การแก้ปัญหาภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างยั่งยืน โดยระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เป็นยุทธศาสตร์ชาติ ฉบับแรกของประเทศไทยตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ซึ่งจะต้องนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้ประเทศไทยบรรลุวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้วด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจ พอเพียง”เพื่อความสุขของคนไทยทุกคน เป็นคติพจน์ประจำชาติ ว่า “มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน”[1] โดยที่ ความมั่นคงนั้นชุมชนต้องมีความเข้มแข็ง ครอบครัวมีความอบอุ่น ประชาชนมีความมั่นคงในชีวิต มีงานและรายได้ที่มั่นคงพอเพียงกับการดำรงชีวิต มีความมั่นคงของอาหาร พลังงาน และน้ำ มีที่อยู่อาศัยและความปลอดภัยในชีวิตทรัพย์สิน ส่วนความมั่งคั่งนั้นประชากรต้องมีความอยู่ดีมีสุขได้รับผลประโยชน์จากการพัฒนาอย่างเท่าเทียมกัน และมีการพัฒนาอย่างทั่วถึงทุกภาคส่วน และความยั่งยืนนั้น คือ การพัฒนาที่สามารถสร้างความเจริญ สร้างรายได้และคุณภาพชีวิตของประชาชนให้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจที่อยู่บนหลักการใช้ การรักษาและการฟื้นฟูฐานทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน ไม่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติจนเกินพอดี ไม่สร้างมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมจนเกินความสามารถในการรองรับ และเยียวยาของระบบนิเวศ การผลิตและการบริโภคเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ทรัพยากรธรรมชาติมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น และสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพดีขึ้น คนมีความรับผิดชอบต่อสังคม มีความเอื้ออาทร เสียสละเพื่อผลประโยชน์ส่วนรวม

การดำเนินการเพื่อให้บรรลุวิสัยทัศน์ประเทศ โดยยกระดับศักยภาพของประเทศในหลากหลายมิติ พัฒนาคนในทุกมิติและในทุกช่วงวัยให้เป็นคนดี เก่ง และมีคุณภาพ สร้างโอกาส และความเสมอภาคทางสังคม สร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิต ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาประเทศในช่วงระยะเวลาของยุทธศาสตร์ชาติมุ่งเน้น สร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์ ได้แก่ ยุทธศาสตร์ชาติด้านความมั่นคง ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์

ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม ยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยุทธศาสตร์ชาติด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ โดยการวิจัยนี้มุ่งสนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติด้านความมั่นคง ซึ่งเป้าหมาย และตัวชี้วัดประการหนึ่งในมิติด้านความมั่นคงคือความสุขของประชากรไทยต้องมีความอยู่ดี กินดี และมีความสุข แต่ตัวชี้วัดดังกล่าวยังท้าทายการบริหารจัดการเพื่อเอาชนะเรื่องภัยแล้งซึ่งเป็นปัญหาอุปสรรคในการพัฒนา เป็นที่ประจักษ์แล้วว่าน้ำคือชีวิต หากไม่มีน้ำการพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ประชาชนอยู่ดี กินดีอย่างยั่งยืน เป็นสิ่งที่ยาก ภัยแล้งเป็นปัญหาภัยธรรมชาติที่ประเทศไทยต้องประสบทุกปี[2] ซึ่งรัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับปัญหาภัยแล้งเป็นอย่างมาก มีโครงการดำเนินงาน และงบประมาณเกี่ยวกับภัยแล้งค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม ยังพบว่ามีหมู่บ้านที่เกิดภัยแล้งซ้ำซากอยู่ โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปัญหาภัยแล้งเป็นปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้มีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง เช่นปัจจัยจากลักษณะทางกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม พฤติกรรมการใช้น้ำ ฯลฯ จากสภาพปัญหาที่มีความท้าทาย กรมทรัพยากรน้ำได้นำแนวคิดในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบผสมผสาน (Integrated Water Resources Management: IWRM) มาดำเนินการ เพื่อแก้ไขปัญหาที่ท้าทายดังกล่าว โดยมุ่งไปสู่การบริหารจัดการในการสร้างความสมดุลใน 3 ด้าน คือความเท่าเทียมในการเข้าถึงทรัพยากรน้ำ การอนุรักษ์ระบบนิเวศ และการตอบสนองต่อการพัฒนาการเติบโตทางเศรษฐกิจ ตามบริบทของสภาพพื้นที่เงื่อนไขด้านอุทกวิทยาที่เกี่ยวข้องในมิติเวลา ปริมาณของทรัพยากรน้ำ ซึ่งการบริหารจัดการและการแก้ไขปัญหาภัยแล้งนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ การจัดทำนโยบาย แผนงาน การเตรียมความพร้อม รวมถึงการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษา รวบรวมข้อมูลสถานการณ์ภัยแล้ง เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์และเตรียมการบรรเทาความเดือดร้อนที่กำลังจะเกิดขึ้น รวมถึงใช้เป็นข้อมูลประกอบในการประสานงานกับหน่วยงานราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงานให้เกิดผลสำเร็จตามเป้าหมายต่อไป

ด้วยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ 1 ใน 3 ของประเทศ ประมาณ 104.38 ล้านไร่ ทำนา 47.12 ล้านไร่ ปลูกพืชไร่ 16.03 ล้านไร่ ไม้ผล 6.69 ล้านไร่ พืชผัก 0.11 ล้านไร่ เกษตรกรรมอื่น 0.53 ล้านไร่ แต่อยู่ในเขตชลประทานเพียง 11 ล้านไร่ ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรน้ำฝน และมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง จำนวน 40.66 ล้านไร่[3] โดยปัญหาภัยแล้งถือเป็นปัญหาใหญ่ของภาคที่รอการแก้ไขมาทุกยุคสมัย ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการแก้ปัญหาภัยแล้งในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยวิธีคิดที่แตกต่างจากเดิมซึ่งมุ่งเน้นการสร้างแหล่งกักเก็บน้ำ มาเป็นการแสวงหาแหล่งน้ำใต้ดินที่มีศักยภาพ และแก้ปัญหาเรื่องพลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำ จากน้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซ หรือไฟฟ้าพื้นฐานมาเป็นการสูบน้ำด้วยพลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานบริสุทธิ์ไม่มีวันหมด

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถแบ่งลักษณะภูมิประเทศออกเป็น 3 พื้นที่ดังนี้คือ แอ่งอีสานตอนบน หรือแอ่งสกลนคร แอ่งอีสานตอนล่างหรือแอ่งโคราช โดยทั้งสองแองเป็นที่ราบ มีเทือกเขาภูพานเป็นแนวแบ่งเขต หรือเรียกรวมกันว่าที่ราบสูงโคราช และแอ่งเลย-ชัยภูมิ ซึ่งภูมิประเทศจะประกอบด้วย แนวภูเขาสลับที่ราบลุ่ม ปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ย 1,460 มิลลิเมตร หรือ 246,500 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าทั้งปีเฉลี่ย 36,680 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยจะมีปริมาณฝนตกมากในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคม จากร่องลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมจรหรือพายุหมุนจากมหาสมุทรแปรซิฟิกและในทะเลจีนใต้ จากข้อมูลการจัดการความรู้สำนักปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ได้มาจากการศึกษาข้อมูลน้ำฝน ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ พบว่าพื้นที่แห้งแล้งซ้ำซากของภาคจะอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ เป็นส่วนใหญ่ และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน บางส่วนของจังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ(ตอนบน) และบางส่วนของทุ่งกุลาร้องไห้[4]เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยแล้งสูง และปานกลาง จำนวน 21 ล้านไร่ ในพื้นที่14 จังหวัด ได้แก่จังหวัด เลย หนองบัวลำภู หนองคาย อุดรธานี ขอนแก่น ร้อยเอ็ด มหาสารคาม ชัยภูมิ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี

สาเหตุของพื้นที่แห้งแล้งซ้ำซาก 1) ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ พื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่หลังภูเขาอับฝน มีภูเขาสูงขวางกั้นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เกิดฝนได้ยากในฤดูฝน 2) การเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน พื้นที่เหล่านี้มีสภาพดินที่เสื่อมโทรม ทำการเกษตรไม่ได้ผล แห้งแล้ง ขาดแคลนน้ำได้ง่าย ดินมักเป็นดินทราย ซึ่งสูญเสียความชื้น และความอุดมสมบูรณ์ได้ง่ายเป็นระบบนิเวศน์ดินที่เปราะบาง 3) ความผันแปรของสภาวะอากาศระดับทวีป จะพบว่า พื้นที่แห้งแล้งซ้ำซาก จะเกิดปัญหามากกว่าบริเวณอื่น หากเกิดสภาวะเอลนิโนและความผันแปรของสภาวะอากาศในซีกโลกใต้ (ENSO) โดยเฉพาะสภาวะ EL Nino หรือ Warm ENSO ซึ่งเป็นสภาวะที่เกี่ยวเนื่องกับความแห้งแล้ง (ฝนตกต่ำกว่าค่าปกติ)

ลุ่มน้ำและแม่น้ำสายสำคัญในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ[5] 1) **ลุ่มน้ำโขงอีสาน** ครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ เลย อุดรธานี หนองคาย สกลนคร นครพนม มุกดาหาร และอุบลราชธานี ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 38 ลุ่มน้ำสาขา มีพื้นที่ทางการเกษตรของลุ่มน้ำทั้งสิ้น 15.6 ล้านไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา พืชไร่ ผลไม้/ไม้ยืนต้น เป็นพื้นที่มีศักยภาพทางการชลประทาน 6.3 ล้านไร่ ชลประทานพัฒนาไปแล้ว 1.4 ล้านไร่ เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งทางการเกษตรนอกเขตชลประทาน 1.9 ล้านไร่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งทางการอุปโภค ระดับปานกลาง 175 หมู่บ้าน ระดับสูง 203 หมู่บ้าน มีปริมาณความหนาแน่นของประชากร 121 คน/ตร.กม. ปริมาณน้ำฝน เฉลี่ย 1,537 มม./ปี โครงการพัฒนาแหล่งน้ำของลุ่มน้ำโขงอีสาน มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ 5 แห่ง ขนาดกลาง 135 แห่ง ขนาดเล็ก 2,111 แห่ง ความจุรวมทั้งสิ้น 885 ล้านลูกบาศก์เมตร มีแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีพื้นที่ผิวมากกว่า 50 ไร่ อยู่ 572 แห่ง สถานีสูบน้ำบนดิน 384 แห่ง 2) **ลุ่มน้ำชี** ครอบคลุมพื้นที่ 13 จังหวัด ได้แก่ ชัยภูมิ นครราชสีมา เลย หนองบัวลำภู อุดรธานี ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ ยโสธร ศรีสะเกษ มุกดาหาร และ อุบลราชธานี มีพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งสิ้น 30.70 ล้านไร่ ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 5 ลุ่มน้ำสาขา มีปริมาณความหนาแน่นของประชากร 170 คน/ตร.กม.ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,228 มม./ปี ในปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำทั้งสิ้น 3,298 ล้าน ลบ.ม./ปี โครงการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ 9 แห่ง ขนาดกลาง 87 แห่ง และขนาดเล็ก 2,040 แห่ง มีความจุรวมทั้งสิ้น 5,573 ล้านลูกบาศก์เมตร แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีพื้นที่ผิวขนาดมากกว่า 50 ไร่ อยู่ 778 แห่ง สถานีสูบน้ำบนดิน 603 แห่ง พื้นที่ทางการเกษตรของลุ่มน้ำ 18.1 ล้านไร่ มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง 10.11

ล้านไร่ เสี่ยงภัยแล้งทางการอุปโภคบริโภค ระดับปานกลาง 292 หมู่บ้าน ระดับสูง 453 หมู่บ้าน 3) **ลุ่มน้ำมูล** ครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร และอุบลราชธานี มีพื้นที่ลุ่มน้ำ 44.42 ล้านไร่ ลุ่มน้ำนี้แบ่งเป็น 31 ลุ่มน้ำสาขา ปริมาณความหนาแน่นของประชากร 144 คน/ตร.กม. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,312 มม./ปี ในปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำทั้งสิ้น 3,061 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โครงการพัฒนาลุ่มน้ำขนาดใหญ่ 10 แห่ง ขนาดกลาง 155 แห่ง ขนาดเล็ก 4,416 แห่ง ความจุแหล่งกักเก็บน้ำ 5,103 ล้านลูกบาศก์เมตร แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีพื้นผิวขนาดมากกว่า 50 ไร่ 804 แห่ง สถานีสูบน้ำบนดิน 296 แห่ง พื้นที่ทางการเกษตรของลุ่มน้ำ 29.9 ล้านไร่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง 8.8 ล้านไร่ มีพื้นที่เสี่ยงทางการอุปโภคบริโภค ระดับปานกลาง 372 หมู่บ้าน ระดับสูง 490 หมู่บ้าน

น้ำบาดาล โลกของเรานั้นมีน้ำถึง 2 ใน 3 ประกอบไปด้วย "น้ำฟ้า หรือ น้ำในบรรยากาศ (Atmospheric water)[6]ที่อยู่ในรูปของ ไอน้ำ เมฆ หมอก เมื่อกลั่นตัว ก็จะตกลงมาสู่พื้นดินในรูปของน้ำฝนหรือหิมะ กลายเป็น น้ำผิวดิน (Surface water) อันได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร ห้วย หนอง คลอง บึง ทะเล และมหาสมุทร น้ำบางส่วนจะซึมลงสู่ใต้ดิน และถูกกักเก็บไว้ใน ชั้นดิน ชั้นหิน เป็น "น้ำใต้ดิน (Subsurface water) หรือ น้ำบาดาล (Groundwater)" ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มองไม่เห็น (Invisible resource) แต่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรม ความสัมพันธ์ของน้ำทั้ง 3 ชนิดนี้ เรียกว่า "วัฏจักรของน้ำ (Hydrologic cycle)" น้ำในโลกนี้กว่าร้อยละ 97 เป็นน้ำในทะเล และมหาสมุทรซึ่งเป็นน้ำเค็ม มีเพียงร้อยละ 3 เท่านั้นที่เป็นน้ำจืด ในร้อยละ 3 นี้ เป็นน้ำแข็งที่ขั้วโลกและธารน้ำแข็งถึงร้อยละ 2.3 เป็นน้ำใต้ดินร้อยละ 0.69 ส่วนน้ำจืดในแม่น้ำ และแหล่งน้ำผิวดินทั้งหลายที่เราเห็นกันอยู่ คิดเป็นปริมาณน้ำเพียงร้อยละ 0.01 ของน้ำในโลกเท่านั้น **น้ำบาดาล** (Groundwater) ที่ซึมลงสู่ใต้พื้นดินถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างภายในชั้นดิน ชั้นหิน ผ่านการกรองตามธรรมชาติ จึงเป็นน้ำที่สะอาด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การไหลของน้ำบาดาลจะแผ่กระจายไปใต้พื้นดินทั่วทุกพื้นที่อย่างกว้างขวาง แตกต่างจากน้ำผิวดินที่ไหลไปได้ในเฉพาะส่วนที่เป็นแม่น้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง เท่านั้นจากการศึกษาน้ำบาดาลของประเทศไทย พบว่ามีมากกว่าน้ำจืดประเภทอื่น โดยในประเทศไทยมีแอ่ง

น้ำบาดาลทั้งหมด 27 แอ่ง มีปริมาณน้ำกักเก็บประมาณ 1.1 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ 45,385 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 3.99 ของน้ำบาดาลที่กักเก็บทั้งหมด ในขณะที่ มีปริมาณการใช้น้ำบาดาลในแต่ละปี 14,741 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยเป็นการใช้น้ำบาดาลเพื่อเกษตรกรรมมากที่สุด 12,741 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 86.43 รองลงมา คือ การใช้เพื่ออุปโภคบริโภค และอุตสาหกรรม ตามลำดับ โดยคงเหลือปริมาณน้ำรวม 30,645 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 67.52[7] โดยปริมาณน้ำบาดาลมีมากกว่าน้ำจืดจากแหล่งน้ำผิวดินถึง 24 เท่า[8]และมีการเพิ่มเติมของน้ำฝนลงไปชั้นน้ำทุกปี น้ำบาดาลอยู่ลึกลงไปใต้ผิวดินมีจำนวนหลายชั้นที่ระดับความลึกตั้งแต่ 15 เมตร ถึงมากกว่า 1,000 เมตร ปัจจุบันนี้พัฒนาถึงความลึกระดับ 600 เมตร สามารถเจาะพัฒนามาใช้ได้ เป็นแหล่งน้ำที่มั่นใจได้ว่าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตลอดไป

ศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้ 15,843 ล้านลูกบาศก์เมตร มีการสูบน้ำมาใช้เพียง 4,880 ล้านลูกบาศก์เมตร ศักยภาพน้ำบาดาลคงเหลือที่สามารถน้ำมาใช้ได้ 11,162 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 70 ของศักยภาพน้ำบาดาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งหมด แต่ปริมาณบาดาลมีความแตกต่างไปตามลักษณะของพื้นที่

ศักยภาพน้ำบาดาลในดินร่วนลักษณะตะกอนน้ำพา[9] ประกอบด้วยหินร่วนชั้นกรวดทรายในพื้นที่ราบลุ่มน้ำ แม่น้ำโขง แม่น้ำชี แม่น้ำมูล แม่น้ำเลย แม่น้ำศรีสงคราม ปริมาณโดยเฉลี่ย 6-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บริเวณพื้นที่เหล่านี้ที่พบ ได้แก่ เขตอำเภอศรีเชียงใหม่ ทาบ่อ เมือง โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย เขตอำเภอท่าอุเทน เมือง ธาตุพนม จังหวัดนครพนม **สำหรับลุ่มแม่น้ำมูล**จะพบตั้งแต่เขตอำเภอเมืองนครราชสีมา เรื่อยลงมาจนถึงอำเภอเมืองอุบลราชธานี การแผ่ตัวอาจจะกว้างไกลถึง 40 กิโลเมตร ได้แก พื้นที่เขตอำเภอท่าตูม สุวรรณภูมิ และราษีไศล หรือ ที่เรียกว่าทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งชั้นตะกอนมีความหนาไม่แน่นอนส่งผลต่อปริมาณน้ำ โดยทั่วไป 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงที่ระดับความลึก 15-30 เมตร แต่บางพื้นที่อาจให้น้ำได้ถึง 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เช่นที่อำเภอเมือง

นครราชสีมา อำเภอเมืองอุบลราชธานี อย่างไรก็ตาม น้ำบาดาลในบางพื้นที่มักจะเป็นน้ำเค็ม เนื่องมาจากประการแรก เกิดการสะสมตัวของตะกอนพร้อมกับเกล็ดเกลือ (Salt residuals) และประการที่สอง อาจจะเกิดจากการแผ่กระจายของน้ำเค็มจากแหลงชั้นเกลือระดับตื้นเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล สำหรับลำน้ำชีมีลักษณะเช่นเดียวกับลำน้ำมูล การวางตัวของชั้นตะกอน กรวด และทราย มักจะเป็นบริเวณแคบ เริ่มตั้งแต่เขตอำเภอชนบท เมืองขอนแกน เมืองมหาสารคาม และอำเภอเมืองยโสธร มาบรรจบกันที่ราบลุ่มของลำน้ำมูล ที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี นอกจากนั้นพื้นที่ราบลุ่มของลำน้ำสายเล็ก ๆ มักจะพบชั้นกรวดและทรายบ้างเป็นพื้นที่แคบ ๆ เช่น อำเภอเมืองเลยปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำเช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่มักจะเป็นน้ำเค็ม ปริมาณน้ำได้ถึง 10-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ลักษณะตะกอนตะพักลำน้ำเป็นชั้นน้ำบาดาลได้จากชั้นกรวดทรายเช่นเดียวกันเป็นตะกอนที่สะสมเรียงตัวกันในร่องน้ำในอดีตกาล มักพบเป็นหย่อมๆ ตามขอบด้านในของแอ่งโคราช เช่นอำเภอเมือง กระนวน จังหวัดขอนแก่น เขตอำเภอเมือง เสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด และบริเวณพื้นที่ตอนใต้ของลำน้ำมูลเริ่มตั้งแต่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาถึงจังหวัดอุบลราชธานี บริเวณที่เป็นแหล่งน้ำบาดาลที่ดีจะอยู่ในบริเวณพื้นที่ขอบแอ่งด้านใต้ของแอ่งโคราชขนานไปกับลำน้ำมูล ตั้งแต่จังหวัดนครราชสีมาจนถึงจังหวัดสุรินทร์ บริเวณนี้จะมีปริมาณน้ำบาดาลในเกณฑ์ 20-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

น้ำบาดาลในชั้นของหินแข็ง จะกักเก็บตามรอยแตก รอยแยก โพรง และรอยต่อระหว่างชั้นหินแข็ง มีปริมาณน้ำไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความหนาแน่น และขนาดของโครงสร้างชั้นหิน เช่น**หินชั้นกึ่งหินแปร** ซึ่งพบในเขตอำเภอเชียงคาน ปากชม นาด้วง และผาขาว จังหวัดเลย ในเขตอำเภอน้ำโสม จังหวัดอุดรธานี และอำเภอสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู ปริมาณน้ำโดยทั่วไป 3-6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง **ชั้นหินปูน**พบในพื้นที่อำเภอภูกระดึงวังสะพุง จังหวัดเลย อำเภอน้ำโสม จังหวัดอุดรธานี อำเภอนากลางสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู โดยทั่วไปมักวางตัวเป็นเทือกเขา และเขาโดด ซึ่งจะอยู่ตามแนวเชิงเขาเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณน้ำโดยทั่วไป 3-6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง **ชั้นหินชุด**

หินโคราชตอนล่างมักอยู่ตามขอบแอ่งด้านนอกของที่ราบสูงโคราช พบมากในเขตจังหวัดอุดรธานี หนองบัวลำภู ขอนแกน ชัยภูมิ และเลย ปริมาณน้ำโดยทั่วไป 3-6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางแห่งให้ปริมาณน้ำมากถึง 20 ปริมาณน้ำโดยทั่วไป 3-6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากคุณสมบัติของหินเป็นหินดินดาน เปราะ และมีรอยแตกมาก **ชั้นหินชุดหินโคราชตอนกลาง**เป็นชั้นน้ำบาดาลที่พบในหมวดหินพระวิหาร เสาขัว และภูพาน โดยสภาพภูมิประเทศเป็นสันเขา หน้าผา หรือทิวเขาตัดการพัฒนาแหล่งน้ำในหินชุดโคราชตอนกลางนี้ค่อนข้างยากกว่าหินในหมวดอื่นๆ เพราะเนื่องจากการประกอบจับตัวกันแน่นของเม็ดทรายในเนื้อหินค่อนข้างดี และรอยแตกแยกมีจึงมักจะมีปริมาณน้ำค่อนข้างน้อย (น้อยกว่า 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) หรือไม่ได้น้ำ **ชั้นหินชุดหินโคราชตอนบน** พบน้ำบาดาลในหมวดหินโคกกรวด มหาสารคาม และภูทอก น้ำบาดาลในหมวดหินโคกกรวดซึ่งพบตามขอบแอ่งด้านในของแอ่งโคราช และสกลนคร โดยธรรมชาติของหินดังกล่าวเป็นหินทราย หินทรายแป้งที่มีการจัดตัวของเม็ดทรายค่อนข้างดี มีการแตกร้าวน้อย จึงมีปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์ต่ำแม้ว่าลักษณะภูมิประเทศจะเป็นที่ราบ จึงพบว่าเป็นพื้นที่แล้งจัดหรือแล้งซ้ำซาก หมู่บ้านต่างๆ ที่ตั้งรกรากอยู่บริเวณนี้จึงมักขาดแคลนน้ำเป็นประจำ โดยเฉพาะในเขตอำเภอกระนวน อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น และพื้นที่อื่น ๆ ของแอ่งสกลนคร แต่อย่างไรก็ตามบริเวณตอนใต้ของแอ่งโคราช เริ่มตั้งแต่เขตอำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ จนถึงอำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี ยังพอพัฒนาน้ำบาดาลได้ใน 3-6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สำหรับน้ำบาดาลที่พบ**ในหมวดหินมหาสารคาม** ที่เป็นชั้นหินเกลือ (Rock salt) แทรกสลับด้วยหินทราย หินทรายแปง หินดินดาน สีน้ำตาลแดง ม่วงแดง และ**หมวดหินภูทอก** ที่เป็นหมวดหินวางบนชั้นเกลือหิน เป็นตะกอนทรายละเอียดสีอิฐแดง ในหมวดหินสารคามจะพบชั้นเกลือหินทั้งหมดอยู่ 3 ชั้นใหญ่ๆ แทรกสลับด้วยหินดินดาน หินทรายแปง และหินทรายเนื่องจากเกลือหินมีคุณสมบัติที่ สามารถเคลื่อนตัวได้บางแห่งมีตะกอนชั้นหินด้านข้างกดทับมาก ก็จะปูดขึ้นเป็นโดมเกลือ ในบริเวณที่โดมเกลืออยู่ตื้นมากและน้ำบาดาลได้ละลายออกไป พื้นที่แถบนั้นอาจจะทรุดต่ำลง ไปเป็นหนอง บึง เช่นของแอ่งที่ติดกับเทือกเขาภูพาน การยกตัวของเขาภูพานในอดีตกาลก็นำชั้นเกลือหินยกขึ้นมาใกล้ผิวดิน เมื่อมีการกัดเซาะและละลายเกลือออกไป ก็จะกลายเป็นหนอง และ

บึงขนาดใหญ่ เช่นหนองหาน ในเขตอำเภอหนองหาน อำเภอกุมภวาปี อำเภอเมืองสกลนคร ดังนั้นน้ำบาดาลจึงเป็นน้ำเค็ม **น้ำบาดาลในชั้นหินแกรนิต** พบบริเวณด้านตะวันตกตามขอบที่ราบสูงโคราช (แอ่งโคราช และแอ่งสกลนคร) เช่นอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยทั่วไปครอบคลุมพื้นที่เล็ก เป็นหย่อมๆ ได้จากชั้นหินแกรนิตผุ (Weathered granite) ปริมาณน้ำส่วนใหญ่น้อยกว่า 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางแห่งที่อยู่ใกล้กับร่องน้ำอาจอยู่ในเกณฑ์ 3-6 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เนื่องจากได้รับน้ำไหลเติมลงชั้นบาดาลจากแหล่งน้ำผิวดิน **น้ำบาดาลในชั้นหินภูเขาไฟ** กรณีของหินบะซอลต มักพบในแถบแอ่งโคราช อำเภอโชคชัย อำเภอหนองบุญมากและครบุรี จังหวัดนครราชสีมา เขตอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี เขตอำเภอกันทรลักษณ์จังหวัดศรีสะเกษ เขตอำเภอเมือง ปราสาท จังหวัดสุรินทร์ เขตอำเภอประโคนชัย นางรอง ละหานทราย เมือง จังหวัดบุรีรัมย ชั้นหินบะซอลต์ จัดได้ว่าเป็นชั้นน้ำบาดาลที่ดีชั้นหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยทั่วไปปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์ 3-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง กรมทรัพยากรน้ำบาดาลกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมได้จัดทำแผนที่สังเขปแสดงศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล ในด้านปริมาณ และคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นรายจังหวัดซึ่งจะช่วยในการพิจารณาเลือกแหล่งน้ำบาดาลที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ได้ง่ายยิ่งขึ้น[10]

ความสิ้นเปลืองค่าพลังงาน พลังงานในภาคเชื้อเพลิงและขนส่งเป็นพลังงานที่มีบทบาทสูง และกระทบความเป็นอยู่ของประชาชน เศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ และของทั้งโลก ในปัจจุบันน้ำมันไม่ได้ส่งผลกระทบต่อภาคขนส่งเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบต่อภาคเกษตรที่เป็นอาชีพหลักของคนส่วนใหญ่ของประเทศ เพราะการเกษตรสมัยใหม่ใช้เครื่องจักรกลมากขึ้น และเครื่องจักรกลเหล่านั้นใช้น้ำมันเป็นหลัก เมื่อน้ำมันราคาแพงย่อมส่งผลต่อต้นทุนผลิต ทำให้สินค้าราคาแพงขึ้น เครื่องมือทางการเกษตรอีกอย่างหนึ่งซึ่งสำคัญมากชนิดที่จะขาดไม่ได้เลยคือ เครื่องสูบน้ำ ที่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องสูบน้ำโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้นกำลังเพื่อเดินเครื่องสูบน้ำได้ก้าวหน้าไปมาก มีอินเวอร์เตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์อย่างซอฟท์สตาร์ท คือให้มีกระแสกระโชกขณะสตาร์ทที่ต่ำ และแปลงไฟกระแสตรงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไปเป็นไฟฟ้า

กระแสสลับ ตามชนิดและความต้องการของมอเตอร์ พร้อมกับพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการสูบน้ำได้ในปริมาณมากๆ ในระยะเวลาหนึ่ง (FLOW RATE) โดยใช้แผงเซลล์ให้น้อยลง อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่สูบได้ต่อวัน ไม่อาจเทียบได้กับเครื่องสูบน้ำชนิดใช้น้ำมันที่มีอัตราไหลต่อวินาที ต่อพื้นที่หน้าตัดท่อที่เท่ากันสูงกว่า ทั้งยังสามารถสูบได้ต่อเนื่องตลอดเวลาที่มีน้ำมันเดินเครื่อง[11] แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนที่เป็นค่าสูบน้ำต่อลูกบาศก์เมตรภายใต้เงื่อนไขราคาน้ำมันที่เป็นอยู่ปัจจุบันประมาณ 30 บาทต่อลิตร โดยจากการศึกษาสถิติของผู้ใช้เครื่องสูบน้ำ ด้วยการพิจารณาอัตราการไหลที่ระดับยกน้ำต่างๆ แรงม้า ความเร็วรอบ ขนาดความจุถังน้ำมัน เพื่อหาข้อมูลความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงนำมาคำนวณต้นทุนในการสูบน้ำจากเครื่องสูบน้ำชนิดเครื่องยนต์เบนซิน ขนาดท่อ 3 นิ้ว อายุใช้งานไม่เกิน 1 ปี มีอัตราการไหลที่ระดับยกน้ำไม่เกิน 2 เมตร ที่ 1,100 ลิตรต่อนาที ขนาด 5.5 แรงม้าที่ความเร็วรอบ 3,600 รอบต่อนาที อัตราการสูบ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.2 ลิตรต่อชั่วโมง คิดเป็นเงิน 36 บาทต่อชั่วโมงหรือน้ำมัน 1 ลิตรสูบน้ำได้ 50 ลูกบาศก์เมตร ใช้เงิน 30 บาท หรือ ค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ 0.60 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ในสภาพเครื่องสูบน้ำค่อนข้างใหม่ ซึ่งหากเป็นเครื่องเก่าจะมีอัตราความสิ้นเปลืองเพิ่มมากขึ้น หากเปรียบเทียบกับระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีอายุการสูบน้ำประมาณ 25 ปี แล้ว อาจต้องเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำทั่วไปไม่น้อยกว่าสองรอบ และค่าสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องที่ควรเปลี่ยนถ่ายทุกๆ 100 – 150 ชั่วโมง ใช้งานคราวละประมาณ 1.5 ลิตร ถ้าเป็นเกรดถังบรรจุ 5 ลิตร ราคาอยู่ที่ประมาณ 1,800 บาท (คิดเป็น 9 สตางค์ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร) เมื่อรวมกับความสิ้นเปลืองที่จะสูงขึ้นเมื่อเครื่องเก่าลงแล้ว จะทำให้ต้นทุนสูบน้ำอยู่ในราคาประมาณ 1.00 บาท ต่อลิตรที่ราคาน้ำมัน 30 บาทต่อลิตร หากเปรียบเทียบกับต้นทุนสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ Solar Pump ชนิดสูบน้ำผิวดิน (ที่ต่างไปจากชนิดสูบน้ำบาดาล) รุ่นที่มีขนาดท่อดูดและส่งน้ำ 3 นิ้วเท่ากันที่มีอัตราการไหลดีที่สุดในระดับยกน้ำไม่เกิน 6 เมตร เพื่อให้เทียบเคียงสมรรถนะใกล้เคียงกัน เครื่องสูบน้ำที่นำมาเปรียบเทียบใช้แผงเซลล์ขนาด 120 วัตต์จำนวน 8 แผงเป็นต้นกำลังไฟฟ้าเดินเครื่องสูบน้ำที่มีอัตราการไหล 260 ลิตรต่อนาที ซึ่งอัตราการไหลระดับนี้จะอยู่ในช่วงความยาวช่วงคลื่นแสง (Wave Length) ที่เหมาะสมซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยชั่วโมงรับแสงในย่านดังกล่าวต่อปี ประมาณวันละ 4.5 ชั่วโมง คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่สูบได้ต่อวัน

จำนวน 70 ลูกบาศก์เมตร หรือปีละ 25,200 ลูกบาศก์เมตร และหากคำนวณตลอดอายุใช้งานแผงเซลล์ ที่ไม่น้อยกว่า 25 ปี จะสูบน้ำได้ถึง 630,000 ลบ.ม. ซึ่งระบบสูบน้ำจะค่าแผงโซล่าเซลล์ 110,000 บาท[12] คิดเป็นต้นทุนในการสูบน้ำที่ 0.17 บาท หรือ 17 สตางค์ต่อลูกบาศก์เมตร หรือหากเป็นรุ่นที่สามารถส่งน้ำขึ้นสูงได้ดีกว่า คือยกน้ำได้ถึงระดับ 90 เมตร ซึ่งมีราคาขายใกล้เคียงกัน แต่จะมีอัตราการไหลต่ำลงคือที่ระดับยกน้ำสูงไม่เกิน 2 เมตร จะมีอัตราการไหล 210 ลิตรต่อนาทีจะสูบน้ำได้ตลอดอายุการใช้งานที่ 495,000 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นต้นทุนในการสูบน้ำที่ 0.22 บาทหรือ 22 สตางค์ต่อลูกบาศก์เมตร และระบบนี้มีค่าใช้จ่ายในระหว่างใช้งานน้อยมาก และมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเฉลี่ยประมาณ 6 และ 8 สตางค์ต่อลูกบาศก์เมตร และหากพิจารณาในด้านสิ่งแวดล้อม แม้จะไม่มีตัวเลขการสร้างก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ของการสูบน้ำโดยตรง แต่หากเทียบเคียงกับการสร้างก๊าซในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้น้ำมัน ที่จะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง ประมาณ 720 กรัมต่อการผลิตไฟฟ้า 1 หน่วย หรือ 1 KWh และการผลิตไฟฟ้าหนึ่งหน่วยดังกล่าวนั้นจะใช้น้ำมันระหว่าง 0.35 – 0.43 ลิตร หรือเฉลี่ย 0.39 ลิตร ดังนั้นน้ำมัน 1 ลิตรจะผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2.5 หน่วย ซึ่งจะสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 1,800 กรัม หรือ 1.8 กิโลกรัม หากนำมาเทียบต่อน้ำมัน 1 ลิตรสูบน้ำได้ 50 ลูกบาศก์เมตร หมายความว่าทุกๆ การสูบน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร จะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 36 กรัม และหากนำจำนวนน้ำที่สูบได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นตัวต่ำคือ 495,000 ลูกบาศก์เมตร แล้วจะเห็นว่าลดการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่โลกได้ถึง 17,820,000 กรัมหรือประมาณ 17.82 ตัน ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการสูบน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำชนิดใช้น้ำมันให้ได้น้ำจำนวนเดียวกันในเวลา 25 ปี หรือปีละ 712.80 กิโลกรัม

การเปรียบการใช้เครื่องสูบน้ำชนิดเดียวกันแต่ใช้กระแสไฟฟ้าพื้นฐานที่มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3.71บาท สูบน้ำ 4.5 ชั่วโมง เครื่องสูบน้ำมีกำลัง 1 แรงม้า (750วัตต์) สูบน้ำได้ 70 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สิ้นเปลืองไฟฟ้า 3.375 KWh หรือ 3.375หน่วย เสียค่ากระแสไฟฟ้า 11.75 บาท คิดเป็น 0.18 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งหากจุดที่ตั้งอยู่พื้นที่ห่างไกลไม่มีสายส่งไฟฟ้าไปถึงจะมีค่าขยายเขตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแปรผันไปตามระยะทาง

เมื่อเปรียบค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องสูบน้ำขนาด 5.5 แรงม้า ติดตั้งระบบก๊าซ LPG สูบน้ำติดต่อกัน 60 ชั่งโมง ใช้ก๊าซ 15 กิโลกรัม 1 ถัง ราคาถังละ 360 บาท เฉลี่ยชั่วโมงละ 6 บาทต่อชั่วโมง ก๊าซ 0.25 กิโลกรัม สูบน้ำได้ 50 ลูกบาศก์เมตร ใช้เงิน 24 บาท หรือค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ 0.48 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

สรุปเปรียบค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานในการสูบน้ำต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเบนซิน 0.60 บาท ค่าก๊าซ LPG 0.48 บาท ค่ากระแสไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าพื้นฐาน 0.18 บาท และต้นทุนค่าติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ 0.17 บาท ทั้งนี้ไม่รวมต้นทุนค่าเครื่องสูบน้ำแต่ละประเภท และค่าซ่อมบำรุง

ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ จากข้อมูลกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ ของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อพิจารณาศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุม บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อยุธยา และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18-19 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน[13] โดยรวมถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) จะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้เปล่า ไม่มีของเสียที่จะทำให้เกิดมลพิษขณะใช้งาน เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนไหวใด ๆ ขณะทำงาน จึงไม่มีปัญหาด้านความสึกหรอ หรือต้องการการบำรุงรักษาเหมือนอุปกรณ์ผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบอื่นๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันดีเซล ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีหลักการทำงานของระบบคือ เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดจะผลิตไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านระบบควบคุมเข้าอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายเข้าระบบไฟฟ้าภายในบ้าน ในช่วงที่ความเข้มของแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอ หรือมีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ระบบก็จะนำกำลังไฟฟ้าส่วนขาดจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบปกติของการไฟฟ้า มาใช้เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้ จากข้อมูลมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานในประเทศไทย จนถึงปี พ.ศ. 2543 มีหน่วยงานต่างๆ ได้ติดตั้งเซลล์ขึ้นสาธิตใช้งานในลักษณะต่างๆ รวมกันแล้วประมาณ 5,217 KWh ลักษณะการใช้งานจะเป็นการติดตั้ง ใช้งานในพื้นที่ที่ห่างไกล เช่น สถานีเติมประจุแบตเตอรี ระบบสื่อสารหรือสถานีทวน สัญญาณ ของบริษัททีโอทีจำกัด(มหาชน) ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบไฟฟ้า หมู่บ้านที่ห่างไกล และสัดส่วนที่เหลือจะติดตั้งในโรงเรียนประถมศึกษา สาธารณสุข และไฟสัญญาณ ไฟกระพริบ นอกจากนั้น ยังมีงานสาธิตการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ผสมผสานร่วมกับพลังงานรูปแบบอื่น เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม และใช้ร่วมกับเครื่องยนต์ดีเซล โดยส่วนหนึ่งของโครงการเหล่านี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยผ่านทางสำนักงาน คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการสนับสนุน และร่วมมือกับหน่วยงานของรัฐและเอกชน ที่จะให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการนำพลังงานหมุนเวียน ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย มาใช้อย่างแพร่หลาย สพช. ได้มีการจัดประชุมสัมมนา เพื่อกำหนดแนวทางหลักเกณฑ์ และนโยบายเพื่อสนับสนุน การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ระหว่างปี 2540-2542 ที่จังหวัดภูเก็ต เมื่อเดือนพฤษภาคม 2540 ซึ่งมี

นักวิชาการจากหลายสถาบันได้มาประชุมร่วมกัน และได้เสนอให้มีการดำเนินโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงาน โดย สพช. ได้รวบรวมความต้องการของหน่วยงานต่างๆ และจัดทำเป็นนโยบายในการสนับสนุนด้านการเงินจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

การสูบน้ำบาดาลโดยใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีการสูบน้ำบาดาลโดยใช้กระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถจำแนก ได้เป็น 2 แนวทาง ดังนี้คือ **แนวทางที่ 1 การแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรง 24 โวลท์(DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์(AC)** และนำไปใช้กับเครื่องสูบน้ำบาดาลแบบจมน้ำ (Submersible Pump) ซึ่งใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขายในท้องตลาดโดยทั่วไป วิธีการนี้จะต้องมีการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง แรงดัน 24 โวลท์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ที่แรงดัน 220 โวลท์ ซึ่งวิธีการนี้ มีข้อดีคือ ลงทุนต่ำ แต่จะมีข้อเสียหลายประการได้แก่ 1) มีการสูญเสียกระแสไฟฟ้าจากการแปลงไฟในอินเวอร์เตอร์ในปริมาณมาก ทำให้ต้องใช้แผงพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น 2) เครื่องสูบน้ำบาดาลไฟฟ้ากระแสสลับ ใช้กระแสไฟฟ้ามากในการสูบน้ำบาดาล ยิ่งลึก ยิ่งใช้กระแสมาก และ ยิ่งลึกยิ่งได้ปริมาณน้ำน้อย หากต้องการปริมาณน้ำเพิ่ม ต้องเพิ่มแผง พลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้น ซึ่งทำให้ต้องใช้เงินลงทุนเพิ่มขึ้นด้วย 3) ไม่มีระบบควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำบาดาลเป็นการเฉพาะ ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องสูบน้ำจากสาเหตุต่างๆ เช่น น้ำบาดาลในบ่อลดต่ำลง จนเครื่องสูบน้ำไม่สามารถสูบน้ำขึ้นได้ แต่เครื่องสูบน้ำยังคงทำงานต่อไปจนเครื่องร้อนจัด และไหม้ การใช้งานเครื่องสูบน้ำบาดาลมากเกินกว่าที่เครื่องจะรับได้ และเกิดไหม้ หรือมีการสูบน้ำโคลน หรือ ตะกอนทราย เข้าไปในเครื่องสูบน้ำจนใบพัดไม่หมุนได้แต่มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำยังคงทำงาน ส่งผลให้เกิดความร้อนสูงและมอเตอร์ไหม้ ดังนั้นหากจะพิจารณาเลือกใช้เครื่องสูบน้ำบาดาลชนิดนี้ ผู้ใช้จะต้องดูแลเครื่องสูบน้ำอย่างใกล้ชิด หากพบสิ่งผิดปกติต้องหยุดการทำงานของเครื่องทันที และตรวจสอบสาเหตุผิดปกตินั้นๆ มิฉะนั้นเครื่องสูบน้ำจะชำรุดเสียหาย **แนวทางที่ 2 การใช้เครื่องสูบน้ำบาดาลแบบจมน้ำ (Submersible Pump) ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งผลิตขึ้นมาสำหรับใช้กับกระแสไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเป็นหลัก** เครื่องสูบน้ำบาดาลชนิดนี้ได้รับการออกแบบให้มีความ

ยืดหยุ่นด้านพลังงาน และการใช้ประโยชน์ ดังนี้ 1) ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถทำงานได้ที่ความดันไฟฟ้าต่ำ ตั้งแต่ 30 โวลท์ จนถึง 300 โวลท์(DC) และในบางรุ่นยังออกแบบให้สามารถรับไฟฟ้าทั้งกระแสตรง และกระแสสลับ ได้ในเครื่องเดียวกัน ซึ่งทำให้สามารถเลือกใช้พลังงานจากหลายแหล่งมากขึ้น เช่นจาก โซล่าร์เซลล์ จากแบตเตอรี่ จากเครื่องปั่นไฟ และจากไฟฟ้าตามครัวเรือนทั่วไป 2) มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชนิดแม่เหล็กถาวร สามารถใช้ได้กับแหล่งไฟ กระแสตรง 30-300 โวลท์(DC) หรือไฟกระแสสลับชนิด 1 เฟส 90-240 โวลท์ 50/60 Hz มอเตอร์จะปรับรอบการทำงานระหว่าง 500-3,600 RPM ขึ้นกับกำลังไฟที่จ่ายให้มอเตอร์และโหลดของตัวปัมพ์ 3) ชุดควบคุมภายในมอเตอร์มีระบบป้องกันไฟตก ไฟเกิน Overload อุณหภูมิสูงเกินกำหนด การป้องกัน Dry-running ที่เชื่อถือได้ เป็นอุปกรณ์มาตรฐานติดบนสายไฟมอเตอร์ ทำให้ เครื่องสูบน้ำชนิดนี้ มีความทนทานสูง สะดวกในการใช้งานการบำรุงรักษาต่ำ 4) ข้อเสียของเครื่องสูบน้ำบาดาลชนิดนี้ คือ มีราคาสูง ใช้เทคโนโลยีเฉพาะมีจำหน่ายในประเทศเพียง 1 – 2 ราย การบำรุงรักษาต้องใช้บริการจากผู้แทนจำหน่ายเท่านั้น

การนำระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มาแก้ปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน จากการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน ในการสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าต่ำที่สุด แต่ยังมีข้อจำกัดคือห้วงระยะเวลาในการรับแสงมีประมาณ 4.5 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจะต้องใช้วิธีการบริหารจัดการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ จากงานวิจัยของ พ.อ.สุรชิน กาญจนจิตติ[14] เรื่องการหยุดภัยแล้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำเสนอตัวแบบการแก้ปัญหาภัยแล้งโดยใช้พลังงาน แสงอาทิตย์ เพื่อสูบน้ำบาดาลเพื่อนำใช้ในโครงการปลูกผักปลอดสารพิษ ของบ้านแดงใหญ่ จังหวัดบุรีรัมย์ โดยภายในโครงการดำเนินการก่อสร้างถังเก็บน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งเป็นถังประธาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร สูง 8 เมตร ความจุประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร (20,000 ลิตร) วางระบบท่อน้ำขนาด 2 นิ้ว จากบ่อบาดาลไปยังถังเก็บน้ำประธาน จากนั้นวางท่อจากถังประธานไปยัง โอ่งเก็บน้ำย่อย (ขนาด 500 ลิตร) ตามแปลงเกษตรของเกษตรกรจำนวน 40 จุด เพื่อเก็บน้ำไว้รดพืชผล ในระบบติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 53 วัตต์จำนวน 36 แผ่น รวมได้พลังงานไฟฟ้า 1,908 วัตต์ พร้อมระบบควบคุม ติดตั้งเครื่องสูบน้ำระบบไฟฟ้ากระแสตรง ตามแนวทาง

แบบที่ 2 ดูดน้ำจากบ่อบาดาลที่ความลึก 20 เมตร จัดการอบรมสร้างความเข้าใจระบบให้กับสมาชิกในโครงการ สร้างหลักเกณฑ์การใช้น้ำและการบำรุงรักษาวัสดุอุปกรณ์ โดยกำหนดให้สมาชิกถือปฏิบัติร่วมกัน เช่นการควบคุมวัตถุประสงค์ และปริมาณการใช้น้ำให้พอเหมาะตามความจำเป็น เนื่องจากในเวลาเย็นจนถึงรุ่งเช้าซึ่งเป็นเวลาที่ไม่มีแสงแดด แผงพลังงานแสงอาทิตย์จะผลิตไฟฟ้าไม่ได้ จึงไม่มีน้ำจากใต้ดินไหลขึ้นมาแต่เป็นเวลาที่สมาชิกใช้น้ำมากที่สุด ขณะเดียวกันในเวลากลางวัน น้ำใต้ดินจะไหลขึ้นมาจากใต้ดินเป็นปริมาณมาก เนื่องจากแสงแดดมี ปริมาณมาก แผงพลังงานแสงอาทิตย์จึงผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก แต่มีการใช้น้ำน้อยถึงไม่ใช้เลย ฉะนั้น เพื่อให้มีน้ำใช้เพียงพอ สมาชิกต้องเปิดน้ำเติมใส่โอ่งให้เต็มไว้ทุกวันเพื่อสะสมไว้ใช้ยามไม่มีแสงแดด กรณีฤดูกาลใดที่ไม่มีแสงแดด หรือแสงแดดอ่อน ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอต่อการสูบน้ำ อาจต้องใช้กระแสไฟฟ้าพื้นฐานจากภายนอกเสริม เพื่อให้กลุ่มมีน้ำในการเกษตร อย่างพอพียง และต้องมีการชำระค่ากระแสไฟฟ้าเพิ่มเติม โดยมีการเก็บเงินเข้ากองทุนส่วนกลางไว้สำหรับซ่อมบำรุงระบบ กองทุนเพื่อสวัสดิการสมาชิกและครอบครัว และกองทุนกลุ่มปลูกผักปลอดสารพิษด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการออมของสมาชิก ผลการดำเนินการตั้งแต่จัดตั้งโครงการ พ.ศ. 2554 จนถึงปัจจุบันพื้นที่โครงการหมดปัญหาเรื่องภัยแล้ง และมีความมั่นคงด้านน้ำ สร้างรายได้ให้กับชุมชนเพิ่มขึ้นมีความมั่งคั่ง มีคุณภาพชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีอย่างยั่งยืน

บทสรุป

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือแม้จะมีแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติในปริมาณจำกัด แต่จากข้อมูลกรมทรัพยากรน้ำบาดาลพบว่าแหล่งน้ำบาดาล ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีบ่อน้ำบาดาลจำนวนมากถึง 29,877 บ่อ มีปริมาณน้ำใต้ดินที่สามารถนำขึ้นมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค และเพื่อการเกษตรได้ มีปริมาณ มากถึง 115,618.71 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง[15]โดยศักยภาพน้ำบาดาลแปรผันไปตามโครงสร้างทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ พื้นที่ที่มีน้ำบาดาลมากได้แก่ แถบแอ่งโคราช อำเภอโชคชัย อำเภอหนองบุญมาก และอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา เขตอำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี เขตอำเภอกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ เขตอำเภอเมือง อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร เขตอำเภอประโคนชัย

อำเภอนางรอง อำเภอละหานทราย อำเภอเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ และในแผนที่น้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยังได้แสดงพื้นที่สังเขปแหล่งน้ำบาดาลซึ่งจะช่วยให้หน่วยงานต่างๆ นำมาประกอบการพิจารณาเลือกขุดเจาะ บ่อบาดาล เพื่อเป็นแหล่งน้ำในพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งซ้ำซากได้ง่ายขึ้น สำหรับการพิจารณาเลือกใช้แหล่งพลังงานจากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่าการสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีต้นทุนค่าพลังงานต่ำที่สุด เหมาะที่จะนำมาใช้ในการสูบน้ำบาดาลหรือแหล่งน้ำผิวดินนำมาช่วยเหลือพื้นที่ประสบภัยแล้ง โดยชดเชยข้อจำกัดของระบบพลังแสงอาทิตย์คือช่วงเวลารับแสงที่มีระยะเวลาจำกัด ด้วยการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งดำเนินการสร้างถังสูงเก็บน้ำเพื่อสำรองน้ำไว้ให้มากที่สุดในช่วงมีแสงแดดและปล่อยน้ำจากถังสำรองให้กับสมาชิกด้วยระบบแรงโน้มถ่วงในช่วงเวลาไม่มีแสงแดดซึ่งเป็นวิธีการกักเก็บน้ำสำรองไว้ในถังสูง แทนการเก็บกระแสไฟฟ้าสำรองไว้ในแบตเตอรี่ที่อายุการใช้งานแบตเตอรี่ประมาณ 2 ปี และมีค่าใช้จ่ายสูงมาก

ข้อเสนอแนะ

ควรนำแนวทางการแก้ปัญหาภัยแล้งด้วยวิธีการสูบน้ำด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์ไปสู่กระบวนการดำเนินงานของภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จะทำให้การแก้ปัญหาภัยแล้งซ้ำซากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลางจำนวน 839 หมู่บ้าน และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง 1,146 หมู่บ้านบรรลุผลสำเร็จ และอยากให้มีการวิจัยต่อยอดรูปแบบการบริหารจัดการน้ำในการแก้ปัญหาภัยแล้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจัดทำตัวแบบในการแก้ปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561 – 2580 (13 ตุลาคม 2561); หน้า 4-11.

[2] สรุปผลการป้องกันและบรรเทาสถานการณ์ภัยแล้ง ปีพุทธศักราช 2559-2560,กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรน้ำ;หน้า 2.

[3] การวิเคราะห์ลุ่มน้ำ. สำนักส่งเสริมและประสานมวลชนกรมทรัพยากรน้ำ. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2561[เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก http://division.dwr.go.th/bmpc/wp-content/uploads/2018/01/PPT_NE_Part3-การวิเคราะห์ลุ่มน้ำ.pdf.

[4] แนวทางการปฏิบัติการฝนหลวงช่วยเหลือพื้นที่แล้งซ้ำซาก.[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: ศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงประจำภาค.การจัดการความรู้สำนักปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม2562]. เข้าถึงได้จาก https://km.opsmoac.go.th/ ewt_dl_ link. php?nid=37

[5] โครงการจัดทำข้อมูลลุ่มน้ำภายใต้แผนการพัฒนาชลประทาน ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน;ตุลาคม 2557. หน้า 7-55.

[6] แก้วิกฤติ "น้ำบาดาล" หมด!,ข้อมูลน้ำบาดาลประเทศไทย.ไทยรัฐออนไลน์.[อินเทอร์เน็ต]. [ปรับปรุงเมื่อ 26 พฤศจิกายน 2556 เวลา 05:00 น.; เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก https://www.thairath.co.th/content/385191

[7] ข้อมูลตัวชี้วัด ระดับน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล และปริมาณการใช้น้ำบาดาล. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. [เข้าถึงเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2562]. เข้าถึงได้จาก http://www.onep.go.th/env_data/2016/01_30/

[8] ข้อมูลน้ำบาดาล [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. [เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2562].เข้าถึงได้จาก http://close-upthailand.com/news--p--1-1492-.html

[9] น้ำบาดาลในประเทศไทย (Groundwater in Thailand), [อินเทอร์เน็ต]. เชียงใหม่: ภาคธรณีวิทยาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. [เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก http://it.geol.science.cmu.ac.th/gs/courseware/groundwater/documents/Groundwater_10.pdf

[10] แผนที่น้ำบาดาลรายจังหวัด.[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ:กรมทรัพยากรน้ำบาดาล [เข้าถึงเมื่อ 23 กุมภาพันธ์2562]. เข้าถึงได้จาก http://app.dgr.go.th/newpasutara/xml/map_well.html

[11] เรื่องระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยโลกร้อน.[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ : สำนักบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. [เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก http://202.129.59.73/tn/solar/ solarcell.htm

[12] สุรชิน กาญจนจิตติ, พันเอก. การแก้ปัญหาภัยแล้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [เอกสารวิจัยส่วนบุคคล]. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเสนาธิการทหาร; 2556; หน้า 66.

[13] ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย. [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี:การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย . [เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก http://www2.egat.co.th/re/egat_pv/sun_thailand.htm, 2542.

[14] สุรชิน กาญจนจิตติ, พันเอก.การแก้ปัญหาภัยแล้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [เอกสารวิจัยส่วนบุคคล]. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเสนาธิการทหาร; 2556; หน้า 67-70.

[15] เรื่องเดียวกัน; หน้า 3.