หนังสือชุด พลังงานยั่งยืน เล่ม 5

พลังงานลม
(Wind Energy)

จัดทำโดย

โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ฝอ 00025905

- 2 มี.ค. 2548
189712

สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม

สนับสนุนทุนโดย

กองทุนเพื่อส่งเสริม
การอนุรักษ์พลังงาน

สำนักงานคณะกรรมการ

หนังสือชุด พลังงานของชุมชน เล่ม 3
พลังงานลม (Wind Energy)

จัดพิมพ์เผยแพร่โดย โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน
ฝ่ายสนับสนุนงานวิจัย พัฒนาและวิศวกรรมและเสริมสร้างขีดความสามารถขององค์กร
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สนับสนุนทุนโดย สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

สงวนลิขสิทธิ์ 2545 สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
สงวนสิทธิ์ตามกฎหมาย

การอ้างอิง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2545. *พลังงานลม (Wind Energy)*. กรุงเทพ ฯ. 44 หน้า

ISBN 974-229-086-5
พิมพ์เมื่อ มีนาคม 2545

ที่ปรึกษา ศ.ดร. ไพรัช ธัชยพงษ์ รศ. เฉลิมศรี ธรรมบุตร
ภิรมย์ศักดิ์ ลาภาโรจน์กิจ ดร. ณรงค์ ศิริเลิศวรกุล

ผู้แปลและเรียบเรียง ทิศนา ดำริห์สมกุล

คณะผู้จัดทำ ผศ. ชาญชัย ลิมปิยากร ยุวนันท์ สันติทวีฤกษ์
อุไรพรรณ ปรางอุดมทรัพย์

ติดต่อที่ โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน
ฝ่ายสนับสนุนงานวิจัย พัฒนาและวิศวกรรมและเสริมสร้างขีดความสามารถขององค์กร
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
73/1 อาคารสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพ ฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2644-8150-9 ต่อ 310, 402, 405
โทรสาร 0-2644-8028
http://www.nstda.or.th/rural/thairural

333.92
พ453

แบบปกและรูปเล่ม บริษัท อินทิเกรเต็ด โปรโมชัน เทคโนโลยี จำกัด
โทรศัพท์ 0-2585-2076, 0-2586-0837, 0-2913-7761-2
โทรสาร 0-2913-7763

สารบัญ

คำนำ 4–8

1 บทนำ 9

2 หลักการพื้นฐานทางกายภาพและเทคนิค (Physical and Technical Fundamentals) 11

3 การบันทึกข้อมูลและการจัดทำข้อมูล 19

4 กิจกรรมที่ใช้พลังงานลมและอุปกรณ์ 29

5 ประเด็นที่ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการผลิตกังหันลม 35

6 การใช้พลังงานลมในประเทศไทยในอดีต 39

เอกสารอ้างอิง 44

สิ่งพิมพ์ชุดพลังงานยั่งยืนนี้ได้จัดพิมพ์ขึ้นเพื่อให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีชนบทด้านพลังงานยั่งยืน โดยผสมผสานความรู้เทคโนโลยีทันสมัยกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจทั่วไปได้มีความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานยั่งยืน เพื่อให้มีความตื่นตัวในการค้นคว้า ศึกษาวิจัยและทำกิจกรรมที่เป็นรูปธรรมด้านพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานในรูปแบบอื่นนอกเหนือจากพลังงานสิ้นเปลือง ซึ่งจะก่อให้เกิดความยั่งยืนในการจัดหาและการใช้พลังงานของประเทศมากยิ่งขึ้น

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) รู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้มีส่วนร่วมในโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืนของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ในการสนับสนุนการจัดทำสิ่งพิมพ์ชุดนี้ผ่านการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน อนึ่ง ภาระหน้าที่หลักประการหนึ่งของ สพช. คือ การสนับสนุนในการผลิตบุคลากรของชาติให้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญด้านพลังงาน และเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับบุคลากร เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าและมีความรับผิดชอบ ดังนั้น สพช. จึงตระหนักถึงความสำคัญในการจัดทำสิ่งพิมพ์ชุดนี้ เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจด้านพลังงานยั่งยืนอย่างแพร่หลาย

สุดท้ายนี้ หวังว่าสิ่งพิมพ์ชุดนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ นักเรียน นักศึกษา นักวิชาการ และประชาชนทั่วไป และใคร่ขอขอบคุณผู้ร่วมจัดทำสิ่งพิมพ์ชุดนี้ทุกท่านที่ช่วยให้สิ่งพิมพ์ชุดนี้เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

(นายภิรมย์ศักดิ์ ลาภาโรจน์กิจ)
เลขาธิการคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

คำนำ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้เห็นความสำคัญของการวิจัย พัฒนา และวิศวกรรม ตลอดจนการนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้เพื่อพัฒนาภาคชนบทของประเทศไทย จึงได้จัดตั้งโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืนขึ้นเพื่อภาระกิจดังกล่าว ปัจจุบันกิจกรรมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทได้มีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยมีผลงานวิจัย พัฒนาและวิศวกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาในชนบทเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลที่เกิดขึ้นก็คือการเกิดนวัตกรรมที่หลากหลาย ทำให้ภูมิปัญญาท้องถิ่นมีการพัฒนาและยกระดับขึ้นด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการจัดการ ส่งผลให้สามารถสร้างผลกระทบทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคมในระดับชุมชนและระดับภาค

การดำเนินงานของ สวทช. ได้อาศัยศักยภาพของชุมชนและสถาบันการศึกษาในท้องถิ่นตั้งแต่ระดับอาชีวะขึ้นไปถึงระดับอุดมศึกษาเป็นฐานในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม แม้สถาบันการศึกษาดังกล่าวจะมีความพยายามในการทำวิจัยและพัฒนาก็ตาม แต่ก็มีความจำเป็นต้องยกระดับความรู้ความสามารถให้ทันกับปัญหาและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุดพร้อมกันไปด้วย

ปัญหาพลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นปัญหาสำคัญที่รอการแก้ไขเมื่อประเทศมีการฟื้นตัวทางเศรษฐกิจ การใช้พลังงานที่ยั่งยืนในชนบทเป็นเรื่องที่ต้องมีการเตรียมการ ซึ่งวิธีที่ดีวิธีหนึ่งคือ การปูพื้นฐานทางการศึกษาในเรื่องพลังงานยั่งยืนนี้เข้าสู่การศึกษาระดับอาชีวะและอุดมศึกษา

โครงการผลิตสิ่งพิมพ์เกี่ยวกับพลังงานยั่งยืน จึงเป็นโครงการที่เน้นการนำความรู้ด้านพลังงานยั่งยืนจำนวน 7 เรื่อง เข้าสู่ภาคการศึกษาโดยเฉพาะระดับอาชีวะ ซึ่งสิ่งพิมพ์ชุดดังกล่าวจะปูพื้นฐานความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านพลังงานยั่งยืนประเภทต่าง ๆ ให้แก่นักศึกษาและผู้สนใจ โดยคาดหวังว่าความรู้เหล่านี้จะถูกนำไปประยุกต์เป็นสิ่งประดิษฐ์ในการพัฒนาการใช้พลังงานเพื่อบ้านเรือนที่อยู่อาศัย การผลิตทางหัตถกรรมและอุตสาหกรรมขนาดเล็กในชุมชน

สิ่งพิมพ์ชุดพลังงานยั่งยืน เป็นสิ่งพิมพ์ที่มีแนวคิดในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและคำนึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป ซึ่งจัดทำโดยการเรียบเรียงจากสิ่งพิมพ์หลายเล่มที่ส่วนใหญ่มาจากสิ่งพิมพ์ชุด "A publication of German Appropriate

สิ่งพิมพ์เกี่ยวกับพลังงานยั่งยืนเป็นชุดหนังสือที่มุ่งหวังให้มีการแผยแพร่ไปสู่ผู้อ่านที่เป็นนักเรียนนักศึกษาในระดับอาชีวะขึ้นไป โดยบรรจุความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลทางเทคนิคที่จำเป็นเพื่อให้เกิดการนำไปประยุกต์สร้างต้นแบบได้ ทั้งนี้ เพื่อกระตุ้นให้เกิด การพัฒนาและสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่เกี่ยวกับพลังงานทดแทนขึ้นในบ้านเรา

เนื้อหาของสิ่งพิมพ์ ฯ ส่วนใหญ่นำมาจาก "A publication of German Appropriate Technology Exchange (GATE) in GTZ" ซึ่งสิ่งพิมพ์ชุดนี้ได้รับความร่วมมือจาก สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยการรับทราบและยินดีให้ความสนับสนุนทางวิชาการจาก GATE แห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน นอกจากนั้นได้มาจาก The Sustainable Energy Handbook for NGOs and Local Group ของ The Danish Organization for Renewable Energy และ Passive Low Energy Cooling of Building เขียนโดย Baruch Givoni สำนักพิมพ์ VAN NOSTRAND REINHOLD An International Thomson Publishing Company นอกจากนั้นได้พยายามรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลในประเทศรวมทั้งสอดใส่ความรู้ที่ผู้เรียบเรียงแต่ละท่านสามารถจะให้ได้ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์มากที่สุด

สิ่งพิมพ์ ฯ ชุดนี้ ประกอบด้วย ระบบเครื่องยนต์ก๊าซโปรดิวเซอร์จากชีวมวล พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ถ่าน : การผลิตที่ถูกวิธีและประโยชน์ ระบบความเย็นแบบธรรมชาติ พลังงานลม การออกแบบและก่อสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ และคู่มือพลังงานยั่งยืน (รวมการประหยัดพลังงานและพลังงานทดแทนสำหรับชาวบ้านและประชาสังคม) ซึ่งผู้ที่ทำให้หนังสือชุดนี้สมบูรณ์ได้ประกอบด้วย คุณนิธิ สุวรรณเบญจกุล คุณชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ คุณชนกนันท์ สุขกำเนิด คุณทิศนา ดำริห์สมกุล คุณรณัฐ เชียนกุลพัฒนวกิจ คุณชาญชัย ลิมปิยากร เจ้าหน้าที่ฝ่ายข้อมูลโครงการพลังงานยั่งยืนไทย–เดนมาร์ก สำหรับผู้ทำหน้าที่ตรวจแก้และเร่งกระตุ้นให้งานสิ่งพิมพ์ออกมาได้ คือ คุณยุวนันท์ สันติทวีฤกษ์ ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ บุคคลดังกล่าวนี้สมควรได้รับการขอบคุณ ณ ที่นี้

อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของงานชิ้นนี้ทั้งหมดเกิดขึ้นจาก **สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ** ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินการจัดพิมพ์และเผยแพร่สู่หน่วยงานการศึกษาต่าง ๆ ของประเทศ โดยมีสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติเป็นผู้ดำเนินการให้ภาระกิจบรรลุเป้าหมาย

สุดท้ายนี้สิ่งที่ต้องกล่าวถึงคือความบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเช่น ความไม่สมบูรณ์ของเนื้อหาและข้อมูล ข้อบกพร่องในเรื่องความถูกต้องของการใช้ภาษา ความล่าช้าของโครงการ รวมทั้ง ความบกพร่องอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงทั้งปวง เป็นสิ่งที่เกิดเนื่องจากบรรณาธิการเอง ซึ่งขอน้อมรับแต่ผู้เดียว

(ชาญชัย ลิมปิยากร)

บทที่ 1

บทนำ

พลังงานลม นับได้ว่าเป็นพลังงานจลน์รูปแบบหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยอ้อม ซึ่งพบได้ทั่วโลก อย่างไรก็ตาม ลมในแต่ละแห่งก็มีลักษณะแตกต่างกันไป

พลังงานจลน์ที่เกิดจากลมในหนึ่งหน่วยเวลา (wind power) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาตรของความเร็วลม (V^3, ถ้า V เป็นความเร็วลม) โดยที่ความเร็วลม 3 เมตร/วินาที จะมีกำลังลมต่อพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางเมตร เท่ากับ 9 วัตต์/ตารางเมตร

ที่ความเร็ว 10 เมตร/วินาที ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 325 วัตต์/ตารางเมตร และที่ความเร็ว 50 เมตร/วินาที (ความเร็วของพายุเฮอริเคน) จะมีกำลังสูงถึง 40,560 วัตต์/ตารางเมตร

ตามทฤษฎีแล้วกังหันลมสามารถผลิตพลังงานกลออกมาได้มากที่สุดแค่ 16 ใน 27 ส่วนหรือประมาณ 59% ของพลังงานจลน์ของลมเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริง ค่านี้จะอยู่ระหว่าง 10–50% ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านอากาศพลศาสตร์ (aerodynamic) ของกังหัน

การที่กำลังลมมีการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงกว้าง ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมายอย่างเช่น การติดตั้งกังหันลมเพื่อให้สามารถทำงานในพื้นที่ที่มีความเร็วลมสูง หรือการก่อสร้างที่ต้องการความมั่นคงเพียงพอที่จะป้องกันความเสียหายจากความแรงของพายุได้ โดยปกติ อุปกรณ์นั้นก็จะต้องการความเร็วเริ่มต้นสูงๆ ในทางตรงข้าม

สำหรับตัวเปลี่ยนพลังงานลม "วังกังหันลม" (Wind Energy Conversion System WEC) จะสามารถใช้ประโยชน์ได้เมื่อความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร/วินาที อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาความยากในการคำนวณขีดจำกัดสูงสุดของความเร็วลมที่สามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมา โดยเฉพาะเพื่อการออกแบบเครื่องมือต่างๆ เช่น เครื่องป้องกันพายุ (storm safeguard) เครื่องปรับมุมใบพัด (blade angle adjustment) ปัจจุบันมีการติดตั้งอุปกรณ์ซึ่งสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยที่ความเร็วลมสูงถึง 25 เมตร/วินาที

การใช้ประโยชน์จากพลังงานลมที่สำคัญๆ ได้แก่

- เครื่องสูบน้ำ, เครื่องอัดลม (compressed air generator)
- เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า (อาจนำไปสู่เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ขึ้นกับกระแสไฟฟ้าด้วย)
- ขับเคลื่อนจักรกลต่าง ๆ

ความสอดคล้องกันระหว่างพลังงานลมที่มีในช่วงแต่ละวันหรือแต่ละปีกับความต้องการใช้พลังงานเป็นสิ่งสำคัญมาก หากค่าความต้องการสูงสุดเกินค่าพลังงานลมที่มีอยู่ ก็จะต้องมีการตรวจสอบถึงความเป็นไปได้ในการเก็บรักษาพลังงานเอาไว้ ประเด็นที่สำคัญต่อมาคือ ปัญหาในการขนส่ง (สายไฟฟ้าในกรณีที่ผลิตกระแสไฟฟ้า คลองส่งน้ำในกรณีที่ใช้เพื่อการสูบน้ำ) ซึ่งพบในการเชื่อมต่อกับโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิมหรือที่ได้วางแผนไว้

การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อนำพลังงานลมใช้ จะต้องพิจารณาถึงทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาความเหมาะสมที่เป็นความสมดุลระหว่างอุปกรณ์ที่มี

- ประสิทธิภาพสูง
- ค่าใช้จ่ายสูง
- ระบบซับซ้อน ต้องการบุคลากรที่มีประสบการณ์ในการบำรุงรักษา

หรือการเลือกใช้อุปกรณ์ง่ายๆ ซึ่ง

- ประสิทธิภาพต่ำ
- ค่าใช้จ่ายปานกลาง
- ระบบง่าย ต้องการบุคลากรที่มีความชำนาญปานกลางในการบำรุงรักษา

หรือการเลือกใช้วิธีการผสมผสานระหว่างสองวิธีดังกล่าว

เนื่องจากลมที่ใช้เพื่อการผลิตพลังงานนี้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนั้น การคำนวณค่าใช้จ่ายของการผลิตพลังงาน (ราคาต่อกิโลวัตต์) จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการพัฒนาที่ตั้ง ค่าอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ รวมถึงค่าบำรุงรักษาตลอดระยะเวลา

บทที่

2

หลักการพื้นฐานทางกายภาพและทางเทคนิค (Physical and Technical Fundamentals)

2.1 กำลังลม (Wind Power – P_w)

ปริมาณพลังงานลมในหนึ่งหน่วยเวลา (กำลังลม) คำนวณได้จากสมการพื้นฐานของพลังงานจลน์ของลมที่มีความเร็ว v_1 คือ $\frac{1}{2}$. มวล . v_1^2 ซึ่งมวลของลมที่มีความหนาแน่น ρ_a ไหลด้วยความเร็ว v_1 ผ่านพื้นที่หน้าตัด A คือ ρ_a . A . v_1 แทนค่ามวลในพลังงานจลน์จะได้กำลังลม ดังสมการ 2.1.1

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot A \cdot v_1^3 \qquad (2.1.1)$$

ด้วยเหตุผลทางกายภาพ กำลังสูงสุดที่สกัดได้จากกระแสลมตามทฤษฎีจะมีค่าสูงสุดเมื่อความเร็วลมลดลงเหลือ $\frac{1}{3}$ ของความเร็วลมอิสระ v_1 ($v_2 = \frac{1}{3} v_1$) ดังนั้นกำลังที่ได้ตามทฤษฎี (P_{th1}) เท่ากับ

$$P_{th1} = 16/27 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v_1^3 \qquad (2.1.2.a)$$

เมื่อกำหนดค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของบรรยากาศเป็น ρa เท่ากับ 1.15

ภายใต้เงื่อนไขทางอุดมคติ (ไม่มีการบิดและแรงเสียดทาน) สมการดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับตัวเปลี่ยนพลังงานลมเช่นกังหันลม ซึ่งอาศัยแรงยกตามหลักอากาศพลศาสตร์ แต่ในความเป็นจริง กำลังที่ได้จากการหมุนของกังหันจะมีค่าน้อยกว่ากำลังตามทฤษฎีเสมอ

การทำงานของกังหันลม เมื่อคำนึงถึงความเสียดทาน จะให้ค่ากำลังที่ได้มากที่สุดตามทฤษฎี คือ

$$P_{th2} = 5.2/27 \cdot \tfrac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v_1^3 \qquad (2.1.3)$$

2.2 คุณลักษณะเฉพาะสำหรับอุปกรณ์

ในการเปรียบเทียบกังหันลมแต่ละชนิดนั้น จำเป็นที่จะต้องกำหนดและทราบคุณลักษณะเฉพาะที่ใช้ ซึ่งค่าที่สำคัญได้แก่

สัมประสิทธิ์การใช้งาน (Performance Coefficient – Cp)

คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังที่ได้รับจากกังหันกับกำลังลม ที่คำนวณได้จากสมการ 2.1.1

$$Cp = \frac{P_R}{\tfrac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v_1^3} \qquad (2.2.1)$$

ดังนั้น Cp จะแสดงให้เห็นเพียงประสิทธิภาพของกังหัน โดยที่ไม่สะท้อนให้เห็นถึงความสูญเสียที่เกิดจากฟันเฟือง กลไกส่งกำลัง แบริ่ง

สัมประสิทธิ์แรงบิด (Torque coefficient – Cq)

คืออัตราส่วนระหว่างแรงบิด Q ของกังหันกับค่าแรงบิดที่ได้จากการคำนวณคือ ความดันไดนามิก $\tfrac{1}{2} \cdot \rho a \cdot v_1^2$ คูณพื้นที่หน้าตัด A ซึ่งจะได้ $\tfrac{1}{2} \cdot \rho a \cdot v_1^2 \cdot A$ ปริมาณนี้มีหน่วยเป็นแรง แล้วนำไปคูณกับรัศมี R ของกังหัน ซึ่งหน่วยจะเป็นโมเมนต์เหมือนกัน ดังนั้นสัมประสิทธิ์แรงบิดจะเป็น

$$Cq = \frac{Q}{\tfrac{1}{2} \cdot \rho a \cdot v_1^2 \cdot A \cdot R} \qquad (2.2.2)$$

คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วรอบที่ปลายของใบกังหันกับความเร็วลมอิสระ v_1

$$\lambda = R \cdot \omega / v_1 \qquad (2.2.3)$$

; โดยที่ $\omega = 2\pi n$ และ n คือความเร็วรอบของกังหัน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cp, Cq และ λ แสดงได้ดังนี้

$$Cp = \lambda \cdot Cq \qquad (2.2.4)$$

กำลังประสิทธิผลที่ได้ของกังหัน (effective output – P_{out})

คือ ค่ากำลังที่ได้ทั้งหมดจากอุปกรณ์ (รวมเครื่องจักร เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือเครื่องสูบน้ำ) ซึ่งหาได้จากกำลังของลม สัมประสิทธิ์การใช้งาน Cp, ประสิทธิภาพการส่งกำลัง η_{tr} และ ประสิทธิภาพของเครื่องจักร η_{ma}

$$P_{out} = Cp \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_{ma} \cdot \tfrac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v_1^3 \qquad (2.2.5)$$

ส่วนใหญ่เราจะหาค่ากำลังที่ได้ของกังหันลม โดยประมาณจากสูตรคือ

$$P_{out} \approx (0.1 \text{ ถึง } 0.3) \cdot \tfrac{1}{2} \cdot \rho a \cdot A \cdot v_1^3 \qquad (2.2.6)$$
$$\approx (0.045 \text{ ถึง } 0.135) \cdot D^2 \cdot v_1^3$$

โดย ρa = 1.15 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ $A = \pi . D^2/4$

โดยพื้นที่ A คือพื้นที่ซึ่งถูกกวาดเป็นวงด้วยใบกังหันและอยู่บนระนาบตั้งฉากกับทิศของลม

สัมประสิทธิ์โดยรวมของกังหันลม (Total Efficiency – η_{tot})

คืออัตราส่วนระหว่างกำลังประสิทธิ์ที่ได้จากกังหัน P_{out} (2.2.5) กับกำลังลม P_W (2.1.1) ดังนั้นจะได้ว่า

ให้คำนวณได้จาก

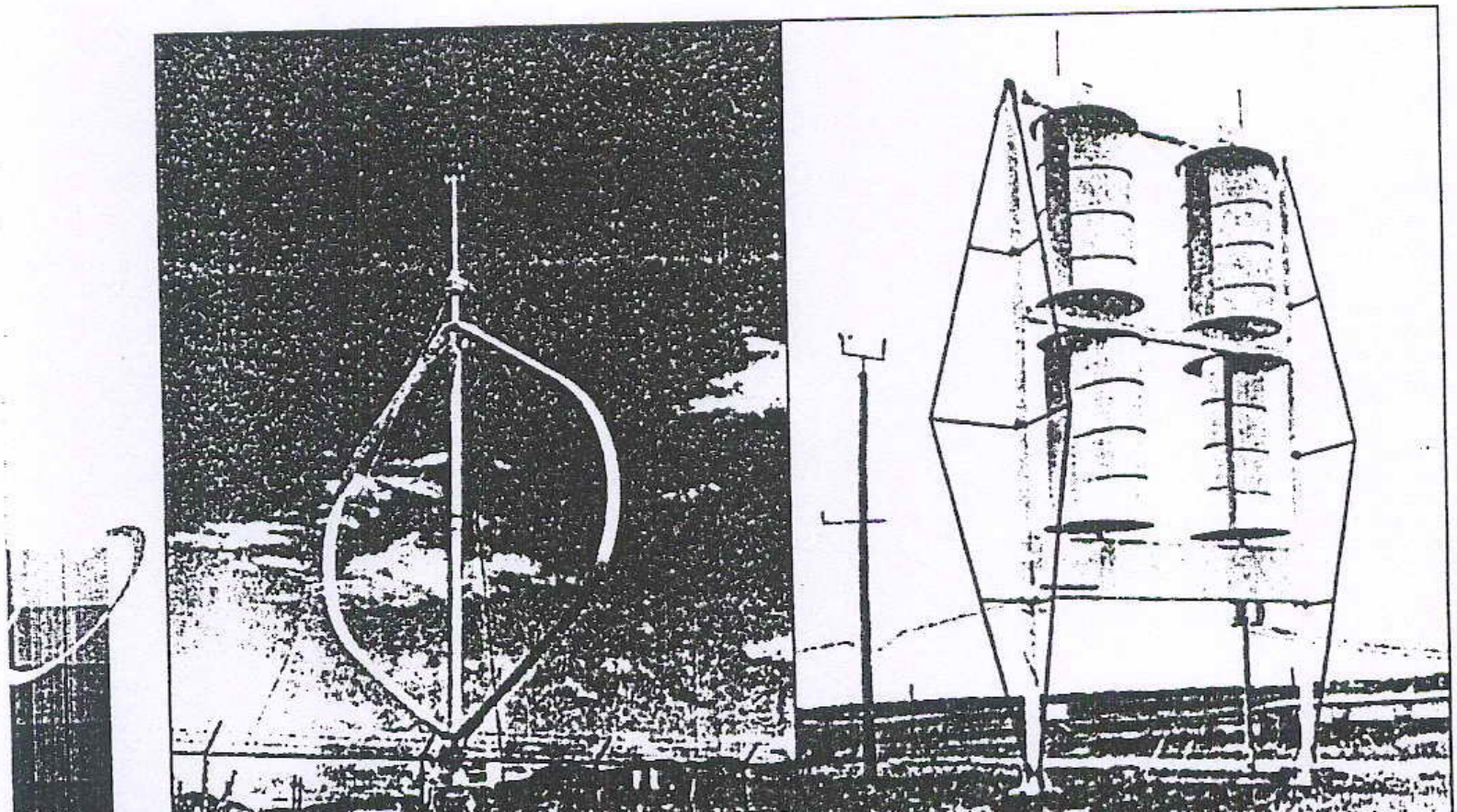
$$\pi_{inst} = \frac{\text{กำลังที่ได้ ณ หน้าแปลนของเพลาหมุน (drive flange)}}{\text{พื้นที่การกวาดของใบกังหัน A}} \quad (2.2.8)$$

พิจารณาความสูญเสียจากระบบส่งกำลังเป็นภาระของผู้ใช้

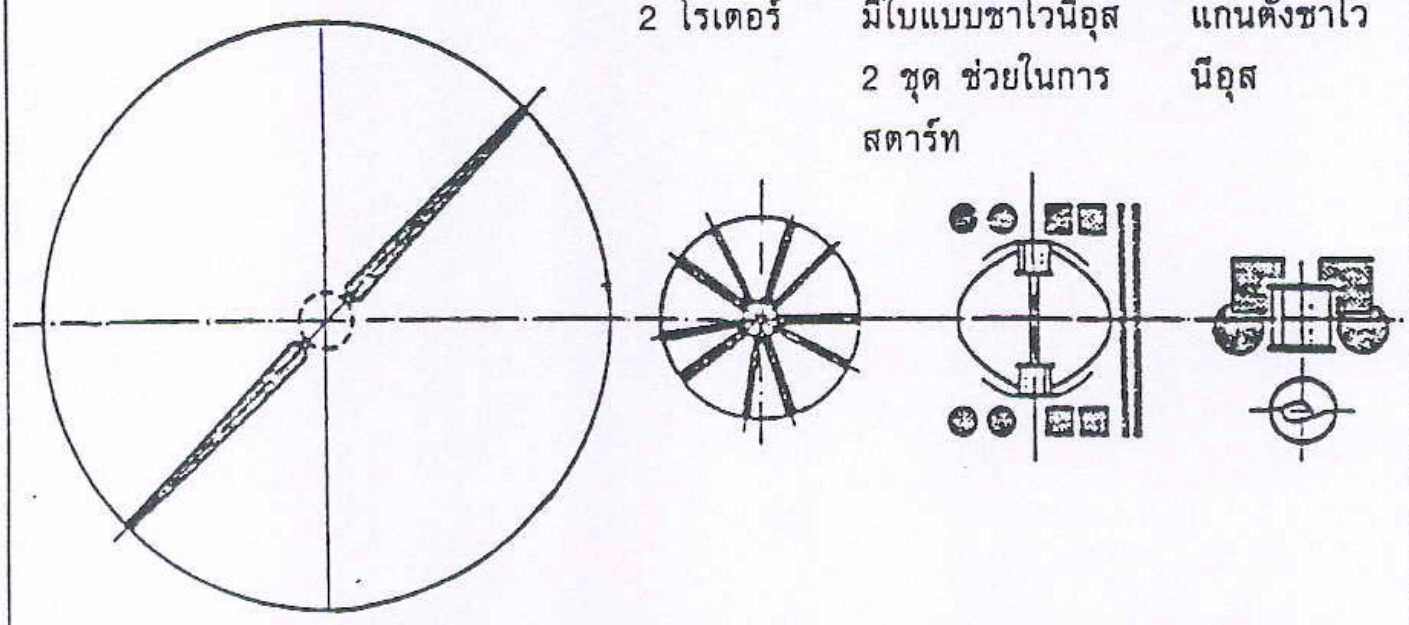
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของกังหันชนิดต่าง ๆ

2.3.1 การเปรียบเทียบกังหันลมชนิดแกนนอนและแกนตั้ง

โดยทั่วไป กังหันลมจะมี 2 ชนิด คือ กังหันแกนนอน และกังหันแกนตั้ง สำหรับกังหันแกนตั้ง จะมีข้อดีเหนือกว่ากังหันแกนนอน ในแง่ที่จะสามารถทำงานได้อย่างอิสระไม่ขึ้นกับทิศทางลม และไม่ต้องมีระบบเสริมอื่นเพื่อช่วยในการปรับกังหันให้เข้ากับทิศทางลม อย่างไรก็ตามข้อเสียของกังหันแกนตั้ง คือ ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแรงยก (lift force) ยกเว้นกังหันลมแบบดารีอุส (Darrieus Rotor)



2 โรเตอร์ มีใบแบบชาโวนิอุส 2 ชุด ช่วยในการสตาร์ท แกนตั้งชาโวนิอุส



D = 11.28 m	D = 3.75 m	D = 2.89 m	D = 0.96 m
A = 100 m²	A = 11.05 m²	A = 5.96 m²	A = 0.92 m²
P = 3.3 kW	P = 0.343 kW	P = 0.221 kW	P = 0.022 kW
$c_{P\ max}$ = 0.48	$c_{P\ max}$ = 0.3	$c_{P\ max}$ = 0.37	$c_{P\ max}$ = 0.23
c_P = 0.32			

รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบกังหันประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีพื้นที่ผิวของวัสดุเท่ากัน (3.2 ตารางเมตร) ที่ความเร็วลม v_1 = 5.6 เมตร/วินาที

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ชัดเจนว่า กังหันแกนตั้งที่มีพื้นที่ผิววัสดุเท่ากับกังหันสองใบแกนนอน (A) จะให้ค่าพื้นที่ A น้อยกว่ามาก และดังนั้นย่อมจะให้ค่าประสิทธิภาพต่ำกว่ากังหันแกนนอนโดยทั่วไป กังหันแกนตั้งต้องการวัสดุมากกว่ามาก ๆ เพื่อที่จะให้ได้กำลังเท่ากับกังหันแกนนอน อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งก็คือ หลักการอากาศพลศาสตร์ (aerodynamics) ของดารีอุสนี้ยังไม่สามารถเข้าใจได้อย่างถ่องแท้

การเปรียบเทียบผลระหว่างกังหันแกนนอน (รูปที่ 2.3, กังหัน A) และแกนตั้งดารีอุส (รูปที่ 2.3 กังหัน C) ที่มีพื้นที่ที่ใบกังหันกวาดเป็นวงรอบ (A) เท่ากัน แสดงอยู่ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างกังหันแกนนอนและแกนตั้งดารีอุส ที่มีพื้นที่กังหันเท่ากัน (A = 100 ตารางเมตร)

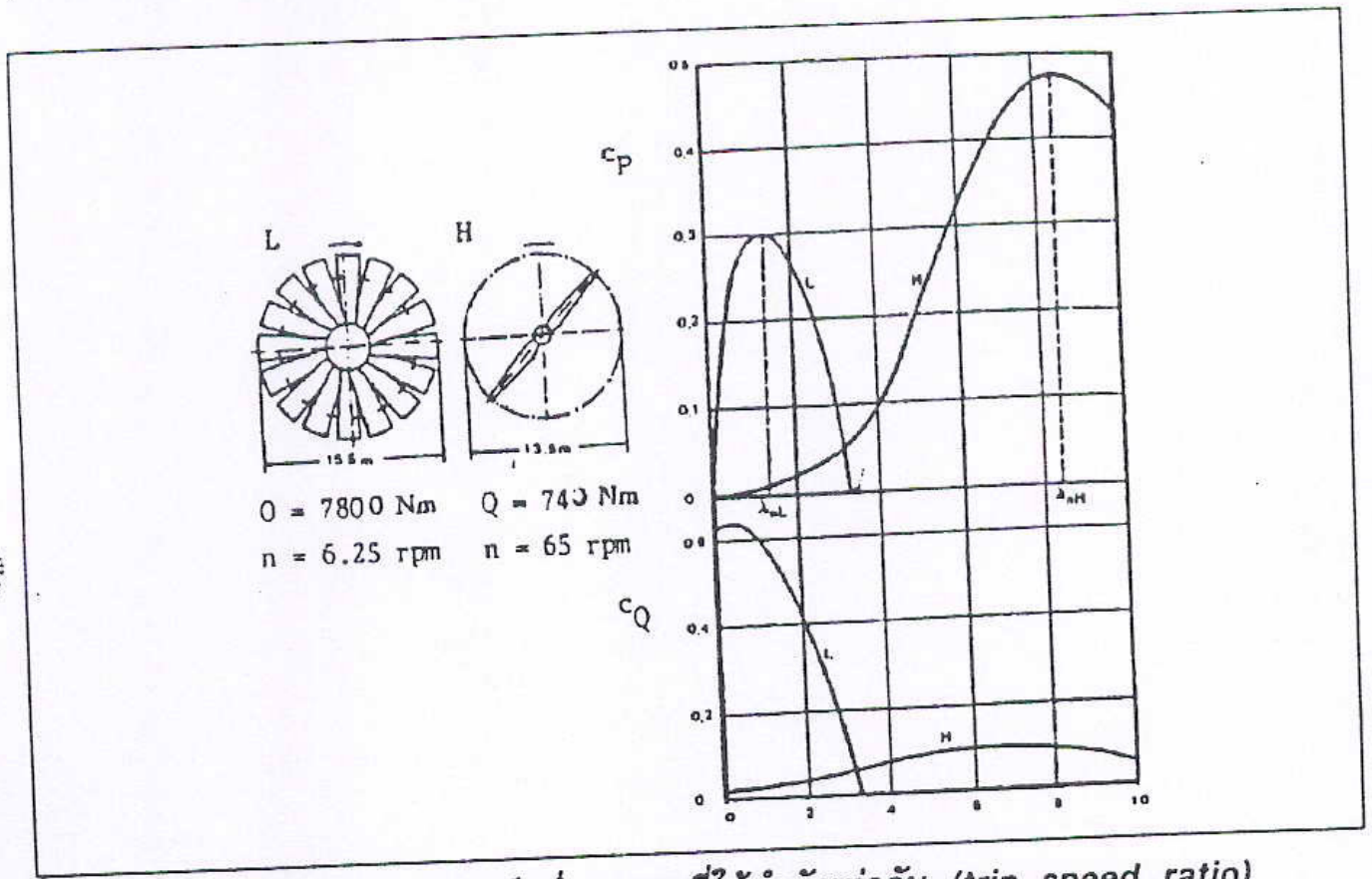
ประเภท	v (เมตร/วินาที)	Cp	กำลังเพลา (กิโลวัตต์)
แกนตั้ง	5.0	0.2	1.5
	5.0	0.42	3.1

จะไม่เริ่มทำงานจนกว่าความเร็วลมจะถึง 5 เมตร/วินาที ในการนำลมที่มีความเร็วต่ำ ๆ ซึ่งเกิดขึ้นบ่อยกว่าการเกิดความเร็วลมสูง ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ตัวอย่างเช่น สำหรับการสูบน้ำ ซึ่งมีความสำคัญเพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศ ซึ่งกังหันแบบซาโวนีอุส (รูปที่ 2.3 D) มีความเหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์นี้ เนื่องจากจะให้แรงบิดสูงในระยะแรก และเริ่มทำงานได้ที่ความเร็วลมต่ำระหว่าง 1.5–2 เมตร/วินาที

คุณลักษณะเฉพาะของค่า Cp, Cq และ λ ที่แสดงอยู่ในหัวข้อ 2.2 มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอยู่มาก และสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟ เพื่อหาลักษณะเฉพาะของกังหันได้ (รูปที่ 2.4) ในแต่ละกราฟแสดงกำลังที่ได้จากกังหัน (roter output) และแรงบิด (torque) สำหรับช่วงการทำงานที่คงที่ ค่า Cp สูง ๆ จะพบในช่วงสั้น ๆ เฉพาะของช่วงการทำงานที่ความเร็วสูง ๆ เท่านั้น

2.3.2 การเปรียบเทียบกังหันความเร็วต่ำและสูง

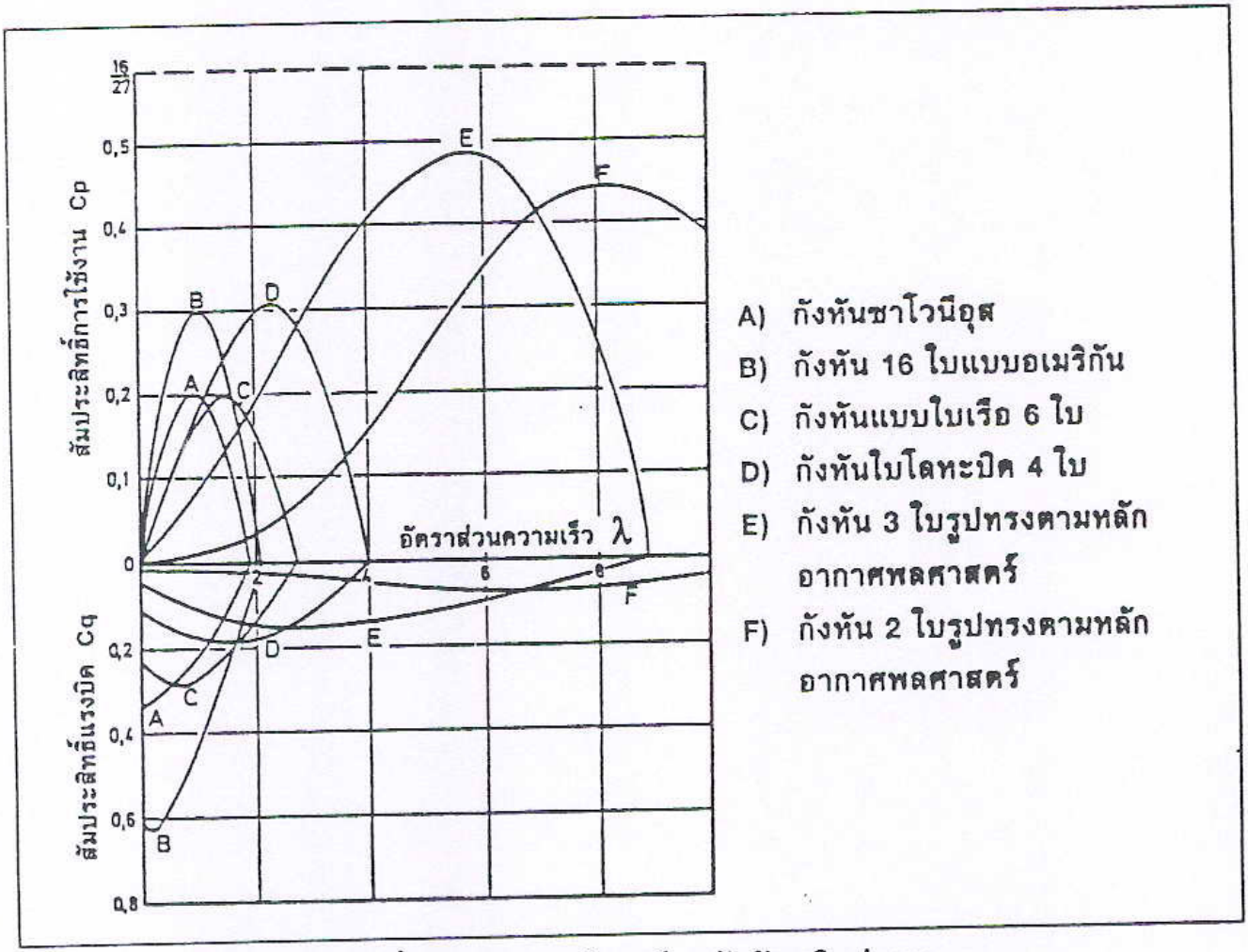
การจำแนกกังหันความเร็วต่ำหรือสูงนั้น กำหนดโดยค่าอัตราส่วนความเร็ว (tip speed ratio) = 2 กังหันความเร็วสูงปกติมีค่า $C_{p\ max}$ สูงกว่ากังหันความเร็วต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนในการเปรียบเทียบ กังหันลม 2 อัน ที่ให้กำลังเท่ากันที่ความเร็วอิสระเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่พื้นที่ผิวของใบพัด หรือจำนวนของใบพัด (2 หรือ 16 ใบ) (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4 กังหันความเร็วต่ำและสูงที่ให้กำลังเท่ากัน (trip speed ratio)

อย่างไรก็ตาม ที่ $C_{p\ max}$ มีผลมาจากรูปทรงของใบพัดที่ต้องออกแบบให้เป็นไปตามหลักอากาศพลศาสตร์ ซึ่งกังหันความเร็วต่ำมีอยู่มีข้อด้อยจากการออกแบบด้านอากาศพลศาสตร์ในเกือบทุกกรณี กังหันความเร็วต่ำเริ่มต้นหมุนได้ดีกว่ากังหันความเร็วสูง กังหันแบบหลายใบ จะให้แรงบิดเริ่มต้นสูง (ดูรูปที่ 2.4 ประกอบ) และสามารถเริ่มหมุนได้ที่ความเร็วลมต่ำ กังหันความเร็วสูงมีคุณสมบัติที่ด้อยในเรื่องการเริ่มต้นหมุนเนื่องจากทรงของใบพัดที่เรียวเล็กลงที่ระยะปลายของใบ และมีค่ามุมกระทบมาก (large angles of incidence) ดังนั้นในการติดตั้งกังหัน ต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ที่จะนำมาต่อว่าอุปกรณ์นั้นต้องการแรงบิดสูงโดยความเร็วการหมุนต่ำ (เช่น สำหรับเครื่องสูบน้ำแบบสูบชัก) หรือต้องการความเร็วการหมุนสูงขณะที่ได้แรงบิดต่ำ (เช่น สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า หรือสำหรับเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์)

รูปที่ 2.5 แสดงถึงการเปรียบเทียบกังหันชนิดต่าง ๆ ด้วยกราฟ Cp–λ และ Cq–λ โดยที่กราฟแสดงถึงช่วงของค่าซึ่งค่อนข้างกว้าง แม้ว่ามีข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพียงเล็กน้อย แต่ในรูปที่ 2.5 ก็ทำให้สามารถแบ่งประเภทของกังหันและบอกถึงความเหมาะสมในการใช้กังหันแบบต่าง ๆ ตามแต่จุดประสงค์การใช้ในรูปของแรงบิด และกำลังที่ต้องการ



รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบกังหันชนิดต่างๆ

2.4 การป้องกันกังหันจากพายุ

เครื่องป้องกันมีความจำเป็นในอันที่จะป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับกังหันและเครื่องจักรบางตัวที่เกี่ยวข้องหรืออาจจะทั้งหมด เมื่อเผชิญกับกระแสลมแรงมาก ๆ ($v_1 > 15–25$ เมตร/วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับอุปกรณ์แต่ละชนิด)

วิธีป้องกันกังหันประกอบด้วยหลายวิธี ได้แก่

- **การปรับมุมของใบพัด (Adjusting the blade angle)**

การปรับมุมอย่างต่อเนื่องผ่านความดันไดนามิกส์ หรือผ่านระบบอิเลคทรอนิกส์เมื่อมีความเร็วเกินที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ช่วงการปรับที่ทำให้กังหันสามารถรับลมได้รวมถึงปรับให้อยู่ในตำแหน่งที่ไม่กินลม

- **พับใบพัดไม่ให้กินลม (Lee fold–up method)**

ผ่านความดันไดนามิกส์ ใบพัดของกังหันจะล็อกตำแหน่งที่ไม่กินลม

- **ปรับภาระด้วยระบบอีเลคทรอนิกส์ (Electronic load regulation)**

รักษาระดับความเร็วของกังหันให้คงที่ด้วยการติดภาระของโมเมนต์เพิ่ม

- **การปรับใบพัด (Propeller Adjustment)**

การติดใบพัดเยื้องศูนย์กลาง เพื่อให้กังหันสามารถพับไปด้านข้างหรือพับขึ้นเพื่อหันออกจากลมได้ (เช่น eclipse adjustment) แต่ต้องทำให้มีน้ำหนักไม่มาก

- **ลดใบ**

ด้วยการลดใบพัดของกังหันลง (กรณีกังหันลมแบบใบเสือ (Sail–WECs) โดยการใช้ตัวเบรค mechanical brakes แล้วพับเก็บโครงสร้างทั้งหมดลง

ในที่นี้ไม่สามารถอธิบายถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบป้องกันได้ในแต่ละกรณี ผู้ผลิตกังหันอาจนำเสนอข้อมูลหรือคำแนะนำต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันพายุ ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น รวมถึงอันตรายที่ประชาชนในบริเวณใกล้เคียงอาจประสบ ในกรณีที่ระบบป้องกันความปลอดภัยเกิดความผิดพลาด

บทที่

3

การบันทึกข้อมูล และการจัดทำข้อมูล

3.1 ข้อมูลลม

เกณฑ์ที่สำคัญ สำหรับพิจารณาสภาพของลม ณ ตำแหน่งที่ต้องการมี 2 อย่าง ได้แก่ ความเร็วลมและทิศทางลม ถึงแม้ว่าทิศทางของกระแสลมจะมีความสำคัญน้อยกว่า เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ๆ ในช่วงเวลาสั้น ๆ ความเร็วลม v_1 จะเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงกว้าง อย่างไรก็ตามสภาพการณ์ของลมก็สามารถอธิบายได้จากวิธีการทางสถิติ

จุดประสงค์การเก็บข้อมูลลมก็เพื่อจะทราบถึง

- แบบแผนลมรายวัน รายเดือน และรายปี
- ช่วงเวลาที่ลมอ่อนและลมแรง
- ความเร็วสูงสุดของพายุ
- พลังงานลมที่จะผลิตได้ต่อเดือนและต่อปี

การหาความเร็วลมในรายชั่วโมงหาได้ด้วยวิธี

- ค่าเฉลี่ยความเร็วที่บันทึกทั้งชั่วโมง
- ค่าเฉลี่ยจากกราฟทั้งชั่วโมง
- ค่าเฉลี่ยจากกราฟสิบนาทีสุดท้าย

ความเร็วลมเฉลี่ย (Mean wind velocity – $\bar{v}_1$)

$$\bar{v}_1 = 1/T \int_0^T . v_1 (t) . dt \qquad (3.1.1)$$

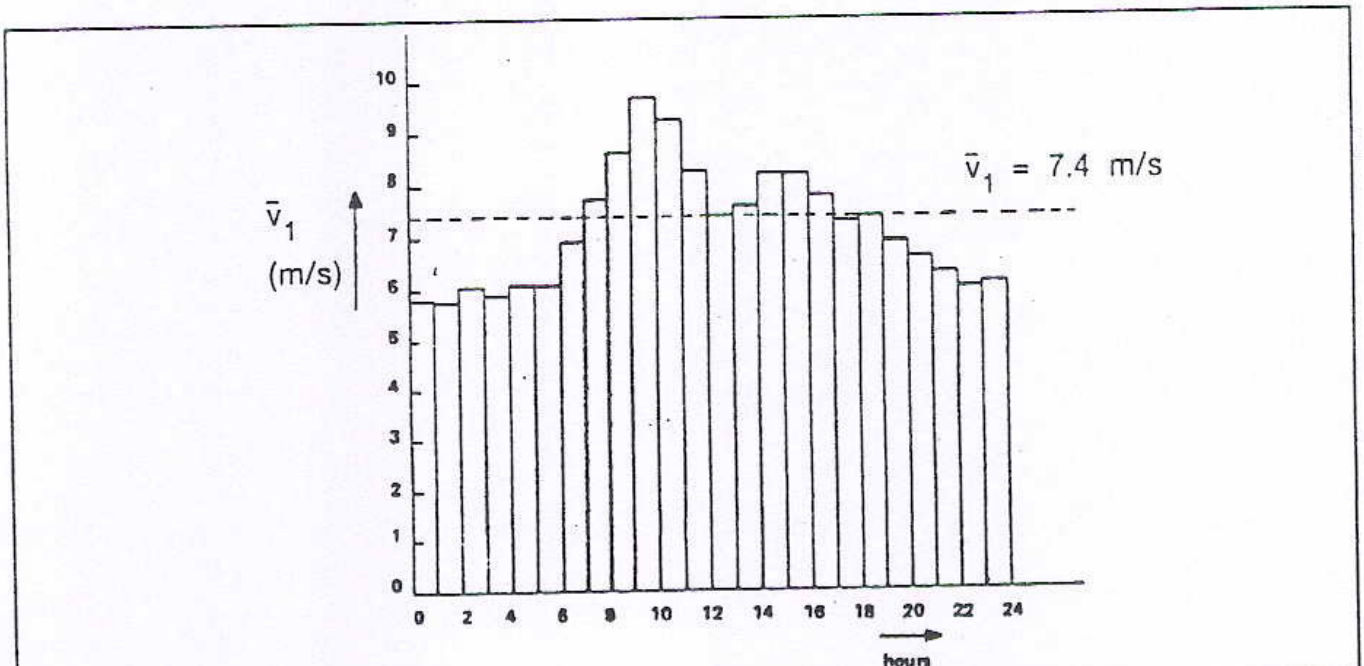
หรือ $$\bar{v}_1 = 1/T \sum_i . v_{1i} . \Delta t_i \qquad (3.1.2)$$

สำหรับค่านี้ (ค่าเฉลี่ยต่อเดือนหรือต่อปี) ซึ่งได้จากการหาด้วยวิธีง่าย ๆ ก็เพียงพอสำหรับการประเมินสภาพของลม ณ ตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างหยาบ ๆ สำหรับการประมาณอย่างหยาบ ๆ ความน่าจะเป็นของโอกาสที่จะเกิดความเร็วลมที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเร็วลมเฉลี่ยต่อปีเท่านั้น ตัวอย่างเช่น สถานที่สองแห่งที่มีสภาพอากาศเหมือนกัน มีความเร็วลมเฉลี่ยต่อปีเท่ากัน ก็ประเมินได้ว่าจะมีกำลังลม (wind power) เดียวกันด้วย

จากตารางที่ 3.1 เป็นการเก็บข้อมูลความเร็วลมทุกชั่วโมงตลอดเดือนที่สถานที่แห่งหนึ่ง ด้านล่างสุดของตารางเป็นค่าเฉลี่ยตลอดเดือนของแต่ละชั่วโมง แถวขวาสุดของตารางเป็นค่าเฉลี่ยของความเร็วลมในแต่ละวัน การหาค่าเฉลี่ยของความเร็วสามารถหาได้สองวิธีคือ

- การกระจายตามเวลา (Time distribution)
- การกระจายตามความถี่ (Frequency distribution)

การหาความเร็วเฉลี่ยวิธีการกระจายตามเวลาทำโดยเอาค่าเฉลี่ยรายเดือนของทุกชั่วโมงมาพลอตบนกระดาษกราฟตามรูปที่ 3.1



hour y	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h	Mean diurnal speed
1	9.4	10.0	8.8	9.4	9.7	10.0	10.9	11.4	11.9	13.9	13.9	14.2	13.9	13.3	13.6	13.6	13.1	11.1	11.1	10.6	10.6	10.9	10.9	9.7	11.6
2	9.4	8.3	8.6	9.2	9.2	8.9	10.3	10.6	11.1	12.2	11.1	11.4	11.1	9.7	9.4	9.1	8.6	8.6	9.1	8.6	8.6	8.3	8.1	7.5	9.5
3	6.7	7.5	8.3	6.9	6.1	7.9	9.7	10.9	10.8	10.8	10.0	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	9.2	9.2	9.6	8.6	8.3	6.4	5.8	5.0	8.7
4	4.4	4.4	4.4	4.2	4.4	5.6	6.9	9.2	9.8	11.1	10.8	11.1	9.6	9.8	9.7	9.2	9.2	9.2	7.2	7.5	6.1	5.3	4.4	4.2	7.5
5	3.9	3.9	4.4	3.9	4.2	4.7	5.3	8.7	8.3	10.3	9.7	10.0	10.8	11.8	12.8	12.2	10.8	8.3	6.1	6.4	7.2	6.7	6.9	8.6	7.7
6	8.1	6.9	7.2	7.9	8.9	8.1	8.6	9.4	10.8	11.7	11.9	12.5	12.2	12.5	11.1	10.8	10.0	9.7	10.0	10.3	10.0	9.2	9.5	9.7	9.9
7	7.2	6.1	6.1	4.2	3.1	3.3	5.3	8.1	10.0	10.0	11.9	9.7	7.5	6.7	4.2	3.3	3.0	1.4	1.7	2.5	2.2	4.7	5.3	4.2	5.5
8	3.3	5.0	4.4	2.5	4.2	3.3	4.4	6.4	6.9	8.6	8.9	8.9	9.2	9.7	8.6	10.3	10.0	8.6	7.8	8.9	5.8	5.8	5.0	6.7	6.9
9	3.6	4.4	6.4	6.1	6.4	7.5	7.9	8.9	10.0	9.4	8.3	8.6	10.0	10.8	9.2	10.0	7.8	6.9	8.8	6.4	5.0	4.4	4.7	4.4	7.2
10	4.4	5.0	5.0	4.4	5.0	4.4	4.7	5.8	6.9	8.6	8.9	8.6	8.6	7.2	7.8	7.8	7.2	6.4	5.8	6.1	4.7	5.0	5.3	5.0	6.2
11	5.3	5.3	4.2	4.7	5.9	3.9	5.6	5.9	6.9	7.2	7.5	6.1	4.7	6.1	7.8	8.3	8.3	6.9	6.1	5.3	5.3	5.0	5.3	5.0	6.0
12	5.3	4.7	4.7	4.7	4.2	4.2	5.9	6.9	8.3	9.2	8.6	9.2	8.9	8.1	8.1	9.4	8.9	7.5	7.2	6.7	5.8	6.9	6.9	6.1	7.0
13	4.7	5.3	5.0	5.6	5.3	5.3	7.5	7.2	9.4	9.7	10.0	9.7	9.4	9.7	9.7	9.4	9.4	8.9	7.5	6.4	6.9	5.8	6.4	6.4	7.6
14	5.3	6.7	8.3	8.1	7.9	7.5	8.3	9.7	9.4	11.1	9.7	9.7	8.9	8.6	7.8	8.1	8.1	7.8	7.5	7.2	6.1	5.0	5.0	4.4	7.8
15	4.7	6.1	7.5	8.3	7.8	6.8	7.2	7.5	8.3	10.3	10.0	8.6	9.4	9.4	10.0	10.0	9.6	8.3	6.7	6.4	6.7	6.1	6.4	6.7	7.9
16	6.9	6.9	6.4	5.9	6.4	7.5	7.5	8.6	9.2	9.7	9.7	8.9	9.4	9.1	9.7	9.7	9.2	8.6	8.1	6.4	4.7	4.7	4.4	4.7	7.7
17	4.4	5.3	5.3	5.0	5.3	5.8	6.3	6.9	8.6	10.0	10.3	10.3	10.3	10.3	10.6	9.7	6.4	5.8	5.6	5.8	6.1	4.2	2.5	3.1	6.9
18	4.4	5.0	6.1	5.9	6.1	6.9	6.1	6.4	5.8	8.9	9.2	9.7	9.2	8.1	5.6	5.9	6.1	8.9	7.8	5.6	6.9	6.7	6.4	6.4	6.8
19	5.6	5.6	5.3	4.4	7.5	8.1	7.8	6.7	8.3	9.4	8.1	6.4	6.7	5.6	4.7	3.4	3.1	6.7	6.1	6.7	5.9	5.6	5.9	5.6	6.2
20	8.1	8.3	3.1	3.3	4.2	5.0	5.9	6.1	6.7	6.4	8.1	8.1	8.1	8.9	8.9	5.6	6.4	7.8	8.1	9.2	8.6	8.4	7.8	7.2	6.8
21	6.9	6.4	7.9	8.3	8.9	7.5	6.4	7.5	7.2	6.9	8.3	7.2	5.9	6.9	5.8	9.7	9.2	8.9	11.1	11.1	10.9	11.4	11.1	11.1	8.5
22	10.0	9.7	10.0	10.3	10.0	10.8	10.8	11.4	11.7	11.1	12.2	11.1	10.3	8.9	9.2	9.7	9.4	9.4	9.1	9.7	9.1	9.1	8.3	7.6	10.0
23	8.4	6.1	6.7	6.9	7.2	6.9	6.7	6.9	6.9	6.9	6.4	5.0	5.3	6.1	6.7	5.3	4.4	6.2	7.5	8.1	8.3	6.9	5.3	5.0	6.6
24	5.8	5.3	6.1	6.1	5.8	6.2	7.8	7.8	6.9	6.4	5.8	5.9	5.9	3.3	2.8	4.2	3.9	2.5	5.9	6.9	6.4	5.3	2.2	1.9	5.3
25	1.4	1.4	2.2	3.1	3.4	4.2	3.9	6.1	6.7	5.8	4.7	5.6	3.8	4.2	4.4	3.1	1.9	2.2	3.1	5.0	5.0	6.7	6.9	7.2	4.3
26	5.6	4.4	5.0	5.3	4.4	2.8	2.8	5.8	6.7	7.2	9.2	9.2	8.1	6.7	6.7	4.2	6.4	6.1	6.9	5.7	6.1	5.9	5.3	4.4	6.1
27	4.2	3.9	3.1	3.1	2.2	3.3	4.7	3.1	4.4	6.9	6.1	5.6	5.8	4.7	4.2	4.4	3.8	4.4	5.6	5.6	5.3	5.9	4.7	5.0	4.6
28	5.0	5.3	3.6	4.2	4.2	2.8	5.0	4.7	4.2	6.1	8.3	11.1	11.1	13.6	13.1	12.5	12.5	11.9	11.4	11.4	10.8	10.8	11.1	11.1	8.6
29	10.8	11.1	11.4	11.1	10.8	10.3	11.4	12.2	12.2	11.7	11.9	11.8	11.1	10.0	11.1	11.1	10.9	9.4	9.4	10.0	8.8	6.9	6.1	5.6	10.3
30	5.6	5.3	5.8	5.8	5.9	6.2	6.7	6.9	6.9	6.9	8.1	8.6	6.9	5.3	3.9	6.9	6.9	6.9	5.8	6.9	6.4	5.8	5.9	4.7	6.3
ean onthly x hour	5.82	5.89	6.06	5.95	6.15	6.15	6.94	7.72	8.37	9.28	9.25	9.11	8.73	8.47	8.24	8.24	7.75	7.55	7.35	7.37	6.91	6.66	6.33	6.14	7.35 mean monthly

3.1 มาหาความถี่แล้วนำค่ามาพลอตในกราฟ ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.2 จากนั้นคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยโดยใช้สูตร

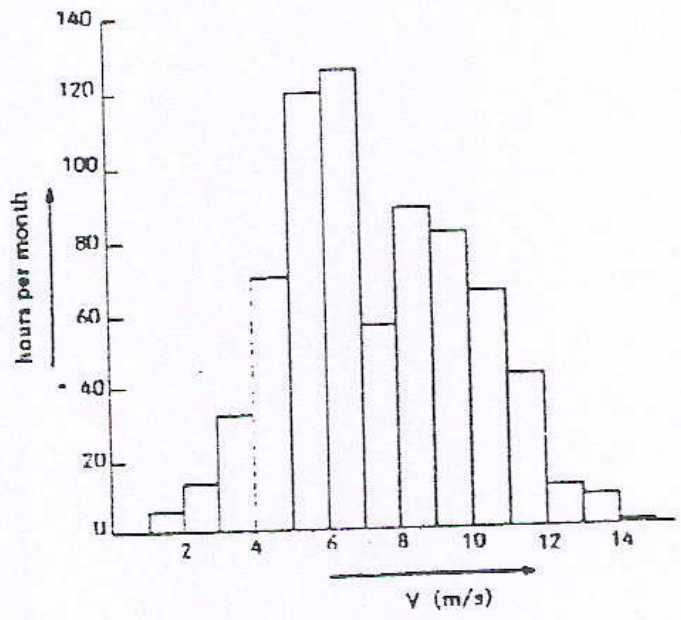
$$\bar{v} = \frac{t_1v_1+t_2v_2+\ldots+t_iv_i+\ldots t_nv_n}{t_1+t_2+\ldots t_n}$$

t_i : จำนวนชั่วโมงที่บันทึกค่าความเร็วลมในแต่ละครั้งช่วง I

v_i : ความเร็วลมในแต่ละช่วงที่ทำการบันทึก

$\bar{v}$: ความเร็วลมเฉลี่ย

Interval (m/s)	hours/ month
0-1	0
1-2	6
2-3	19
3-4	32
4-5	70
5-6	120
6-7	126
7-8	56
8-9	89
9-10	81
10-11	64
11-12	49
12-13	21
13-14	9
14-15	1
Total	720



รูป 3.2 การพลอตความเร็วลมวิธีกระจายความถี่ (ข้อมูลจากตาราง 3.1)

กำลังลมเฉลี่ย (Mean wind Power – $\overline{P_W}$)

จากสมการ 2.1.1 ถ้าต้องการวิเคราะห์หาพลังงานลมที่จะได้ที่ถูกต้องมากขึ้น เราต้องคำนวณจากค่าเฉลี่ยของปริมาตรความเร็วลม ($\bar{v}_1{}^3$) แทนการคำนวณจาก

$$(\bar{v}_1^3) = 1/T \int_0^T . v_1^3 . dt \qquad (3.1.3)$$

หรือ $$(\bar{v}_1^3) = 1/T \sum_i . v_{1i}^3 . \Delta t_i \qquad (3.1.4)$$

โดยปกติค่าเฉลี่ยต่อปีของ $(\bar{v}_1^3)$ จะมีค่ามากกว่าค่าของ $(\bar{v}_1)^3$ ประมาณ 3–4 เท่า

ในการหาค่ากำลังงานที่ได้จากกังหันลมในแต่ละปี ความเร็วลมที่ต่ำกว่าความเร็วที่ทำให้กังหันเริ่มต้นทำงาน และความเร็วที่สูงเกินช่วงการทำงานไม่ต้องนำมาพิจารณา

พลังงานลม (wind energy supply) เป็นสิ่งสำคัญที่ควรบันทึกไว้ด้วย โดยหาได้จากสมการ

$$E_{supply} = 16/27 . P_w . T$$
$$= 16/27 . \tfrac{1}{2} . \rho a . A . \Sigma_i v_{1i}^3 . \Delta t_i \qquad (3.1.5)$$

สมการ 3.1.5 มีหน่วยเป็น Wh ได้มาจากสมการ 2.1.2 และ 3.1.4

3.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประเมินค่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศ สนามบิน หรืออื่น ๆ

2. ทำบันทึกเกี่ยวกับสภาพอากาศปกติ พายุและอิทธิพลทางอากาศอื่น ๆ เช่น พายุทราย การระบาดของตั๊กแตน หรืออื่น ๆ ด้วยการพูดคุยกับชาวบ้านในท้องถิ่น เจ้าหน้าที่สนามบินและนักอุตุนิยมวิทยา

3. การหาค่าเฉลี่ยความเร็วลม และค่าเฉลี่ยกำลังลมจากข้อมูลที่มีอยู่ (สมการ 3.1.1–4)

4. ทำการตรวจวัดข้อมูลในพื้นที่ในระยะยาว (อย่างน้อย 1 ปี) (โดยรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลที่วัดได้ ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องบันทึก)

หมายเหตุ : ตามมาตรฐานระหว่างประเทศ การวัดความเร็วลม ควรกระทำที่ระดับ 10 เมตรเหนือพื้นดินในที่เปิดโล่ง เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ ในกรณีการวัดทางอุตุนิยมวิทยา โดยปกติจะใช้ช่วงเวลา 10 นาที และ 1 ชั่วโมง เป็นหลักในการหาค่าเฉลี่ย

333.92

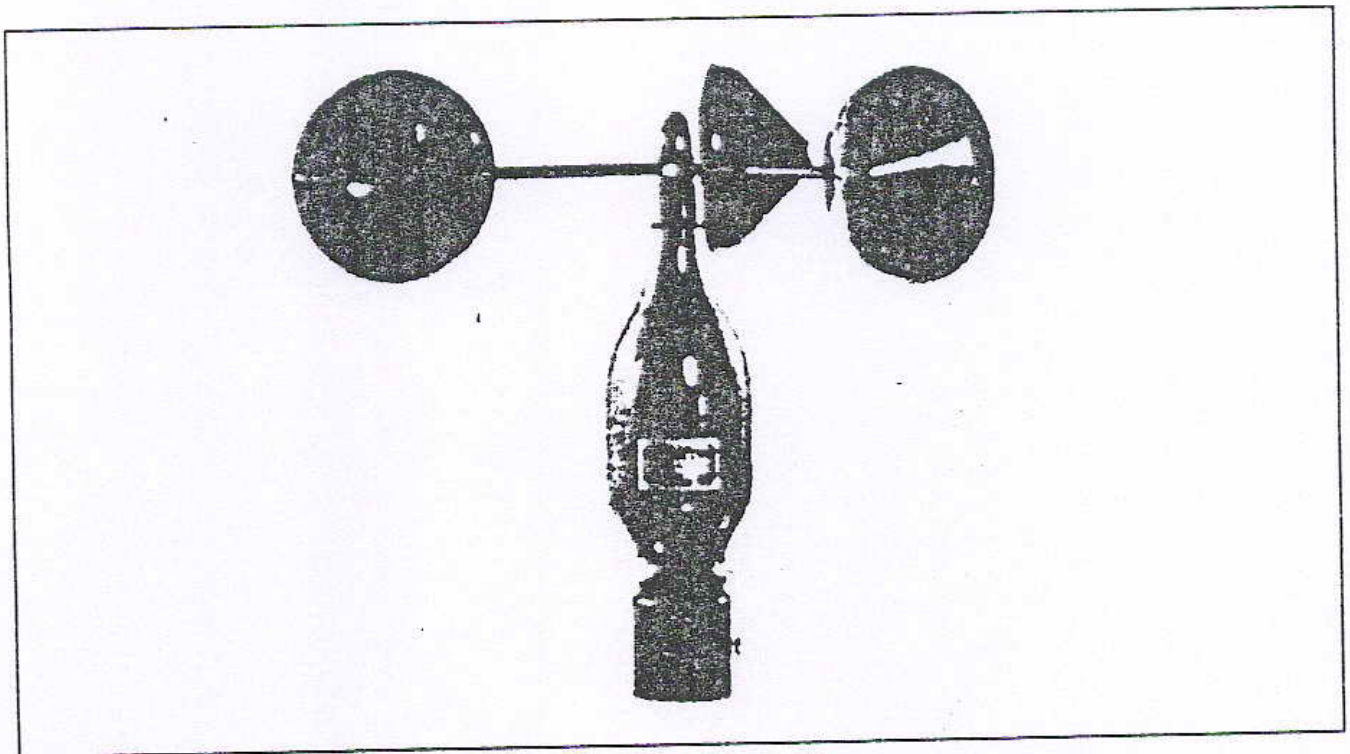
ในการวัดความเร็วของลม ส่วนมากจะใช้เครื่องวัดลมแบบลูกถ้วย (Cup anemometers) (รูปที่ 3.3) ซึ่งการทำงานของเครื่องมือนี้ไม่ขึ้นกับทิศทางของลม แต่ก็สามารถทราบทิศทางของลมได้ด้วยการติดหางเสือไว้ที่เครื่อง ถ้วยจะเป็นทรงกรวยหรือครึ่งวงกลม เมื่อรับลมจะหมุนมอเตอร์กระแสไฟตรง ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วลมที่พัด โดยส่วนมากความเร็วลมต่ำกว่า 1 เมตรต่อวินาทีเครื่องวัดจะไม่ทำงาน

สำหรับเครื่องวัดลมแบบกังหันลม (Windmill – type anemometer) ส่วนมากจะใช้ในการวัดหาทิศทางของกระแสลม หรือการเลียนแบบกังหันลม (โดยทั่วไปใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ) รูปที่ 3.4 ซึ่งสามารถทนพายุที่มีความเร็วลมถึง 90 เมตรต่อวินาทีได้ เครื่องวัดจะแสดงผลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าในรูปความดันไฟฟ้าที่เป็นไฟตรง ไฟสลับ หรือเป็นสัญญาณที่อยู่ในรูปความถี่

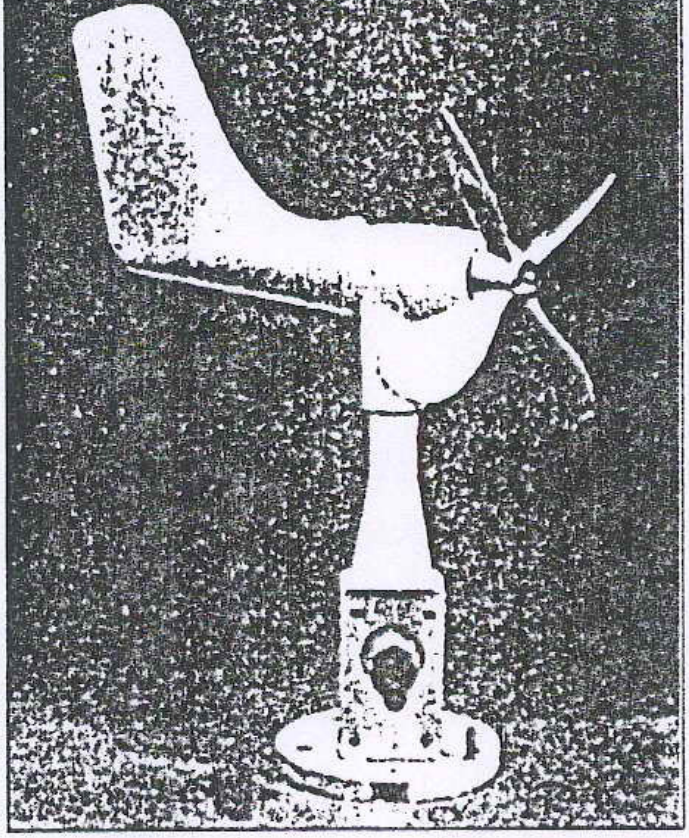
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกและจัดการเกี่ยวกับข้อมูลลมมีดังนี้

1. **เครื่องมือวัดความเร็วลม (anemometor) ที่มีตัวอ่านโมเมนต์ (moment indicator)** ปกติเป็นการวัดด้วยมือ วิธีนี้ไม่เหมาะสมสำหรับการนำข้อมูลมาใช้เพื่อการออกแบบกังหันลม

2. **เครื่องนับจำนวนลมที่พัดผ่าน (mechanical wind – path counter)** ซึ่งจะให้ข้อมูลของทิศทางลมอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาทั้งหมด เหมาะสมสำหรับคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของลมตลอดช่วงเวลาที่สังเกต



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดความเร็วลมแบบลูกถ้วย



รูป 3.4 เครื่องวัดความเร็วลมแบบกังหัน

3. **เครื่องบันทึกลมที่พัดผ่าน (mechanical wind – path recorder)** ซึ่งจะแสดงผลของทิศทางลมอย่างต่อเนื่องบนแผ่นกระดาษ โดยปกติมักจะใช้กลไกของสปริง (เหมาะสำหรับการออกแบบกังหันลม หรือใช้ในขบวนการประเมินผลข้อมูลต่าง ๆ ภายใต้ขอบเขตที่จำกัด)

4. **เครื่องบันทึกแบบอิเลคทรอนิกส์ (electronic recording equipment)** โดยจะให้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น 1 วินาทีถึง 1 ชั่วโมง รวมถึงให้ค่ารวม โดยแสดงความเร็วลมในช่วงต่าง ๆ เหมาะสำหรับนำข้อมูลไปใช้เพื่อการออกแบบกังหันลม

5. **สถานีอุตุนิยมวิทยา (meteorological Stations)** แสดงผลและบันทึกข้อมูลต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ ได้แก่ ความเร็วของลม ทิศทางของลมพายุ และอื่น ๆ เหมาะสำหรับการออกแบบกังหันลม ถึงแม้ว่าจะมีราคาสูงและต้องการบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญสูงเป็นพิเศษ

3.4 การประเมินอุปสงค์หรือความต้องการพลังงาน (Energy Demand)

ตัวอย่างนี้ใช้เพียงปัจจัยทางเทคนิคเพื่อพิจารณาวิธีการสำหรับประเมินความต้องการพลังงานและพลังงานที่ผลิตออกมาได้

จุดมุ่งหมายของการประเมินค่าความต้องการพลังงาน
พลังงาน (ในหน่วย กิโลวัตต์) ต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่จำเป็น ให้เพียงพอกับความต้องการ เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานบางครั้งสามารถผันแปรขึ้นลงได้อย่างมาก จึงจำเป็นต้องมีการประเมินค่าความต้องการพลังงานตลอดช่วงเวลาหนึ่ง (ปี เดือน หรือ วัน) ตัวอย่างต่อไปนี้จะช่วยทำให้เข้าใจมากขึ้น

การจัดหาของน้ำ (water supply)

หากกำหนดให้จำนวนผู้ใช้น้ำคงที่ ความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัน หรือฤดูกาล ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำในทางการเกษตรเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (สาเหตุจากความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันในแต่ละช่วงฤดูการเพาะปลูก)

ในการคำนวณหาค่าพลังงานที่จำเป็นเพื่อการสูบน้ำ จำเป็นต้องมีข้อมูลเหล่านี้

- ปริมาณน้ำที่ต้องการในหน่วยเวลา
- ความสูงในการยกน้ำ (total head) และการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาที่กำหนด

ค่าความต้องการพลังงานในทางทฤษฎี ต่อหนึ่งหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$E_{demand} = \frac{g \cdot \rho w \cdot V \cdot H \cdot \Delta t}{3.6 \cdot 10^6} \quad \text{(kWh)} \quad (3.4.1\ a)$$

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

ρw = ความหนาแน่นของน้ำ = 1000 kg/m^3

V = ปริมาตรของน้ำที่ต้องการ, หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง (m^3/h)

H = ความสูงของน้ำ, หน่วยเป็นเมตร (m)

Δt = ช่วงเวลา, หน่วยเป็นชั่วโมง (h)

เพราะฉะนั้น

$$E_{demand} = 0.002725 \cdot V \cdot H \cdot \Delta t \quad \text{(kWh)} \quad (3.4.1\ b)$$

ตัวอย่าง : การสูบน้ำเพื่อจ่ายให้หมู่บ้าน

ข้อมูลสำหรับหาปริมาณพลังงานที่ต้องการในทางทฤษฎี

- ความต้องการใช้น้ำในแต่ละวันของประชากร 500 คน (จากข้อมูล WHO) = 15 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
- บริมาณน้ำสำรองเพื่อสาธารณูปโภคสำหรับ 8 วัน = 120 ลูกบาศก์เมตร (ซึ่งปริมาณน้ำสำรองนี้ใช้เวลาสูบ 10 วัน ดังนั้นปริมาณน้ำที่ต้องสูบต่อวัน = $\frac{120}{10}$ = 12 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)
- ปริมาณทั้งหมดที่ต้องสูบต่อวัน = 15 + 12 = 27 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
- ค่าความสูงในการยกน้ำทั้งหมดโดยเฉลี่ย = 7 เมตร

หากพลังงานลมใน 1 วัน ของพื้นที่นี้ สามารถใช้สูบน้ำได้เพียงช่วงเวลา 9 ชั่วโมง เครื่องสูบน้ำที่ใช้ต้องสูบน้ำให้ได้ปริมาตร (V) = 27/9 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง จากสมการ 3.4.1 ค่าพลังงานที่ต้องการในทางทฤษฎีสำหรับการสูบน้ำใน 1 วัน เท่ากับ 0.52 กิโลวัตต์ชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม ในรายงานฉบับนี้ไม่ได้กล่าวถึงการเลือกเครื่องสูบน้ำและปัญหาเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับกังหันแต่ละแบบ

3.5 คำแนะนำในการเลือกกังหันลม

วิธีการสำหรับเลือกขนาดที่เหมาะสมของกังหันลมมีดังต่อไปนี้

1. ประเมินค่าอุปทานหรือความต้องการพลังงานตามทฤษฎี (energy demand) ในหน่วย กิโลวัตต์ชั่วโมง ในช่วงหนึ่งหน่วยเวลา (เช่น ใน 1 เดือน)

2. หาปริมาณอุปทานพลังงานลมทางทฤษฎี (energy supply) ในหน่วย กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร ในหน่วยเวลาเดียวกับข้อ 1.

3. หาค่าออกแบบบนฐานของรายเดือนจาก = $\frac{\text{energy demand}}{\text{energy supply}}$

ในการพิจารณาเพื่อให้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของพลังงานลมในแต่ละฤดูกาล ควรคำนวณจากทุก ๆ เดือน ตลอดช่วงเวลา 12 เดือนใน 1 ปี แล้วใช้ค่าที่มากที่สุดที่หาได้เป็นค่าออกแบบบนฐานของรายเดือน

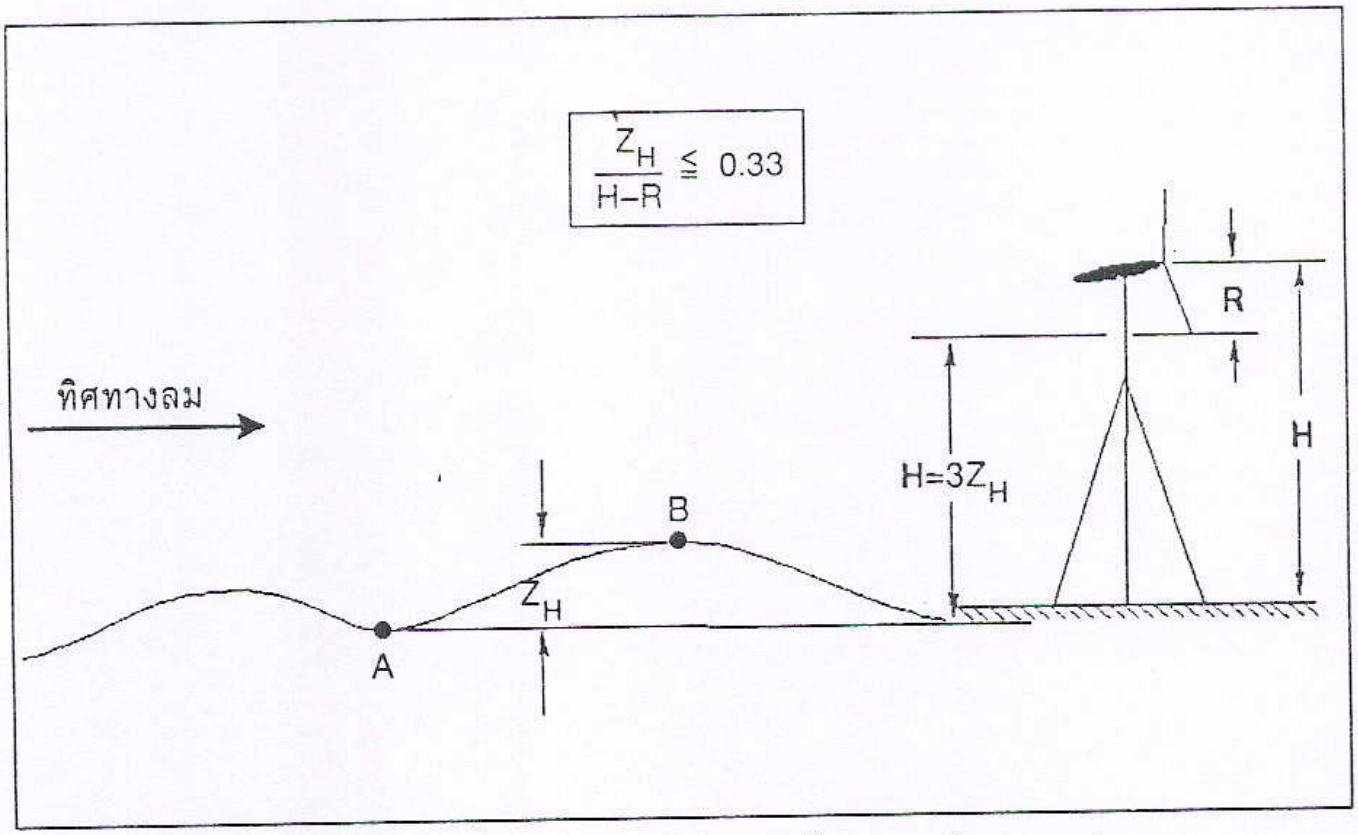
ต่อจากนั้น สำหรับแต่ละกรณีย่อย ทำการประมาณประสิทธิภาพรวมของกังหันรวมถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ โดยขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้ (เช่น เพื่อการสูบน้ำ หรือเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แล้วจึงคำนวณหาพื้นที่ของกังหัน)

ด้วยข้อมูลเหล่านี้ก็จะสามารถเลือกกังหันที่เหมาะสมได้

สถานที่ติดตั้งควรเลือกพิจารณาจากความต้องการ (เช่น บ่อน้ำสำหรับน้ำอุปโภค) การวัดความเร็วลมควรจะสามารถกระทำได้ที่ตำแหน่งที่เลือกหรือไม่ ก็ต้องได้รับข้อมูลที่ต้องการจากสถานีตรวจวัดอากาศ ข้อมูลพิเศษอื่น ๆ เช่น พายุหรืออื่น ๆ สามารถทราบได้จากการสัมภาษณ์คนในท้องถิ่น การประมาณพลังงานที่ได้อย่างหยาบ ๆ ในตอนแรกนี้จะเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจว่าสถานที่นี้เหมาะสมหรือไม่

ขั้นตอนต่อไป คือ ตรวจสอบสภาพภูมิประเทศ ความลาดชันของพื้นที่ ลักษณะพันธุ์ไม้ (ต้นไม้ หรือพุ่มไม้ต่าง ๆ) เนื่องจากสิ่งเหล่านี้อาจเป็นตัวป้องกันไม่ให้ลมพัดอย่างอิสระ โดยปกติสำหรับกังหันขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางของกังหันไม่เกิน 10 เมตร) ควรให้ลมบริเวณนั้นสามารถพัดอย่างอิสระ อย่างน้อยในระยะ 300 เมตร รอบตัวกังหันในทิศทางหลักของลมไม่ควรมีสิ่งกีดขวางใด ๆ กรณีกังหันความเร็วต่ำเพื่อการสูบน้ำในที่ซึ่งบริเวณนั้นมีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่น หากเป็นไปได้ศูนย์กลางของกังหัน ควรถูกติดตั้งที่ความสูงอย่างน้อยเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวกังหันเองโดยวัดจากระดับยอดของสิ่งกีดขวางขึ้นไป

สำหรับสิ่งกีดขวางเช่น บ้าน หรือ ต้นไม้ สามารถคำนวณหาระยะต่ำสุดที่ต้องการสำหรับติดตั้งกังหันลม ได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ระยะต่ำสุดที่กำหนด ซึ่งในระยะนี้ลมหมุนที่เกิดจากสิ่งกีดขวาง

บทที่

4

กิจกรรมที่ใช้พลังงานลมและอุปกรณ์

4.1 กังหันลมสำหรับการสูบน้ำ

การใช้ประโยชน์จากกังหันลมสำหรับการสูบน้ำ สามารถแบ่งออกได้ดังนี้ คือ

- การสูบน้ำเพื่อการบริโภค ซึ่งต้องการเทคนิคพิเศษเพื่อป้องกันไม่ให้มีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกเจือปนลงในน้ำ
- การสูบน้ำเพื่อการชลประทาน การชลประทานบนผิวดิน โดยมีอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง
- การหมุนเวียนน้ำ (water circulation) เช่น ใช้เพื่อขับใบพัดสำหรับกวนน้ำที่มีสิ่งปฏิกูล หรืออนุภาคของสาหร่าย
- การใช้เพื่อประโยชน์ทั่วไป เช่น การสูบน้ำเค็มสำหรับทำนาเกลือ หรือสถานีสูบน้ำเพื่อการกักเก็บ

ระบบสูบน้ำต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ ได้แก่

- **ปั๊มสูบชัก**

ประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาได้เรียนรู้และมีประสบการณ์ในการใช้เครื่องสูบน้ำชนิดนี้มากมาย

ข้อดี สามารถทำงานได้ที่ความเร็วในการหมุนต่ำ ซึ่งเหมาะสมกับ

สามารถให้กำลังสูบน้ำได้สูงประมาณ 6 เมตร หรือมากกว่า ประสิทธิภาพของเครื่องพร้อมด้วยห้องเกียร์ทดรอบ (η_{pu}) เท่ากับ 0.8–0.9 กลไกการทำงานของเครื่องเรียบง่าย (ไม่ซับซ้อน) เข้าใจง่าย ใช้วัสดุน้อย และเป็นวัสดุทั่ว ๆ ไปจึงมีราคาถูก ผู้ใช้สามารถผลิตได้เอง

หมายเหตุ ที่ความเร็วของการหมุนต่ำ ๆ (ไม่เกิน 100 รอบต่อนาที) แนะนำให้ใช้เครื่องสูบน้ำที่มีช่วงชักสูบมาก ๆ ประมาณ 0.4 – 1.1 เมตร ในขณะที่เครื่องสูบที่มีระยะช่วงชักสั้น (น้อยกว่า 0.4 เมตร) ควรใช้สำหรับความเร็วมากกว่า 100 รอบต่อนาที ถึง 280 รอบต่อนาที

ข้อเสีย กังหันจะทำงานได้เมื่อมีแรงปิดที่สูงพอเพียง แต่ปั้มสูบชักมีแรงบิดเฉลี่ยคงที่ในตลอดช่วงการทำงาน ดังนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะปรับการทำงานที่ดีที่สุดเข้ากับคุณสมบัติของกังหันได้ อายุการใช้งานถูกกำหนดโดยคุณภาพของน้ำ (เช่น มีการปนเปื้อนของ ทราย หินปูน ปริมาณเกลือ หรืออื่น ๆ) การดูดและแรงดันของน้ำขาออกไม่แน่นอน ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งท่ออากาศหรือใช้ลูกสูบแบบหลายชั้น (multiple–stage pistons)

- **ปั้มไดอแฟลม**

เครื่องสูบชนิดนี้มีระบบปั้มเหมือนกับปั้มสูบชัก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการปริมาณน้ำมากแต่มีความสูงในการยกน้ำต่ำ

ข้อดี ปริมาตรน้ำที่สูบได้มากในแต่ละจังหวะของการสูบ สามารถดึงน้ำขึ้นเองแม้มีลมให้ท่อดูด ผู้ใช้สามารถผลิตขึ้นใช้ได้เอง เช่น จากยางรถยนต์

ข้อเสีย มีข้อเสียเช่นเดียวกับ ปั้มสูบชัก

- **ปั้มหอยโข่ง (centrifugal pump)**

เป็นเครื่องสูบความเร็วสูง ทำงานด้วยการขับจากกังหันโดยตรงโดยใช้ระบบการส่งกำลังที่เหมาะสม หรือถูกขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหัน ปั้มหอยโข่งถูกออกแบบในหลายลักษณะเพื่อตอบสนองกับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเกือบทั้งหมดของการสูบน้ำ ประสิทธิภาพของเครื่องขึ้นกับรูปแบบและขนาดของเครื่องโดยมีประสิทธิภาพ (η_{pu}) เท่ากับ 0.4–0.9

ความสูงในการติดตั้งปั้มหอยโข่งจากระดับน้ำ ต้องได้ตามค่ามาตรฐาน ความดันต่ำสุดของปั้มหอยโข่ง ต้องมากกว่าแรงดันไอน้ำเสมอ ($P_{min} > P_v$) ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดโพรงอากาศ (cavitation) ที่อาจเกิดขึ้น (การเกิดความดันลดบางส่วนในเรือนปั้มลดต่ำกว่าความดันไอน้ำ ส่งผลให้เกิดฟองอากาศ ซึ่งจะทำให้ความดันเพิ่มขึ้น และเกิดความเครียดในวัสดุ)

โพรงอากาศ (cavitation) นี้ทำให้เกิดเสียงดัง ความสูงในการยกน้ำ (pumping

ข้อดี กราฟแสดงลักษณะของปั๊มหอยโข่ง สามารถปรับให้เข้ากับกราฟของกังหันได้ง่าย การขับสามารถทำได้เองโดยตรงที่ความเร็วของการหมุนที่เพียงพอ ต้องการพื้นที่ติดตั้งเพียงเล็กน้อย การทำงานและการดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก ไม่มีชิ้นส่วนที่สั่นไปมา ให้ผลการสูบที่สม่ำเสมอ เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับกรณีที่ต้องการปริมาณการไหลของน้ำมาก ๆ ราคาถูกเนื่องจากผลิตได้เป็นจำนวนมาก

ข้อเสีย ในกรณีการติดตั้งเหนือระดับน้ำ (ความสูงของการดูดสูงสุดประมาณ 7 เมตร) ท่อดูดจะต้องมีน้ำเต็ม เนื่องจากความดัน (สูญญากาศ) ด้านดูดของปั๊มไม่เพียงพอสำหรับการดึงน้ำขึ้นได้เอง และผู้ใช้ไม่สามารถสร้างขึ้นใช้เองได้ ถ้าความเร็วของการหมุนลดลงเป็นผลให้ประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก

เครื่องมืออื่น ๆ

- **ปั๊มสกรู (Archimedean screw)**

หลักการของปั๊มสกรู : จะเป็นท่อน้ำที่ภายในมีแกนหมุนซึ่งมีลักษณะเป็นสว่านหรือเป็นเกลียววางอยู่ในแนวเฉียง เพื่อขับดันให้น้ำเคลื่อนที่ไประหว่างร่องเกลียวสว่านกับผนังท่อน้ำ ซึ่งจะใช้กังหันลมความเร็วต่ำในการขับแกนนี้โดยตรง เหมาะสมกับการขนส่งน้ำที่ผิวดิน (การทำงานนี้จะไม่สามารถปรับตามทิศทางลมได้โดยอัตโนมัติ จำเป็นต้องมีการตั้งแนวตามทิศทางลม) เหมาะสำหรับเขตชนบทในประเทศกำลังพัฒนา ผู้ใช้สร้างเองได้ง่าย แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับน้ำที่ไม่สะอาด (เช่น มีสาหร่ายหรือสารแขวนลอยเจือปน)

- **ระหัดวิดน้ำ (Bucket Wheel)**

เป็นอุปกรณ์โซ่ลำเลียงอย่างง่ายที่ประกอบด้วยโซ่ลำเลียงซึ่งหมุนวนเป็นวงกลมกับถังหรือภาชนะวิดน้ำ ใช้เพื่อสูบน้ำในหลายวัตถุประสงค์ และมีใช้กันมานานแล้วในประเทศกำลังพัฒนา (เช่น chain pump ของประเทศจีน)

นอกจากนั้นยังมีวิธีการสูบน้ำแบบอื่น ๆ เช่น เครื่องสูบน้ำแบบเฟืองขับ (gear pumps) เครื่องสูบน้ำสกูร เครื่องสูบน้ำแบบ Rotary – Piston และอื่น ๆ

4.2 อุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานกล

การใช้กังหันลมซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากลมเป็นพลังงานกลโดยตรงถูกนำมาใช้กับการสีข้าวโพด (commills) เป็นเวลาหลายพันปีแล้ว

โดยหลักการแล้วมันมีความเป็นไปได้ ในการส่งถ่ายกำลังจากการหมุนของกังหันไปยังรอกหรือเพลาส่งกำลัง ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมกับเครื่องกลไกต่าง ๆ ที่ใช้ในงานช่างโลหะหรือช่างไม้ หรือการใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในงานเกษตรกรรม เช่น ในโรงปฏิบัติการโดยนำมาติดกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องกลึง เครื่องไสหรือเจาะ

มีบางปัญหาเกิดขึ้นในการส่งถ่ายแรงบิดและการเปลี่ยนทิศทางการส่งกำลัง ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้เฟืองกรวยตัด (bevel gear) ทำการปรับเปลี่ยนทิศทางการหมุนในแนวระดับของกังหันแกนนอน เพื่อส่งกำลังไปยังแกนหมุนในแนวตั้ง แต่ด้วยวิธีนี้ระบบ การปรับแก้จะต้องถูกล็อกหลังจากการปรับวางตามแนวทิศของลมแล้ว เพราะว่ามิฉะนั้นกังหันจะถูกผลักให้หันหนีกระแสลมเมื่อมีการส่งถ่ายแรงบิด

ระบบจะมีความซับซ้อนมากขึ้นเมื่อกังหันถูกออกแบบให้เปลี่ยนทิศทางโดยอัตโนมัติตามทิศทางของลม การใช้กังหันแกนตั้ง เช่น กังหันแบบซาโอนีอุส สามารถหลีกเลี่ยงปัญหานี้ได้และการทำงานก็จะมีความสูญเสียที่เกิดจากการส่งถ่ายกำลังน้อย

ความเร็วการหมุนที่มากพอและคงที่เป็นสิ่งสำคัญสำหรับงานโลหะ มิฉะนั้นแล้วก็จะไม่สามารถรับประกันได้ถึงการทำงานอย่างถูกต้องของเครื่องจักร สภาพอากาศที่สงบก็ทำให้เกิดปัญหาหนึ่งด้วย คือ พลังงานกลที่ได้ยากต่อการเก็บสะสมโดยตรง อาจเลือกใช้ล้อช่วยแรง ถึงแม้ว่าอุปกรณ์จะมีความซับซ้อนและอาจเกิดอันตราย รวมทั้งการขาดประสบการณ์ในการควบคุม

ดังนั้น จึงควรมีการเสาะหาวิธีที่เป็นไปได้แบบอื่นสำหรับการเปลี่ยนพลังงานกลทางอ้อม โดยเฉพาะเรื่องของราคาและระดับความซับซ้อน

- ในวิธีที่เป็นไปได้มีหลายวิธี เช่น สถานที่ซึ่งมีน้ำเพียงพอและมีความเป็นไปได้ในการเก็บกักน้ำไว้ ก็สามารถใช้กังหันลม สูบน้ำเพื่อเก็บกักไว้ พลังงานศักย์ของน้ำที่ถูกกักเก็บสามารถนำมาใช้เพื่อขับกังหันน้ำเพื่อผลิตกำลังงานกลของเพลาส่งกำลัง โดยความเร็วรอบในการหมุนจะถูกควบคุมโดยอัตราการไหลของน้ำ
- สามารถใช้กังหันลมในการผลิตกระแสไฟฟ้า (ดูหัวข้อถัดไป) แล้วนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปขับเครื่องจักรให้ทำงาน
- ใช้ระบบนิวเมติก (Pnewmatic storage) โดยกังหันลมสูบอัดอากาศเข้าสู่ถังอัดความดัน อากาศที่ถูกอัดนี้จะถูกนำไปใช้ในการขับเครื่องจักรโดยตรง (ถึงแม้ว่ามีเครื่องจักรที่เหมาะสมเพียงไม่กี่ชนิด เช่น เครื่องเจาะ หรือสว่าน) หรือใช้ในการขับกังหัน (turbine) เพื่อส่งกำลังไปยังเพลาส่งกำลัง อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ดังกล่าวมีส่วนประกอบมากและต้องการความระมัดระวังสูง มีประสิทธิภาพประมาณ 50%

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ในประเทศกำลังพัฒนาการใช้พลังงานกลจากกังหันลมโดยตรงเหมาะสมอย่างมากสำหรับการเกษตร และในบางส่วนสำหรับขบวนการแปรรูปไม้ สำหรับกิจการงานช่างฝีมือและโรงปฏิบัติงานก็ควรที่จะถูกรวมอยู่ในสถานีปฏิบัติงานกังหันลมเดี่ยว ๆ ในแต่ละแห่งหรือแบบรวมเป็นเครือข่าย

เทคโนโลยีเหล่านี้บางอย่างถูกใช้อยู่ในประเทศแถบยุโรปและประเทศกำลังพัฒนาบางประเทศในช่วงทศวรรษที่ 1920 แต่ในปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีที่เหมาะสม

4.3 อุปกรณ์สำหรับแปลงพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้า

รายละเอียดในเล่มนี้จะขออธิบายอย่างย่อ ๆ เกี่ยวกับเนื้อหาของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดเท่านั้น

การผลิตไฟฟ้าแรงดันต่ำ (low – voltage electricity)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ขนาดแรงดัน 12 และ 24 โวลต์ ใช้สำหรับช่วงแรงดันไฟต่ำ อาจใช้มอเตอร์ที่ใช้ในยานพาหนะทั่วไปนำมาดัดแปลงใช้ในการผลิตไฟฟ้าแรงดันต่ำนี้ได้ด้วย ถึงแม้ว่าปกติจะไม่สามารถดัดแปลงให้เข้ากับกังหันได้ดี และยังมีประสิทธิภาพต่ำ (0.5–0.7) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Dise rotor มีประสิทธิภาพมากกว่า 0.9

เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำเป็นต้องให้ความเร็วรอบสูง โดยทั่วไปจึงอาจเป็นไปไม่ได้ที่จะขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ จะมีน้ำหนักมาก และเพราะน้ำหนักเหล่านี้ต้องถูกกำจัด การปรับทิศทางลมของระบบโดยรวมจึงทำได้ไม่ดี

ระบบส่งถ่ายกำลังที่เหมาะสมจะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกังหัน ทำงานเข้ากันได้อย่างดีเยี่ยม การเลือกกราฟแสดงลักษณะการทำงานของเครื่องจักรจะช่วยให้แน่ใจได้ว่าความสูญเสียที่เกิดจากการไม่สอดคล้องกันของอุปกรณ์ถูกกำจัดออกไป และไม่จำเป็นต้องใช้เกียร์เสริมในการทำงาน

การเก็บพลังงานไฟฟ้า

การเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เป็นตัวอย่างวิธีที่ธรรมดาที่สุด สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ สำหรับเทคโนโลยีอื่น ๆ ยังอยู่ในขั้นของการพัฒนาและการทดสอบอย่างพอเพียงก่อนนำมาใช้

การเก็บไฟฟ้าในแบตเตอรี่ทำได้เพียงเฉพาะไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเสียก่อน อย่างไรก็ตาม สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต้องการการดูแลรักษาอย่างดี เนื่องจากแปรงถ่านของคอมมูเตเตอร์ (ชุดอุปกรณ์สำหรับแปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง) ชำรุดได้ง่าย

ข้อดี การนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบขนานเป็นวิธีง่าย ๆ ในการเพิ่มความจุของการเก็บขึ้นอยู่กับการออกแบบ ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้แบบกระจายศูนย์ (decentralized usage)

ข้อเสีย การลงทุนสูง อายุใช้งานสั้น ต้องการการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ

	แบตเตอรี่ตะกั่ว	แบตเตอรี่นิเกิล–แคดเมียม	แบตเตอรี่อัลคาไลน์–ซัลเฟอร์
ขนาดความจุสูงสุด (max. capacity)	20–40 MWh	20–40 MWh	40–60 MWh
กำลังส่งสูงสุด (max. output)	10–20 MW	10–20 MW	10–20 MW
พลังงานจำเพาะ (Specific energy)	30 Wh/kg	25 Wh/kg	102–150 Wh/kg
กำลังส่งจำเพาะ (Specific output)	20 W/kg	30–40 W/kg	30–40 W/kg
เวลาในการอัดไฟ (Charging time)	2–8 ชั่วโมง	2–8 ชั่วโมง	2–8 ชั่วโมง
เวลาใช้งาน (Discharge time)	4–10 ชั่วโมง	4–10 ชั่วโมง	4–14 ชั่วโมง
ประสิทธิภาพ	80%	80%	70%
อุณหภูมิทำงาน	บรรยากาศ	บรรยากาศ	400–450 °C
จำนวนไซเคิล	1500–2000	1500–2000	1500
อายุการใช้งาน	2–5 ปี	2–5 ปี	2–5 ปี

4.4 อุปกรณ์สำหรับการใช้พลังงานลมในการผลิตเกลือ

• กระบวนการรีเวอส์ ออสโมซีส (reverse osmosis)

กระบวนการผลิตเกลือแบบรีเวอร์ส ออสโมซีส เป็นกระบวนการรองภายใต้แรงดัน โดยกังหันจะขับปั้มลูกสูบแรงดันสูงโดยตรงหรือผ่านทางเครื่องกำเนิดไฟฟ้า น้ำเค็มจะถูกอัดผ่านแผ่นกรองที่สามารถจะกรองเกลือเอาไว้ ถ้าปริมาณเกลือในน้ำน้อยก็ต้องการความดันต่ำ (ความดันที่ใช้สำหรับปริมาณเกลือ 3.5% คือ 80–100 บาร์)

ข้อดี น้ำทะเลถูกสูบและทำให้เป็นเกลือในเวลาเดียวกัน ความสูญเสียจากการส่งถ่ายน้อยเมื่อถูกขับโดยตรง

ข้อเสีย ความดันสูง ต้องการชิ้นส่วนคุณภาพดีและการดูแลรักษาที่ดี

• การทำนาเกลือ (โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการระเหยน้ำ)

ใช้กังหันในการขับเครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำทะเลขึ้นมาผึ่งในลานนาเกลือ แสงอาทิตย์จะระเหยน้ำออกไปและได้ผลึกเกลือในที่สุด

บทที่ 5

ประเด็นที่ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการผลิตกังหันลม

5.1 เกณฑ์พิจารณาทั่วไป

การผลิตกังหันลมได้เองในท้องถิ่นย่อมเป็นทางเลือกที่มีคุณค่า ศักยภาพของพลังงานที่มีอยู่และถูกนำมาใช้ได้อย่างพอเพียงเป็นสิ่งจำเป็น อย่างไรก็ตามความสำเร็จของการผลิตกังหันเองได้ภายในท้องถิ่นต้องขึ้นกับศักยภาพทางการตลาดที่มีอยู่หรือความสามารถในการรวมเทคโนโลยีนี้เข้าด้วยกัน ในทางปฏิบัติคือการศึกษาความเป็นไปได้โดยทราบจำนวนความต้องการสินค้าและค่าตอบแทน รวมทั้งวางขั้นตอนต่าง ๆ ที่จำเป็นในการกระตุ้นตลาด เช่น การใช้สินเชื่อต่าง ๆ หรือโครงการเงินช่วยเหลือ

เมื่อความต้องการกังหันลมในท้องถิ่นเพิ่มมากขึ้น ก็ควรจะมีความพยายามที่จะผลิตไม่ว่าจะแค่บางส่วนหรือทั้งหมดขึ้นภายในประเทศเพื่อรองรับการพัฒนาที่เกิดขึ้น

ประเด็นต่าง ๆ ที่ควรพิจารณาก่อนการตัดสินใจถึงการผลิตในท้องถิ่น

- ตรวจสอบและประเมินค่าศักยภาพของพลังงานลมที่มีในพื้นที่
- ประเมินความต้องการพลังงานจากพลังงานลมที่เป็นจริง
- ตรวจสอบโครงสร้างทาง สังคม เศรษฐศาสตร์ของกลุ่มผู้ใช้และการยอมรับเทคโนโลยีใหม่
- ตรวจสอบวัสดุที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นรวมทั้งชิ้นส่วนถึงสำเร็จรูปที่จำเป็น

- ตรวจสอบความเป็นไปได้ในการให้บริการ
- เลือกชนิดแบบกังหันที่เหมาะสม
- ประเมินราคาของอุปกรณ์ โดยพิจารณาจากวัสดุในท้องถิ่นและต้นทุนการผลิต
- คำนวณประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ และเปรียบเทียบกับระบบพลังงานแบบอื่น ๆ ขณะที่พิจารณาถึงเงื่อนไขเฉพาะต่าง ๆ ของแต่ละประเทศ

หากการศึกษาพบว่าการผลิตในท้องถิ่นมีความเป็นไปได้ ขั้นตอนต่อไป คือ การพิจารณาวิธีการทางเทคนิคพิเศษหรือความต้องการอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการผลิตในระยะแรกจริง ๆ

5.2 ความเป็นไปได้ในการผลิต

ในประเทศที่กำลังพัฒนาโดยทั่วไปมี 2 วิธีในอันที่จะผลิตกังหันลมได้ คือ การผลิตกังหันลมโดยใช้วัสดุที่หาได้ในประเทศ และการผลิตโดยให้ชิ้นส่วนที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียทั้งสองประการแล้วแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการใช้วัสดุ

ผลิตกังหันลมจากวัสดุที่หาได้ในประเทศ		ผลิตในโรงงานที่น่าเชื่อถือด้วยชิ้นส่วนนำเข้าหรือผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป	
ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อดี	ข้อเสีย
ง่าย, เป็นเทคโนโลยีที่เข้าใจได้โดยทั่วไป	มีข้อจำกัดในแง่ของความคงทน ประสิทธิภาพ และความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์	การทำงานของกังหันมีประสิทธิภาพสูง และมีอายุการใช้งานยาวนาน	การติดตั้งจะต้องมีอุปกรณ์พร้อมและบุคลากรที่มีความสามารถเฉพาะทาง
ความรู้ทั้งหมดอยู่ภายในประเทศ	อาจมีปัญหาเรื่องการบริการและการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องในประเทศกำลังพัฒนา	มีแนวคิด นวัตกรรม แรงกระตุ้นใหม่ ๆ สำหรับบริษัทและโรงงาน	ต้องนำเข้าเทคโนโลยีและชิ้นส่วนจากต่างประเทศ
ไม่ขึ้นกับการนำเข้า ซึ่งหมายถึงการเป็นอิสระจากระบบเงินตราต่างประเทศ		มีความเป็นไปได้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่ชุมชน	ในการซ่อมแซมต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ ซึ่งอาจเป็นปัญหากับพื้นที่ที่ห่างไกล (ดังนั้นการมีบริการที่ยอดเยี่ยมเป็นสิ่งจำเป็น)
ราคาไม่แพง			ราคาแพงกว่าวิธีแรก

5.3 ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์

การคำนวณประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ย่อมมีความแตกต่างกันระหว่างความสนใจในแง่ของส่วนบุคคลและของประเทศ ค่าใช้จ่ายจากมุมมองทั้ง 2 ด้าน ควรถูกนำมาเปรียบเทียบกันสำหรับการติดตั้งกังหันลงในแต่ละแห่ง โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายที่นี้ควรนำมาพิจารณา คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายผันแปรและค่าใช้จ่ายของระบบทางเลือกอื่น ๆ

- **ค่าใช้จ่ายในการลงทุน** (Investment costs) ค่าใช้จ่ายสำหรับกังหันลมเพื่อสูบน้ำและกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งได้แก่ค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2

ชนิดของค่าใช้จ่าย	ระบบสูบน้ำ	ระบบผลิตไฟฟ้า
ระบบกังหันลม (รวมเสาและฐานราก)	✓	✓
การขนส่ง, การติดตั้ง	✓	✓
การเก็บ	✓	✓
บ่อ	✓	
การติดตั้งไฟฟ้า		✓
การวางแผน	✓	✓
วิธีการวัดลมและเก็บข้อมูล	✓	✓

- **ค่าใช้จ่ายผันแปร** (Variable Costs) เช่น ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบการบริการ การซ่อมแซม ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละสถานที่ เป็นการยากที่จะประมาณค่าใช้จ่ายทั่วไป เนื่องจากเวลาทำงานสำหรับการก่อสร้างในแต่ละท้องถิ่นไม่สามารถตีค่าได้ โดยปกติการประมาณค่าใช้จ่ายผันแปรจะประมาณจากร้อยละต่อปีของค่าใช้จ่ายเริ่มต้น เช่น

กังหันลมที่มีอายุการใช้งาน 15–20 ปี จะมีค่าใช้จ่ายผันแปรประมาณ 5% ในขณะที่กังหันคุณภาพต่ำที่มีอายุการใช้งานระหว่าง 3–10 ปี จะมีค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปีประมาณ 15–20% ของค่าใช้จ่ายเริ่มต้น

- **ค่าใช้จ่ายของระบบทางเลือกอื่น** การพิจารณาประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับทางเลือกอื่น ๆ เป็นสิ่งที่ควรกระทำเสมอ ตัวอย่างเช่น

5.4 การพัฒนาพลังงานลม

การพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์จากพลังงานลมมีกระทำอยู่ในประเทศต่าง ๆ ซึ่งโดยส่วนมากใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีกำลังผลิตระดับเมกกะวัตต์ (MW)

สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมีข้อจำกัดบางประการ ปัจจุบันมีโครงการซึ่งมุ่งเน้นในด้านการใช้พลังงานลมเพื่อการสูงน้ำ ซึ่งมีกำลังในช่วง 0.1–10 กิโลวัตต์

จากการสำรวจแสดงให้เห็นว่าได้มีการค้าขายกังหันลมที่ให้กำลังที่ได้ในช่วง 0.2 ถึง 20 kW. ในตลาดแล้ว สำหรับประเทศกำลังพัฒนา ตัวอย่างเช่น ประเทศไฮอิติ (Haiti) องค์การ GTZ แห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ได้ทำโครงการทดสอบ ซึ่งผลที่ได้ช่วงแรกของโครงการนี้แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่มีการซื้อขายกันอยู่นั้นยังมีข้อบกพร่องที่ต้องการการแก้ไข

การเปรียบเทียบอุปกรณ์กังหันลมแต่ละชนิดนั้นกระทำได้ยาก เนื่องจากผลการทดสอบมีเพียงบางรุ่นเท่านั้น สำหรับกังหันที่ผู้ใช้สร้างขึ้นเองมักมีข้อบกพร่องอยู่มาก และยังต้องได้รับคำแนะนำสำหรับการปฏิบัติการเพิ่มเติม

ปัจจุบันประมาณได้ว่า 80% ของการใช้กังหันลมทั้งหมดในประเทศกำลังพัฒนาถูกใช้เพื่อการขับเครื่องสูบน้ำและอีก 20% ใช้เพื่อการจ่ายไฟฟ้า เมื่อมีการแนะนำหรือการขยายเทคโนโลยีนี้ไป เป็นไปได้ว่าในระยะยาวการผลิตกังหันเพื่อจ่ายไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้นในระยะต่อไป

บทที่ 6

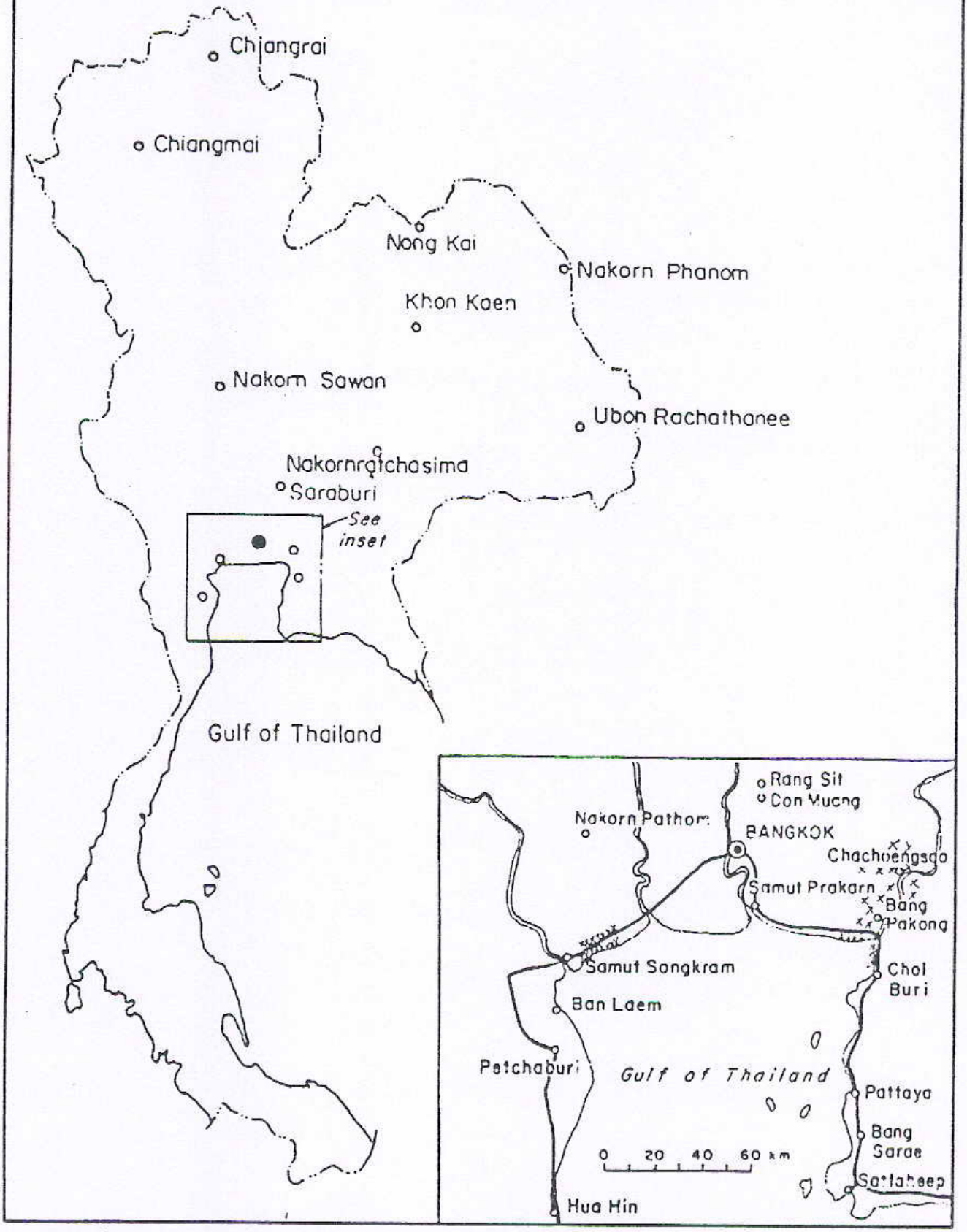
การใช้พลังงานลมในประเทศไทยในอดีต

ในอดีตได้มีการใช้กังหันลมแบบต่าง ๆ เพื่อการยกระดับน้ำเพื่อการเกษตรกรรมของประเทศไทย การก่อสร้างทำแบบง่าย ๆ ในท้องถิ่นด้วยไม้ ไม้ไผ่ และผ้า โดยอาศัยเครื่องไม้เครื่องมือและทักษะในงานไม้เท่านั้น มีความพยายามใช้โลหะทำใบพัดกังหัน ปัจจุบันนี้ได้เริ่มมีความสนใจที่จะพัฒนากังหันลมให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น นอกจากนั้นมีการแสวงหาความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อการพัฒนากังหันขนาดกลางเพื่อผลิตไฟฟ้าใช้ภายในประเทศ

6.1 กังหันลมที่ใช้อยู่ในประเทศไทย

ตำแหน่งของบริเวณที่มีการใช้กังหันลม ในประเทศไทยแสดงอยู่ใน รูปที่ 6.1 กังหันลมแบบง่าย ๆ ได้ถูกใช้ในการสูบน้ำเค็มตามแนวชายฝั่งอ่าวไทย และการทดน้ำเพื่อการเพาะปลูกข้าวบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามากกว่า 40 ปี โดยรายงานของกรมชลประทาน นับตั้งแต่เริ่มมีการแนะนำให้เกษตรกรใช้ระบบเครื่องสูบน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซลหรือก๊าซโซลีน จำนวนการก่อสร้างและการใช้กังหันลมแบบดั้งเดิมก็ลดลง อย่างไรก็ตาม ก็มีความหวังว่าหลังจากการพัฒนาและดัดแปลงวิธีการของกังหันลมเหล่านี้แล้ว จะช่วยให้เกษตรกรหันกลับมาใช้กังหันลมแพร่หลายมากขึ้น

สำหรับการใช้กังหันลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย ในปัจจุบันการใช้ไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ได้ติดตั้งและกำลังทำการทดสอบเดินระบบกังหันลม



รูปที่ 6.1 แผนที่แสดงตำแหน่งที่มีการใช้กังหันลมเพื่อการเกษตรกรรมในอดีต

กังหันลมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันในการสูบน้ำ มี 3 ชนิด ได้แก่

- ประเภทใบพัดหมุนช้า (Slow – speed sail rotor type)
- ประเภทใบพัดไม้หมุนด้วยความเร็วสูง (High – speed wooden rotor type)

1. ประเภทใบพัดหมุนช้า (Slow – speed sail rotor type)

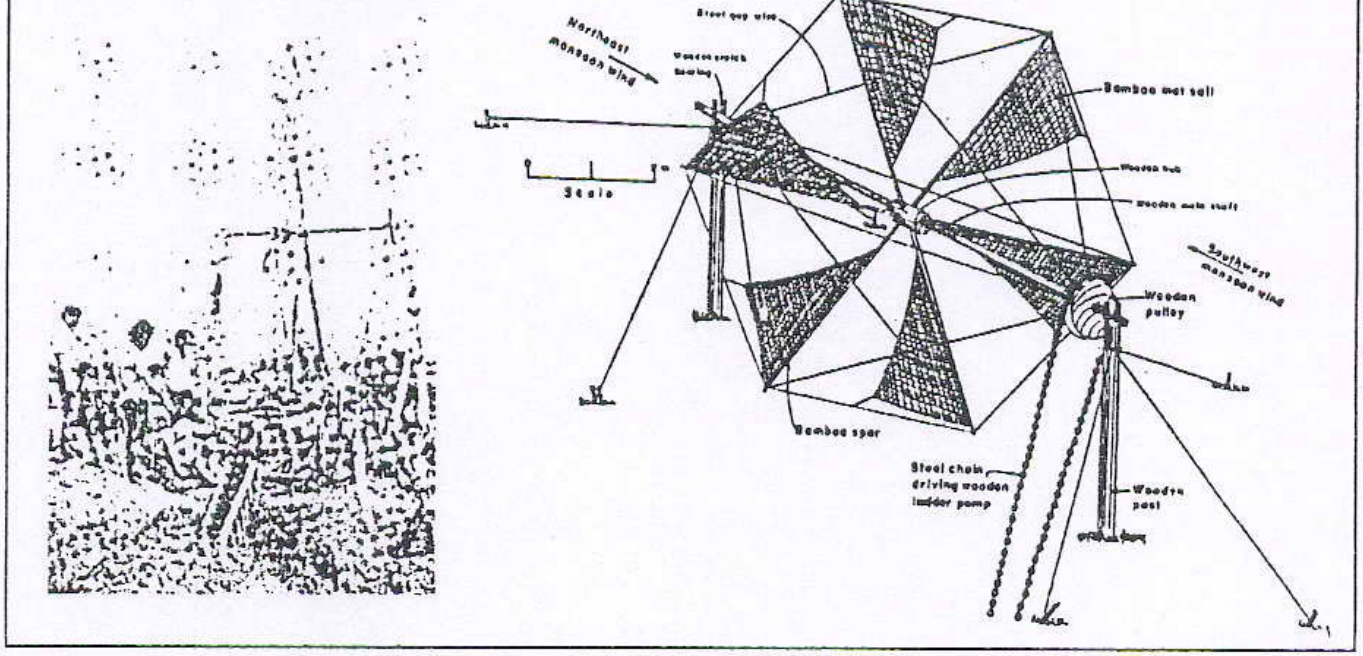
กังหันชนิดนี้เคยมีใช้กว่าร้อยอันในนาเกลือจังหวัดสมุทรสงครามในอดีต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7–8 เมตรแกนกังหันทำด้วยไม้ มีก้านไม้ไผ่และใบทำด้วยเสื่อ (รูปที่ 6.2) ถูกใช้ในการสูบน้ำเค็มเข้านาเกลือตลอด 2 ฝั่งของถนนหลวงเป็นระยะทาง 10 กิโลเมตร บริเวณจังหวัดสมุทรสงคราม ใบพัดทั้งหกของกังหันเหล่านี้ประกอบขึ้นด้วยใบเสื่อรูปสามเหลี่ยมที่ทอขึ้นจากเส้นไม้ไผ่เสริมด้วยด้ายไนล่อน ใบพัดแต่ละใบถูกยึดติดด้วยไม้ระแนงกับตะปูไปตลอดขอบความยาวถึงไม้ค้ำไม้ไผ่ซึ่งยื่นยาวเป็นรัศมีออกจากศูนย์กลางทำด้วยไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร โดยจุดศูนย์กลางนี้ยึดติดอยู่ตรงกลางของเพลา หน้าตัด 10x10 เซนติเมตร ยาว 5 เมตร ยอดแหลมของใบพัดผูกแน่นด้วยขอเชือกไนล่อน ซึ่งขึงตึงรอบเส้นรอบวงของกังหัน ระหว่างปลายของไม้ค้ำแต่ละอัน ปลายของไม้ไผ่แต่ละอันยึดติดด้วยลวดตรงตำแหน่งใกล้กับส่วนปลายของเพลาด้านตรงข้าม (shaft) ปลายแต่ละข้างของเพลาจะถูกวาง บนยอดของเสาไม้ 2 ต้น

เสาไม้ทั้ง 2 ต้นถูกปักติดกับพื้นดินในตำแหน่งที่จะรับแรงลมมรสุมในทิศตะวันตกเฉียงใต้จากด้านหนึ่ง และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากอีกด้านหนึ่ง กำลังที่ได้จะถูกส่งผ่านโซ่เหล็กตามแนวทแยงมุม 12 เมตร ซึ่งเชื่อมจากรอกไม้เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 เมตร ที่ติดอยู่ปลายด้านหนึ่งของเพลา ไปยังรอกไม้ที่ติดกับเพลาขับระหัดวิดน้ำ (รูปที่ 6.3) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร

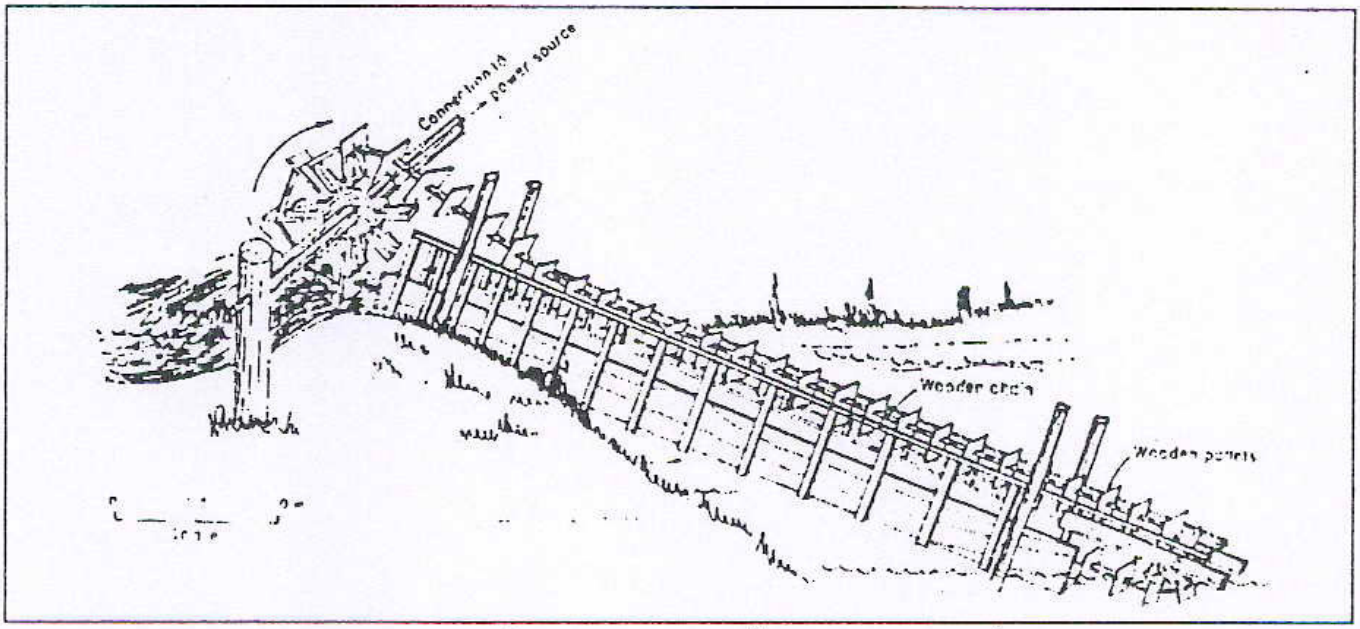
2. ประเภทใบพัดไม้หมุนด้วยความเร็วสูง (High – speed wooden rotor type)

กังหันไม้ความเร็วสูงนี้ใช้สูบน้ำโดยทั่วไปในเขตชายทะเลด้านตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดกรุงเทพฯ ฉะเชิงเทรา และสมุทรปราการ กังหันเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อการสูบน้ำเค็มเข้านาเกลือแถบบางปะกง รวมถึงการใช้ยกระดับน้ำจืดสำหรับการเพาะปลูกข้าวในเขตดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเฉพาะในทุ่งนารอบ ๆ จังหวัดฉะเชิงเทรา (รูปที่ 6.4)

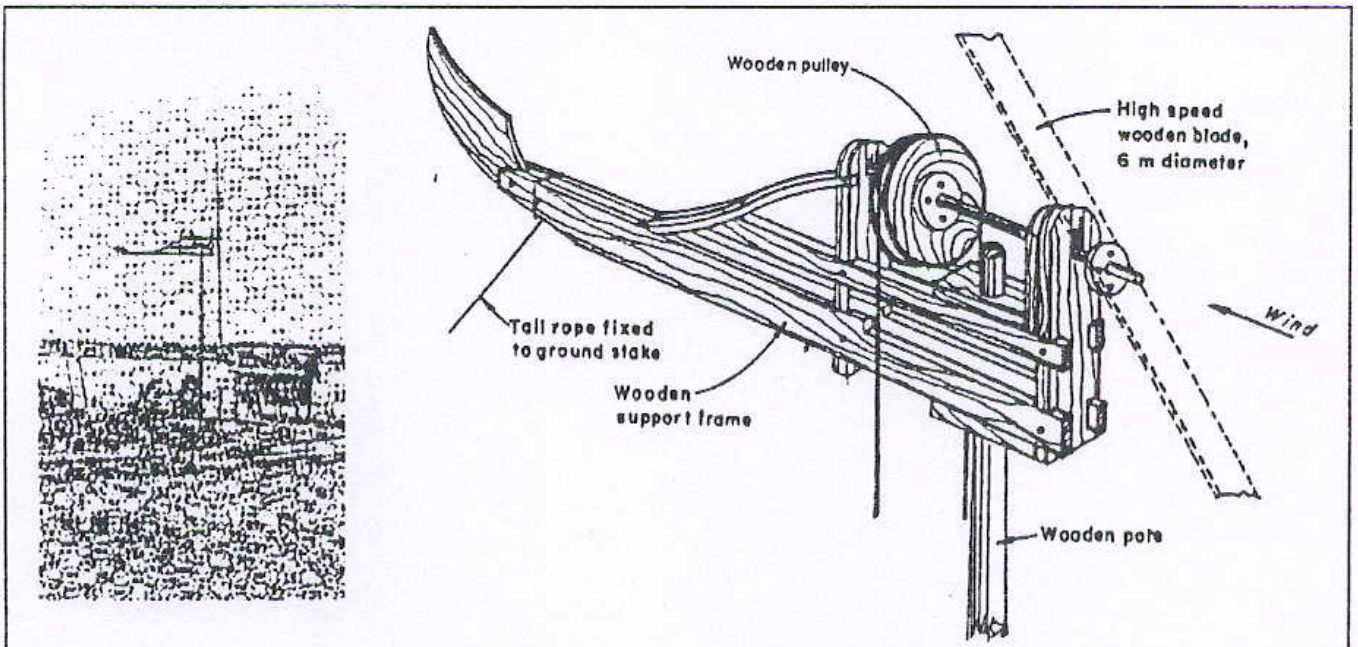
กังหันลมชนิดนี้ประกอบด้วยใบพัดไม้ 2 หรือ 4 ใบ โดยปกติกังหันที่มี 2 ใบพัด จะใช้ในบริเวณที่ใกล้ชายฝั่งซึ่งมีลมแรง ในขณะที่บริเวณเขตชั้นในจะใช้กังหันที่มี 4 ใบพัด เนื่องจากความแรงของลมน้อยกว่า ซึ่งในกรณีใบพัด 2 ใบพัด อาจก่อให้เกิดปัญหาขณะเริ่มหมุนได้ อย่างไรก็ตามในบางครั้งก็มีการใช้กังหันชนิด 4 ใบพัด ในบริเวณที่ใกล้ชายฝั่ง ทั้งนี้เพื่อเพิ่มอัตราการยกระดับน้ำให้สูงขึ้น แต่ละคู่ของใบพัด ทำจากไม้กระดานเนื้อแข็ง ความยาว 8 เมตร กว้าง 20 เซนติเมตร



รูปที่ 6.2 กังหันความเร็วต่ำใช้สูบน้ำทะเลสำหรับทำนาเกลือ



รูปที่ 6.3 ระหัดวิดน้ำทำด้วยไม้



หมุด 4 ตัวทำหน้าที่ยึด ใบกังหันเข้ากับแผ่นโลหะเล็ก ๆ ซึ่งเชื่อมติดกับปลายของเพลาเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร เพลาเหล็กนี้จะวางอยู่บนลูกปืน (bearing) 2 ชุดที่ติดอยู่กับโครง 2 ชิ้นที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลังของโครงไม้ค้ำยัน (wooden supporting frame) กังหันลมชนิดความเร็วสูงแบบเก่าปกติจะใช้เพียงเพลาไม้ หน้าตัด 9x9 เซนติเมตร ปลายทั้งสองกลม ในการหมุนรอบโดยตรงบนลูกปืนที่ทำด้วยไม้ (wooded bearing surface) กำลังจะถูกถ่ายทอดด้วยการหมุนของเชือกหรือโซ่เหล็กที่พันรอบลูกรอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ไปยังลูกรอกอีกตัวซึ่งติดกับเพลาสั้นของเครื่องระหัดวิดน้ำ โซ่หรือเชือกหนังวัวนี้สามารถบิดเป็นมุมได้ 180 องศา เพื่อเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงทิศของลม ผลการทดสอบ 10 ครั้งกับกังหันลมชนิดนี้ 1 ตัว ในการยกระดับน้ำ 0.9 เมตร แสดงว่า ที่ความเร็วลมเฉลี่ย 21 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะสูบน้ำได้อัตราเฉลี่ย 25 ลิตรต่อวินาที แบบแสดงรายละเอียดของกังหันนี้จัดทำโดยกองวิศวกรรมการเกษตร

กังหันลมแบบนี้จะถูกผลิตขึ้นเฉพาะตามจำนวนที่สั่งทำที่โรงไม้ในจังหวัดฉะเชิงเทรา ก่อนที่จะมีการแนะนำให้ใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเล็กแบบแกซโซลีนนั้น โรงไม้แห่งนี้ผลิตและขายกังหันแบบนี้มากกว่า 200 อันในแต่ละปี

3. ประเภทใบพัดโลหะหลายใบ (Multi – blade steel rotor type)

ประเทศไทยรู้จักกังหันชนิดหลายใบ มากว่า 20 ปีแล้ว และกังหันกว่า 20 อันก็ได้ถูกขายไปยังส่วนต่าง ๆ ของประเทศไทย แต่สาเหตุที่มันไม่แพร่หลายก็เนื่องจากเงินลงทุนเริ่มแรกสูงนั่นเอง

ผู้ผลิตขนาดเล็กจะออกแบบและผลิตกังหันแบบ multi–vane เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.4 เมตร ได้โดยทั่วไป ซึ่งกังหันที่ผลิตได้นี้จะมีความคล้ายคลึงกับกังหันของสหรัฐอเมริกา ยกเว้นใบพัดของไทย ซึ่งรู้จักในนาม "สนิท" (Sanit) จะใช้เพลา แทนการใช้ระบบเกียร์ในการส่งถ่ายกำลังจากการหมุนในแนวนอน (horizontal rotary motion) ไปยังการเคลื่อนที่ขึ้นลงแนวดิ่ง (vertical reciprocation motion) กังหันลมนี้จะใช้กับเครื่องสูบน้ำที่มีกระบอกสูบเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.6 เซนติเมตร ช่วงระยะชัก 10.2 เซนติเมตร โดยที่ความเร็วลม 6 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะสามาถสูบน้ำได้ 500 ลิตร/ชั่วโมง และที่ความเร็วลม 10 กิโลเมตร/ชั่วโมง สามารถสูบน้ำได้ 800 ลิตร/ชั่วโมง อย่างไรก็ตามผู้ผลิตกังหันชนิดนี้ต่างก็มีความหวังถึงยอดขายที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต เนื่องจากความพยายามในการออกแบบอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

Vieweg F & Sohn Braunschweig. 1985. Status report wind energy. GTZ–GATE, Eschborn, Germany.