6. เครื่องหมายแสดงระดับความปลอดภัยจากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ตามประกาศ กทช. เรื่อง หลักเกณฑ์และมาตรการกำกับดูแลความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม ได้กำหนดเขตพื้นที่ของความแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ ดังนี้

1) เขตพื้นที่ที่มีระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องตามมาตรฐาน (Compliance Zone) คือเขตพื้นที่ที่ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดทั้งสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน และกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานความปลอดภัย

2) เขตพื้นที่สำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน (Occupational Zone) คือเขตพื้นที่ที่ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน แต่สูงกว่าขีดจำกัดสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานความปลอดภัย

3) เขตพื้นที่เกินขีดกำหนด (Exceedance Zone) คือเขตที่ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าขีดจำกัดทั้งสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน และกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานความปลอดภัย

6.1 ระยะต่ำสุดที่สอดคล้องกับระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การคำนวณระยะห่างต่ำสุดจากสายอากาศที่สอดคล้องกับระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแต่ละพื้นที่สำหรับสถานีวิทยุคมนาคมที่ใช้ความถี่วิทยุสูงกว่า 1 MHz สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรตามตารางที่แสดง ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงระยะทางต่ำสุดของสายอากาศ ของสถานีวิทยุคมนาคมถึงจุดสังเกตการณ์ ที่ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องตามขีดจำกัดสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป

Radio frequency range	General Public Exposure	
1 MHz to 10 MHz	$r = 0.10\sqrt{eirp \times f}$	$r = 0.129\sqrt{erp \times f}$
10 MHz to 400 MHz	$r = 0.319\sqrt{eirp}$	$r = 0.409\sqrt{erp}$
400 MHz to 2000 MHz	$r = 6.38\sqrt{eirp / f}$	$r = 8.16\sqrt{erp / f}$
2000 MHz to 300000 MHz	$r = 0.143\sqrt{eirp}$	$r = 0.184\sqrt{erp}$
r is the minimum antenna distance, in meters; *f* is the frequency, in MHz; erp is the effective radiated power in the direction of the largest antenna gain, in watts; eirp is the equivalent isotropically radiated power in the direction of the largest antenna gain, in watts;		

ตารางที่ 6.2 แสดงระยะทางต่ำสุดของสายอากาศ ของสถานีวิทยุคมนาคมถึงจุดสังเกตการณ์ ที่ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องตามขีดจำกัดสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน

Radio frequency range	Occupational Exposure	
1 MHz to 10 MHz	$r = 0.0144 \times f \times \sqrt{eirp}$	$r = 0.0184 \times f \times \sqrt{erp}$
10 MHz to 400 MHz	$r = 0.143\sqrt{eirp}$	$r = 0.184\sqrt{erp}$
400 MHz to 2000 MHz	$r = 2.92\sqrt{eirp / f}$	$r = 3.74\sqrt{erp / f}$
2000 MHz to 300000 MHz	$r = 0.0638\sqrt{eirp}$	$r = 0.0819\sqrt{erp}$
r is the minimum antenna distance, in meters; *f* is the frequency, in MHz; erp is the effective radiated power in the direction of the largest antenna gain, in watts; eirp is the equivalent isotropically radiated power in the direction of the largest antenna gain, in watts;		

ในกรณีที่ข้อมูลการวิเคราะห์หรือข้อมูลการวัดระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสถานีวิทยุคมนาคมใดบ่งชี้ว่า การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสถานีวิทยุคมนาคมนั้น อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงในการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของประชาชนหรือผู้ทำงานแล้ว ผู้ประกอบการจะต้องติดป้ายคำเตือนในบริเวณที่มีความเสี่ยงในการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Exceedance Zone หรือ Occupational Zone) หรือมีมาตรการบรรเทาผลกระทบที่เป็นรูปธรรมชัดเจนตามควรแก่กรณี เพื่อป้องกันมิให้มีการเข้าถึงบริเวณดังกล่าวโดยง่าย หรือเพื่อให้ผู้ได้รับผลกระทบมีการเตรียมการป้องกันตัวเองที่เหมาะสม

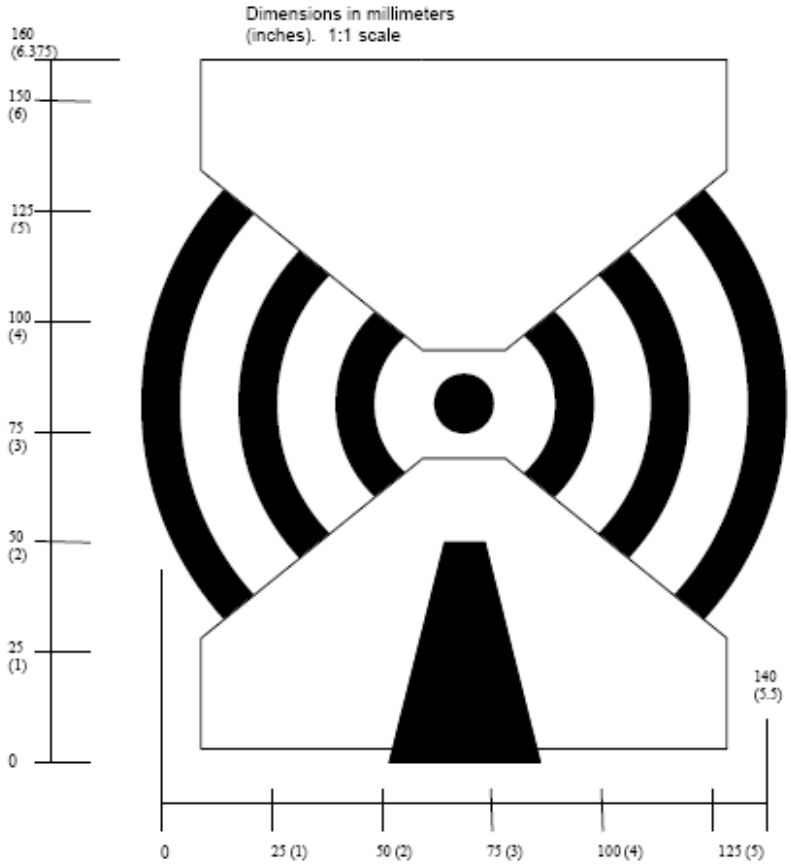
6.2 การแสดงเครื่องหมาย

ในการจัดทำเครื่องหมายให้ใช้วัสดุที่มีความคงทนไว้ แข็งแรง ทนต่อสภาพภูมิอากาศ เช่น อลูมีเนียม โดยมีขนาด 14X10 นิ้ว ดังแสดงตัวอย่างของเครื่องหมายในรูปที่ 6.1-6.2 ซึ่งผู้รับผิดชอบมีหน้าที่ต้องติดป้ายคำเตือนในบริเวณที่มีความเสี่ยงในการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกินเกณฑ์ที่กำหนด (Occupational Zone และ Exceedance Zone) เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทราบและตระหนักถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกินขีดจำกัดและป้องกันไม่ให้มีการเข้าถึงบริเวณดังกล่าวโดยง่าย

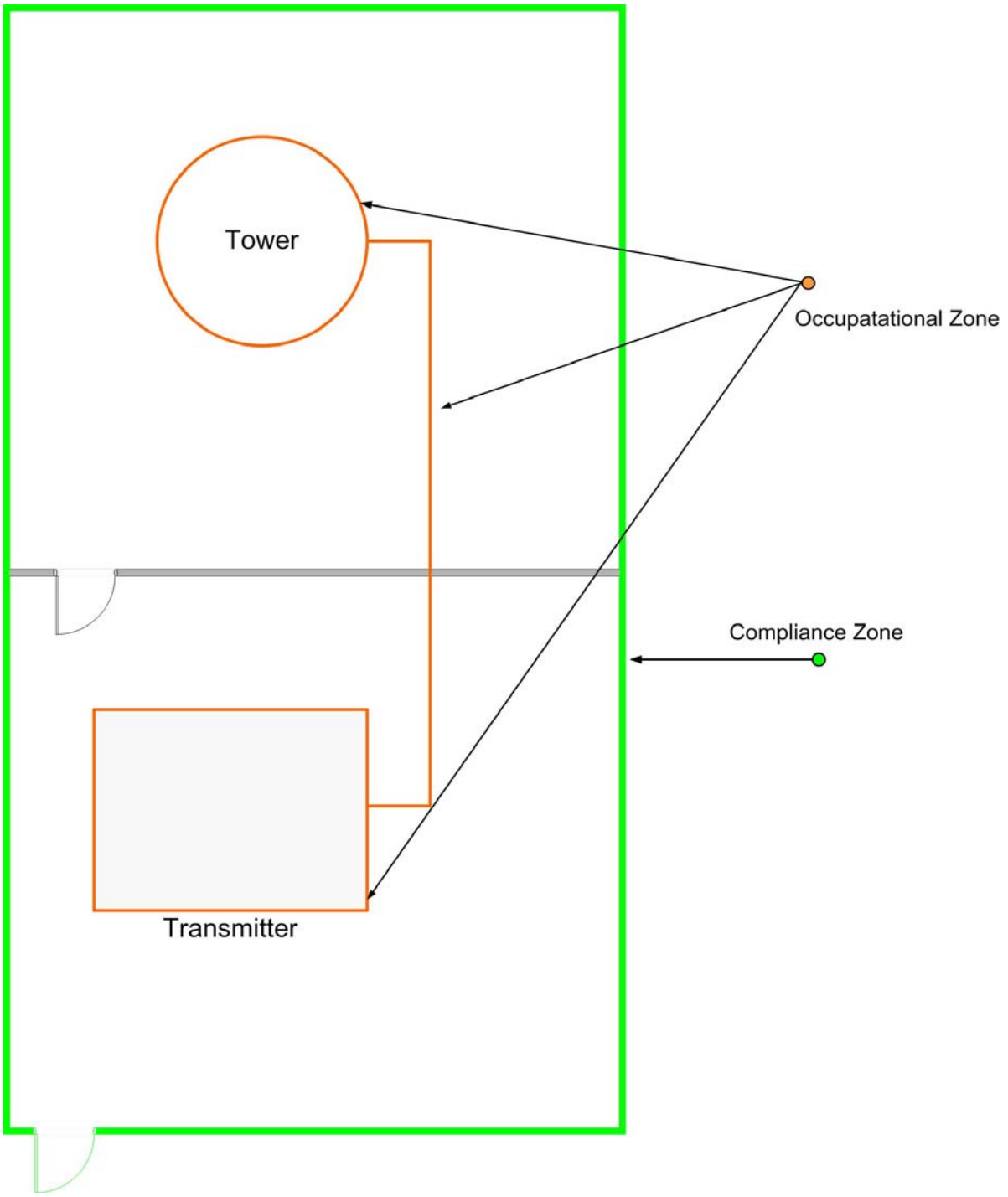
ในบริเวณพื้นที่ที่มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องตามมาตรฐาน (Compliance Zone) นั้น อาจแสดงเครื่องหมายแสดงระดับความปลอดภัยจากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือไม่ก็ได้ หากประสงค์จะแสดงเครื่องหมายให้ใช้รูปแบบและข้อความตามที่แสดงไว้ในเอกสารนี้

รูปที่ 6.1 เครื่องหมายแสดงเขตพื้นที่สำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน (Occupational Zone)

รูปที่ 6.2 เครื่องหมายแสดงเขตพื้นที่มีระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกินขีดจำกัด (Exceedance Zone)



รูปที่ 6.3 แสดงขนาดของเครื่องหมาย



รูปที่ 6.4 แสดงตัวอย่างตำแหน่งการติดเครื่องหมาย

7. แนวทางปฏิบัติในการทำความเข้าใจกับประชาชน

7.1 ขั้นเตรียมการ

7.1.1 กำหนดทีมงานหรือผู้รับผิดชอบ เพื่อทำหน้าที่ประสานงานให้ข้อมูลกับประชาชนและสร้างความสัมพันธ์ที่ดีก่อนการเริ่มโครงการติดตั้งสถานีวิทยุคมนาคม โดยทีมงานดังกล่าวควรประกอบด้วยผู้มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรง และทราบขั้นตอน ระยะเวลาการดำเนินงานและการตัดสินใจ ผู้มีความชำนาญทางด้านเทคนิคการมีส่วนร่วมและการสื่อสาร

7.1.2 สำรวจความรู้สึกของประชาชนในบริเวณพื้นที่ที่จะติดตั้งสถานีวิทยุคมนาคมและบริเวณใกล้เคียง และประเมินสถานการณ์สาธารณะหรือชุมชน แนวโน้มที่จะต่อต้านหรือยอมรับการติดตั้งสถานีวิทยุคมนาคมในบริเวณพื้นที่นั้น ๆ เพื่อหาวิธีป้องกันการต่อต้านล่วงหน้า โดยการพูดคุยกับประชาชนและหน่วยงานในพื้นที่ หรือสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน ในประเด็นต่าง ๆ เช่น

1) โครงการติดตั้งสถานีวิทยุคมนาคมในพื้นที่นั้น ๆ มีแนวโน้มที่จะมีความเห็นไม่ลงรอยกันหรือไม่

2) ชุมชนนั้นเคยมีประวัติหรือประสบการณ์การมีส่วนร่วมหรือแสดงความสนใจต่อประเด็นหรือโครงการอื่น ๆ หรือไม่อย่างไร

3) ขนาดพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการตั้งสถานีวิทยุคมนาคม

4) มีการสอบถามจากประชาชนมากหรือไม่ และเป็นความห่วงกังวลในเรื่องใดบ้าง

5) มีการรวมตัวเป็นกลุ่มในพื้นที่หรือไม่ โดยเฉพาะกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการตัดสินใจ

7.2 ขั้นวางแผนการมีส่วนร่วม

จากข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นเตรียมการ ทีมงานต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนการมีส่วนร่วมของประชาชนดังต่อไปนี้

7.2.1 ระบุและวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้เสียและประเด็นที่ห่วงกังวล ผู้ได้รับผลกระทบหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่ายไม่ว่าโดยทางตรงหรือโดยทางอ้อมควรมีโอกาสเข้าสู่กระบวนการมีส่วนร่วม แต่ละประเด็นการตัดสินใจย่อมมีผู้สนใจหรือผู้ได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน แต่กลุ่มที่ได้รับผลกระทบโดยตรงอาจถือว่าต้องรับฟังข้อมูลหรือปรึกษาหารือเป็นอันดับแรก ๆ

การระบุผู้มีส่วนได้เสียอาจพิจารณาได้ดังนี้

1) ผู้อยู่อาศัยบริเวณพื้นที่ที่จะติดตั้งสถานีวิทยุคมนาคมโดยรอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่อาจมีความเสี่ยงในการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกินขีดกำหนดสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานความปลอดภัย จะต้องให้ข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม และการหลีกเลี่ยงการเข้าใกล้บริเวณดังกล่าว

2) ผู้มีผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ เช่น เจ้าของที่ดินหรือสถานที่ที่จะติดตั้งสถานีวิทยุคมนาคม

3) ผู้มีความสนใจมิติทางด้านสังคม/สิ่งแวดล้อมที่เป็นผลจาการตัดสินใจ

4) ผู้มีอำนาจที่ได้รับมอบหมายตามกฎหมาย เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ หรือหน่วยงานของรัฐอื่น ๆ ที่มีอำนาจหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง (องค์การบริหารส่วนตำบลผู้มีอำนาจในการอนุญาตก่อสร้างอาคาร/สถานีวิทยุคมนาคม)

5) วิเคราะห์ความสำคัญและอิทธิพลของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย แต่ละกลุ่มมีประเด็นกังวลใจแตกต่างกัน ดังนั้น รูปแบบการมีส่วนร่วมที่นำมาใช้ย่อมแตกต่างกันตามความเหมาะสม เช่น กรณีกลุ่มผู้ต่อต้านเป็นนักวิชาการ ควรนำเสนอข้อมูลทางวิชาการโดยนำรายงานสรุปผลการดำเนินการของคณะกรรมการ

ร่างมาตรฐานความปลอดภัยเกี่ยวกับการใช้เครื่องวิทยุคมนาคมต่อสุขภาพผู้ใช้ เครื่องมือ และอุปกรณ์ทางการแพทย์ มาเป็นแนวทางในการให้ข้อมูล

7.2.2 คาดการณ์ระดับการโต้เถียง ขั้นตอนนี้ทีมงานต้องประเมินหรือคาดการณ์จากข้อมูลขั้นเตรียมการว่าระดับของการถกเถียง หรือการโต้แย้งจะเป็นอย่างไร ซึ่งการประเมินเป็นเรื่องยากแต่อาจพิจารณาจากตัวชี้วัด เช่น

1) เคยมีการถกเถียงหรือการโต้แย้งในประเด็นการตั้งสถานีวิทยุคมนาคมของผู้ประกอบการรายอื่นมาก่อนหรือไม่

2) มีประเด็นทางการเมืองเกี่ยวข้องหรือไม่ เช่น อยู่ในช่วงใกล้เลือกตั้งผู้นำท้องถิ่น ความขัดแย้งทางการเมืองท้องถิ่น เป็นต้น

3) เป็นเหตุผลของการรวมกลุ่มใดบ้างหรือไม่

7.2.3 ระบุเป้าหมายของการมีส่วนร่วม 4 ขั้นตอน

1) ขั้นการระบุปัญหา/ความต้องการ ผู้ประกอบการต้องให้เตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณความต้องการใช้บริการของผู้ใช้บริการในพื้นที่เพิ่มสูงขึ้น ความสามารถในการให้บริการของโครงข่ายเดิมไม่เพียงพอ หรือบริเวณพื้นที่ดังกล่าวไม่มีสัญญาณ หรือเพื่อนำเสนอบริการใหม่ ๆ เพื่อให้ประชาชนในชุมชนสามารถเข้าถึงบริการนั้น ๆ เพื่อชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นและประโยชน์ของประชาชนและชุมชนที่จะได้รับ และตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 ส่วนที่ 3 แนวนโยบายด้านการบริหารราชการแผ่นดิน มาตรา 77 (8) ส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจท้องถิ่นและระบบสาธารณูปโภค และสาธารณูปการตลอดทั้งโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศในท้องถิ่นให้ทั่วถึงและเท่าเทียมกันทั่วประเทศ

2) ขั้นการศึกษาทางเลือก ผู้ประกอบการอาจหาข้อมูลสถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งสถานีวิทยุคมนาคมในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวและบริเวณใกล้เคียงไว้ 2-3 แห่ง

3) ขั้นประเมินทางเลือก ผู้ประกอบการประเมินทางเลือกจากปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางด้านเทคนิคและความพึงพอใจของประชาชน และได้ข้อเสนอทางเลือกของสถานที่ตั้งเพื่อพิจารณา เพราะหากประชาชนไม่พึงพอใจในสถานที่ตั้งที่ผู้ประกอบการเลือกไว้ ประชาชนก็อาจรวมตัวกันต่อต้านคัดค้านการตั้งสถานีวิทยุคมนาคมในสถานที่นั้น ๆ ได้

4) ขั้นการเลือกทางเลือกเพื่อให้ได้สถานที่ที่เหมาะสมที่สุดทั้งในด้านเทคนิคที่สามารถให้บริการได้ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย และชุมชนยอมรับ

7.2.4 ระบุเป้าหมายพิเศษของชุมชน พิจารณาว่าชุมชนหรือพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบหรือกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย หรือประเด็นตัดสินใจ มีลักษณะหรือเงื่อนไขพิเศษที่อาจจะกระทบต่อรูปแบบการมีส่วนร่วม ตัวอย่าง เช่น ชุมชนที่มีลักษณะพิเศษทางวัฒนธรรม ประเด็นเกี่ยวข้องกับความขัดแย้งทางการเมือง กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียหลากหลายอยู่กระจัดกระจายหรือประเด็นเป็นที่สนใจขององค์กรพัฒนาเอกชน

7.2.5 การเลือกเทคนิคและกิจกรรมการมีส่วนร่วมของประชาชน โดยนำข้อมูลเกี่ยววัตถุประสงค์ของการมีส่วนร่วมในแต่ละขั้นตอนของการตัดสินใจ ผู้ที่ได้รับผลกระทบที่มีความสำคัญและระดับความสนใจ ข้อมูลที่ต้องให้กับสาธารณะ และข้อมูลที่ต้องได้รับจากประชาชน และลักษณะหรือเงื่อนไขพิเศษ เพื่อตัดสินใจใช้เทคนิคการมีส่วนร่วมแต่ละขั้นตอน

7.2.6 การเขียนแผนการมีส่วนร่วม จะช่วยทำให้ความคิดชัดเจนก่อนให้เกิดความร่วมมือช่วยในการประสานงาน และสามารถสื่อสารกับประชาชนได้ง่ายขึ้น

7.3 ขั้นตอนการนำไปสู่การปฏิบัติ

การดำเนินตามแผนจะต้องมีการจัดทำแผนปฏิบัติของแต่ละกิจกรรมการมีส่วนร่วม เช่น การจัดเวทีสาธารณะจะต้องมีการตัดสินใจว่าจะจัดที่ใด เมื่อไร ใครเป็นวิทยากร การดำเนินการดังกล่าวควรมีความยืดหยุ่น และการตรวจสอบปรับปรุงแผนการมีส่วนร่วมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ หากมีการเปลี่ยนแปลงจำเป็นต้องแจ้งให้ผู้เกี่ยวข้อง อาจรวมถึงประชาชนด้วย

การเลือกใช้เทคนิคการมีส่วนร่วมของประชาชนใดขึ้นอยู่ความเหมาะสมและสถานการณ์และกลุ่มของผู้ได้รับผลกระทบหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่ม โดยทีมงานจะต้องวิเคราะห์ความเหมาะสมที่จะนำเทคนิคแต่ละชนิดมาปรับใช้ ดังต่อไปนี้

- **เทคนิคการมีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลแก่ประชาชน**
  1. เอกสารข้อเท็จจริง/แผ่นพับนำเสนอข้อมูล
  2. จดหมายข่าว
  3. รายงานการศึกษา
  4. การจัดทำวีดิทัศน์
  5. การจัดตั้งศูนย์ข้อมูลข่าวสาร
  6. การสื่อสารผ่านหอกระจายข่าวประจำชุมชน
  7. การชี้แจงให้ประชาชนในการประชุมของทางราชการปกครองส่วนท้องถิ่น
- **เทคนิคการมีส่วนร่วมในการรับฟังความคิดเห็น**
  1. การสัมภาษณ์รายบุคคล
  2. การสนทนากลุ่มย่อย
  3. การสำรวจความคิดเห็น
  4. การพบปะแบบไม่เป็นทางการ
  5. การจัดกิจกรรมการมีส่วนร่วมของประชาชนแก่ชุมชน

.

ภาคผนวก ก
กฎหมาย/กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง

1. กฎหมายที่เกี่ยวกับเครื่องวิทยุคมนาคมและการตั้งสถานีวิทยุคมนาคม

1.1 พระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2543

1.2 พระราชบัญญัติการประกอบกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. 2544

1.3 พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498

2. กฎหมายเกี่ยวกับการคุ้มครองผู้บริโภค

2.1 ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการรับฟังความคิดเห็นของประชาชน พ.ศ. 2548

2.2 ระเบียบคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติว่าด้วยการรับฟังความคิดเห็นสาธารณะ พ.ศ. 2548

2.3 ประกาศคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ เรื่อง กระบวนการรับเรื่องร้องเรียนและพิจารณาเรื่องร้องเรียนของผู้ใช้บริการ

3. กฎหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมอาคาร

3.1 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

4. กฎหมายที่เกี่ยวกับการห้ามก่อสร้างอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างในบางสถานที่

4.1 พระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2547

4.2 พระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535

4.3 พระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ. 2510

4.4 พระราชบัญญัติการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2522

4.6 พระราชบัญญัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2511

4.7 พระราชบัญญัติการชลประทานหลวง พ.ศ. 2485

4.8 พระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507

4.9 พระราชบัญญัติว่าด้วยเขตปลอดภัยในราชการทหาร พ.ศ. 2478

5. กฎหมายที่เกี่ยวกับการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม

5.1 พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

5.2 พระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504

5.3 ระเบียบกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชว่าด้วยการอนุญาตให้เข้าไปดำเนินกิจการท่องเที่ยวและพักอาศัยในอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2547

ภาคผนวก ข

ขีดจำกัดความแรงสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

1) ขีดจำกัดความแรงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน

ความถี่	E-field strength (V/m)	H-field strength (A/m)	equivalent plane wave power density S_{eq} (W/m^2)
9 kHz – 65 kHz	610	24.4	-
65 kHz – 1 MHz	610	$1.6/f$	-
1 MHz – 10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	-
10 MHz – 400 MHz	61	0.16	10
400 MHz – 2 GHz	$3f^{½}$	$0.008f^{1/2}$	$f/40$
2 GHz – 300 GHz	137	0.36	50

2) ขีดจำกัดความแรงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป

ความถี่	E-field strength (V/m)	H-field strength (A/m)	equivalent plane wave power density S_{eq} (W/m^2)
9 kHz – 150 kHz	87	5	-
150 kHz – 1 MHz	87	$0.73/f$	-
1 MHz – 10 MHz	$87/f^{½}$	$0.73/f$	-
10 MHz – 400 MHz	28	0.073	2
400 MHz – 2 GHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz – 300 GHz	61	0.16	10

หมายเหตุ:

1. E-field strength หมายถึง ความแรงสนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลท์ต่อเมตร (V/m)
2. H-field strength หมายถึง ความแรงสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นแอมแปร์ต่อเมตร (A/m)
3. f หมายถึง ความถี่ มีหน่วยเป็นเมกะเฮิรตซ์ (MHz)
4. สำหรับความถี่ระหว่าง 100 kHz และ 10 GHz ค่า S_{eq} , E^2 และ H^2 เป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 6 นาทีใดๆ
5. สำหรับความถี่มากกว่า 10 GHz ค่า S_{eq} , E^2 และ H^2 เป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา $68 / f^{1.05}$ นาทีใดๆ โดย ในที่นี้ f คือความถี่ มีหน่วยเป็นกิกะเฮิรตซ์ (GHz)

สูตรคำนวณระยะห่างต่ำสุดจากสายอากาศของสถานีวิทยุคมนาคมถึงจุดสังเกตการณ์ ที่ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องตามขีดจำกัดสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน

ย่านความถี่วิทยุ	ระยะห่างต่ำสุดสำหรับ กลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการทำงาน	
	คำนวณจาก e.i.r.p	คำนวณจาก e.r.p
9 kHz – 1 MHz	N/A	N/A
1 MHz to 10 MHz	$r = 0.0144 \times f \times \sqrt{eirp}$	$r = 0.0184 \times f \times \sqrt{erp}$
10 MHz to 400 MHz	$r = 0.143\sqrt{eirp}$	$r = 0.184\sqrt{erp}$
400 MHz to 2 GHz	$r = 2.92\sqrt{eirp / f}$	$r = 3.74\sqrt{erp / f}$
2 GHz to 300 GHz	$r = 0.0638\sqrt{eirp}$	$r = 0.0819\sqrt{erp}$

r คือ ระยะห่างต่ำสุดจากสายอากาศถึงจุดสังเกตการณ์ มีหน่วยเป็นเมตร

f คือ ความถี่ มีหน่วยเป็น MHz

e.r.p. คือ effective radiated power ในทิศทางของอัตราขยายสายอากาศสูงสุด มีหน่วยเป็นวัตต์

e.i.r.p. คือ equivalent isotropically radiated power ในทิศทางของอัตราขยายสายอากาศสูงสุด มีหน่วยเป็นวัตต์

สูตรคำนวณระยะห่างต่ำสุดจากสายอากาศของสถานีวิทยุคมนาคมถึงจุดสังเกตการณ์ ที่ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องตามขีดจำกัดสำหรับกลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป

ย่านความถี่วิทยุ	ระยะห่างต่ำสุดสำหรับ กลุ่มผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป	
	คำนวณจาก e.i.r.p	คำนวณจาก e.r.p
9 kHz – 1 MHz	N/A	N/A
1 MHz to 10 MHz	$r = 0.10\sqrt{eirp \times f}$	$r = 0.129\sqrt{erp \times f}$
10 MHz to 400 MHz	$r = 0.319\sqrt{eirp}$	$r = 0.409\sqrt{erp}$
400 MHz to 2 GHz	$r = 6.38\sqrt{eirp / f}$	$r = 8.16\sqrt{erp / f}$
2 GHz to 300 GHz	$r = 0.143\sqrt{eirp}$	$r = 0.184\sqrt{erp}$

r คือ ระยะห่างต่ำสุดจากสายอากาศถึงจุดสังเกตการณ์ มีหน่วยเป็นเมตร

f คือ ความถี่ มีหน่วยเป็น MHz

e.r.p. คือ effective radiated power ในทิศทางของอัตราขยายสายอากาศสูงสุด มีหน่วยเป็นวัตต์

e.i.r.p. คือ equivalent isotropically radiated power ในทิศทางของอัตราขยายสายอากาศสูงสุด มีหน่วยเป็นวัตต์

ภาคผนวก ค
พารามิเตอร์ของกิจการโทรคมนาคมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสถานีวิทยุคมนาคม

ในภาคผนวกนี้ประกอบด้วยตารางแสดงค่าที่สำคัญของการประเมินความสอดคล้องของการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีการใช้งานโดยทั่วไป

1) องค์ประกอบของการประเมินความสอดคล้อง

1.1) รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศ (Radiation pattern of the transmitting antenna)

สายอากาศสำหรับการส่งสัญญาณมีลักษณะรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นเป็นรูปแบบ 3 มิติ $f(\theta,\phi)$ ระดับการแพร่กระจายคลื่นระหว่างการแพร่กระจายในทิศทางหลักและในทิศทางอื่น ๆ (เช่น การแพร่กระจายในทิศทางด้านหลังของสายอากาศของสายอากาศแบบพาราโบลิกหรือสายอากาศของ GSM) จะมีความแตกต่างกัน 40 dB ขึ้นไป ดังนั้น ลักษณะรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศจึงมีผลกระทบต่อการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์

รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศขึ้นอยู่กับการใช้งานของความถี่วิทยุและย่านความถี่วิทยุที่ต้องการที่ให้สายอากาศสามารถใช้งานได้ เช่น สายอากาศของโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM จะมีรูปแบบการแผ่พลังงานที่เหมาะสมกับความถี่วิทยุที่ใช้งานในแต่ละย่านความถี่

1.1.1) Horizontal and vertical radiation patterns

ในทางปฏิบัติสายอากาศสำหรับการส่งสัญญาณไม่ได้มีการแพร่กระจายคลื่นรอบทิศทางและแผ่พลังงานด้วยกำลังงานแผ่ประสิทธิผล (Effective Radiated power: ERP) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางระหว่างสายอากาศที่จุดที่สังเกต โดยทั่วไปรูปแบบรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศ $f(\theta,\phi)$ ขึ้นอยู่กับมุม azimuth และมุม elevation การคำนวณจะมีความแม่นยำยิ่งขึ้นหากรู้ทิศทางของรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศเป็นแบบ 3 มิติ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมต้องรู้ภาคตัดขวางของรูปแบบการแผ่พลังงานในระนาบแนวระนาบ (เรียกว่า Horizontal Radiation Pattern: HRP)

$$H(\phi) = f(\theta,\phi)\big|_{\theta=\theta\max} \qquad (ค.1)$$

เมื่อ:

$H(\phi))$ - horizontal radiation pattern (HRP)

$f(\theta,\phi)$ - normalised radiation pattern of the antenna,

ϕ - azimuth angle,

θ - elevation angle

θmax - elevation angle at which the maximum radiation occurs.

และต้องรู้ภาคตัดขวางของรูปแบบการแผ่พลังงานในแนวตั้ง (เรียกว่า vertical radiation pattern – VRP):

$$V(\theta) = f(\theta,\phi)\big|_{\phi=\phi\max} \qquad (ค.2)$$

เมื่อ:

$V(\theta)$ - vertical radiation pattern (VRP)

ϕmax - elevation angle at which the maximum radiation occurs.

ค่าที่แท้จริงของรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศที่มุม elevator และมุม azimuth หาได้จากความสัมพันธ์

$$f(\theta,\phi) = H(\phi)\cdot V(\theta) \qquad \text{(ค.3)}$$

จากสมการข้างต้นสมมติฐานที่ส่วนของการแผ่พลังงานแนวตั้งและแนวนอนจะมีรูปทรงคล้ายกับภาคตัดขวางในแนวตั้งและแนวนอนตามลำดับ และเป็นการประมาณการลักษณะโครงสร้างของสายอากาศซึ่งสามารถประมาณการการแผ่พลังงานไปข้างหน้าและด้านหลังของสายอากาศซึ่งนำมาใช้ได้กับการประเมินการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1.1.2) HRP and VRP for typical radiocommunication and broadcasting antenna

HRP จะแผ่พลังงานในแนวมุม azimuth แสดงการแผ่พลังงานในระดับแนวระนาบ โดยทั่วไปสายอากาศที่ใช้ในกิจการวิทยุโทรคมนาคมและกิจการวิทยุกระจายเสียง HRP จะแผ่พลังงานรอบทิศทางในแนวระนาบ ซึ่งไม่ได้หมายความว่าแผ่พลังงานในทุกมุม azimuth (สายอากาศไดโพลแบบแนวตั้งมีคุณสมบัติทางอุดมคติแผ่พลังงานในระดับแนวนอนรอบทิศทาง แต่สายอากาศที่ใช้ในทางปฏิบัติมีความซับซ้อนมาก) HRP การแผ่พลังงานในแนวระนาบจะแผ่พลังงานรอบทิศทางซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่าง 3 ถึง 6 dB (ค่าแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด) ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเซลล์จะมี 3 เซกเตอร์แต่ละเซกเตอร์ทำมุม 120° โดยแต่ละเวกเตอร์จะมีทิศทางของสายอากาศในแต่ละอัน

VRP เป็นการแผ่พลังงานในแนวตั้งแสดงการแผ่พลังงานในระดับแนวตั้ง โดยใช้เกณฑ์การกระจายพลังงานขึ้นอยู่กับสายอากาศที่จุดที่สังเกตการณ์ จากจุดที่ประเมินความสอดคล้องการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในบริเวณใกล้กับสายอากาศในบริเวณที่ทำมุมกับสายอากาศระหว่าง 120°-180° (โดยสมมุติมุม 90° ขนานกับพื้นดิน) ซึ่งมีทิศทางหลักจากการแผ่พลังงานในแนวตั้ง โดยครอบคลุมพื้นที่ของพูหลักและจุดบอด ในบริเวณพลูหลักมีค่า ERP สูงกว่าพูข้าง มากกว่า 20 dB

2) สถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile base stations)

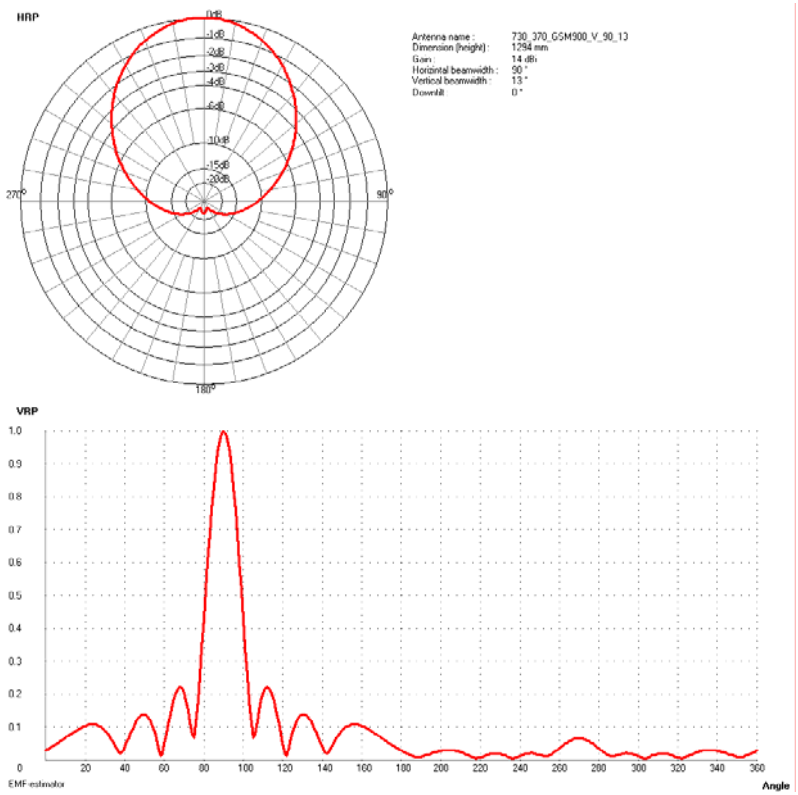
ตัวแปรหลัก (Main attributes) มีอัตราขยายสายอากาศสูง EIRP ต่ำ ผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยทั่วไปในบริเวณพื้นที่ระยะไกล

ตารางที่ ค.1 สถานีฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

	GSM900	*GSM1800/1900*	*NADC IS-54/136*	*CDMA IS-95*	*PHS*	*DECT CT-3*	*W-CDMA / UMTS*
Geographical area	*Worldwide*	*Worldwide*	*USA*	*USA*	*Japan*	*Europe*	*Worldwide*
Transmitter frequency [MHz]	935-960	1805-1880 1930-1990	869-894	870-890	1893-1920	1880-1960	869 – 894 1930 – 1990 2110 - 2170 2620 - 2690
Transmitter* rated power [W]	10-60	10-40	10-30	10-20	10-30		1-80 per carrier
Rated power /mean power	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

	GSM900	*GSM1800/1900*	*NADC IS-54/136*	*CDMA IS-95*	*PHS*	*DECT CT-3*	*W-CDMA / UMTS*
Geographical area	*Worldwide*	*Worldwide*	*USA*	*USA*	*Japan*	*Europe*	*Worldwide*
coefficient							
Antenna height [m] a.t.l.	25-50	25-50	25-50	25-50	25-50	20-60	35-50
Antenna gain [dBi]	7.5-18	8-21	8.5-17.5	8.5-17,5	16.5-18	8.5-17.5	12-18
VRP [V/V]	0.4-0.03	0.3-0.02	0.3-0.03	0.3-0.03	0.05-0.03	0.3-0.03	0.15-0.05
VRP downtilt [deg]	0-15	0-10	0-15	0-15	0-10	0-10	0-8
EIRP [W]*	100-800	30-800	800	800	800	2-10	800

* per carrier or per transmitter
** attenuation of 3 dB has been taken



รูปที่ ค.1 HRP and VRP for the typical GSM900 transmitting panel (Kathrein 730 370)

3) Trunked radio and wireless access systems

Main attributes: high gain transmitting antennas, low EIRP, general public in the far-field region.

ตารางที่ ค.2 Trunked radio and wireless access base stations

	TETRA	Wi-Fi	WiMAX
Geographical area	Europe	Worldwide	Worldwide
Transmitter frequency [MHz]	390-400 420-430 460-470 915-933	2 400-2 483	3 400-3 600
Transmitter rated power* [W]	0.6-40 per channel	0.1-1	0.1-1
Rated power /mean power	1.0	1.0	1.0
Antenna height [m] a.t.l.	35-50	120	30
Antenna gain [dBi]	12-15	7-24	10-18
VRP [V/V]	0.15-0.1		0.05-0.1
VRP downtilt [deg]	0-15		0
EIRP [W]**	<100	0,1 (non-licensed bands)	10-50

* per carrier or per transmitter
** attenuation of 3 dB has been taken

4) Radio relay links

Main attributes: very high gain transmitting antennas, very high point-to-point ERP, very high frequency.

ตารางที่ ค.6(1) กำลังส่ง EIRP สูงสุดสำหรับสถานีถ่ายทอดสัญญาณ

Geographical area	Worldwide						
Transmitter frequency [GHz]	1.9-2.1	2.52-2.67	5.925-6.425	6.425-7.11	7.425-7.725	8.275-8.5	10.15-10.67
Transmitter rated power [dBm]/[W]	29 / 0.8	29 / 0.8	33.3 / 2.1	28 / 0.6	32 / 1.6	34 / 2.5	30 / 1.0
Rated power /mean power	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Antenna gain [dBi]	37	37	45	47	47.2	45.6	42
Main beam width [deg]	2.2-8.6	2.2-7.2	0.8-2.7	0.7-2.7	0.6-2.4	0.6-2.3	0.7-3.6
EIRP [dBm]/[kW]*	58 / 0.6	58 / 0.6	77.3 / 54	74 / 25	74.5 / 28	77.6 / 57.5	64 / 2.5

* attenuation of 3 dB has been taken

ตารางที่ ค.6(2) กำลังส่ง EIRP สูงสุดสำหรับสถานีถ่ายทอดสัญญาณ

Geographical area	Worldwide						
Transmitter frequency [GHz]	10.695-11.7	12.75-13.25	14.5-15.35	17.7-19.7	22.0-23.6	24.25-29.5	37.0-39.5
Transmitter rated power [dBm]/[W]	31 / 1.3	31 / 1.3	27 / 0.5	27 /0.5	33 / 2.0	31 / 1.3	36 / 4.0
Rated power /mean power	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Antenna gain [dBi]	50	50	48	50	50	53,6	45.4
Main beam width [deg]	0.5-1.6	0.5-2.8	0.5-4.5	0.5-3.6	0.5-2.8	0.5-2.5	0.4-1.7
EIRP [dBm]/[kW]*	78 / 63.1	77.7 / 58.9	73 / 20.0	73 / 20.0	71.5 / 14.1	73.5 / 22.4	81.5 / 141.3

* attenuation of 3 dB has been taken

Note: Guidelines on compliance boundary assessment of parabolic antennas can also be found in ETSI TR 102 457 V1.1.1 (2006-08) *Technical Report* Transmission and Multiplexing (TM); Study on the electromagnetic radiated field in fixed radio systems for environmental issues

ภาคผนวก ง

เทคนิคการบรรเทาเพื่อจำกัดการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Example of mitigation technique)

เมื่อพิจารณาในแง่ของการป้องกันการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้ว เป็นเรื่องจำเป็นที่จะมีระดับการแผ่คลื่นที่ต่ำที่สุดในบริเวณที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ (ในระยะใกล้กับสายอากาศส่ง) ในบริเวณอื่นๆ ระดับการแผ่คลื่นอาจจะสูงกว่าและโดยปกติจะมีระดับสูงกว่ามากเนื่องจากความต้องการที่จะครอบคลุมพื้นที่ให้ได้มากที่สุด ซึ่งเป็นได้ที่จะบรรลุเป้าหมายทั้งสองอย่างที่ตรงข้ามได้โดยการใช้สายอากาศส่งที่มี directional radiation pattern ดังนั้น ประเด็นหลักในการป้องกันการแผ่คลื่นได้แก่การมี radiation pattern ที่เหมาะสมของสายอากาศส่ง

การลดระดับการแผ่คลื่นในบริเวณที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้นั้นมีอยู่หลายวิธีเทคนิคการลดระดับการแผ่คลื่นที่เสนอในข้อเสนอแนะนี้สามารถใช้ได้กับสายอากาศหลายๆ ประเภทที่ใช้ที่สถานีฐานและสถานีส่งสัญญาณ (เช่น GSM, UMTS, TETRA, FM, TV, DVB-T, T-DAB)

1) กำลังของเครื่องส่ง

วิธีที่ง่ายที่สุดคือการลดกำลังของเครื่องส่ง ซึ่งจะเป็นผลให้ความหนาแน่นกำลังลดลงแบบเชิงเส้นในทุกจุดสังเกตการณ์ และยังเป็นผลให้ E^2 ลดลง แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการลดกำลังของเครื่องส่งนี้จะทำให้พื้นที่ครอบคลุม (area coverage) ลดลงไปด้วย ดังนั้น วิธีนี้จึงเป็นวิธีสุดท้ายที่จะนำมาใช้หากวิธีอื่นไม่ได้ผล

2) ความสูงของสายอากาศ

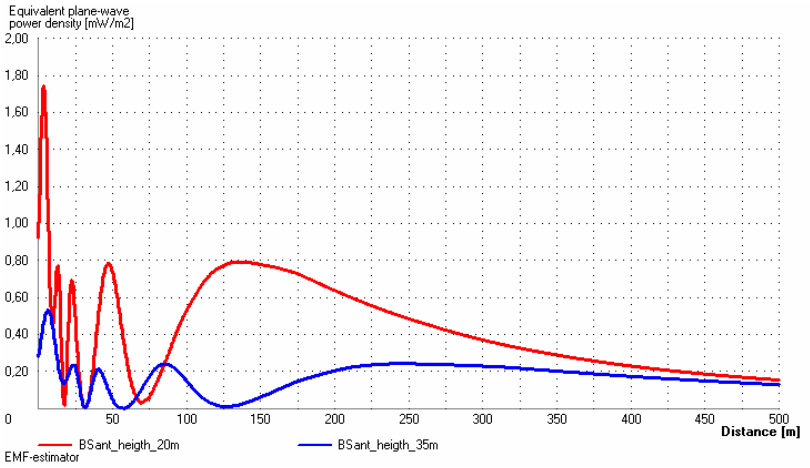
หากความสูงของสายอากาศเพิ่มขึ้น จะทำให้ระยะทางถึงจุดสังเกตการณ์ทุกจุดเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งหมายถึงว่าระดับการแผ่คลื่นก็จะลดลงด้วย วิธีนี้สามารถนำไปใช้ในกรณีที่สามารถขยายความสูงของสายอากาศได้ แต่อาจไม่สามารถที่จะนำไปใช้กับสายอากาศส่งสำหรับ broadcasting ได้ เนื่องจากโดยปกติแล้วสายอากาศเหล่านั้นจะถูกติดตั้งให้สูงที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ และเป็นเรื่องยากที่จะเพิ่มความสูงของเสาสายอากาศ

ตัวอย่างที่ ง.1 สถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบ ***GSM900***

Transmitting antenna (panel) gain: 15.5 dBi *VRP downtilt: 0 ^{o}*

VRP main beam width: 13 ^{o} *Frequency: 947.5 MHz*

Transmitter power: 25 W *Total loses (attenuation): 2.32 dB*



รูปที่ ง.1 การกระจายความหนาแน่นพลังงานเมื่อเทียบกับระยะทางที่ความสูงความสูง 1.5 เมตร โดยที่ความสูงของสายอากาศ 35 เมตร (เส้นสีน้ำเงิน) และที่ความสูง 20 เมตร (เส้นสีแดง)

ผลจากการคำนวณแสดงดังรูปที่ ง.1 แสดงถึงการเพิ่มความสูงของสายอากาศและลดระดับการแผ่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในกรณีนี้ลดลงถึง 3 เท่า (จาก 1.75 mW/m^2 ลดลงเป็น 0.25 mW/m^2) ในทั้งสองกรณีความหนาแน่นกำลังจะต้องน้อยกว่าขีดจำกัดของ ICNIRP นั่นคือ 4.5 W/m^2 สำหรับกรณีนี้

อย่างไรก็ตาม สายอากาศที่มีอัตราขยายสูงจะมี VRP พร้อม sidelobe จำนวนมากที่เป็นปัจจัยสำหรับการแผ่คลื่นสูงสุด/ต่ำสุด ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้การลดระดับการแผ่คลื่นในทุกพื้นที่เป็นไปได้ยาก ในรูปข้างต้นสถานการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นที่ระยะประมาณ 75 เมตร จากเสาสายอากาศที่ซึ่งการเพิ่มความสูงของสายอากาศจะไม่ทำให้ระดับการแผ่คลื่นลดลง แต่ในแง่ของการป้องกันการได้รับคลื่นแล้ว สิ่งที่สำคัญที่สุดคือระดับการแผ่คลื่นสูงสุดในพื้นที่ทั้งหมดที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ และเป็นที่ชัดเจนว่าการเพิ่มความสูงของสายอากาศให้ประโยชน์ที่เพียงพอ

3) ความเอียงของลำคลื่นหลัก

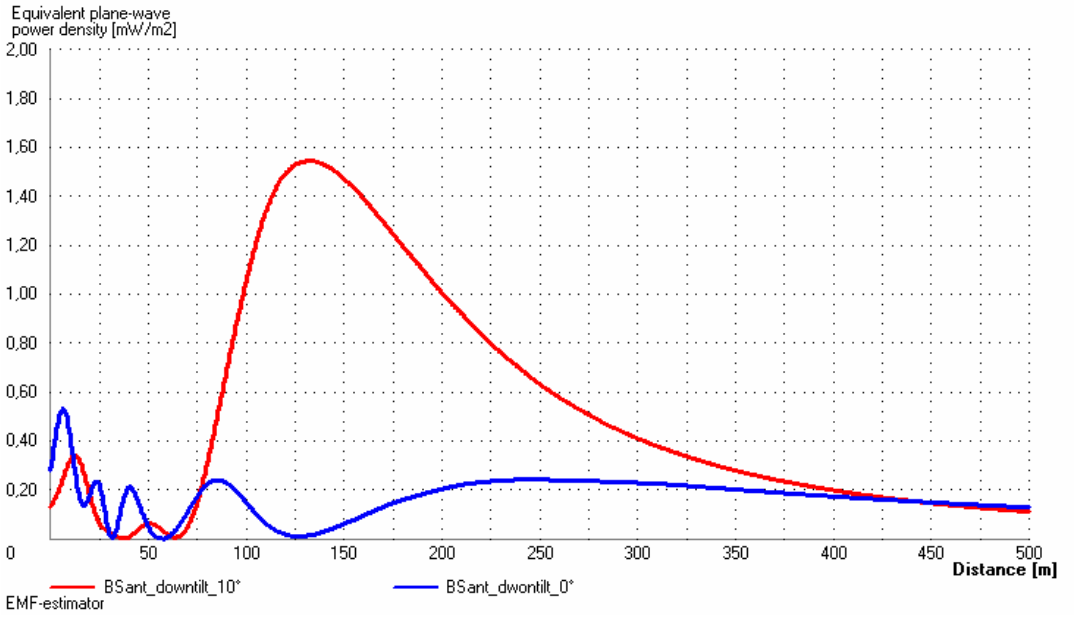
ความเอียงของลำคลื่นหลักของ VRP ของสายอากาศส่งมักจะถูกนำมาใช้ด้วยเหตุผลด้านสมรรถนะของบริการจากการประมาณคร่าวๆ ในโหมด line-of-sight พลังงานทั้งหมดที่แผ่ออกไปเหนือระนาบแนวนอนของสายอากาศจะสูญเสียไป การสูญเสียนี้จะลดลงได้โดยการปรับให้ VRP ของระบบสายอากาศแคบลงและเอียงลำคลื่นลง ในสถานีฐานระบบเซลลูล่าร์การเอียงลำคลื่นลง (downtilt) ยังใช้เพื่อจำกัดพื้นที่ครอบคลุมซึ่งจะเพิ่มโอกาสในการ reuse ความถี่ การเอียงลำคลื่นหลักลงยังมีผลต่อระดับการแผ่คลื่นในบริเวณใกล้กับสายอากาศส่งด้วย โดยการเอียงลำคลื่นลงมากก็จะทำให้เกิดระดับการแผ่คลื่นในบริเวณใกล้เคียงของสายอากาศส่งสูงขึ้นตาม การเพิ่มขึ้นของระดับการแผ่คลื่นจะเกิดขึ้นมากในทิศทางของลำคลื่นหลัก แต่การเปลี่ยนแปลงของระดับการแผ่คลื่นจะเกิดขึ้นทุกทิศทางตาม sidelobe และทิศที่ไม่มี VRP ของสายอากาศส่ง

ตัวอย่างที่ ง.2 สถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบ GSM900

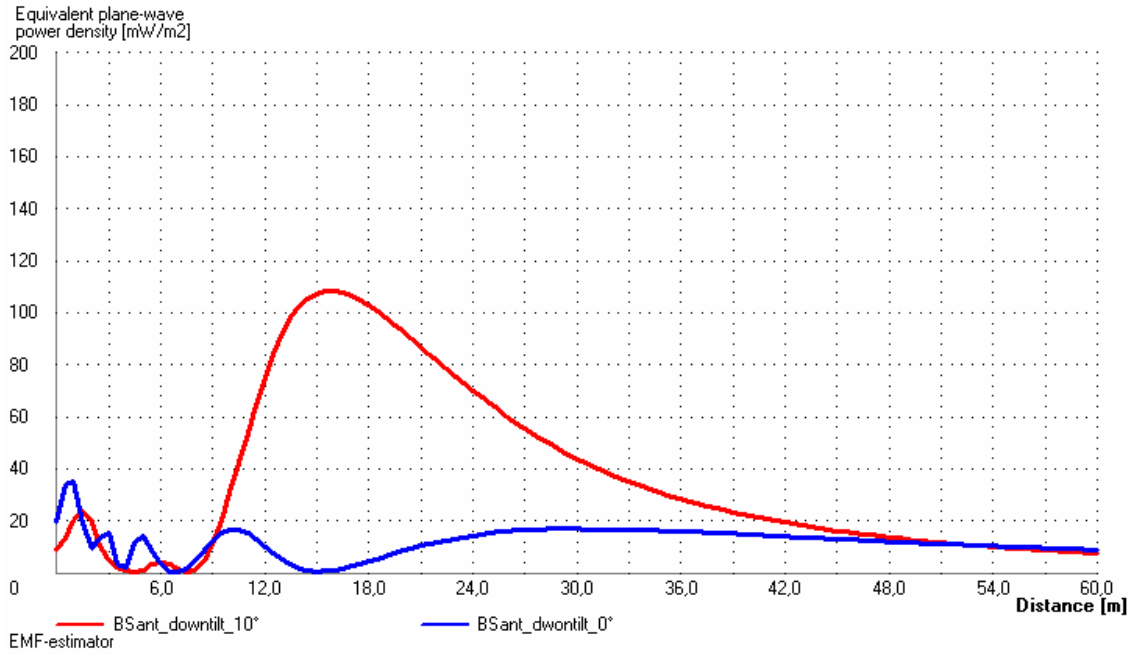
Transmitting antenna (panel) gain: 15.5 dBi *Transmitter power: 25 W*

VEP beam width: 13 ^{o} *Frequency: 947.5 MHz*

Antenna height: 35 m *I* *Total loses (attenuation): 2.32 dB*



รูปที่ ง.2 การกระจายความหนาแน่นกำลังเมื่อเทียบกับระยะทางที่ความสูง 1.5 เมตร
โดยมีความเอียงของลำคลื่นแตกต่างกัน



รูปที่ ง.3 การกระจายความหนาแน่นกำลังเมื่อเทียบกับระยะทางที่ความสูงเหนือระดับพื้นดิน 31 เมตร (อยู่บนดาดฟ้า 1.5 เมตร) และผลที่เกิดขึ้นที่ความเอียงของลำคลื่นหลักแตกต่างกัน

จะสังเกตเห็นได้ว่าการลดมุมเอียงของลำคลื่นหลักมีผลกระทบต่อระดับการแผ่พลังงานของสายอากาศทั้งในกรณีระดับพื้นดินและในระดับดาดฟ้า การลดมุมเอียงของลำคลื่นทำให้ความหนาแน่นกำลังเพิ่มในระยะที่ใกล้ ๆ ซึ่งเพิ่มสูงสุดถึง 5 เท่า

4) อัตราขยายของสายอากาศ

อัตราขยายของสายอากาศจะเปลี่ยนแปลงตาม directivity ของสายอากาศ ซึ่ง directivity ของสายอากาศเป็นความสามารถในการแผ่คลื่นได้มากขึ้นในทิศทางที่ต้องการ (ส่วนใหญ่ในแนวนอน) และจำกัดการแผ่คลื่นในทิศทางอื่น (ไปสู่พื้นหรือท้องฟ้า) ทั้งนี้ อาจใช้อัตราขยายสายอากาศ (ที่ถูกต้องคือ directivity ของสายอากาศ) ในการจำกัดการแผ่คลื่นในทิศทางที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ directivity ของสายอากาศขึ้นอยู่กับ HRP และ VRP

HRP ของสายอากาศจะกำหนดโดยความต้องการของบริการ และส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็น omnidirectional ในระบบเซลลูล่าร์ซึ่งปกติแล้ว cell จะมีสาม sector แต่ละ sector จะมีสายอากาศของตัวเอง ในการพิจารณาเพื่อประเมินระดับการแผ่คลื่นนั้นจะต้องรวมส่วนประกอบของการแผ่คลื่นของทั้งสาม sector ซึ่งทำให้ระดับการแผ่คลื่นที่ได้รับเหมือนกับที่ได้รับจากสายอากาศแบบ omnidirectional หากการแผ่คลื่นในบางทิศทาง (azimuth) ถูกลดทอนลง พื้นที่ครอบคลุมของ azimuth นั้นจะลดลงด้วย ดังนั้น การเปลี่ยนแปลง HRP ของสายอากาศเพื่อจำกัดการแผ่คลื่นนั้นจะทำให้พื้นที่ครอบคลุมลดลงไปด้วย

ในอีกสถานการณ์หนึ่งซึ่งพิจารณา VRP ของสายอากาศ ซึ่งการกระจายของการแผ่คลื่นเป็นฟังก์ชันของระยะห่างจากสายอากาศ อัตราขยายที่สูงขึ้นจะหมายถึงความกว้างของลำคลื่นที่แคบลง และหาก VRP มี filled null จะไม่มีการสูญเสียใด ๆ เกิดขึ้นในพื้นที่ครอบคลุมในทางอ้อม (ผ่านความกว้างของลำคลื่นหลักของ VRP) อัตราขยายของสายอากาศจะมีผลต่อการแยกกระจายพลังงานในส่วนที่แผ่ออกไปในทิศทางของลำคลื่นหลัก (ด้านบนของพื้นที่ใกล้เคียงใต้สายอากาศ) และส่วนที่แผ่ออกไปยังพื้นที่ใต้สายอากาศที่อยู่ใกล้เคียง ดังนั้น จะ

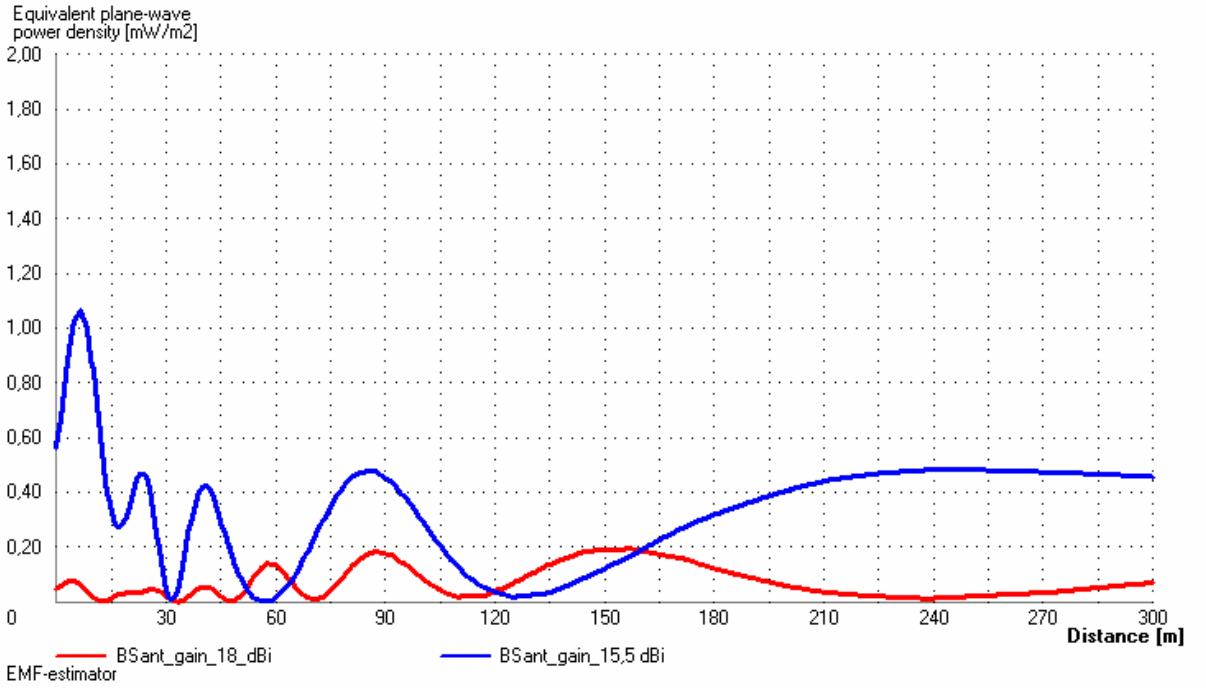
เห็นว่าอาจ**ใช้อัตราขยายของสายอากาศ (หรือความกว้างของลำคลื่นหลักในแนวตั้ง) เพื่อลดระดับการแผ่คลื่นในบริเวณใกล้เคียงกับสายอากาศได้**

พื้นที่ครอบคลุมจะขึ้นอยู่กับ radiated ERP (หรือ EIRP) โดย ERP ค่าเดียวกันอาจได้จากเครื่องส่งกำลังต่ำป้อนไปยังสายอากาศที่มีอัตราขยายสูง หรือจากเครื่องส่งกำลังสูงป้อนไปยังสายอากาศที่มีอัตราขยายต่ำ ในแง่ของการป้องกันการแผ่คลื่นแล้ว การใช้เครื่องส่งกำลังต่ำป้อนไปยังสายอากาศที่มีอัตราขยายสูงจะเป็นวิธีที่ดีกว่ามาก

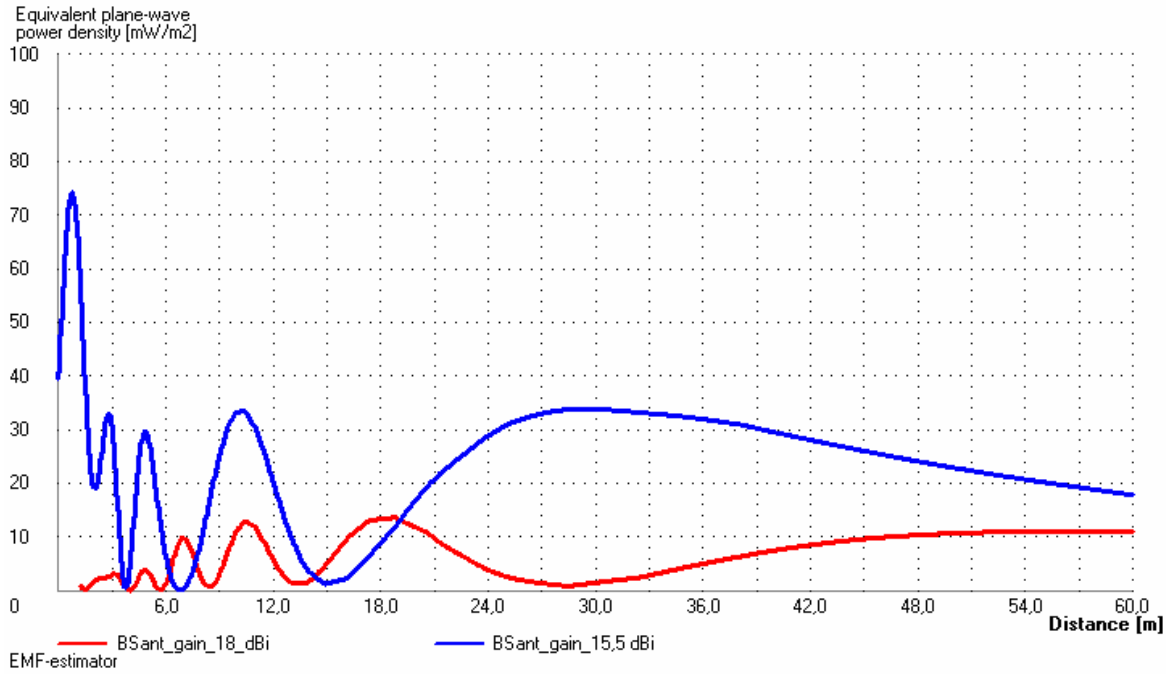
ตัวอย่างที่ ง.4 สถานีฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบ GSM900

Antenna height: 35 m above the terrain level Frequency: 947.5 MHz

Transmitter power: 50 W Total loses (attenuation): 2.34 dB



รูปที่ ง.4 แสดงการกระจายความหนาแน่นกำลังเมื่อเทียบกับระยะทางที่ความสูงเหนือระดับพื้นดิน 1.5 เมตร โดยเปรียบเทียบที่อัตราขยายสายอากาศแตกต่างกัน



รูปที่ ง.5 แสดงการกระจายความหนาแน่นกำลังเมื่อเทียบกับระยะทางที่ความสูงเหนือระดับพื้นดิน 31 เมตร (ผู้ได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายืนอยู่บนดาดฟ้า) เปรียบเทียบกับอัตราขยายสายอากาศที่แตกต่างกัน

รูปที่ ง.4 และ ง.5 แสดงการเปรียบเทียบการกระจายของความหนาแน่นกำลังในฟังก์ชันของระยะทาง โดยเปรียบเทียบเป็นสองกรณี คือ กรณีที่หนึ่ง สถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบ GSM900 สายอากาศแบบ panel มีอัตราขยายสายอากาศ 18 dBi โดยมีความเอียงลำคลื่นหลัก 7.5° (เส้นสีแดง) และในกรณีที่สองสถานีฐานระบบเดียวกัน อัตราขยายสายอากาศ 15.5 dBi โดยมีความเอียงลำคลื่นหลัก 13° (เส้นสีน้ำเงิน)

ในทางปฏิบัติระดับการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารอบ ๆ สถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถลดได้โดยการใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายสูงกว่าเดิม เมื่อใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายที่สูงแล้วกำลังของเครื่องส่งต้องลดลงกว่าเดิม เพื่อที่จะสามารถครอบคลุมพื้นที่การให้บริการได้อย่างเหมาะสม

5) Vertical Radiation Pattern

VRP เป็นฟังก์ชันแบบ normalize ของการกระจายของความแรงสนามไฟฟ้าซึ่งเป็นฟังก์ชันของมุมเงยและเป็นตัวกำหนดการแปรผันของความแรงสนามซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะห่างจากสายอากาศ ในบริการต่างๆ เช่น ระบบเซลลูล่าร์, DECT, UMTS, TETRA นั้น VRP จะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตและไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้

แต่ในกิจการกระจายเสียงจะแตกต่างออกไป สายอากาศแต่ละตัวได้รับการออกแบบโดยเฉพาะ ซึ่งรวมถึงค่า VRP ด้วย ทั้งนี้ ควรให้ความสนใจเป็นพิเศษกับ VRP สำหรับมุมเงยที่มีค่าสูง ซึ่งเป็นผลให้เกิดการแผ่คลื่นไปยังพื้นที่ที่ประชาชนเข้าถึงได้ (ในบริเวณใกล้กับเสาสายอากาศ) โดยปกติแล้ว VRP ส่วนนี้จะไม่ถูกควบคุมเนื่องจากมีความสำคัญน้อยสำหรับสมรรถนะในการให้บริการ

ถึงแม้ว่าสายอากาศกำลังอยู่ในระหว่างการทำงาน ก็ยังมีโอกาสที่จะปรับปรุง VRP ให้ดีขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงในส่วนป้อนสัญญาณ (ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในโครงแบบของระบบสายอากาศ) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องไปในทิศทางที่ทำให้ระดับการแผ่คลื่นในระยะใกล้เคียงกับเสาอากาศลดลง (มุมเงยมีค่าประมาณ 130° - 180°) และคงระดับการแผ่คลื่นสำหรับระยะไกลไว้เหมือนเดิม (มุมเงยมีค่าประมาณ 90°

- ทิศทางในแนวนอน) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในส่วนป้อนสัญญาณนั้นอาจกระทำโดยการเปลี่ยนแปลงความยาวของสายเคเบิลซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย

6) Horizontal Radiation Pattern

ความเป็นไปได้ที่จะลดระดับการแผ่คลื่นโดยการเปลี่ยนแปลง HRP นั้นมีอยู่จำกัดมาก การลดระดับการแผ่คลื่นด้วยวิธีนี้เป็นไปได้สำหรับสถานีฐานของระบบเซลลูล่าร์ ด้วยการเปลี่ยน panel ให้มีความกว้างลำคลื่นในแนวนอนที่แคบลง (หมายถึงอัตราขยายสูงขึ้น) ซึ่งหมายถึงว่า panel ที่มีความกว้างลำคลื่นในแนวนอนที่แคบลงนี้ต้องการกำลังของเครื่องส่งที่น้อยลงโดยไม่มีการสูญเสียในรัศมีของพื้นที่ครอบคลุมและในพื้นที่ที่ประชาชนสามารถเข้าถึงได้ด้วย

ตัวอย่าง ง.5 การเปลี่ยน ***HRP*** เซกเตอร์เดียวของสถานีโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบ ***GSM***

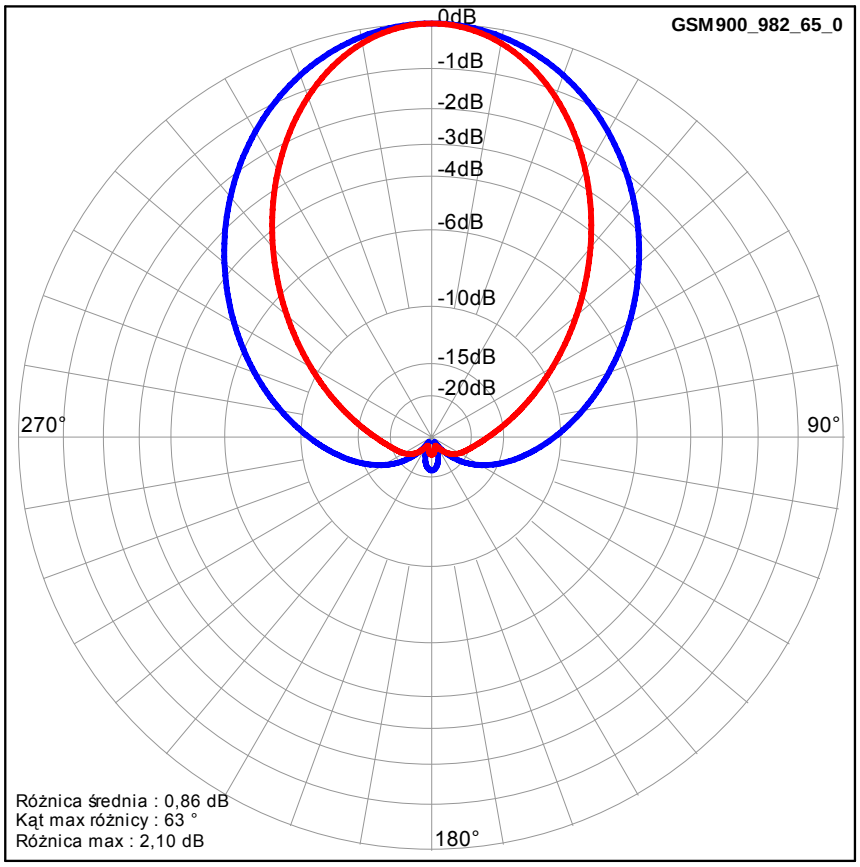
Antenna height: 35 m above the terrain level Frequency: 947.5 MHz

EIRP = 827 W *Total loses (attenuation): 1.82 dB*

Panel 1: horizontal beam width: 90 ° *Gain: 14 dBi*

Panel 2: horizontal beam width: 65 ° *Gain: 15.5 dBi*

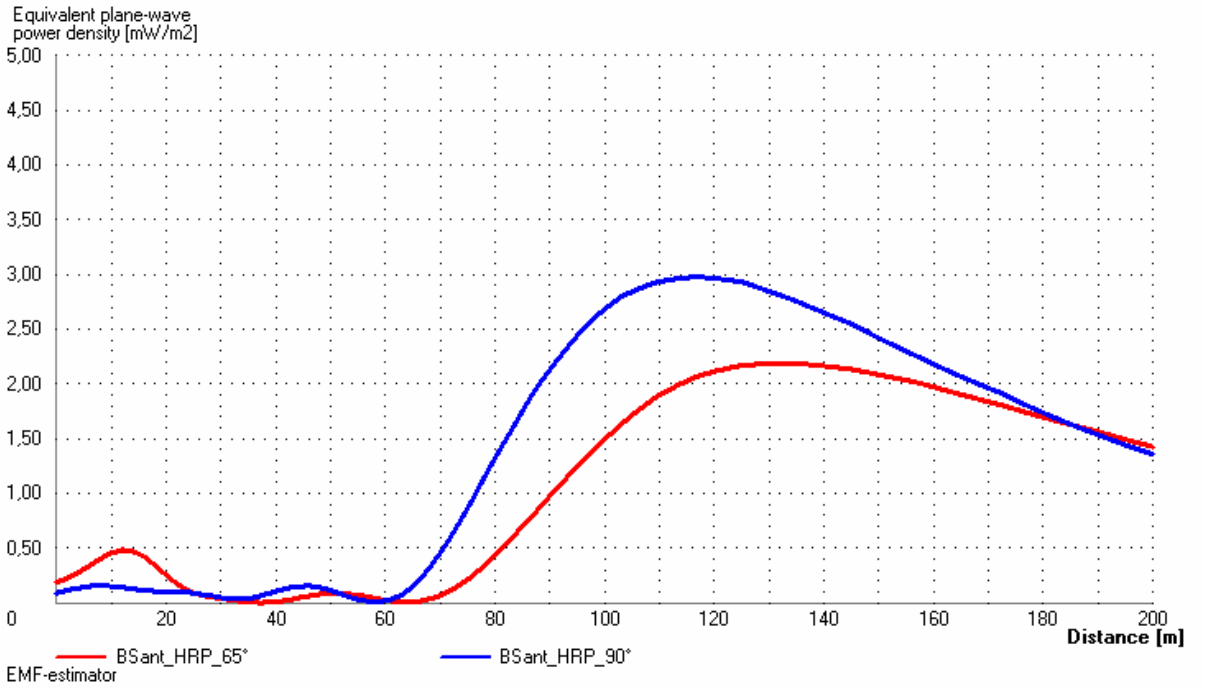
VRP beam width: 13 °(both panels)



รูปที่ ง.6 แสดงรูปแบบการแผ่พลังงาน HRPs ของ GSM900 panels – ความกว้างลำคลื่นหลัก 65° และ 90°

ในรูปข้างล่างแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยน panel ที่มีความกว้างลำคลื่นในแนวนอนที่แคบลงจาก 90° เป็น 65° นั้นจะทำให้ความหนาแน่นกำลังลดลงถึง 71% ของค่าเดิม อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้

อัตราขยายสายอากาศเพิ่มขึ้น 1.5 dB ซึ่งทำให้สามารถลดกำลังของเครื่องส่งลงได้ในค่าเดียวกันนั้น โดยที่รัศมีของพื้นที่ครอบคลุมยังคงเหมือนเดิมบนทิศทางหลักของ panel แต่สำหรับในทิศทางอื่นรัศมีของพื้นที่ครอบคลุมจะลดลงซึ่งเป็นข้อเสียของวิธีการเปลี่ยน panel นี้



รูปที่ ง.7 การกระจายความหนาแน่นกำลังในฟังก์ชันของระยะทางจากสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบ GSM900 โดยมีมุมของลำคลื่นหลักแนวระนาบ 90° (เส้นสีน้ำเงิน) และ 65° (เส้นสีแดง) ที่กำลังส่งสูงสุด EIRP เท่ากัน

 สำนักงาน กทช.	**ภาคผนวก จ** **แบบรายงานระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสถานีวิทยุคมนาคม**

แบบรายงานนี้เป็นรายงานระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับสูงจากพื้นประมาณ 1.5 เมตร ในรัศมี 500 เมตร ของสถานีวิทยุคมนาคม ซึ่งเป็นค่าได้จาก

☐ **การวัด** ☐ **การคำนวณโดยใช้แบบจำลอง**

หน่วยงาน:			
ที่อยู่:			
ประเภทสถานีวิทยุคมนาคม	☐ **สถานีวิทยุคมนาคมที่ขออนุญาตตั้งใหม่**		
	☐ **สถานีวิทยุคมนาคมเดิม**		
	เลขที่ใบอนุญาตใช้		
	เลขที่ใบอนุญาตตั้ง		
ที่ตั้ง		**หมู่ที่:**	
ตำบล		**อำเภอ**	
จังหวัด		**รหัสไปรษณีย์**	
Longitude		**Latitude**	

รายละเอียดของสถานีวิทยุคมนาคม

ความถี่วิทยุ (MHz)	**ตราอักษร**	**รุ่น/แบบ**	**กำลังส่ง (วัตต์)**	**อัตราขยายสายอากาศ (dBi)**	**ความสูงสายอากาศ (เมตร)**

ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ระยะห่างจากเสาที่ตั้งสายอากาศ	**ระยะที่วัด/คำนวณ (เมตร)**	**ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุด = [ค่าที่ประเมินได้ / ขีดจำกัดที่ กทช. กำหนด](%) ขีดจำกัดที่ กทช. กำหนด = 100%**
5 เมตร ถึง 50 เมตร		
50 เมตร ถึง 100 เมตร		
100 เมตร ถึง 200 เมตร		
200 เมตร ถึง 300 เมตร		
300 เมตร ถึง 400 เมตร		
400 เมตร ถึง 500 เมตร		
ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุด		

วันที่วัด/คำนวณ	

ลงชื่อ	
ผู้มีอำนาจลงนาม	
ตำแหน่ง	
วันที่รายงาน	

สำนักงาน กทช.

ตัวอย่าง

แบบรายงานระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสถานีวิทยุคมนาคม

แบบรายงานนี้เป็นรายงานระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับสูงจากพื้นประมาณ 1.5 เมตร ในรัศมี 500 เมตร ของสถานีวิทยุคมนาคม ซึ่งเป็นค่าได้จาก

☐ **การวัด** ☑ **การคำนวณโดยใช้แบบจำลอง**

หน่วยงาน:	บริษัท.....จำกัด		
ที่อยู่:	เลขที่.....ถนน.....ซอย.....แขวง.....เขต..... กรุงเทพฯ		
ประเภทสถานีวิทยุคมนาคม	☑ **สถานีวิทยุคมนาคมที่ขออนุญาตตั้งใหม่**		
	☐ **สถานีวิทยุคมนาคมเดิม**		
	เลขที่ใบอนุญาตใช้		
	เลขที่ใบอนุญาตตั้ง		
ที่ตั้ง	*********	**หมู่ที่:**	***
ตำบล	********	**อำเภอ**	********
จังหวัด	**********	**รหัสไปรษณีย์**	**XXXXX**
Longitude	**100° XX′ XX″**	**Latitude**	**08° XX′ XX″**

รายละเอียดของสถานีวิทยุคมนาคม

ความถี่วิทยุ (MHz)	ตราอักษร	รุ่น/แบบ	กำลังส่ง (วัตต์)	อัตราขยายสายอากาศ (dBi)	ความสูงสายอากาศ (เมตร)
947.00	**XXXX**	**YY**	**50**	**15**	**35**

ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ระยะห่างจากเสาที่ตั้งสายอากาศ	ระยะที่วัด/คำนวณ (เมตร)	ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุด = [ค่าที่ประเมินได้ / ขีดจำกัดที่ กทช. กำหนด](%) ขีดจำกัดที่ กทช. กำหนด = 100%
5 เมตร ถึง 50 เมตร	50	0.006741%
50 เมตร ถึง 100 เมตร	100	0.029624%
100 เมตร ถึง 200 เมตร	154	0.069026%
200 เมตร ถึง 300 เมตร	201	0.056992%
300 เมตร ถึง 400 เมตร	301	0.029199%
400 เมตร ถึง 500 เมตร	401	0.016105%
ระดับการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุด	154	0.069026%

วันที่วัด/คำนวณ	10 เมษายน 2551

ลงชื่อ	ลายเซ็น
ผู้มีอำนาจลงนาม	(นาย…….....)
ตำแหน่ง	กรรมการผู้จัดการ
วันที่รายงาน	20 เมษายน 2551

คณะผู้จัดทำ

1. นายทองทวีป ขันติกุล
2. นายธีระศักดิ์ เชยชื่น
3. นางสาวพูลศิริ นิลกิจศรานนท์
4. นายวิทยา ต่อบุณย์ศุภชัย
5. นางณิชาภัทร วรสิทธิ์
6. นายเสน่ห์ สายวงค์
7. นายบวร มากนาคา

เอกสารอ้างอิง

1. IEEE Std C95.2 -1999 (Revised 1982): IEEE Standard for Radio-Frequency Energy and Current-Flow Symbols
2. ANSI/IEEE C95.3: Recommened Practice for the Measurement of Potentially Electromagnetic Field – RF and Microwave
3. ITU-T Recommendation K.61: Guidance to measurement and numerical predict of electromagnetic field for compliance with human exposure limits for telecommunication installation.
4. ITU-T Recommendation K.70: Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations.
5. Industry Canada, Guidelines for the Measurement of Radio Frequency Fields at frequency from 3 kHz to 300 GHz October 2005.
6. AS 3516.2-1998: Siting of radiocommunications facilities Part 2: Guidelines for fixed, mobile and broadcasting services at frequency above 30 MHz
7. Industry Code ACIF C564:2004 Deployment of mobile phone network infrastructure

บันทึก