สรุปการจัดการความรู้ (KM)
รอบการประเมินที่ 2 ประจำปีประมาณ พ.ศ.2563
ส่วนพยากรณ์อากาศการบิน

เรื่อง
วินด์ เชียร์ (Wind shear)

โดย คณะทำงานการจัดการความรู้ส่วนพยากรณ์อากาศการบิน
ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

คำนำ

ตามคำรับรองการปฏิบัติราชการของส่วนพยากรณ์อากาศการบิน รอบการประเมินที่ 2 ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ตัวชี้วัดที่ 1.4 ระดับความสำเร็จของการดำเนินการจัดการความรู้ของหน่วยงาน(KM) และการดำเนินการตามแผนพัฒนาบุคลากร การดำเนินงานระบบบริหารคุณภาพ ISO 9001 : 2015 ด้านอุตุนิยมวิทยาการบิน ส่วนพยากรณ์อากาศการบิน จึงได้ดำเนินการจัดการความรู้ **เรื่อง วินด์ เชียร์ (Wind shear)** โดยมีวัตถุประสงค์ในการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ ในระดับสากล เพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับผู้ปฏิบัติงานด้านอุตุนิยมวิทยาการบิน และเพิ่มพูนความรู้ทางด้านอุตุนิยมวิทยาการบินให้กับบุคลากรของ ศล. ในสายงานอื่น ๆ พร้อมทั้งใช้เป็นคู่มือประกอบในการปฏิบัติงานทางด้านอุตุนิยมวิทยาการบิน ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างต่อไป

ส่วนพยากรณ์อากาศการบิน
ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง
24 กันยายน 2563

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. วินด์ เชียร์ คืออะไร	1
2. สาเหตุการเกิด Wind Shear	2
3. เครื่องมือระบบตรวจอากาศอัตโนมัติและระบบตรวจวัดวินเชียร์	15
4. อ้างอิง	16

วินด์ เชียร์ (Wind shear)

วินด์ เชียร์ (Wind shear) เกิดจากลักษณะของกระแสลมที่พัดอย่างแปรปรวน ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยมีอยู่ 2 ลักษณะด้วยกัน ได้แก่

1.กระแสความเร็วลมแตกต่างกัน ระหว่างจุดหนึ่งมายังอีกจุดหนึ่ง ณ บริเวณดังกล่าวมีความเร็วลมต่างกัน อาทิ บริเวณด้านหัวรันเวย์ของสนามบินมีกระแสลมแรงที่ระดับ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ด้านท้ายสนามบินอยู่ที่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีผลต่อการควบคุมการบิน หากเครื่องยนต์ของเครื่องบินไม่มีกำลังแรงพอ กระแสลมทำให้เครื่องบินเสียการทรงตัวได้

2.ทิศทางของลมที่มีความแตกต่างกัน อาจจะเป็นทิศทางในแนวดิ่ง กระแสลมพัดขึ้นและลงในความเร็วที่แตกต่างกัน หรือกระแสลมที่พัดในแนวราบ ที่มีความเร็วแตกต่างกัน จะมีผลต่อการควบคุมการบินเช่นกัน

วินเชียร์ที่เป็นอันตรายต่อการบินบ้านเราจะเกิดจากพายุ ฟ้าคะนองเท่านั้น การตรวจวินเชียร์เป็นการเตือนภัยไม่ให้เครื่องบินเข้าไปในบริเวณที่เป็นวินเชียร์ซึ่งจะถูกโยนตัวขึ้น-ลง จนนักบินไม่สามารถ ควบคุมเครื่องได้ ถ้ารุนแรงมากชิ้นส่วนของเครื่องบินอาจฉีกขาด ทำให้เครื่องตกได้ ปรากฏการณ์วินด์ เชียร์ เกิดขึ้นได้ทุกระดับความสูงโดยทำให้เกิด การเคลื่อนที่ของลมเป็นวงกลม (Eddies) ทำให้เกิดความปั่นป่วนอย่างรุนแรงตามความรุนแรงของวินเชียร์ วินเชียร์ที่กระทบกระเทือน และเป็นอันตรายมากต่อการบินได้แก่ วินเชียร์ที่เกิดขึ้นในระดับต่ำๆ ซึ่งสูงจากทางวิ่งของสนามบินไม่เกิน 500 เมตร โดยจะเรียกว่า Low Level Wind Shear

สภาพอากาศที่เอื้อให้เกิด wind shear

1. เมื่อร่องอากาศที่ต่างกัน มากกว่า 5 °C (ร้อนและเย็น) มาเจอกัน
2. บริเวณภูเขา เมื่อลมพัดผ่านยอดเขา ความเร็วของลมด้านปลายลม คือ ด้านที่ผ่านยอดเขามา จะมีความเร็วของลมที่ต่างกัน เนื่องจากกระแสลมมันปั่นป่วนม้วนตัว (turbulence)
3. downbursts คือปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นเนื่องจาก ลมที่เกิดจากฝนที่ตกเทลงมา ยังพื้น ทำให้เกิดกระแสลมที่มุ่งลงพื้นดินแล้ว หักออกพุ่งออกนอก

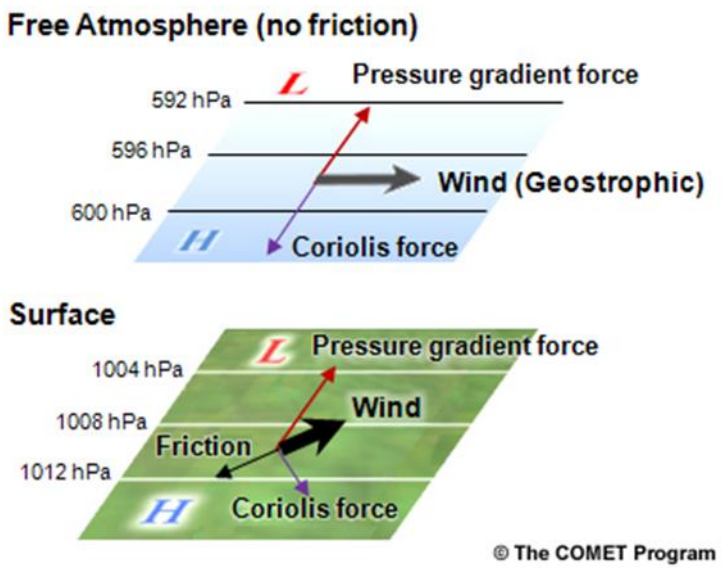
สาเหตุการเกิด Wind Shear เกิดจากสาเหตุ จึงจะขอรวบรวมไว้

1. ระดับชั้นมีแรงเสียดทาน(friction layer)

เป็นที่ทราบกันดีว่าแม้จะอยู่นอกอิทธิพลของปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา (MET) ทำให้เกิดลมเฉือน ในชั้นบรรยากาศระดับปกติก็ตามลมเฉือนได้เช่นกัน สังเกตได้ชัดเจนที่ต่ำกว่า 600 เมตร (2,000 ฟุต) ซึ่งแรงเสียดทานอากาศใกล้พื้นผิวโลกจะมีมากที่สุด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งความเร็วลมและทิศทางที่มีความสูง ชั้นนี้โดยทั่วไปเรียกว่า "ชั้นแรงเสียดทาน (friction layer)" ซึ่งสามารถต่อไปได้ แบ่งออกเป็น:

1.1) "ชั้นขอบเขตพื้นผิว (surface boundary layer) " จากพื้นผิวโลกขึ้นไปประมาณ 100 ม. (330 ฟุต) ซึ่งการเคลื่อนที่ของอากาศถูกควบคุมโดยแรงเสียดทานกับพื้นผิวโลก และ

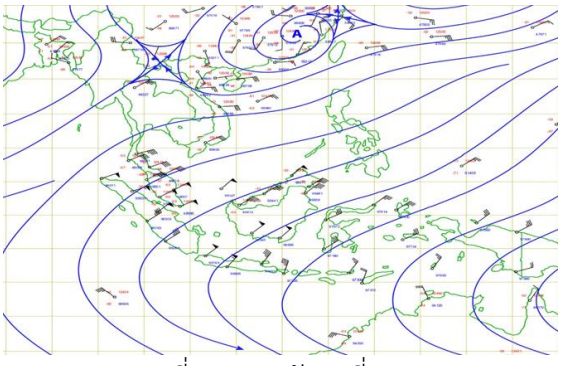
1.2) "Ekman layer" ตั้งแต่ประมาณ 100 ม. (330 ฟุต) จนถึงอย่างน้อย 600 ม. (2,000 ฟุต) ซึ่งผลของแรงเสียดทานในขณะที่ยังคงมีนัยสำคัญลดลงเรื่อย ๆ ตามความสูงที่เพิ่มขึ้นและปัจจัยควบคุมอื่น ๆ เช่น แรงโคริโอลิสและแรงดันไล่ระดับแนวนอน ลมที่ระดับสูง จะมีแรงเสียดทานน้อย โอกาสเกิด wind shear จะน้อยกว่า



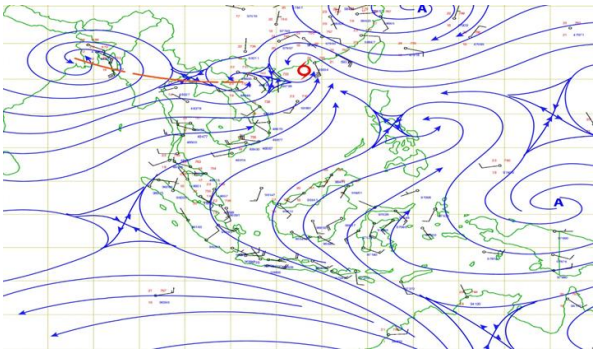
รูปที่ 1 แสดงเสียดทาน(friction)ของลมระดับล่าง

ลมผิวพื้น (Surface Winds) คือ ลมที่พัดจากบริเวณผิวพื้นไปยังความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรเหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการคลุกเคล้าของอากาศ และมีแรงฝืดอันเกิดจากการปะทะกับสิ่งกีดขวางร่วมกระทำด้วย ในระดับต่ำแรงความชันความกดอากาศในแนวนอนจะไม่สมดุลกับ แรงคอริออลิส แรงฝืดทำให้ความเร็วลมลดลง มีผลให้แรงคอริออลิสลดลงไปด้วย ลมผิวพื้นจะไม่พัดขนานกับไอโซบาร์ แต่พัดข้ามไอโซบาร์จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ และทำมุมกับไอโซบาร์ การทำมุมนั้นขึ้นอยู่กับความหยาบของผิวพื้น ถ้าเป็นทะเลที่

ราบเรียบจะทำมุม 10 ถึง 20 แต่พื้นดินทำมุม 20 ถึง 40 ส่วนบริเวณที่เป็นป่าไม้หนาทึม อาจทำมุมถึง 90 มุมที่ทำกับไอโซบาร์อยู่ในระดับความสูง 10 เมตร เหนือผิวพื้น ที่ระดับความสูงมากกว่า 10 เมตร ขึ้นไป แรงฝืดลดลง แต่ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น มุมที่ทำกับไอโซบาร์จะเล็กลง ส่วนที่ระดับความสูงใกล้ 1 กิโลเมตร เกือบไม่มีแรงฝืด ดังนั้นลมจึงพัดขนานกับไอโซบาร์



รูปที่ 3 ลมระดับสูงที่ 200 hPa



รูปที่ 4 ลมระดับสูงที่ 925 hPa

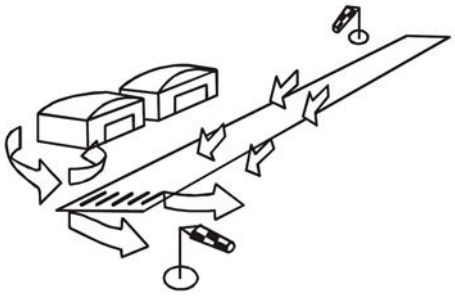
การหมุนเวียนทั่วไปของบรรยากาศ เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่เฉลี่ยของอากาศรอบโลก ศึกษาลมที่เกิดขึ้นจริงที่ใดที่หนึ่ง และเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่กำหนดให้ อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่เฉลี่ยของอากาศทำให้ทราบว่าทำไมลมถึงพัดรอบโลก และพัดในทิศทางใด ลมที่พัดอยู่ในระบบการหมุนเวียนทั่วไปเป็นลมประจำ ตัวอย่าง เช่น ลมที่พัดประจำในเกาะฮอนโนลูลู เป็นลมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนลมที่พัดประจำในเมืองนิวยอร์กเป็นลมตะวันตก การเคลื่อนที่เฉลี่ยของอากาศเป็นกลไกทำให้เกิดลมดังกล่าว เช่นเดียวกับแบบจำลองที่ความร้อยถูกถ่ายเทพลังงานจากบริเวณศูนย์สูตรไปยังขั้วโลก

2. สิ่งกีดขวาง(Obstacles)

สิ่งที่ทำให้ลม มีการเปลี่ยนทิศอย่างรวดเร็ว เกิดจากสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ เช่น อาคารขนาดใหญ่ ป่าไม้ ภูมิประเทศที่เป็นภูเขา

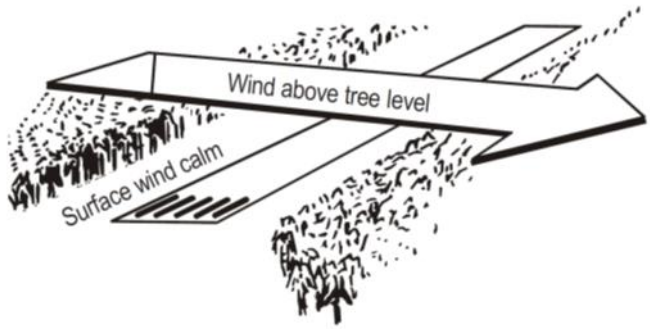
เช่น

2.1



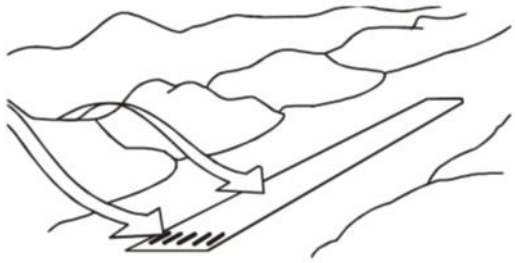
รูปที่ 4 ลมพัดวนรอบอาคาร ทำให้เกิด เกิดไม่ตรงกับทิศ ลมของรันเวย์ สามารถทำให้เกิดวินด์เชียร์ได้

2.2



รูปที่ 5 ลมพัดเหนือป่าไม้บริเวณสนามบิน ขวางแนวรันเวย์ ทำให้เกิดเป็นวินด์เชียร์ได้เช่นกัน

2.3



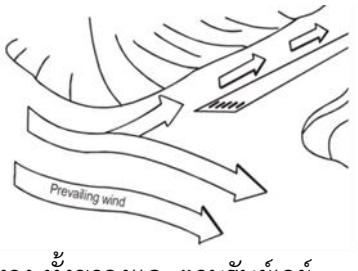
รูปที่ 6 ลมที่พัดตามลากเขา

ลมพัดที่พัดลงตามแนวชันภูเขา ลงมาสู่สนามบินที่เป็นพื้นราบ กระแทกลง รันเวย์ หรือ ขวางทางรันเวย์ ซึ่งบริเวณยอดเขาและลาดเขาจะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่าทำให้อากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น และอากาศบริเวณหุบเขาที่เย็นกว่าเกิดความกดอากาศสูง จะเคลื่อนตัวเข้าไปแทนที่อากาศที่ร้อนบริเวณลาดเขาและยอดเขา ทำให้เกิดลมหุบเขา ซึ่งลมดังกล่าวมีทิศทางการพัดจากหุบเขาไปสู่ลาดเขาและยอดเขาและช่วยในการระบายความร้อนจากหุบเขาไปตามลาดเขาได้ดีในเวลากลางวัน ลมภูเขา (Mountain Breeze) เป็นลมที่เกิดในเวลากลางคืน เมื่ออากาศเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ความกดอากาศบริเวณพื้นที่ที่สูงจะมีมากกว่าเนื่องจากพื้นดินคายความร้อนได้เร็วกว่า อากาศบริเวณภูเขาจะไหลลงมาสู่หุบเขาเกิดเป็นลมภูเขาในเวลากลางคืน นำเอาความเย็นมาสู่หุบเขา และถ้าอากาศเย็นและชื้นมากจะก่อให้เกิดหมอกหนาทึบปกคลุมหุบเขาหรืออาจเกิดน้ำค้างแข็งได้ด้วยเช่นกัน

ลมภูเขา (Mountain Breeze) ลมภูเขาหรือลมพัดลงลาดเขา เป็นลมเฉื่อยที่พัดตามแดนภูเขาในตอนกลางคืน กล่าวคือใน ตอนกลางคืนมวลอากาศที่อยู่ตามหุบเขา ที่มีพืชพรรณธรรมชาติขึ้น อยู่อย่างหนาแน่นกว่าบนไหล่เขา ที่สูงขึ้นไป จึงทำให้อากาศเหนือหุบเขาอุ่นกว่าและลอยตัวสูงขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิของอากาศตามไหล่เขาและยอดเขาลดต่ำอย่างรวดเร็ว ทำให้มวลอากาศตามไหล่เขาและยอดเขาเย็นและมีน้ำหนักเคลื่อนที่ลงสู่หุบเขาตามอำนาจแรงดึงดูดของโลก

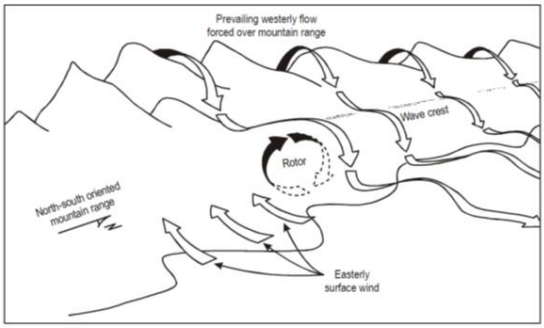
ลมหุบเขา (Valley Breeze) ลมหุบเขาหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ลมพัดขึ้นลาดเขา" เป็นลมที่พัดในตอนกลางวันและช่วยลดอุณหภูมิที่ร้อนอบอ้าว จะเกิดความแตกต่างของมวลอากาศ มีปรากฏระหว่างหุบเขากับยอดเขาสูง กล่าวคือในตอนกลางวันตามไหล่เขาและยอดเขาสูง ซึ่งมีพื้นผิวที่มีพืชพรรณธรรมชาติปกคลุมอยู่น้อยมาก และมีโขดหินใหญ่น้อยปรากฏกระจัดกระจายทั่วไป ส่งผลให้การดูดซับความร้อนได้ดีและรวดเร็วกว่าหุบเขา ซึ่งทำให้มวลอากาศเหนือพื้นผิวยอดเขาลอยตัวสูงขึ้นและมีมวลอากาศเย็นกว่าเบื้องล่างเคลื่อนที่ไปแทนที่ซึ่งทำให้เกิดลมหุบเขาขึ้น

2.4



รูปที่ 7 ลมที่พัดแล้วแยกเป็นสองทาง ทั้งขาวงและตามรันย์เวย์

ลมพัดตามช่องเข้าที่เป็นทางแยก ลมไปตามรันเวย์และแยกขวางรันเวย์ บริเวณภูเขา เมื่อลมพัดผ่านยอดเขา ความเร็วของลมด้านปลายลม คือ ด้านที่ผ่านยอดเขามา จะมีความเร็วของลมที่ต่างกัน เนื่องจากกระแสลมมันปั่นป่วนม้วนตัว (turbulence) เคลื่อนที่ของลมเป็นวงกลม (Eddies) ทำให้เกิดความปั่นป่วนอย่างรุนแรงตามความรุนแรงของวินเชียร์ วินด์เชียร์ที่กระทบกระเทือน และเป็นอันตรายมากต่อการบินได้แก่ วินด์เชียร์ที่เกิดขึ้นในระดับต่ำๆ ซึ่งสูงจากทางวิ่งของสนามบินไม่เกิน500เมตรเป็นวินด์เชียร์ที่เกิดขึ้นในระดับต่ำๆ ใกล้กับทางวิ่งของสนามบิน วินด์เชียร์เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศในบรรยากาศชั้นหนึ่งเคลื่อนผ่านบรรยากาศชั้นหนึ่งที่อยู่ติดๆกันซึ่งมีตั้งแต่ขนาด เล็กๆที่เกิดจากลมกระโชกแรงๆจนถึงการไหลของมวลอากาศขนาดใหญ่ โดยเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเหล่านี้อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมากกว่าเกิดร่วมกันเช่นพายุ ฟ้าคะนอง แนวปะทะอากาศ ลมทะเลฯลฯ ซึ่งวินเชียร์ที่เป็นอันตรายต่อการบินบ้านเราจะเกิดจากพายุ ฟ้าคะนองเท่านั้น การตรวจวินเชียร์เป็นการเตือนภัยไม่ให้เครื่องบินเข้าไปในบริเวณที่เป็นวินเชียร์ซึ่งจะถูกโยนตัวขึ้น-ลงจนนักบินไม่สามารถ ควบคุมเครื่องได้ ถ้ารุนแรงมากชิ้นส่วนของเครื่องบินอาจฉีกขาด ทำให้เครื่องตกได้



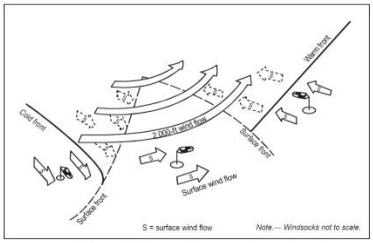
รูปที่ 8 ลมพัดลงจากภูเขา ลงมาสูสนามบินข่างล่าง ทำให้เกิด ลมหนุนวนขนาดเล็ก(Eddy) ที่สนามบิน และ ลมพัดตามพื้นผิวเป็นคลื่น

3. ลมพัดร่วมกับแนวประทะอากาศ (Wind Flow Associated with Frontal Surfaces)

แนวปะทะอากาศ (Front) ซึ่งแนวปะทะอากาศแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

- แนวปะทะอากาศร้อน (Warm Front)
- แนวปะทะอากาศเย็น (Cold Front)
- แนวปะทะอากาศอยู่กับที่ (Stationary Front)
- แนวปะทะอากาศซ้อน (Occluded Front)

ในบริเวณที่เกิดแนะปะทะอากาศสามารถวินด์เชียร์



a) Three-dimensional diagrammatic view of wind flow around warm/cold frontal system up to 2 000 ft, northern hemisphere (vertical scale exaggerated)

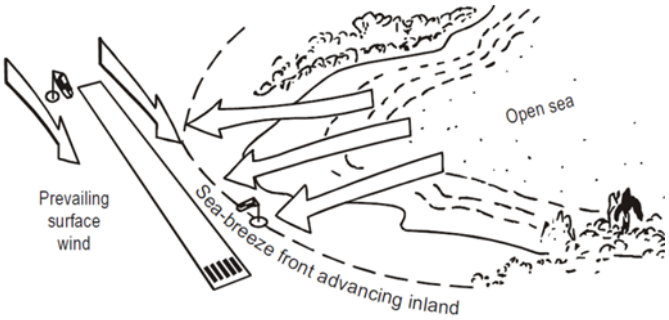
รูปที่ 9 ลมพัดร่วมกับแนวประทะอากาศ ทำให้เกิดวินด์เชียร์ได้เช่นกัน

4. ลมบก ลมทะเล (Sea Breeze & Land Breeze)

แยกพิจารณาได้ตามการเกิดของช่วงเวลาระหว่างวัน ดังนี้ ลมทะเล (Sea Breeze) เกิดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นลมที่พัดจากทะเลเข้ามาสู่พื้นดินบริเวณชายฝั่งทะเล เนื่องจากความแตกต่างระหว่างการรับและคายความร้อนระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ โดยในช่วงเวลากลางวันพื้นดินและพื้นน้ำได้รับความร้อนเท่ากัน

แต่พื้นดินร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ แต่ร้อนเฉพาะพื้นผิวหน้าดิน พื้นน้ำจะร้อนได้ช้ากว่าเนื่องจากน้ำมีความร้อนจำเพาะสูง และมีการระเหยกลายเป็นไอมากกว่าพื้นดิน ตลอดจนพื้นน้ำมีความปั่นป่วนหมุนเวียนถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า น้ำทะเลจึงร้อนช้ากว่าพื้นดิน เมื่อพื้นดินมีอุณหภูมิสูงกว่าจึงเกิดการยกลอยตัวของอากาศสูงขึ้น และอากาศเหนือพื้นน้ำจึงเคลื่อนเข้ามาแทนที่ เกิดเป็นลมทะเลที่มีทิศทางการพัดจากทะเลเข้าสู่พื้นดินในเวลากลางวัน

ลมบก (Land Breeze) เกิดในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นลมที่พัดจากพื้นดินสู่ทะเล เนื่องจากในเวลากลางคืนพื้นดินคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นน้ำ อุณหภูมิบนพื้นดินจึงต่ำกว่า ในขณะที่พื้นน้ำจะร้อนกว่าเนื่องจากคายความร้อนได้ช้ากว่า พื้นน้ำจึงมีอุณหภูมิสูงกว่า อากาศร้อนบนพื้นน้ำจึงลอยตัวสูง และอากาศเย็นจากพื้นดินจึงพัดเข้าไปแทนที่ทำให้เกิดลมบกที่พัดจากฝั่งเข้าสู่ทะเล



รูปที่ 10 ลมทะเลพัดขัดขึ้นมาทิศตามขวาง แนวรันเวย์

5. พายุฝนฟ้าคะนอง

เป็นเหตุที่ให้เกิดวินด์เชียร์ได้มากที่สุด ซึ่งมีเมฆ คิวมูโลคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus : Cb) เป็นตัวการสำคัญ เมฆชนิดนี้จะลมภายในเมฆผัดขึ้นลง และลมสามารออกมา จากเมฆ Cb ทำให้ลมกระโชกแรง ถ้าอยู่เกิดในสนามบินจะเป็นวินด์เชียร์

พายุฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm) เกิดจากเมฆที่ก่อตัวขึ้นในแนวดิ่งขนาดใหญ่ที่เรียกว่า เมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาพอากาศรุนแรง เช่น ลมกระโชก ฟ้าแลบและฟ้าผ่า ฝนตกหนัก อากาศปั่นป่วนรุนแรงทำให้มีลูกเห็บตก และอาจเกิดน้ำแข็งเกาะจับเครื่องบินที่บินอยู่ในระดับสูง การเกิดพายุฝนฟ้าคะนองมีลำดับ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นก่อตัว ขั้นเจริญเต็มที่ และขั้นสลายตัว ดังที่แสดงในภาพ

5.1 ขั้นก่อตัว (Cumulus stage)

เมื่อกลุ่มอากาศร้อนลอยตัวขึ้นสู่บรรยากาศ พร้อมกับการมีแรงมากระทำหรือผลักดันให้มวลอากาศยกตัวขึ้นไปสู่ความสูงระดับหนึ่ง โดยมวลอากาศจะเย็นลงเมื่อลอยสูงขึ้นและควบแน่นเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ เป็น

การก่อตัวของเมฆคิวมูลัส ในขณะที่ความร้อนแฝงจากการกลั่นตัว ของไอน้ำจะช่วยให้อัตราการลอยตัว ของกระแสอากาศภายในก้อนเมฆเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้ขนาดของเมฆคิวมูลัสมีขนาดใหญ่ขึ้น และยอดเมฆสูงเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ จนเคลื่อนที่ขึ้นถึงระดับบนสุดแล้ว (จุดอิ่มตัว) จนพัฒนามาเป็นเมฆคิวมูโลนิมบัส เราเรียกกระแสอากาศที่ไหลขึ้นว่า "อัพดราฟต์" (Updraft)

5.2 ขั้นเจริญเต็มที่ (Mature stage)

เป็นช่วงที่กระแสอากาศมีทั้งไหลขึ้นและไหลลง ปริมาณความร้อนแฝงที่เกิดขึ้นจากการควบแน่นลดน้อยลง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่หยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมามีอุณหภูมิต่ำ ช่วยทำให้อุณหภูมิของกลุ่มอากาศเย็นกว่าอากาศแวดล้อม ดังนั้นอัตราการเคลื่อนที่ลงของกระแสอากาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ลงมาซึ่งเรียกว่า "ดาวน์ดราฟต์" (Downdraft) จะแผ่ขยายตัวออกด้านข้าง ก่อให้เกิดลมกระโชกรุนแรง อุณหภูมิจะลดลงและความกดอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แผ่ออกไปไกลถึง 60 กิโลเมตรได้ โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ด้านหน้าของทิศทางการเคลื่อนที่ของพายุ นอกจากนั้นกระแสอากาศเคลื่อนที่ขึ้นและลงจะก่อให้เกิดลมเฉือน (Wind shear) ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อเครื่องบินที่กำลังจะขึ้นและร่อนลงสนามบินเป็นอย่างยิ่ง

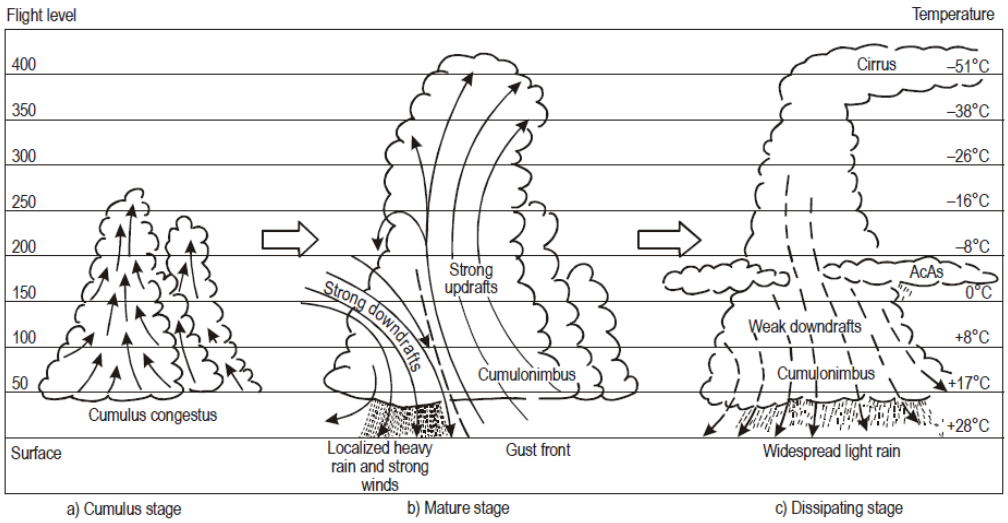
5.3 ขั้นสลายตัว

เป็นระยะที่พายุฝนฟ้าคะนองมีกระแสอากาศเคลื่อนที่ลงเพียงอย่างเดียว หยาดน้ำฟ้าตกลงมาอย่างรวดเร็วและหมดไป พร้อม ๆ กับกระแสอากาศที่ไหลลงก็จะเบาบางลง การเกิดพายุฝนฟ้าคะนองในแต่ละครั้งจะกินเวลานานประมาณ 2 - 4 ชั่วโมง ซึ่งพอจะลำดับเหตุการณ์ได้ดังนี้

- อากาศร้อนอบอ้าว เนื่องจากมวลอากาศร้อนยกตัวลอยขึ้น เมื่อปะทะกับอากาศเย็นด้านบนแล้วควบแน่นกลายเป็นละอองน้ำในเมฆ และคลายความร้อนออกมาในรูปของรังสีอินฟราเรด

- ท้องฟ้ามืดมัว อากาศเย็น เนื่องจากการก่อตัวของเมฆคิวมูโลนิมบัสมีขนาดใหญ่มากจนบดบังแสงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวลดต่ำลง

กระแสลมกรรโชกและมีกลิ่นดิน เกิดขึ้นเนื่องจากดาวน์ดราฟต์ (Downdraft) ภายในเมฆคิวมูโลนิมบัสเป่าลงมากระแทกพื้นดินและกลายเป็นลมเฉือน (Wind shear) ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ฟ้าร้อง เนื่องจากกระแสลมพัดขึ้นและลง (Updraft และ Downdraft) ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของประจุไฟฟ้าในก้อนเมฆและบนพื้นดิน ฝนตกหนัก เกิดจากการสลายตัวของก้อนเมฆเปลี่ยนเป็นหยาดน้ำฟ้าตกลงมาฝน และในบางครั้งมีลูกเห็บตกลงมาด้วย รุ้งกินน้ำ เกิดจากละอองน้ำซึ่งยังตกค้างอยู่ในอากาศหลังฝนหยุด หักเหแสงอาทิตย์ทำให้เกิดสเปกตรัม

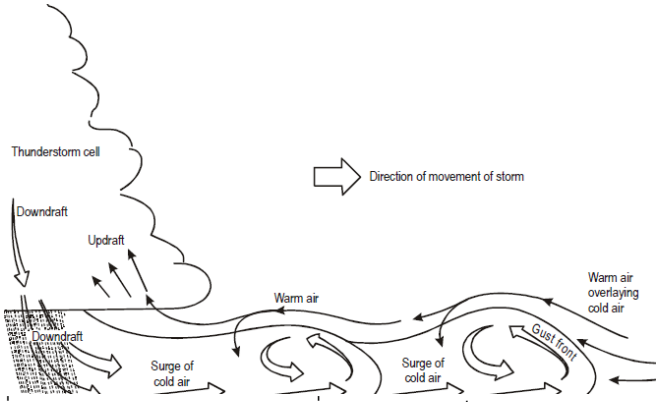


รูปที่ 11 วงจรการเกิดเมฆฝนฟ้าคะนอง

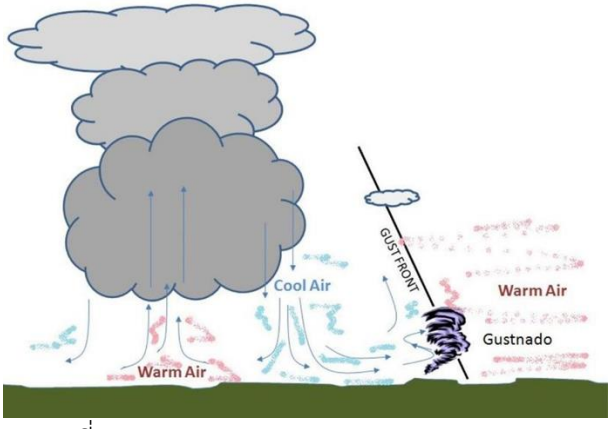
6. แนวปะทะลมกระโชก (gust front)

เมฆฝนฟ้าคะนองจะมีกระแสอากาศเย็นพุ่งลงมายังพื้น โดยเมื่อปะทะพื้นจะเกิดเป็นลมกระโชก (gust wind) เมื่อลมกระโชกพุ่งออกไป จะเกิดแนวรอยต่อระหว่างลมกระโชกเย็นๆ นี้กับอากาศที่อุ่นกว่าโดยรอบ แนวรอยต่อดังกล่าวเรียกว่า แนวปะทะลมกระโชก (gust front) หากลมกระโชกเร็วกว่า 60 นอต (ประมาณ 111 กิโลเมตร/ชั่วโมง) พุ่งไปตามพื้น ก็อาจทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศในแนวดิ่งที่บริเวณแนวปะทะลมกระโชค การหมุนวนนี้เริ่มจากพื้นและสูงขึ้นได้มากถึง 300 ฟุต (ราว 90 เมตร) เรียกว่า กัสต์นาโด (gust nado) ซึ่งมาจากคำว่า gust front + tornado (แม้ว่ากัสต์นาโดจะมีกลไกการเกิดแตกต่างจากทอร์นาโดก็ตาม)

แนวลมกระโชกเป็นแนวปะทะของมวลอากาศเย็นมวลหนัก ซึ่งเกิดมาจาก Thunderstorms หลังจากที่ Down Draft ถึงพื้นดินและไหลม้วนตัวขึ้นไป ผลที่ตามมาถ้าหากเครื่องบินบินเข้าไปในแนวลมดังรูปนั้นจะมีแรงยกและมี Headwind เพิ่มขึ้น บางครั้งอาจจะทำให้เลยจุด Touch Down ไป ทำให้ใช้ทางวิ่งมากขึ้น และจะมีอันตรายมากถ้าหากเป็น Wet Runway ถ้าหากเจอ Gust Front นักบินจะต้องเตรียมตัว Go Around เท่านั้น นอกจากนั้นนักบินควรจะเข้าใจถึงแก่นแท้ของมันเป็นอย่างดี



รูปที่ 12 แผนภาพ gust front ที่เกิด eddy เป็นอันตรายต่อการบิน



รูปที่ 13 แสดง gust front และ Gust Tonado

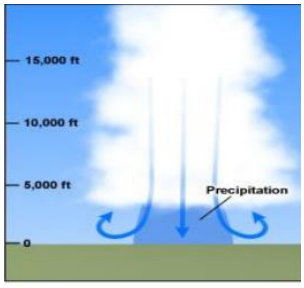
7. ไมโครเบิร์ส (Microburst) / ดาว์นเบิร์ส (Down burst)

ที่เกิดขึ้นเนื่องจาก ลมที่เกิดจากฝนที่ตกเทลงมา ยังพื้น ทำให้เกิดกระแสลม ที่มุ่งลงพื้นดินแล้ว หักออกพุ่งออกนอก ที่รู้กันว่า microburst นี้ เป็นสาเหตุอันสำคัญที่ก่อให้เกิด เครื่องบินตกขณะที่นักบินพยายามจะเอาเครื่องบินลง เป็นที่รู้กันว่า microburst นี้ เป็นพลังลมที่มีพลังที่รุนแรงมาก เมื่อมันกระทบดินแล้ว มันจะกระจายออกไปทุกทิศ ดังนั้นโดยปกติ ขณะที่นักบินพยายามจะเอาเครื่องบินลง นักบินจะชะลอความเร็วให้เหมาะสม เมื่อมาเจอกับ microburst เข้านักบินจะรู้สึกว่า เครื่องบินมีความเร็วมากไป (หน้าจอ อ่านความเร็ว) อันเกิดจาก ความเร็วลม - microburst ที่พัดเข้ามาปะทะเครื่องในส่วนที่เขาเรียกว่า headwind หากนักบินที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับ windshear น้อย ก็จะปรับให้เครื่องลดความเร็วลง เครื่องก็จะบินต่อไปผ่านกลุ่มลม microburst นี้ ทันทีที่เครื่องบินผ่านกลุ่มก้อนลมที่เร็วแรง ความเร็วลมที่เครื่องบินอยู่ขณะนั้น ก็จะลดลงทันที กล่าวคือ เครื่องมาอยู่ในบริเวณที่เรียกว่า tailwind ลมที่พัดผ่านปีกเครื่องบินลดลง (ตัวที่ทำให้เครื่องลอยตัวได้) ผลก็คือ แรงยก (lift) ก็จะลดน้อยลง ผลที่ตามมาก็คือ เครื่องจะถูกลดความสูงอย่างทันที(คือ เครื่องตกลงมาเลย) ฉะนั้นจะเห็นว่า หากเครื่องบินอยู่ใกล้พื้น โอกาสที่นักบินจะแก้โดยเร่งเครื่องขึ้นก็จะ

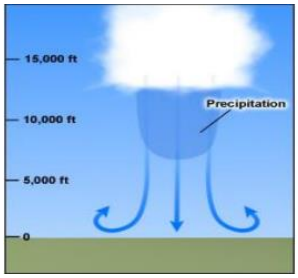
น้อย ผลก็คือ เครื่องกระแทกพื้น วิธีการแก้หรือสำหรับนักบินที่มีประสบการณ์สูง เมื่อเจอ windshear เขาจะเร่งเครื่องแทนที่จะลดความเร็วลง เพราะเมื่อเครื่องบินผ่าน downburst ไปแล้ว เครื่องยังมีความเร็วพอที่จะยังลอยตัวในอากาศได้ ในตอนที่ออกมาอยู่ในส่วน tailwind

ปรากฏการณ์นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

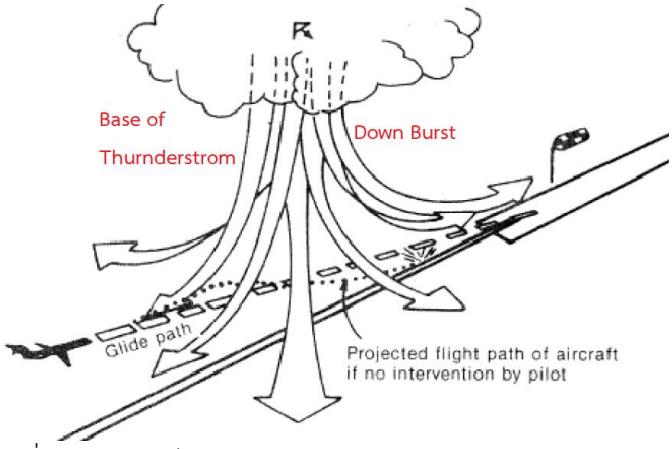
1. ไมโครเบิร์สแบบเปียก (Wet Microburst) คือ ไมโครเบิร์สที่เกิดจากหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ที่ ตกลงมาสู่พื้นดิน แล้วท่าให้เกิดกระแสลมแรงไหลลง (Downburst) กระจายออกทุกทิศทาง
2. ไมโครเบิร์สแบบแห้ง (Dry Microburst) คือ ไมโครเบิร์สที่เกิดจากหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ที่ยังไม่ตกลงสู่พื้นดิน (Virga) เพราะระเหยกลายเป็นไอน้ำไปก่อนตกกระทบถึงพื้น แต่ยังคงมีกระแสลมแรงไหลลง (Downburst) ลงไปกระทบพื้นแล้วกระจายออกทุกทิศทาง
3. ไมโครเบิร์สแบบร้อน (Heat Microburst) คือ ไมโครเบิร์สที่เกิดขึ้นในช่วงการสลายตัว (Dissipating)ของพายุฟ้าคะนอง (Thunderstorm) อันเกิดมาจากกระแสความร้อนของอากาศที่มีการอัดกันของอากาศแห้งไหลทำให้มีความร้อนสูงขึ้นแล้วไหลลงมากระทบพื้น เช่น เหตุการณ์ในวันที่ 22 พฤษภาคม 2539 เมืองชิกคาซา รัฐโอกลาโฮมาประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เกิดไมโครเบิร์สแบบร้อนทำให้อุณหภูมิบริเวณที่ตกกระทบมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจากเดิม 31.1°C สูงขึ้นเป็น 38.8 °C ภายในเวลาเพียง 25 นาที



การเกิดของไมโครเบิร์สแบบเปียก



การเกิดของไมโครเบิร์สแบบแห้ง



รูปที่ 14 ลักษณะไมโครเบิร์ส” (Microburst) พัดลงจากเมฆ CB

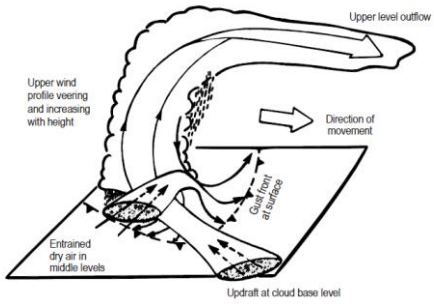
8. พายุทอนาโดร์ (Tonado)

มีลมพัดรุนแรงที่เกิดพายุชนิดนี้ ทอร์นาโดเกิดขึ้นจากลมร้อนและลมเย็นมาเจอกันและก่อตัวให้เกิดลมหมุน และเมื่อ ลมหมุนในระดับไม่คงที่ ทำให้ปลายข้างหนึ่งลงมาสัมผัสที่พื้นก่อให้เกิดทอร์นาโดได้โดยทอร์นาโดส่วนใหญ่เกิดในสหรัฐอเมริกาเนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่ สามารถก่อให้เกิดลมร้อนและไอเย็นปะทะกันและมีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วเล็กลง การหมุนของอากาศสามารถสามารถทำเกิดวินด์เชียร์ได้ เกิดขึ้นได้ในหลายลักษณะ โดยลักษณะที่พบได้บ่อยที่สุดคือลักษณะรูปทรงกรวย โดยส่วนปลายโคนชี้ลงที่พื้น ทอร์นาโดสามารถก่อพลังทำลายได้สูง โดยความเร็วลมสามารถสูงมากถึง 500 กม/ชม (300 ไมล์/ชม) ซึ่งก่อให้เกิดการพังทลายของสิ่งก่อสร้างได้ ถึงแม้ว่าทอร์นาโดส่วนใหญ่เกิดในสหรัฐอเมริกา ทอร์นาโดยังสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกทวีปและในหลายประเทศ อาทิเช่น ประเทศญี่ปุ่นมีการเกิดประมาณปีละ 20 ครั้ง

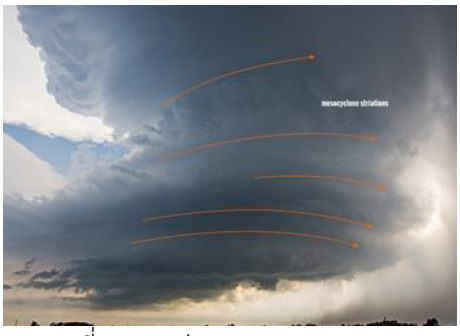
รูปที่ 15 แสดงลักษณะและความเร็วลมใน พายุทอนาโดร์

9. ซูปเปอร์เซลล์(Supper Cell)

ซูเปอร์เซลล์ (Super cell) คือเมฆฝนฟ้าคะนองที่มีแกนหมุนของอากาศอยู่ภายใน โดยเมฆที่มีชื่อเรียกว่าซูเปอร์เซลล์นี้ เป็นเมฆที่สามารถทำให้เกิดทอร์นาโดที่รุนแรงขึ้นได้ ซึ่งเมฆชนิดนี้ยังไม่พบหลักฐานว่าเกิดในไทย



รูปที่ 16 ทางเดินลม ใน SUPERCELL



รูปที่ 17 รูปร่างเมฆ SUPERCELL

10. ปรากฏการณ์ ฟูจิวารา (Fujiwhara Phenomena)

คือปรากฏการณ์ที่พายุหมุนเขตร้อน หรือ นอกเขตร้อน 2 ลูก ดึงดูดให้โคจรรอบกันและกัน ลดระยะห่างระหว่างกัน สุดท้ายอาจรวมกัน (Merge) เป็นพายุใหญ่ลูกเดียว บัญญัติโดยนักอุตุนิยมวิทยาชาวญี่ปุ่น Sakuhei Fujiwhara โดยระยะห่างที่จะเกิดปรากฏการณ์นี้ จะแบ่งตามชนิดพายุ กล่าวคือ พายุหมุนเขตร้อนจะเกิด effect เมื่อเข้าใกล้กันเกินระยะ 1,400 กิโลเมตร

พยุหมุนนอกเขตร้อน จะเกิด effect เมื่อเข้าใกล้กันเกินระยะ 2,000 กิโลเมตร

ตัวอย่างของคู่พายุ ที่เกิดปรากฏการณ์ ฟูจิวารา เช่น

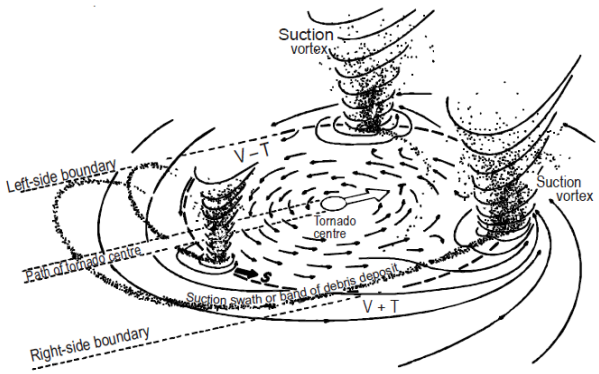
-พายุโซนร้อน Yule และ พายุดีเปรสชัน 16W ในปี 1997 (ไดอะแกรมด้านบน)

-พายุเฮอริเคน Kirsten และ Ione ในปี 1974

-ไต้ฝุ่น Pat และ พายุโซนร้อน Ruth ในปี 1994

-ไต้ฝุ่น Nida และ พายุดีเปรสชัน 27W ในปี 1994

-ไต้ฝุ่น เทมบิน และ บ่อละเวน ในปี 2012



รูปที่ 18 ปรากฏการณ์ ฟูจิวารา (Fujiwhara Phenomena)

หลังจากเกิด อุบัติเหตุขึ้นหลายครั้งต่ออากาศยานที่กำลังบินและปะทะเข้ากับลมชนิดนี้ สมาพันธ์การบินนานาชาติ (FAA) ได้ออกกฎระเบียบเพื่อเร่งให้สนามบินและตัวอากาศยานทำการติดตั้งระบบแจ้ง เตือนวินด์เชียร์ระดับต่ำ (Low Level Windshear Alert System-LLWAS) บริเวณทางวิ่งหรือรันเวย์ ตั้งแต่ปี 1976 และออกระเบียบให้สายการบินทุกรายติดตั้งระบบอินฟราเรดตรวจจับวินด์เชียร์ ตั้งแต่ปี 1996 โดยเครื่องรุ่นแรกที่มีการติดตั้งระบบนี้คือ โบอิ้ง 777 เพื่อความปลอดภัยในการเดินทางของผู้โดยสาร และขจัดปัญหารวมถึงอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกเวลายามเมื่ออากาศยานบิน เข้าไปปะทะกับลมเจ้าพายุนี้

เครื่องมือระบบตรวจอากาศอัตโนมัติและระบบตรวจวัดวินเชียร์ (Automatic Weather Observation System : AWOS และ Low Level Wind Shear Alert System : LLWAS) เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจวัดข้อมูลพื้นฐานทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ เช่น ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิบนทางวิ่ง ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ ทิศทางและความเร็วลม ตรวจวัดทัศนวิสัยบนทางวิ่ง ความสูงฐานเมฆ และการตรวจวัดวินเชียร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเครื่องบินกำลังขึ้นหรือลง บริเวณสนามบิน โดยเมื่อเกิดวินเชียร์จะมีการแจ้งเตือนโดยอัตโนมัติ

อ้างอิง

https://guru.sanook.com/20353/

http://www.neutron.rmutphysics.com/science-news/index.php?option=com_content&task=view&id=1661&Itemid=4

หนังสือ Manual on Low-level Wind Shear Doc 9817 AN/449