพุดวงรัตน์ และ สมชัย ชัยเสน. 2529. ชุดแผนที่ธรณีวิทยา ระหว่าง 5122 V อำเภอจะนะ (มาตราส่วน 1:50,000) กรมทรัพยากรธรณี (ไม่พิมพ์เผยแพร่)

สมชาย นาคะพุดวงรัตน์ นรารัตน์ บุญกันภัย อภิชาต จีนกุล เสริมศักดิ์ ดิยพันธ์ และนาราเมศวร์ ชีร่วงสิกุล. 2531. ชุดแผนที่ธรณีวิทยา ระหว่าง 5122 I อำเภอเทพา (มาตราส่วน 1:50,000) กรมทรัพยากรธรณี (ไม่พิมพ์เผยแพร่)

สมชาย ชัยเสน. 2540. รายงานการสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้น แหล่งทรายก่อสร้าง สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 สงขลา กรมทรัพยากรธรณี หน้า 38-43

สมชาย ชัยเสน สนธิ เฟื่องทอง และ กัมพล มณีประพันธ์. 2539. รายงานสำรวจธรณีวิทยาเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบ

ศักยภาพแหล่งหินประดับ ชนิดหินแกรนิต บริเวณตำบลลังไหญ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 1 สงขลา กรมทรัพยากรธรณี 27 หน้า (ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

野心 ทองกัญญาชัย. 2540. แหล่งทรายในจังหวัดภูเก็ตและชุมพร เอกสารการสัมมนาเรื่องการจัดการทรัพยากรทรัพย์ของประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณี 24 ก.ค. 2540 หน้า 51-67

ASTM C 33 Standard specification for concrete aggregates, C 33-99.

ASTM C 40 Standard test method for organic impurities in fine aggregates for concrete, C40-98.

ASTM C 88 Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate, C88-90.

ASTM C 128 Standard test method for specific gravity and absorption fine aggregate, C128-97.

ASTM C 136 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates, C136-96.

ASTM C 142 Standard test method for clay lumps and friable particles in aggregates C142-97

ASTM C 146 Standard test method for chemical analysis of glass sand, C146 REVA.

ASTM C 295 Practice for petrographic examination of aggregates for concrete, C295-79.

ASTM C 702 Standard practice for reducing samples of aggregates testing size, C702-93.

ASTM C 1218 Standard test method for water-soluble chloride in mortar and concrete, C 1218M-99

Campbell K.V. 1978. Air photo interpretation laboratory manual, AIT., pp. 108-115.

Collis L. and Fox R.A. 1985. Aggregates-sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes, Geol. Soc. Eng. Geol. Spec. Publ 1, 220 p.

ESRI 1998. Introduction to ArcView GIS, Version 3.1

SABS 1083 Standard specification for aggregates from natural sources. Report of Council of the South African Bureau of Standards, SABS 1083-1976, Pretoria, 37 p.

SABS 1090 Standard specification for sand for plaster and mortar. Report of Council of the South African Bureau of Standards, SABS 1090-1976, Pretoria, 17 p.