รายงานการอบรม Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices และ การศึกษาดูงาน SAR measurements ณ ประเทศแคนาดา และประเทศสหรัฐอเมริกา

กลุ่มงานมาตรฐานและเทคโนโลยีโทรคมนาคม
สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
87 ถนนพหลโยธิน ซอย 8 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 0 2271 0151-60 เว็บไซต์: www.nbtc.go.th

รายงานการอบรม Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices และ การศึกษาดูงาน SAR measurements 20 พฤษภาคม – 4 มิถุนายน 2556, ประเทศแคนาดา และประเทศสหรัฐอเมริกา

1. การอบรม

การอบรม Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices และการการศึกษาดูงาน SAR measurements จัดขึ้นระหว่างวันที่ 20 พฤษภาคม – 5 มิถุนายน 2556 ณ ประเทศแคนาดา และประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้ รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงาน Industry Canada จัดการฝึกอบรมหัวข้อ Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices ณ กรุงออตตาวา ประเทศแคนาดา และได้รับความอนุเคราะห์จาก Motorola Solutions Inc. ในการจัดการศึกษาดูงานห้องปฏิบัติการทดสอบหัวข้ออัตราการดูดกลืนพลังงานจำเพาะ (SAR measurements) ณ เมือง Plantation มลรัฐ ฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. ผู้เข้าร่วมอบรม

ผู้เข้าร่วมการอบรมและการศึกษาดูงาน ประกอบด้วยผู้แทนจาก กลุ่มงานมาตรฐานและเทคโนโลยีโทรคมนาคม สำนักงาน กสทช. จำนวน 3 คน ประกอบด้วย

(1) นายสมศักดิ์ หล่าศรี (บ 3)

(2) นายสุรัช ลีลาวรรณเขต (ก 1)

(3) นายอรรถปรีชา รักษาชาติ (ก 1)

3. รายละเอียดการอบรม

การอบรม Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices และการการศึกษาดูงาน SAR measurements จัดขึ้นระหว่างวันที่ 20 พฤษภาคม – 5 มิถุนายน 2556 ณ ประเทศแคนาดา และประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้ รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงาน Industry Canada จัดการฝึกอบรมหัวข้อ Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices ณ กรุงออตตาวา ประเทศแคนาดา และได้รับความอนุเคราะห์จาก Motorola Solutions Inc. ในการจัดการศึกษาดูงานห้องปฏิบัติการทดสอบหัวข้ออัตราการดูดกลืนพลังงานจำเพาะ (SAR measurements) ณ เมือง Plantation มลรัฐฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการฝึกอบรมและศึกษาดูงานดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

- การเยี่ยมชมศึกษาดูงานห้องปฏิบัติการทดสอบด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของหน่วยงาน Health Canada
- การอบรม Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices โดยหน่วยงาน Industry Canada
- การเยี่ยมชมศึกษาดูงาน SAR measurements โดยหน่วยงาน Motorola Solutions Inc.

3.1 การเยี่ยมชมศึกษาดูงานห้องปฏิบัติการทดสอบด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของหน่วยงาน Health Canada

วันที่ 21 พฤษภาคม 2556 เป็นการเยี่ยมชมศึกษาดูงานห้องปฏิบัติการทดสอบด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของหน่วยงาน Health Canada ณ กรุงออตตาวา ประเทศแคนาดา โดยหน่วยงาน Health Canada มีหน้าที่รับผิดชอบจัดทำกฎระเบียบและกำกับดูแลในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของประชาชน

การเยี่ยมชมศึกษาดูงาน ห้องปฏิบัติการทดสอบด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของหน่วยงาน Health Canada ในครั้งนี้ของผู้แทนจากสำนักงาน กสทช. ได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร. อาจณรงค์ ฐาปนโดษ, Senior Emeritus, Consumer and Clinical Radiation Protection Bureau เป็นผู้นำคณะผู้แทนจากสำนักงาน กสทช. เยี่ยมชมศึกษาดูงานห้องปฏิบัติการทดสอบต่างๆ ของ Health Canada ประกอบด้วย

- ห้องปฏิบัติการทดสอบด้านเสียง (Full Anechoic Acoustic Chamber)
- ห้องปฏิบัติการทดสอบด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (RF Full Anechoic Chamber and SAR laboratory)

RF Full Anechoic Chamber

SAR laboratory

โดยห้องปฏิบัติการทดสอบดังกล่าว หน่วยงาน Health Canada ได้จัดสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย การพัฒนากฎระเบียบ มาตรฐาน และกระบวนการตรวจวัดเกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์ในด้านต่างๆ

และนอกจากนี้ได้มีการนำเสนอข้อมูลถึงการศึกษาวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่หน่วยงานได้ทำการศึกษา เช่น การศึกษาวิจัยผลกระทบจากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหนูทดลอง และการศึกษาวิจัยผลกระทบจากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อเซลล์ และ DNA ของมนุษย์ เป็นต้น

ระบบศึกษาวิจัยผลกระทบจากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหนูทดลอง

ระบบศึกษาวิจัยผลกระทบจากการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อเซลล์ และ DNA ของมนุษย์

3.2 การอบรม Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices โดยหน่วยงาน Industry Canada

วันที่ 21 – 30 พฤษภาคม 2556 เป็นการอบรมทั้งในภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติในเรื่องของการทดสอบหัวข้ออัตราการดูดกลืนพลังงานจำเพาะ (Hands-on training on the measurement of Specific Absorption Rate (SAR) for wireless communication devices) การทำงานของห้องปฏิบัติการทดสอบ การใช้งานและการบำรุงรักษาห้องปฏิบัติการทดสอบ จากผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือวัดและทดสอบของหน่วยงาน Industry Canada ณ กรุงออตตาวา ประเทศแคนาดา

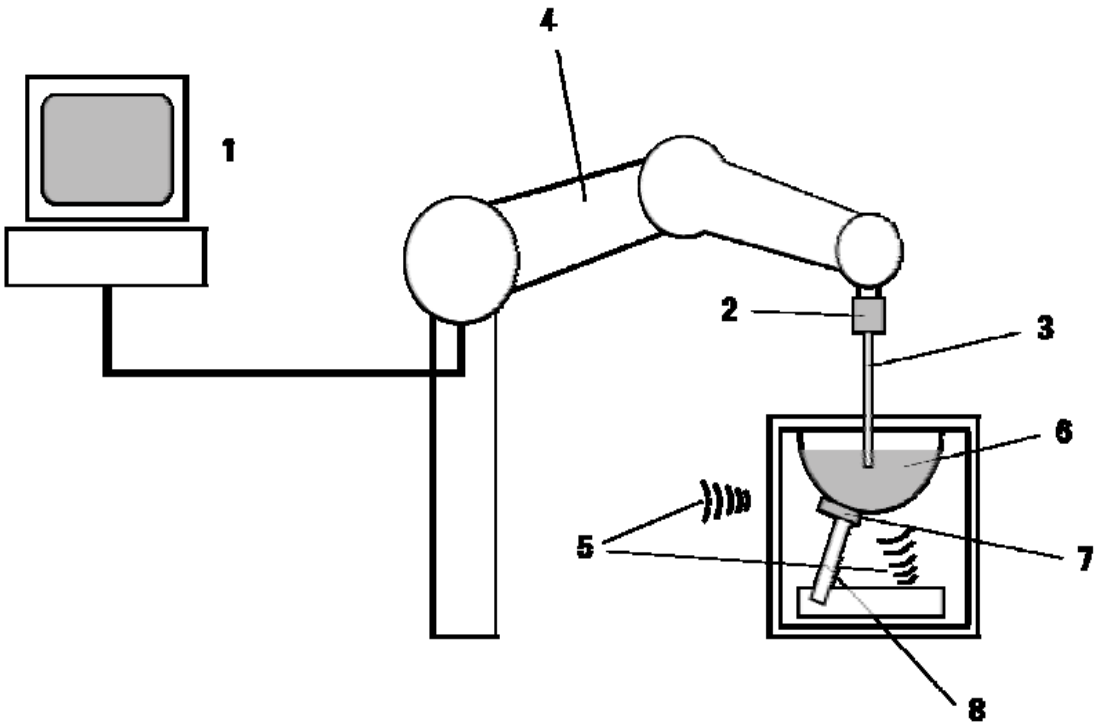
3.2.1 การวัดค่า Specific Absorption Rate (SAR)

Specific Absorption Rate (SAR) เป็นหน่วยในการวัดปริมาณการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Radio Frequency – RF) โดยร่างกายของมนุษย์จากการใช้งานเครื่องวิทยุคมนาคม โดยค่า SAR ที่วัดได้มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อกิโลกรัม (W/kg) หรือ มิลลิวัตต์ต่อกรัม (mW/g) โดยขีดจำกัดการได้รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการใช้งานเครื่องวิทยุคมนาคมถูกกำหนดโดยค่า SAR ดังกล่าว ซึ่งเป็นการวัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า และความหนาแน่นกำลังส่งของคลื่นวิทยุ โดยวิธีในการวัดค่า SAR ที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป จะใช้วิธีการวัดค่า SAR โดยตรง (direct method SAR test) ซึ่งวิธีดังกล่าวจะใช้แบบจำลอง (model) ที่เรียกว่า S AM phantom เพื่อจำลองศีรษะของมนุษย์ และ Flat phantom เพื่อจำลองในส่วนของร่างก าย โดยวิธีดังกล่าวอุปกรณ์วิทยุคมนาคมจะถูกทดสอบที่กำลังส่งสูงสุด ในห้องปฏิบัติการทดสอบที่ประกอบด้วยระบบการทดสอบค่า SAR และแขนกล โดยการใช้ orthogonal probe ซึ่งติดตั้งอยู่บนแขนกลในการวัดค่า สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นวิทยุที่ถูกส่งเข้าไปในของเหลวที่จำลองคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของเนื้อเยื่อมนุษย์ที่บรรจุอยู่ในแบบจำลอง (phantom) ดังกล่าวข้างต้น

ตัวอย่างระบบและตรวจวัดค่า Specific Absorption Rate (SAR)

3.2.2 ระบบการทดสอบค่า Specific Absorption Rate (SAR) และการตั้งค่าอุปกรณ์

1) อุปกรณ์สำหรับระบบการตรวจวัด Specific Absorption Rate (SAR)



SAR testing system setup

1. Control, data capture and processing unit (PC
2. Field-probe readout electronic (data acquisition unit)
3. Dosimetric E-field probe
4. Probe positioned (multi-axis robot)
5. Low-ambiend field/stable temperature environment
6. Phantom shell filled with tissue equivalent liquid
7. Device under test
8. Device holder/Positioner

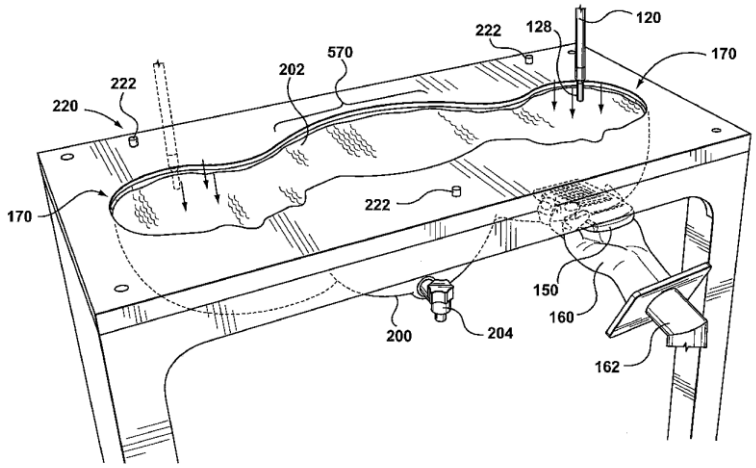


FIG. 2

ตัวอย่างแบบจำลอง phantom

2) <u>การติดตั้งและการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ที่ถูกทดสอบ</u>

ใน การทดสอบค่า SAR ของอุปกรณ์ ควรทำการทดสอบอุปกรณ์ ซึ่งอยู่ในโหมดการทำงาน และ configurations ของสายอากาศ ต่างๆ ที่มีการใช้งานโดยปกติ และต้องไม่มีการต่อสายไฟชาร์จเจอร์ไปยังอุปกรณ์ เนื่องจากสายไฟอาจทำให้คุณสมบัติการแพร่คลื่นของอุปกรณ์เปลี่ยนแปลงได้

<u>โหมดการทำงานของอุปกรณ์</u>

ในการวัดค่า SAR โหมดการทำงานต่างๆ ของอุปกรณ์ที่จะต้องทำการวัดนั้น ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีและวิธีการในการส่งสัญญาณของอุปกรณ์ (เช่น ความถี่ , การมอดูเลตสัญญาณ , กำลังส่ง ฯลฯ) ซึ่งโดยทั่วไปจะต้องทำการวัดในทุกๆ โหมดการทำงานของอุปกรณ์ที่มีการใช้งานในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริง (ในขณะใช้งานข้างหูของผู้ใช้งาน)

<u>ย่านความถี่วิทยุในการทดสอบ</u>

โดยทั่วไปค่า SAR ของอุปกรณ์จะต้องสอดคล้องเป็นไปตามขีดจำกัดที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ในทุกๆ ช่องความถี่ใช้งาน ซึ่งในการทดสอบค่า SAR นั้น จะต้องดำเนินการทดสอบในช่องความถี่ที่ใกล้เคียงกับความถี่กึ่งกลางของแถบความถี่ใช้งานของอุปกรณ์ ซึ่งในกรณีที่ความกว้างแถบความถี่ใช้งานมีค่ามากกว่า 1 เปอร์เซ็นของความถี่กึ่งกลาง จะต้องทำการวัดที่ช่องความถี่ต่ำสุดและช่องความถี่สูงสุดด้วย และถ้ากว้างแถบความถี่ใช้งานมีค่ามากกว่า 10 เปอร์เซ็นของความถี่กึ่งกลางแล้ว จะต้องมีการวัดที่ช่องความถี่อื่นเพิ่มเติมตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานด้วย

<u>กำลังส่งในการทดสอบ</u>

กำลังส่งที่ใช้ในการทดสอบค่า SAR ของอุปกรณ์ต้องเป็นค่ากำลังส่งสูงสุดของอุปกรณ์ โดยที่แบตเตอรี่ได้รับการชาร์จเต็ม

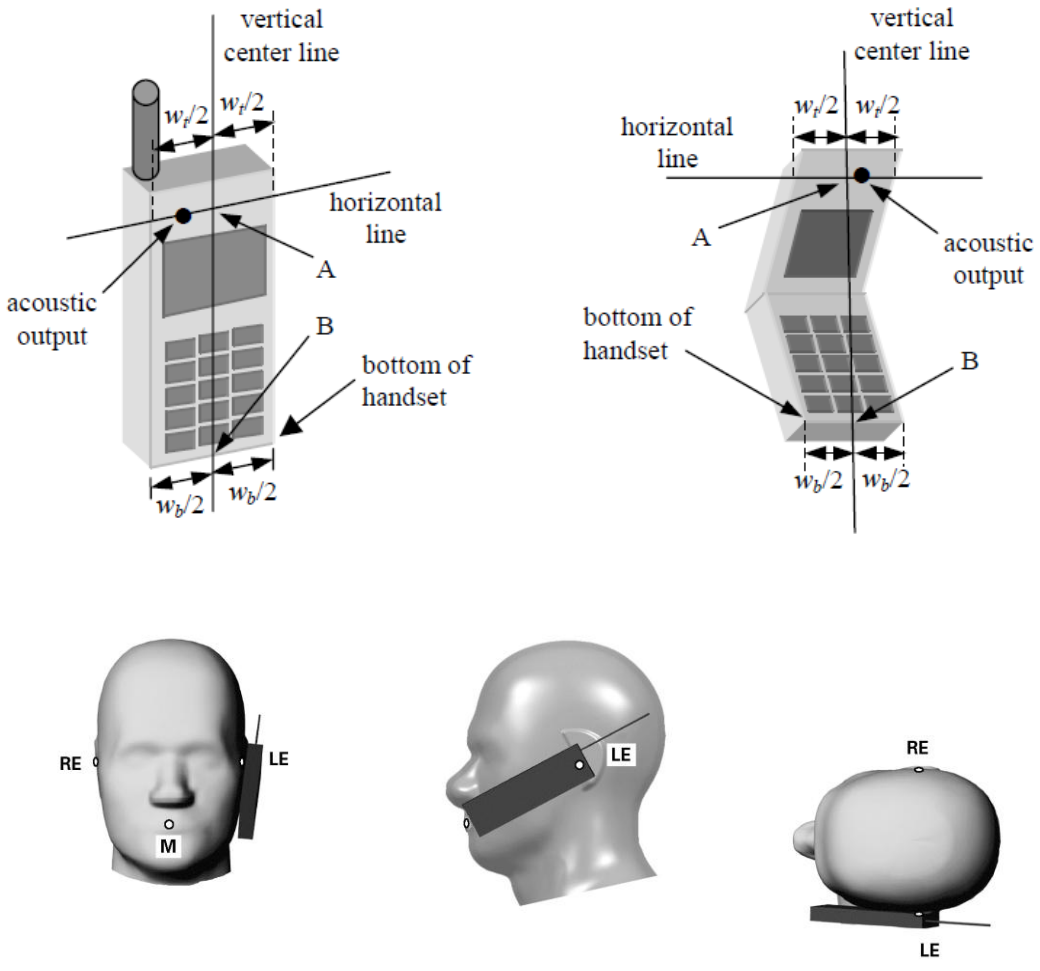
<u>รูปแบบทางกายภาพของอุปกรณ์ในการทดสอบ</u>

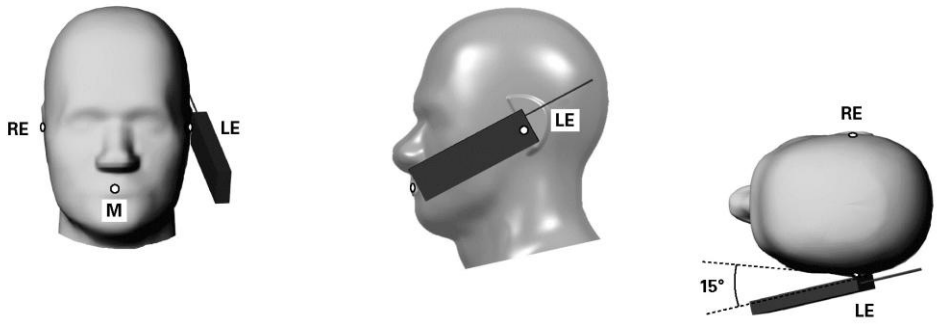
สายอากาศ : ในกรณีที่สายอากาศสามารถปรับเลื่อนเข้าหรือออกได้ ต้องทำการทดสอบทั้งในตำแหน่งสายอากาศถูกปรับเลื่อนเข้าและเลื่อนออกเต็มที่

การทดสอบกับอุปกรณ์เสริม : ในกรณีที่อุปกรณ์เสริมอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติการแพร่คลื่นของอุปกรณ์ (เช่น สายอากาศเสริม แบตเตอรี่เสริม ฯลฯ) กรณี การใช้อุปกรณ์เสริม ดังกล่าวควรได้รับการทดสอบด้วย

3) <u>ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดค่า SAR</u>

ในการทดสอบวัดค่า SAR จะต้องทำการวัดโดยที่ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งในลักษณะการจำลองการใช้งานทั้งด้านขวาและด้านซ้ายของแบบจำลอง ทั้งในลักษณะติดตั้งอุปกรณ์แนบชิดกับในหน้าของแบบจำลอง (cheek position) และอุปกรณ์เอียงทำมุมกับใบหน้าของแบบจำลอง (tilt position) โดยตำแหน่งในการจัดวางอุปกรณ์ในการทดสอบ สามารถแสดงได้ดังรูป (จุดตัดระหว่างเส้นตรงสองเส้นอยู่บริเวณหูโดยให้แนวของเส้นในแกนตั้งทำมุมไปยังปากของแบบจำลอง)





Test position of device relative to head

3.2.3 ขั้นตอนและวิธีการในการทดสอบค่า SAR

1) <u>การเตรียมการทดสอบ</u>

<u>สภาพแวดล้อม</u>

สัญญาณรบกวน : สัญญาณรบกวนอันเกิดจากสภาวะแวดล้อมในการทดสอบต้องมีค่าต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นของค่า SAR ที่ 0.4 W/kg หรือ 12 mW/kg

สัญญาณสะท้อน : สัญญาณสะท้อนในการทดสอบซึ่งเกิดจากการสะท้อนของสัญญาณจากอุปกรณ์กับ สิ่งแวดล้อมที่สามารถทำให้เกิดการสะท้อ นของสัญญาณกลับไปยังแบบจำลอง (phantom) จะต้องมีค่าต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นของค่า SAR ที่วัดได้

อุณหภูมิ : อุณหภูมิแวดล้อมต้องทำการวัดและตรวจสอบโดยทันทีก่อนที่จะทำการทดสอบค่า SAR ในแต่ละครั้ง ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิแวดล้อมควรอยู่ระหว่าง 18-25 °C โดยจะขึ้นอยู่กับย่านความถี่และชนิดของเหลวที่ใช้ทำการทดสอบ (Tissue Simulating Liquid) และอุณหภูมิไม่ควรแปรปรวนไปมากกว่า 1 °C

<u>การวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลว (Measurement of dielectric parameters)</u>

ในการทดสอบวัดค่า SAR ค่า คุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลว จำลองเนื้อเยื่อ (Tissue Simulating Liquid) ในการทดสอบควรได้รับการตรวจวัดภายใน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบวัดค่า SAR โดยที่ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่วัดได้ของของเหลวต้องเป็นไปตามที่กำหนด และในระหว่างการทดสอบวัดค่า SAR อุณหภูมิของของเหลวจะต้องเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน 2 °C ทั้งนี้ เพื่อให้มั่นใจว่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจะไม่เปลี่ยนแปลงจนเกินไปกว่าที่จะยอมรับได้ โดยรายละเอียดกระบวนการตรวจวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวแสดงไว้ใน 3.2.4

การตรวจเช็คการทำงานของระบบ (System performance checking)

เพื่อให้แน่ใจว่าระบบการทดสอบค่า SAR ทำงานได้อย่างถูกต้อง ควรต้องทำการตรวจเช็คการทำงานของระบบ (system performance checking) ก่อนการดำเนินการทดสอบค่า SAR และทุกๆ 24 ชั่วโมงในการทดสอบค่า SAR โดยขั้นตอนและวิธีการในการตรวจเช็คการทำงานของระบบมีรายละเอียดใน 3.2.5

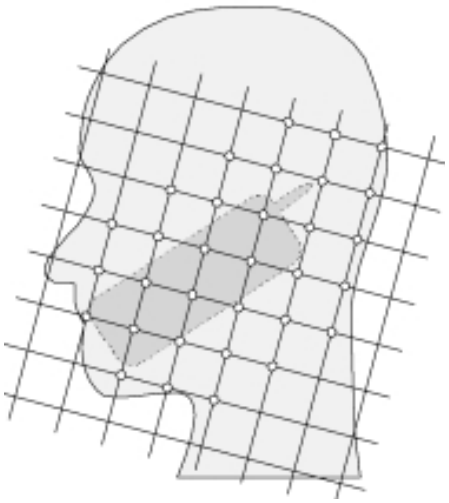
2) กระบวนการในการประเมินค่า peak spatial-average SAR สำหรับแต่ละ configuration ของอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 1 : การวัดค่ากำลังอ้างอิงก่อนการทดสอบ (Power reference measurement (drift))

ก่อนที่จะทำการวัดค่า SAR จะต้องทำการวัดค่ากำลังอ้างอิง (power reference) ที่ตำแหน่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ทั้งนี้ เพื่อใช้ในการประเมินค่าความเปลี่ยนแปลงของกำลังส่งสัญญาณในระหว่างการทดสอบ (power drift) ซึ่งอาจเกิดได้จากสาเหตุต่างๆ เช่นการสูญเสียพลังงานของแบตเตอรี่ระหว่างการทดสอบ โดยค่ากำลังที่วัดได้นี้จะนำไปถูกเปรียบเทียบการค่ากำลังที่วัดได้ภายหลังการทดสอบในการประเมินความเปลี่ยนแปลงของกำลังส่ง และจะถูกนำไปใช้ประกอบการประเมินผลกระทบต่อ uncertainty budget ของระบบ ซึ่งค่าความเปลี่ยนแปลงของกำลังส่งนี้ควรมีค่าไม่เกิน 5 เปอร์เซ็น

ขั้นตอนที่ 2 : การกราดตรวจแบบพื้นที่ (Area scan)

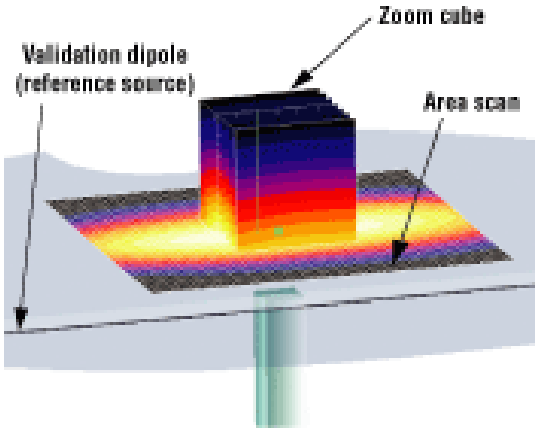
การเริ่มต้นการวัดค่า SAR จะเริ่มจากการวัดแบบกราดตรวจพื้นที่ (Area scan) โดยการกราดตรวจดังกล่าวจะทำการวัดในลักษณะจุดๆ บนพื้นที่ตารางสมมติคร่าวๆ แบบ 2 มิติในของเหลวเหนือพื้นผิวภายในแบบจำลอง phantom โดยพื้นที่ตารางดังกล่าวต้องครอบคลุมพื้นที่ projection ของอุปกรณ์ที่ถูกทำการทดสอบ ซึ่งระยะระหว่างจุดที่ทำการวัดและพื้นผิวของแบบจำลองควรคงที่ โดยต้องไม่เกิน 8 มิลลิเมตร และระยะระหว่างจุดที่ทำการวัดบนตารางต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนด เพื่อความแม่นยำในการประมาณค่าในค่าช่วง (interpolation) ของค่า SAR ที่เหมาะสม



Example of Area scan

ขั้นตอนที่ 3 : การกราดตรวจแบบเจาะจงปริมาตร (Zoom scan)

ภายหลังจากการวัดแบบกราดตรวจพื้นที่ เพื่อทำการประเมินค่า peak spatial-average SAR จะทำการกราดตรวจแบบเจาะจงปริมาตร (Zoom scan) ที่ตำแหน่งที่ประเมินค่า SAR ได้สูงสุดจากการวัดแบบกราดตรวจพื้นที่ โดยที่ปริมาตรในการ กราดตรวจแบบเจาะจงปริมาตร จะมีขนาดอย่างต่ำไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของปริมาตรลูกบาศก์ของเนื้อเยื่อ 1 g หรือ 10 g อย่างใดอย่างหนึ่งตามที่จะทำการทดสอบ โดยการ กราดตรวจแบบเจาะจงปริมาตร นี้จะมีความละเอียดและจำนวนจุดทำทำการวัดสูงกว่าการวัดแบบกราดตรวจพื้นที่



Example of Zoom scan

ขั้นตอนที่ 4 : การวัดค่ากำลังอ้างอิงหลังการทดสอบ (Power reference measurement)

ภายหลังจากทำการวัดค่า SAR จะต้องทำการวัดค่ากำลังอ้างอิง (power reference) ที่ตำแหน่งเดียวกันกับที่วัดไว้ในขั้นตอนที่ 1 เพื่อใช้ในการประเมินค่าความเปลี่ยนแปลงของกำลังส่งสัญญาณในระหว่างการทดสอบดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

เพื่อการประเมินค่า peak spatial-average SAR สูงสุดของอุปกรณ์จะต้องถูกทดสอบในตำแหน่ง configurations โหมดการใช้งาน และย่านความถี่ใช้งานต่างๆ ซึ่งมาตรฐานจะกำหนดการพิจารณาว่าอุปกรณ์จะต้องถูกทดสอบในตำแหน่ง configurations โหมดการใช้งาน และย่านความถี่ใช้งานใดบ้าง

3.2.4 การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อ Dielectric property measurements

การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อ (Tissue Simulating Liquid) ต้องทำการทดสอบตรวจวัดภายใน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบวัดค่า SAR โดยที่ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่วัดได้ของของเหลวต้องเป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งการทดสอบนี้สามารถทำได้หลายวิธี โดยการอบรมในครั้งนี้ได้แสดงตัวอย่างการทดสอบจำนวน 2 วิธี ประกอบด้วย

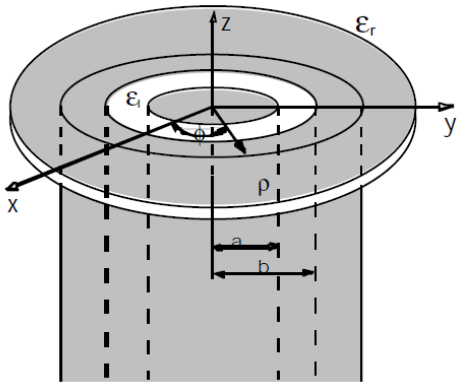
- Open-ended coaxial transmission-line probe/sensor
- TEM line

<u>การทดสอบแบบ Open-ended coaxial transmission-line probe/sensor</u>

การทดสอบ คุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อ โดยวิธี Open-ended coaxial transmission-line probe /sensor เป็นการทดสอบโดยจัดให้หัววัด คุณสมบัติทางไฟฟ้า (Dielectric probe) สัมผัสกับของเหลวที่จะวัด เปรียบเทียบผลที่วัดได้กับกรณีวงจรปลายเปิด (open-circuit end) โดยใช้อุปกรณ์ vector network analyzer ในการวิเคราะห์ผล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (Test equipments)

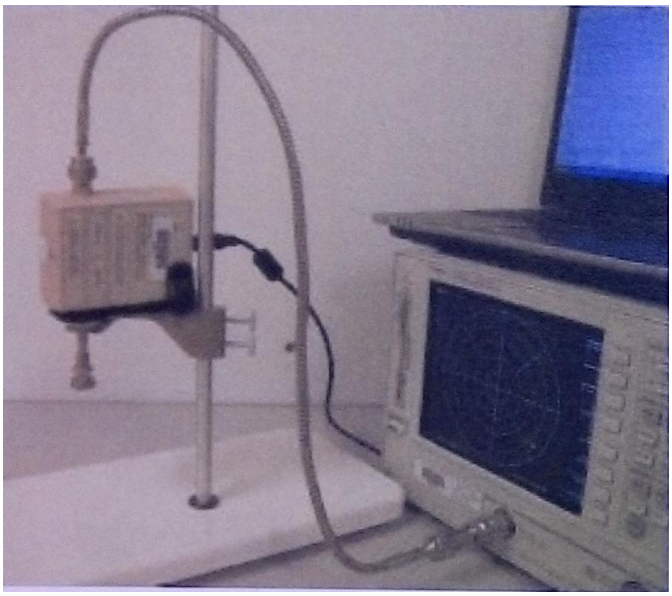
- Vector Network Analyzer
- E-field calibration module
- Open-ended coaxial probe
- Non-metallic beaker (Tissue Simulating liquid container)
- De-ionized water
- Tissue Simulating Liquids (TSL)



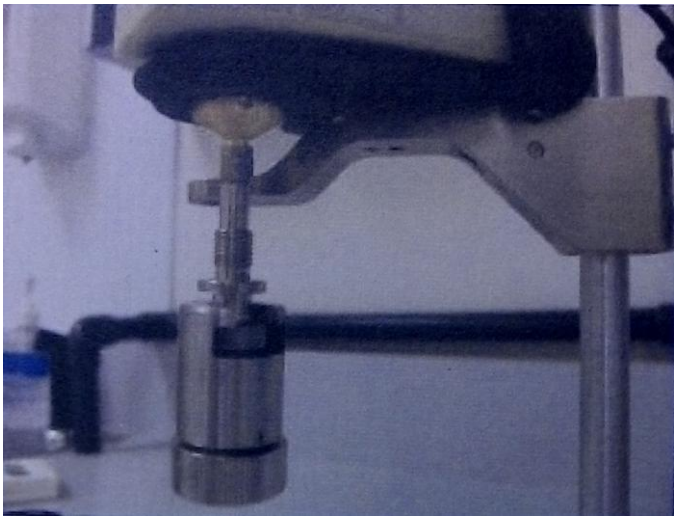
Open-ended coaxial probe diagram

ขั้นตอนการทดสอบ

- ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบและทำการสอบเทียบ (Calibrate) อุปกรณ์ vector network analyzer และระบบของหัววัด (probe system) โดยการทดสอบแบบ open, short, และใช้ reference liquid (deionized water)

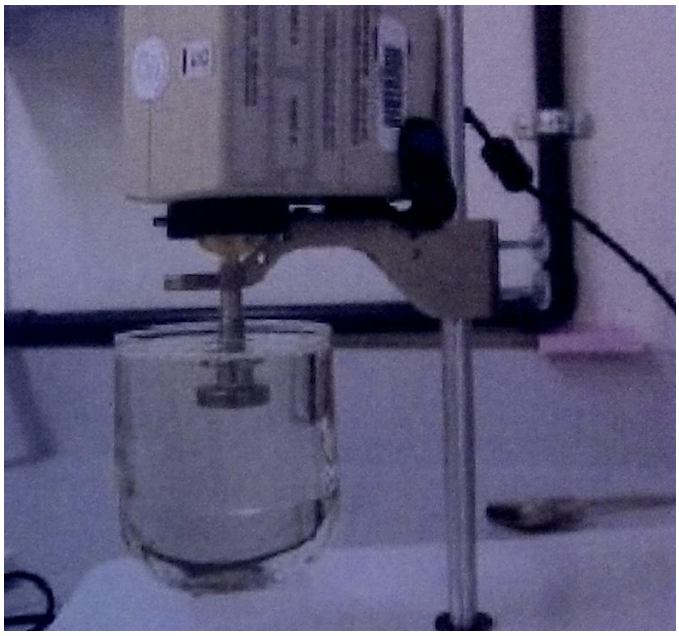


Open-ended coaxial transmission-line probe dielectric measurement test setup



Shorting block connection

- จัดเตรียมของเหลวที่จะทำการทดสอบลงใน beaker และติดตั้งให้หัววัดจมอยู่ภายในของเหลว ตามรูป



Tissue Simulating Liquid (TSL) measurement

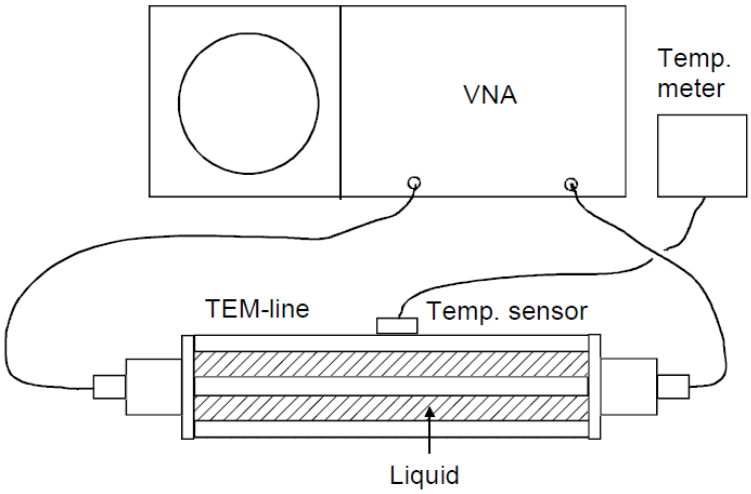
- ทำการวัดและนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่า คุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน เพื่อที่จะนำค่า คุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อ ดังกล่าวไปใช้เป็นข้อมูลของของเหลวที่ใช้ในการทดสอบค่า SAR ของอุปกรณ์ต่อไป

<u>การทดสอบโดยวิธีการใช้ TEM line</u>

การทดสอบ คุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อ โดยวิธีการใช้ TEM line เป็นการทดสอบโดยการวัด complex transmission coefficient ของ TEM-mode coaxial transmission line ที่ถูกบรรจุไว้ด้วยของเหลวจำลองเนื้อเยื่อ (Tissue Simulating Liquid) โดยใช้ vector network analyzer ในการวิเคราะห์ผล

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (Test equipments)

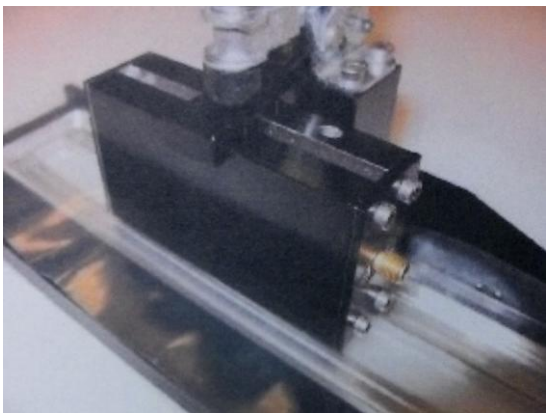
- Vector Network Analyzer
- E-field calibration module
- TEM line (ตามความถี่วิทยุที่ทดสอบ)
- De-ionized water
- Tissue Simulating Liquids (TSL)



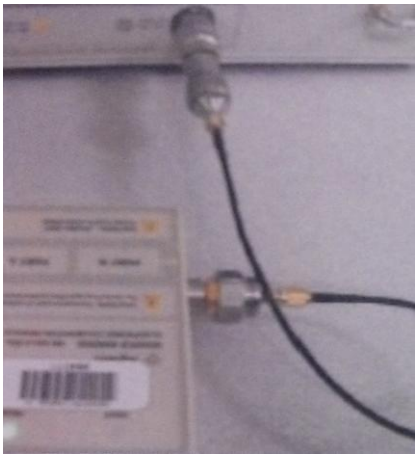
TEM line dielectric test setup

ขั้นตอนการทดสอบ

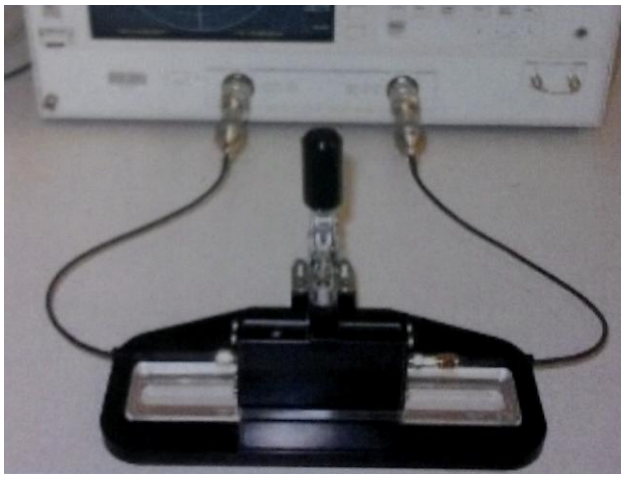
- ติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบและทำการสอบเทียบ (Calibrate) อุปกรณ์ vector network analyzer และระบบ TEM line



TEM line preparation



Calibrating vector network analyzer using E-field calibration module



Exam TEM line test setup

เติมของเหลวที่จะทำการทดสอบลงใน TEM line

Filling TEM line with Tissue Simulating Liquid

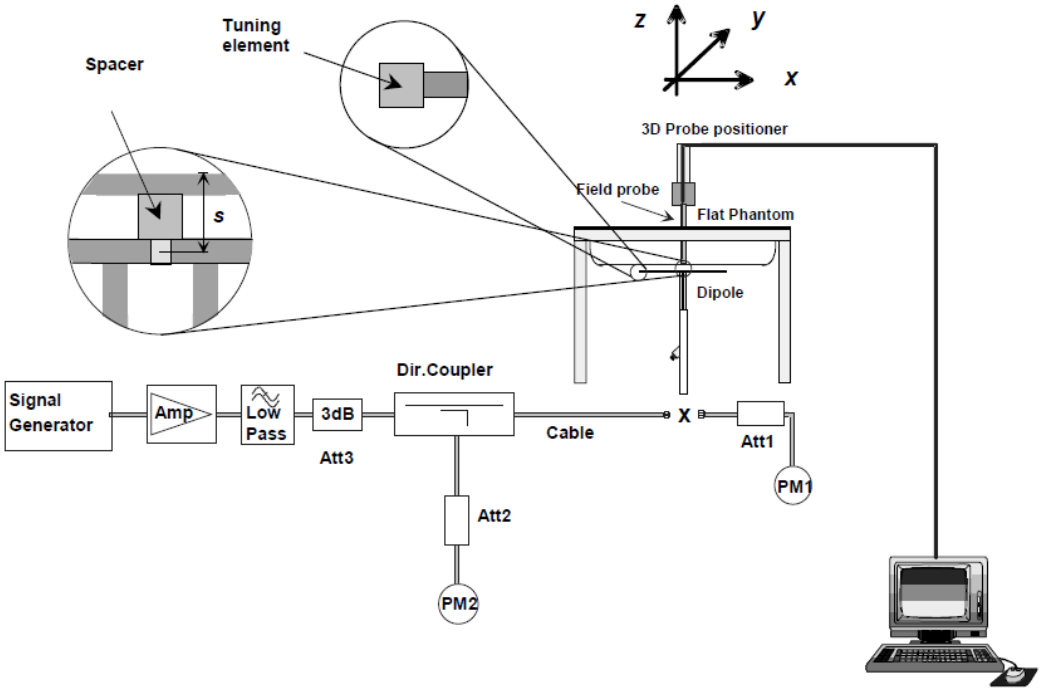
- ทำการวัดและนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่า คุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน เพื่อที่จะนำค่า คุณสมบัติทางไฟฟ้าของของเหลวจำลองเนื้อเยื่อ ดังกล่าวไปใช้เป็นข้อมูลของของเหลวที่ใช้ในการทดสอบค่า SAR ของอุปกรณ์ต่อไป

3.2.5 การตรวจเช็คการทำงานของระบบ (System performance check)

การตรวจเช็คการทำงานของระบบ (System performance check- system check) มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการตรวจยืนยันการทำงานของระบบการทดสอบ SAR ว่าทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดทางเทคนิค (specifications) ของอุปกรณ์ในย่านความถี่วิทยุที่ทำการทดสอบ การตรวจเช็คนี้เป็นการตรวจเช็คอย่างง่ายที่สามารถทำซ้ำได้ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบจำทำงานอย่างถูกต้องเมื่อทำการทดสอบ SAR ซึ่งการตรวจเช็คนี้ควรกระทำทุกๆวัน หรือทุกๆ ครั้ง ก่อนการทดสอบวัดค่า SAR โดยการตรวจเช็คนี้จะตรวจจับความคลาดเคลื่อนของระบบที่อาจเกิดขึ้นในระยะสั้นได้ เช่น

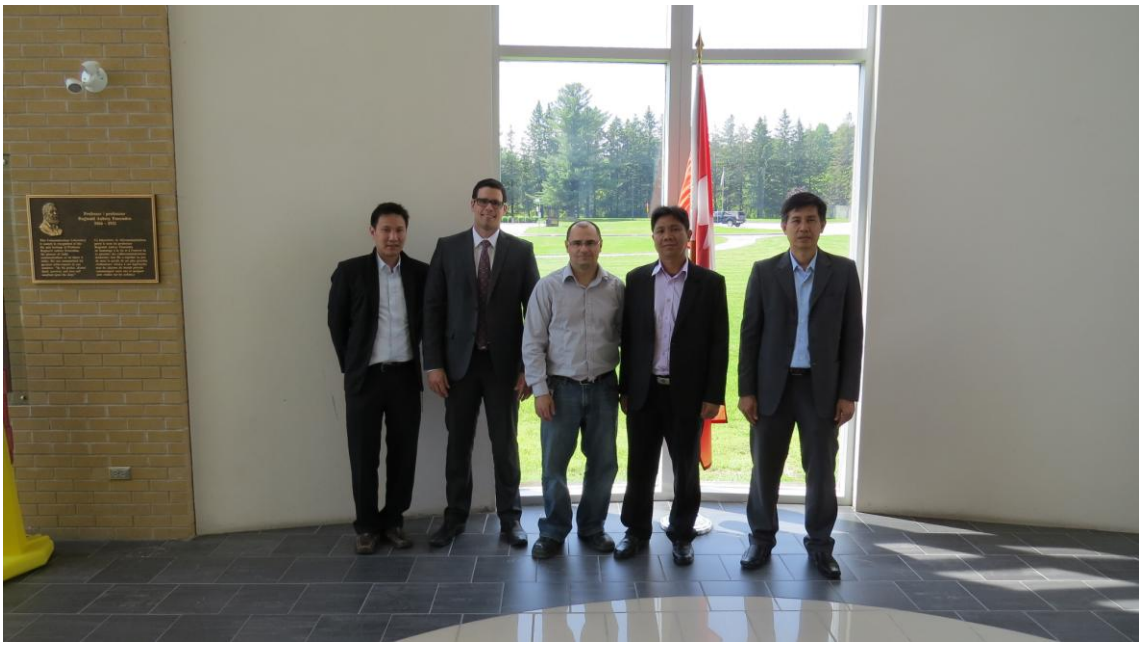
- การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเหลว (อันเนื่องมาจากการระเหยของน้ำ หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ)
- การเสียหายของอุปกรณ์
- ความคลาดเคลื่อนในการทำงานของอุปกรณ์
- ความผิดพลาดในการจัดและตั้งค่าระบบของบุคลากรที่ทำการวัด
- ฯลฯ

การตรวจเช็คการทำงานของระบบนี้ กระทำโดยการทดสอบวัดค่า SAR (1g หรือ 10g) ในระบบการทดสอบอย่างง่ายโดยใช้แหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาตรฐาน (โดยใช้ continuous wave ส่งออกไปยัง half-wave dipole antenna) ซึ่งจะดำเนินขั้นตอนการตรวจวัดเช่นเดียวกับการทดสอบวัดค่า SAR ทั่วไป และนำผลการวัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายเพื่อยืนยันการทำงานของระบบต่อไป โดยรายละเอียดของอุปกรณ์และการติดตั้งสำหรับการตรวจเช็คการทำงานของระบบแสดงดังรูป



System performance check system configuration

บรรยากาศห้องปฏิบัติการทดสอบวัดค่า SAR ของ Industry Canada



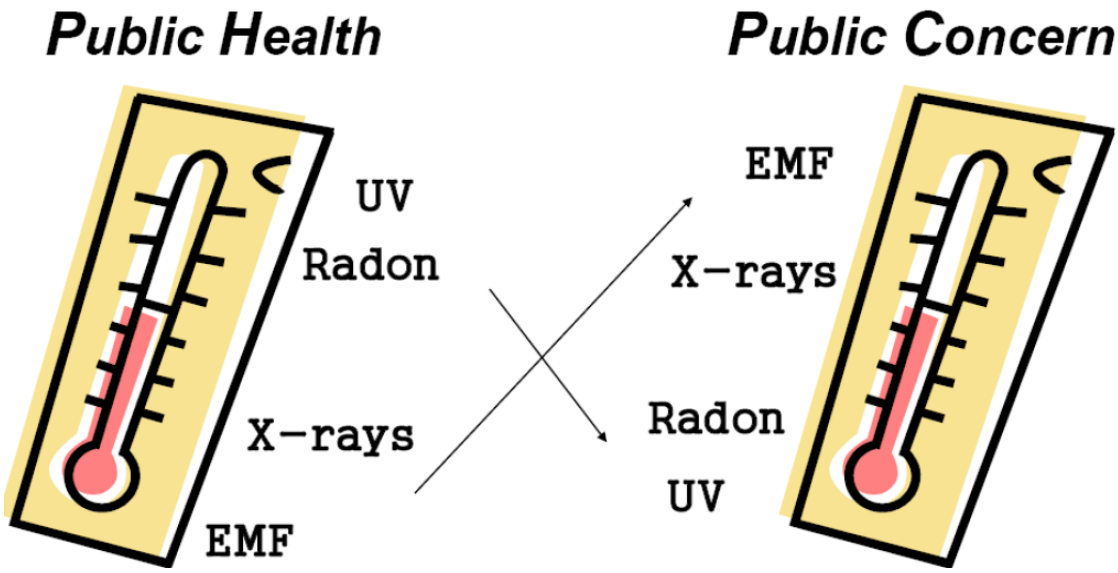
3.3 การเยี่ยมชมศึกษาดูงาน SAR measurements โดยหน่วยงาน Motorola Solutions Inc.

วันที่ 3 - 4 มิถุนายน 2556 เป็นการศึกษาดูงานในการปฏิบัติงานจริงของห้องปฏิบัติการทดสอบหัวข้ออัตราการดูดกลืนพลังงานจำเพาะ (SAR measurements) ของ Motorola Solutions Inc. ณ เมือง Plantation มลรัฐฟลอริด้า ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้รับความอนุเคราะห์จาก C- K. Chou, Ph.D. Chief EME Scientist Motorola Solutions, Inc. Fort Lauderdale, Florida USA บรรยายสรุปในหัวข้อความปลอดภัยจากคลื่นความถี่วิทยุ (RF Safety) มีเนื้อหาโดยสรุปดังนี้

ความเป็นมาของปัญหาอันเนื่องจากความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยจากคลื่นวิทยุ

1. Radar ปี 1950-1960 : ช่วงสงครามโลก
2. Radio and TV Broadcasting ปี 1960-1970
3. Microwave Oven ปี 1970-1980
4. Police Radar ปี 1980
5. Wireless Communication ปี 1990 ถึงปัจจุบัน (mobile phones, base stations, Wi-Fi, WiMAX, smart meters, RFID, etc.)

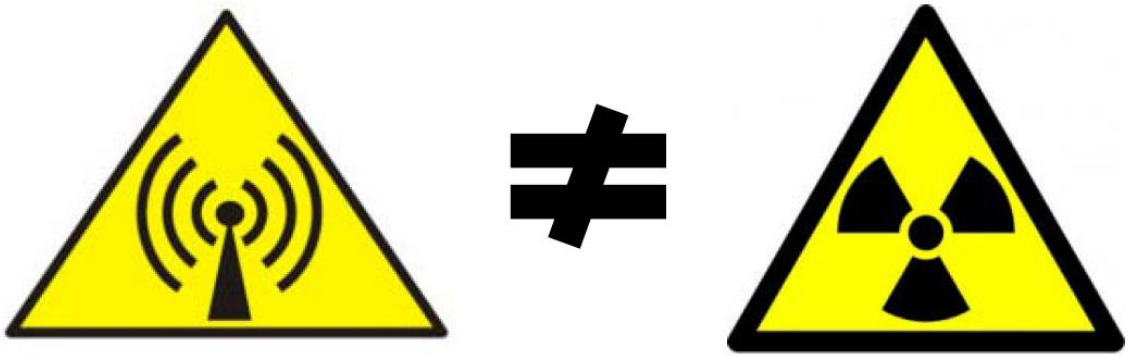
Radiation



จากภาพจะพบว่าประชาชนมีความวิตกกังวลเกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพจากการแพร่กระจายคลื่นในทางตรงกันข้ามกับข้อเท็จจริง อันเนื่องมาจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

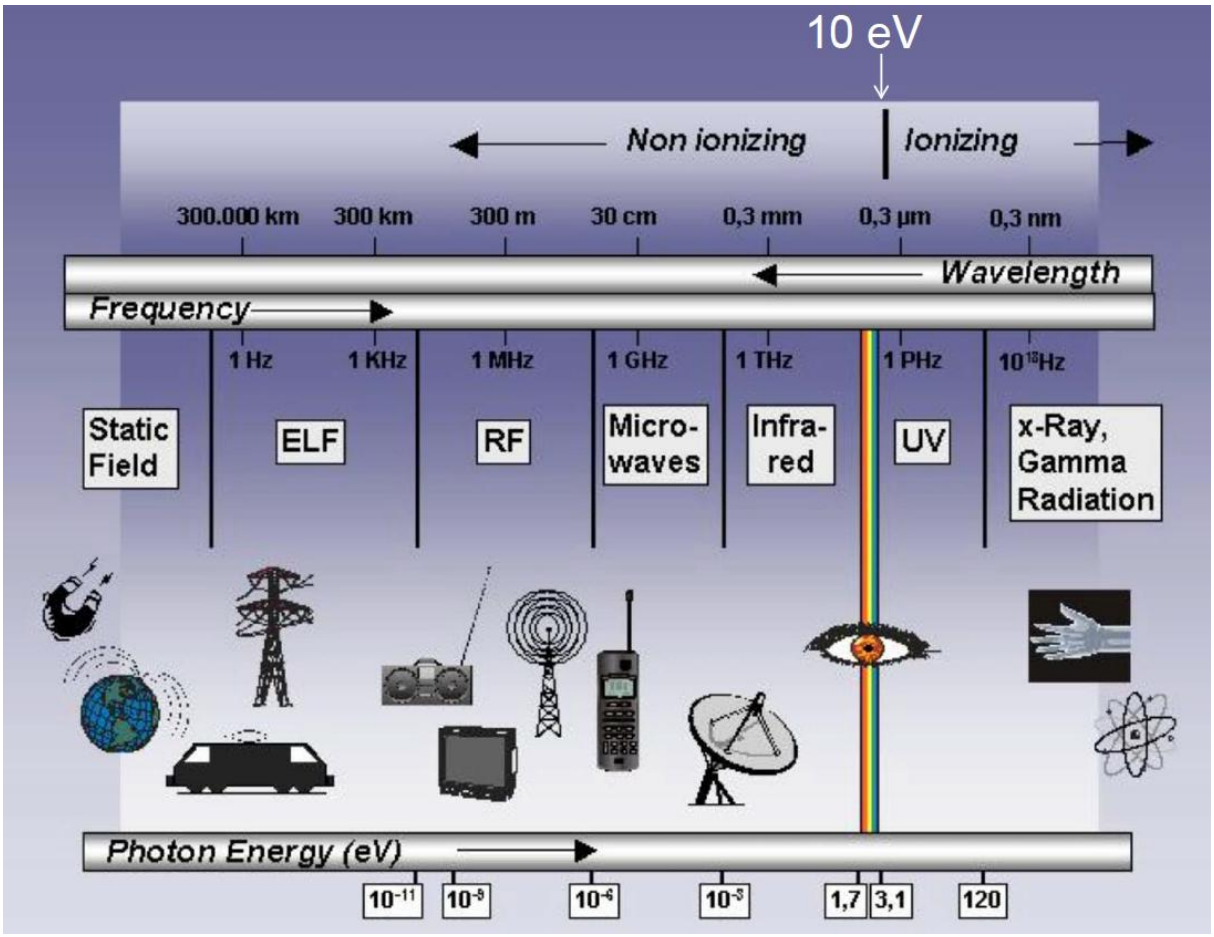
Source of Concern: “Radiation”

RF Exposure ≠ Nuclear Radiation



เพื่อป้องกันความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของประชาชนในกรณีของการแพร่กระจายคลื่น จึงใช้คำว่า RF Exposure แทนคำว่า RF Radiation และกำหนดให้มีสัญญลักษณ์ที่ต่างกัน

<u>คลื่นความถี่และการประยุกต์ใช้งาน</u>



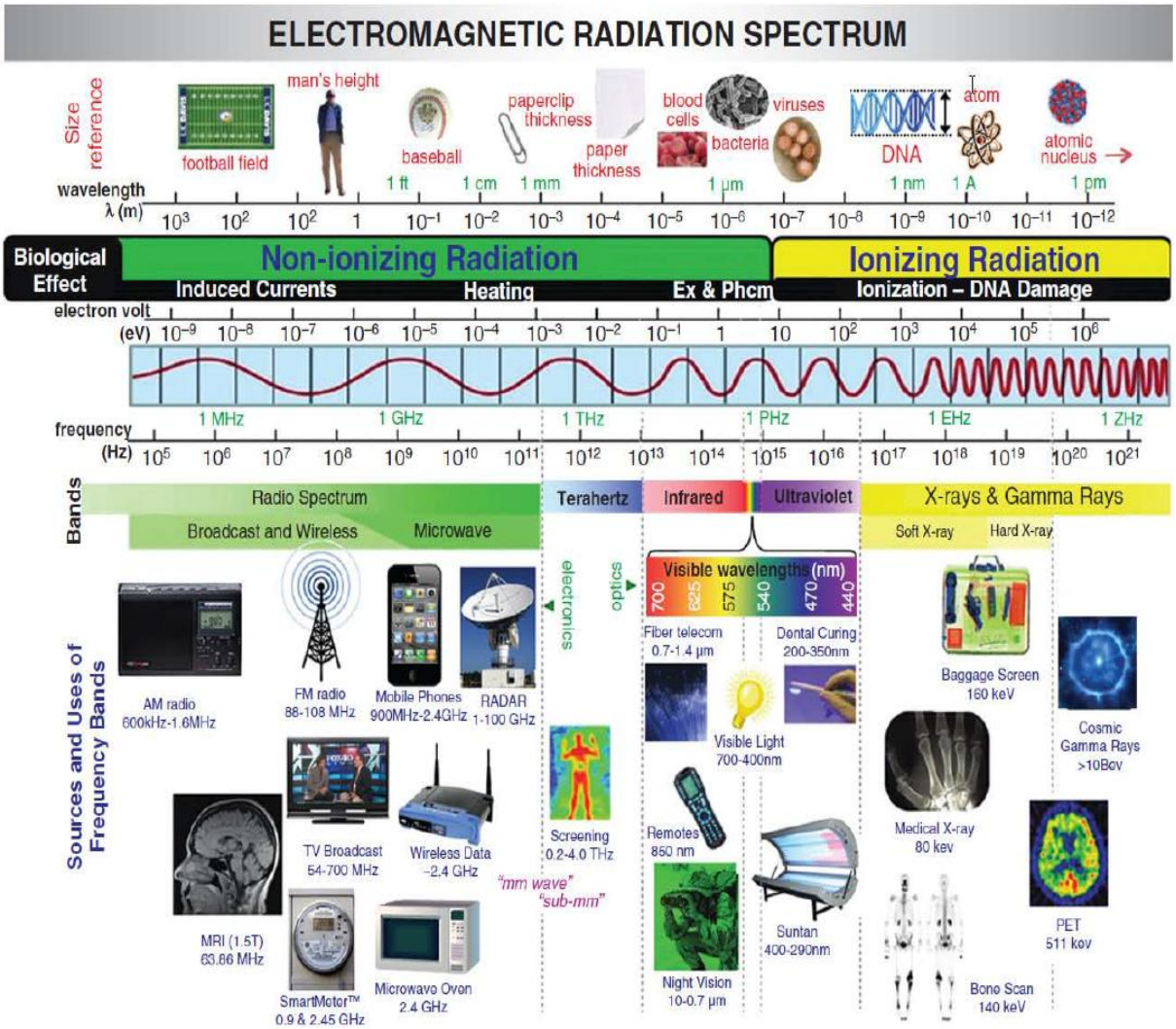
ความแตกต่างระหว่างพลังงานแบบ Ionizing Energy กับ Non-Ionizing Energy

<u>Ionizing Energy</u>

1. พลังงานเพียงพอที่จะเปลี่ยนแปลงพันธะเคมีและโครงสร้างอะตอม
2. ได้รับการยืนยันผลกระทบต่อสุขภาพรวมถึงความเสียหายทางพันธุกรรม
3. ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการสัมผัสสะสม

<u>Non-Ionizing Energy</u>

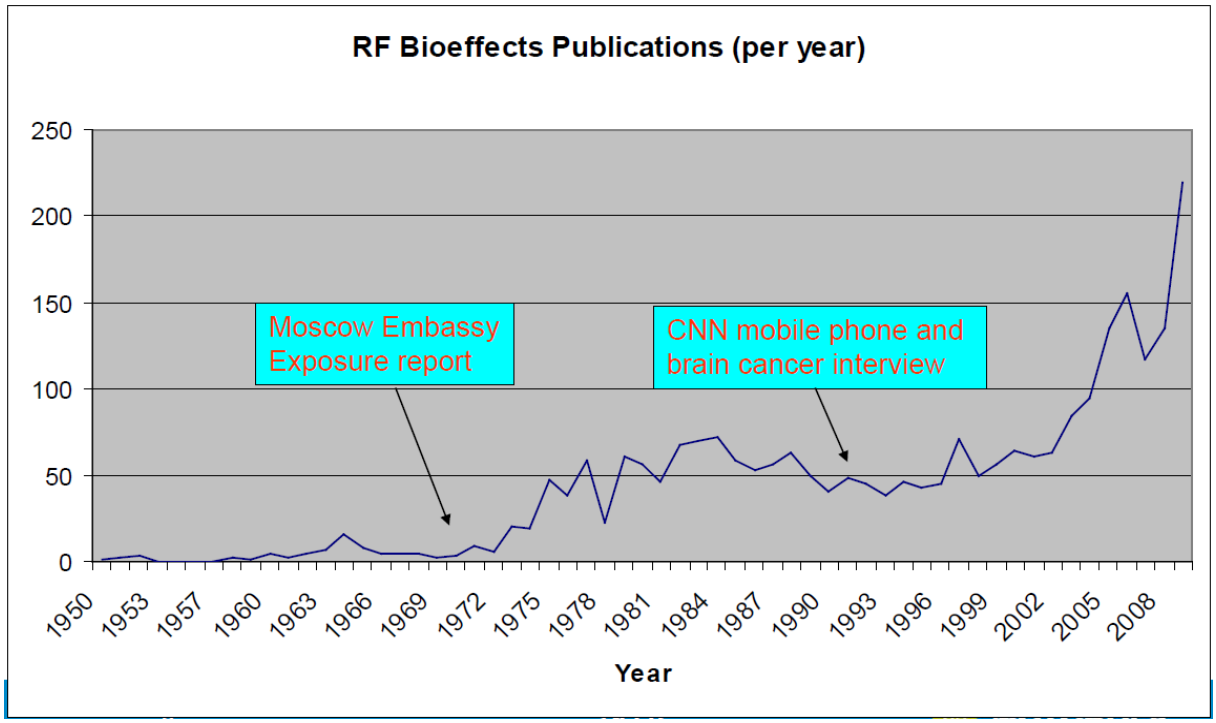
1. พลังงานมีค่าน้อยไม่เพียงพอที่จะก่อให้เกิดผลข้างต้น
2. ได้รับการยืนยันว่าคลื่นความถี่วิทยุมีผลกระทบต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับความร้อนของเนื้อเยื่อหากระดับพลังงานที่ได้รับสูงกว่ากำหนดกรณีการสื่อสารไร้สาย



ขั้นตอนในการแก้ไขความกังวลด้านความปลอดภัย

1. การวิจัยทางวิทยาศาสตร์
2. สิ่งพิมพ์ทบทวนตรวจสอบ
3. ความสอดคล้องกับมาตรฐาน
4. กำหนดเป็นกฎระเบียบ

RF Bioeffects Research



การศึกษาวิจัยแต่ละประเภท

- การศึกษาทางระบาดวิทยา (Epidemiological Studies)
- การศึกษาจากมนุษย์ (Human Studies)
- การศึกษาจากสัตว์ (Animal Studies)
- การศึกษาในหลอดทดลอง (In Vitro Studies)

ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับโทรศัพท์มือถือ

Study Type	Published
Epidemiology	307
Human	277
Animal	283
In Vitro	281
Total	1148

*May 2013

ความเห็นขององค์การอนามัยโลก (WHO) ปี 2011

" ปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานยืนยันว่าการแพร่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับต่ำมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ "

มาตรฐานทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาเพียงสิ่งเดียวสามารถเป็นพื้นฐานของสมมติฐาน แต่ไม่ได้เป็นพื้นฐานสำหรับการชี้บ่งอันตราย

การยืนยันจากผลการศึกษาใดๆ จำเป็นต้องมีการศึกษาหาเหตุผลสนับสนุนผลการศึกษานั้นๆ

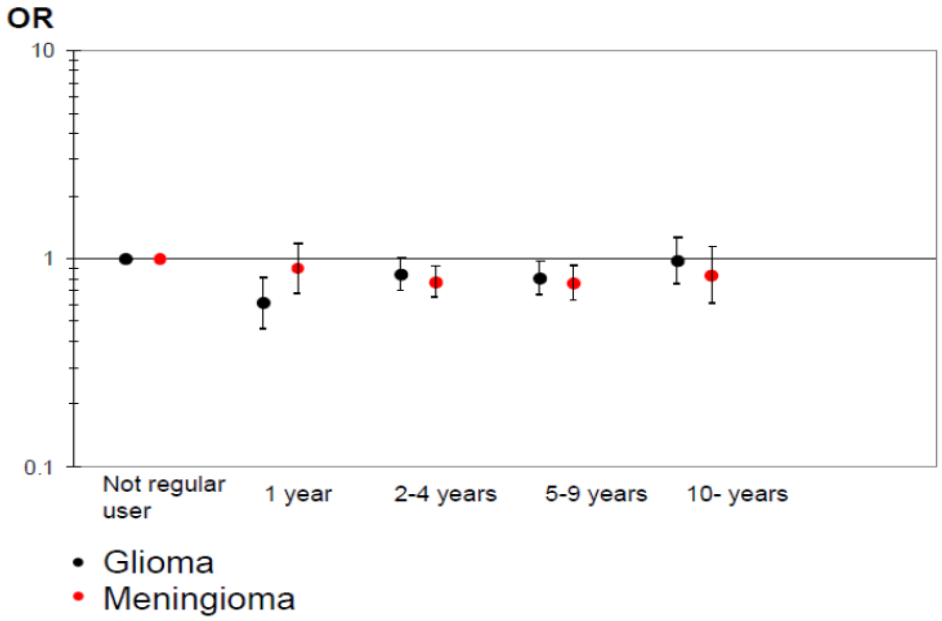
การศึกษาเนื้องอกในสมอง (13 ประเทศ)

ผลการศึกษาได้ถูกตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติทางระบาดวิทยาเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2010 (Acoustic neuroma and parotid gland tumor not included) สรุปว่า

" ไม่มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นในการเกิดโรคมะเร็งสมองจากการใช้งานโทรศัพท์มือถือ โดยมี ข้อแนะนำเกี่ยวกับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีระดับการแพร่กระจายสูง อย่างไรก็ตามต้องมีการพิจารณาข้อผิดพลาดของการตีความด้วย สำหรับผลกระทบที่เป็นไปได้ของการใช้งานในระยะเวลาที่นานของโทรศัพท์มือถือจำเป็นต้องมีการตรวจสอบต่อไป"

INTERPHONE

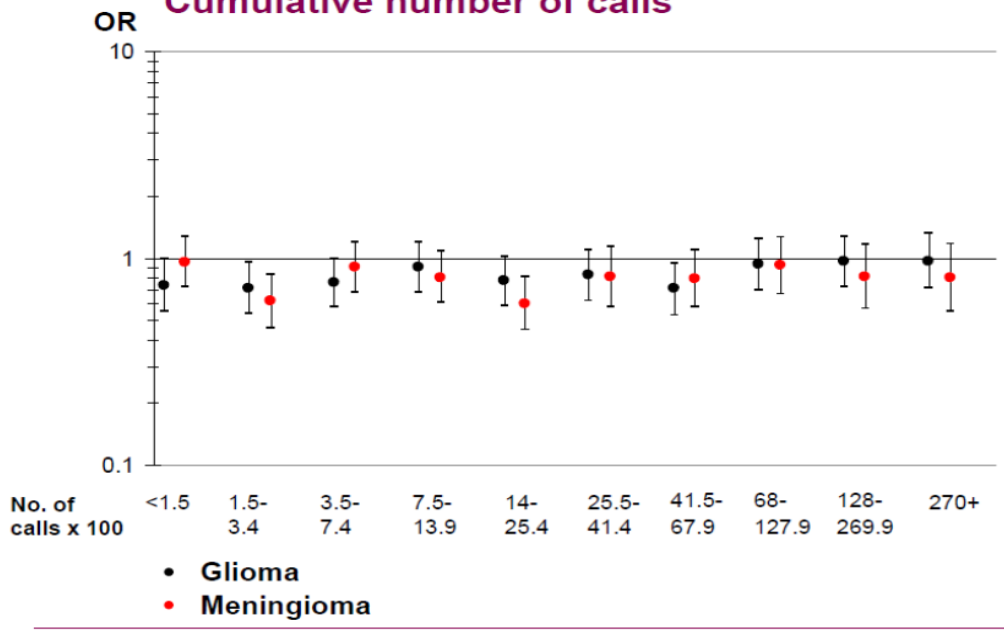
Results Interphone:
Time since first mobile phone use



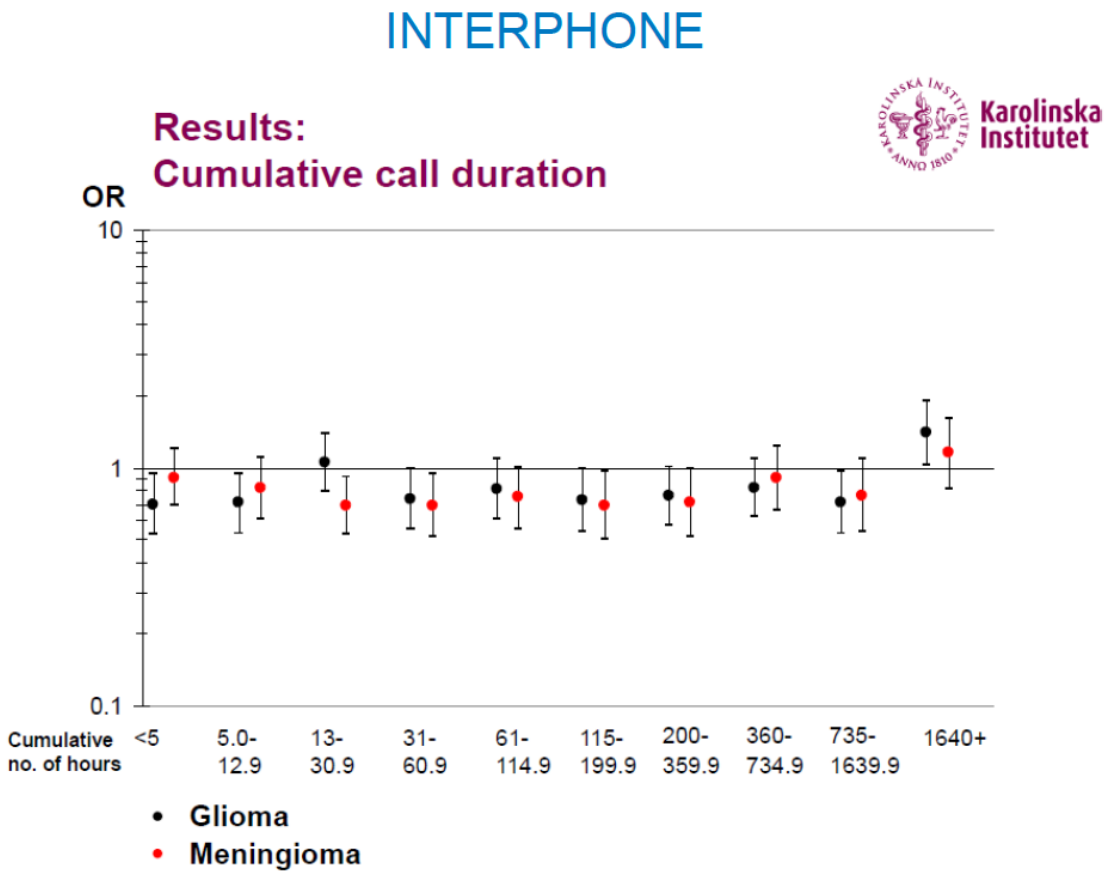
Source: Maria Feychting, Karolinska Institute, at seminar arranged by the Swedish Radiation Safety Authority (SSM) and Karolinska Institute, October 19, 2010.

INTERPHONE

Interphone results:
Cumulative number of calls



Source: Maria Feychting, Karolinska Institute, at seminar arranged by the Swedish Radiation Safety Authority (SSM) and Karolinska Institute, October 19, 2010.



Source: Maria Feychting, Karolinska Institute, at seminar arranged by the Swedish Radiation Safety Authority (SSM) and Karolinska Institute, October 19, 2010.

ข้อมูลทางระบาดวิทยา : แนวโน้มมะเร็งสมองในอีก 30 ปี มีข้อมูลการศึกษาในหลายประเทศ ดังนี้

ไต้หวัน : ไต้หวันไม่ได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการป่วยหรือตายที่เกิดจากมะเร็งเนื้องอกในสมองกับการใช้งานโทรศัพท์มือถือ

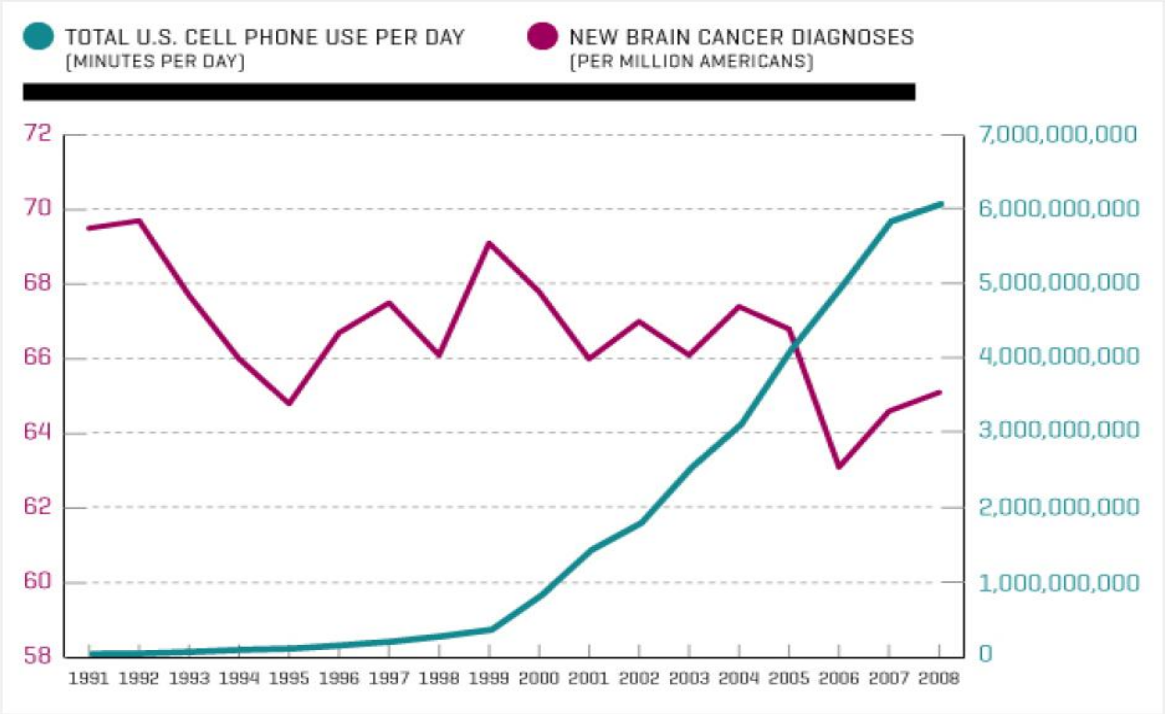
สหราชอาณาจักร : ระยะเวลาการตรวจสอบแนวโน้มอัตราการเกิดโรคมะเร็งสมองในประเทศอังกฤษตั้งแต่ปี 1998-2007 พบว่าหากการใช้โทรศัพท์มือถือมีความสำคัญต่อความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง ข้อมูลดังกล่าวจะถูกเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูลการเกิดโรคมะเร็ง

สหรัฐอเมริกา : จากข้อมูลที่มีอยู่ไม่พบว่าการใช้โทรศัพท์มือถือทำให้เกิดโรคมะเร็งสมอง

สแกนดิเนเวีย : จากการตั้งข้อสังเกตไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงใน ช่วงปี 1998-2003 หากมีความเป็นไปได้ที่จะมีความเกี่ยวข้องระหว่างการใช้โทรศัพท์มือถือกับความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งต้องมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องในระยะเวลา 5-10 ปี

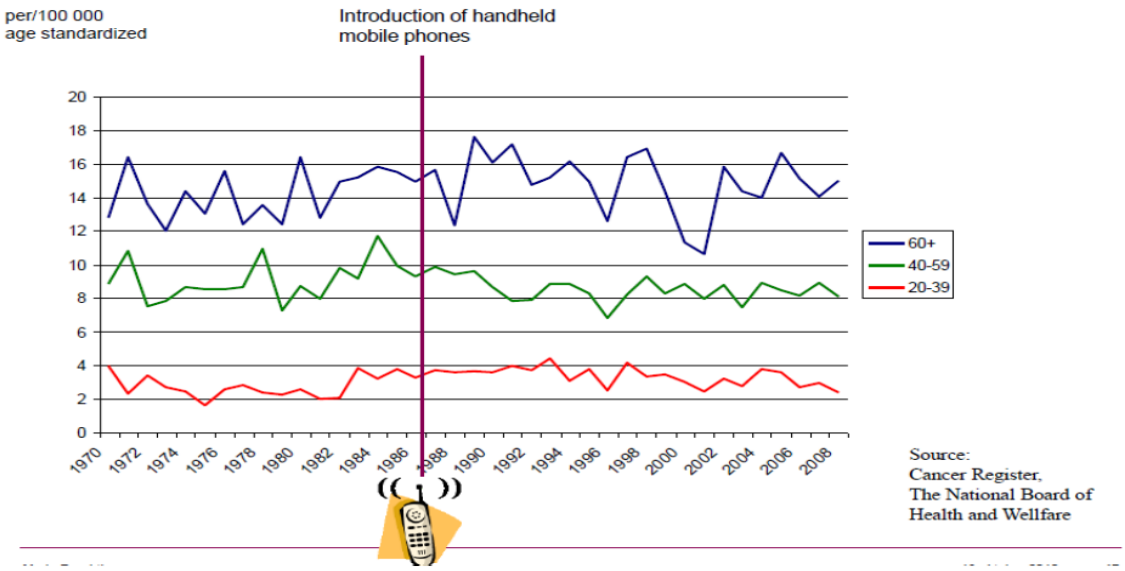
สวิสเซอร์แลนด์ : หลังจากมีการใช้งานโทรศัพท์มือถือ อัตราการตายจากโรคเนื้องอกในสมองยังคงที่ในทุกกลุ่มอายุ

US Brain Cancer Rate vs. Cell Phone Use



Brain tumor incidence data

Glioma incidence, Sweden 1970-2008, Men



International Agency for Research on Cancer (IARC)

IARC เป็นองค์การระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยมะเร็งโดยเป็นหน่วยงานขององค์การอนามัยโลก (WHO)

IARC ได้จำแนกสาร 955 ชนิด บนพื้นฐานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอันตรายต่อการเกิดโรคมะเร็งของมนุษย์ โดยได้มีการจัดกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่ม 1 สารก่อมะเร็งที่รู้จัก (known carcinogen) : 111

กลุ่ม 2A น่าจะเป็นสารก่อมะเร็ง (probable carcinogen) : 65

กลุ่ม 2B มีความเป็นไปได้ที่จะเป็นสารก่อมะเร็ง (possible carcinogen) : 274

กลุ่ม 3 ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (not carcinogen) : 504

กลุ่ม 4 อาจจะไม่เป็นสารก่อมะเร็ง (probably not a carcinogen) : 1

IARC ได้มีการจัดประชุมคณะกรรมการเฉพาะกิจเมื่อวันที่ 24-31 พฤษภาคม 2011 ที่ประเทศฝรั่งเศส ในหัวข้อ

“ RF Electromagnetic Fields (EMF) scope covers all RF transmitting devices operating in the 3 kHz to 300 GHz frequency range, e.g. , Radio and TV transmitters, Radar , microwave ovens, mobile phones , DECT phones, 2-way radios ”

แถลงการณ์จาก WHO

WHO ได้มีการเผยแพร่เอกสาร Fact Sheet #193 “ Electromagnetic fields and public health : mobile phones ”

Website http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/index.html สรุปว่า

“มีการศึกษามากมายที่ได้ดำเนินการในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาเพื่อประเมินว่าโทรศัพท์มือถือก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้น ขณะนี้ยังไม่มีผู้ใดได้รับผลกระทบที่เกิดจากการใช้โทรศัพท์มือถือ ”

แถลงการณ์จาก ICNIRP

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) มีแถลงการณ์เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2011

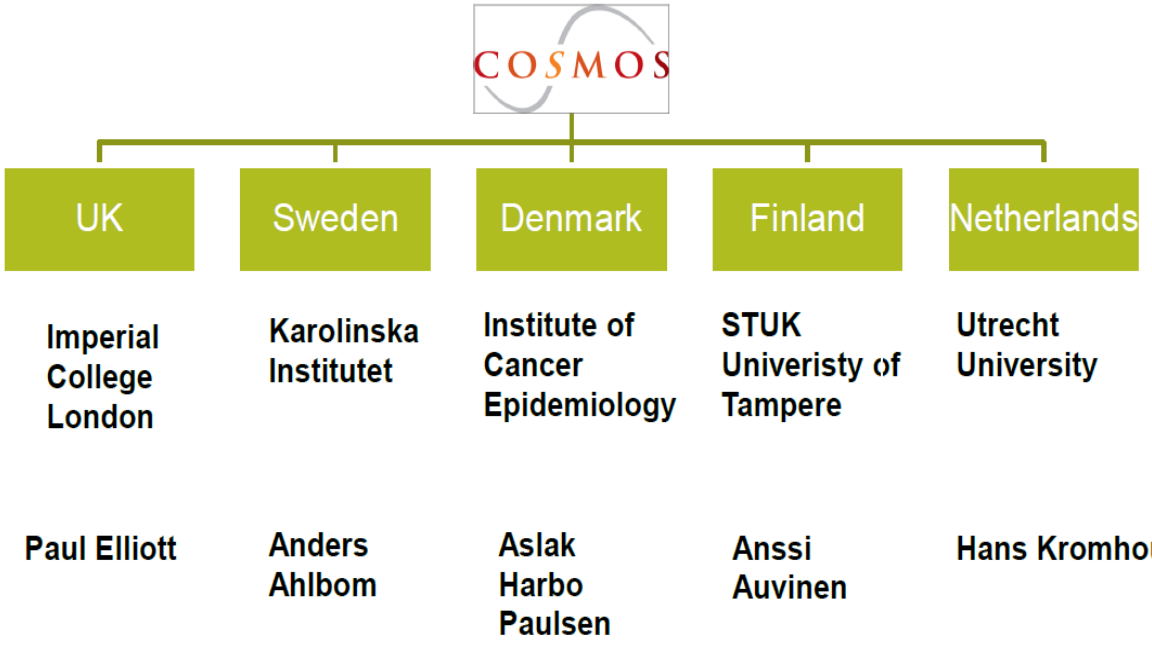
“ Mobile phone , Brain Tumours and the Interphone Study ”

Website http://ehp03.niehs.nih.gov/article/info 3Adoi 2F10.1289% 2Fehp.1103693

“ สรุปได้ว่าโดยทั่วไปไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงที่มากขึ้นของการเกิดเนื้องอกในสมองกับการใช้งานโทรศัพท์มือถือในเวลานาน ”

COSMOS project

International Cohort Study on Mobile Phone Use and Health



ข้อเท็จจริงที่สำคัญ

- กลุ่มเป้าหมายคือผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ
- ผู้เข้าร่วมกิจกรรมในประเทศเดนมาร์ก , สวีเดน, อังกฤษ, ฟินแลนด์และเนเธอร์แลนด์
- การติดตามระยะยาวมากกว่า 25 ปี ผู้เข้าร่วมมากกว่า 200 ,000 คน
- การสัมภาษณ์ในช่วงเริ่มต้นและในช่วงเวลาปกติ
- รวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้โทรศัพท์มือถือจากแบบสอบถามและการลงทะเบียนของผู้ประกอบการ
- มีการประเมินผลลัพธ์ด้านสุขภาพรวมทั้งโรคมะเร็ง
- ติดตามการเปลี่ยนแปลงในการใช้งานและเทคโนโลยี

ผลงานวิจัยของเดนมาร์ก

- ศึกษาประชากรชาวเดนมาร์กอายุมากกว่า 30 ปี และเกิดในประเทศเดนมาร์กหลังจากปี 1925 จำนวน 358,403 คน
- ช่วงปี 1990-2007 เกิดเนื้องอกของระบบประสาทส่วนกลาง จำนวน 10,729 กรณี
- ไม่มีความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของเนื้องอกของระบบประสาทส่วนกลาง [หรือโรคมะเร็งทั้งหมด] จากการใช้โทรศัพท์มือถือ

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างมาตรฐานการแพร่กระจายคลื่นความถี่วิทยุ

ICNIRP

การพัฒนาแนวทาง (guideline) ดำเนินการโดยคณะกรรมการของผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการแต่งตั้งโดยไม่มีตัวแทนภาคอุตสาหกรรม รับรองโดยองค์การอนามัยโลก

IEEE-ICES

- เป็นรูปแบบคณะกรรมการที่มีขนาดใหญ่เปิดให้ทุกคนที่มีความสนใจเข้าร่วมกิจกรรมได้
- ขณะนี้มีสมาชิกประมาณ 130 คน จาก 26 ประเทศ
- ใช้กระบวนการฉันทามติ

IEEE กับมาตรฐานความปลอดภัย

1960 : USASI C95 Radiation Hazards Project and Committee chartered

1966 : USAS C95.1-1966

- 10 mW/cm^2 (10 MHz to 100 GHz)
- based on simple thermal model

1974 : ANSI C95.1-1974 (limits for E^2 and H^2)

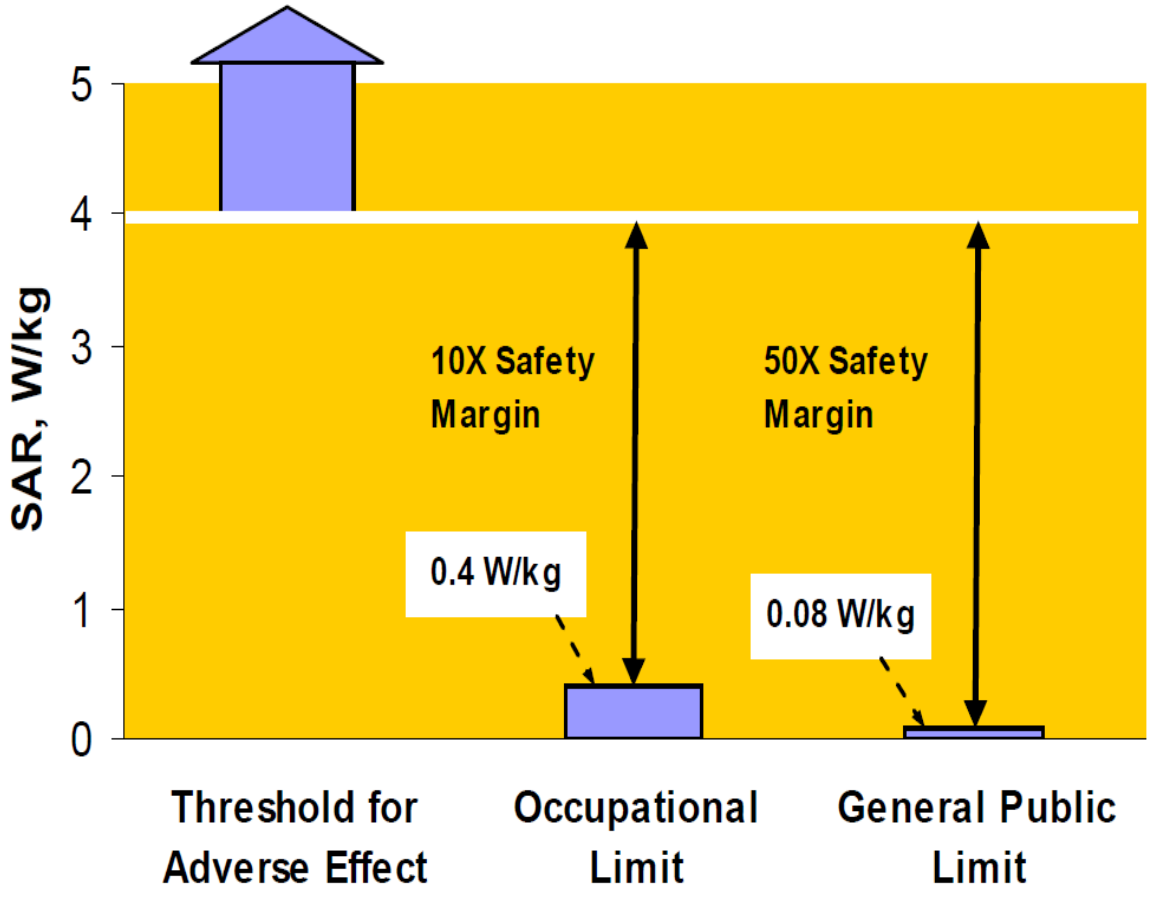
1982 : ANSI C95.1-1982 (incorporates dosimetry)

1991 : IEEE C95.1-1991 (two tiers – reaffirmed 1997)

2002 : IEEE C95.6-2002 (0-3 kHz)

2006 : IEEE C95.1-2005 published on April 19, 2006 (comprehensive revision, 250 pages, 1143 ref.)

Basic Restriction
IEEE/ICNIRP: WHOLE-BODY LIMITS



IEEE

IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz

C95.1™

Sponsored by the
IEEE International Committee on Electromagnetic Safety (SCC39)

IEEE
3 Park Avenue
New York, NY 10016-5997, USA

19 April 2006

IEEE Std C95.1™-2005
(Revision of IEEE Std C95.1-1991)

ANSI/IEEE C95.1-2006

Table 6 – BRs for frequencies between 100 kHz and 3 GHz

		Action Level [a] SAR[b] (W/kg)	Persons in Controlled Environments SAR[c] (W/kg)
Whole-body exposure	Whole-Body Average (WBA)	0.08	0.4
Localized exposure	Localized (peak spatial-average)	2[c]	10[c]
Localized exposure	Extremities[d] and pinnae	4[c]	20[c]

[a] BR for the general public when an RF safety program is unavailable.

[b] SAR is averaged over the appropriate averaging times as shown in Table 8 and Table 9.

[c] Averaged over any 10 g of tissue (defined as a tissue volume in the shape of a cube)[6].

[d] The extremities are the arms and legs distal from the elbows and knees, respectively.

IEEE Std 1528™-2003

IEEE Standards

1528™

IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques

IEEE Standards Coordinating Committee 34

Sponsored by the
IEEE Standards Coordinating Committee 34

IEEE

Published by
The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
3 Park Avenue, New York, NY 10016-5997, USA

19 December 2003

Print: SH95142
PDF: SS95142

IEEE ICES TC34 Subcommittee 1

- ปรับปรุงมาตรฐาน 1528 วิธีการวัดในย่านความถี่ 0.3 - 6 GHz ได้รับการตีพิมพ์โดย IEEE
- มีความร่วมมือกับมาตรฐาน IEC 62209-1 ซึ่งกำหนดวิธีการวัดในย่านความถี่ 0.3 - 6 GHz

โดยมีความพยายามที่จะพัฒนาทั้งสองมาตรฐาน IEC / IEEE เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน (ในอนาคต)

IEC

IEC 62209-2

Edition 1.0 2010-03

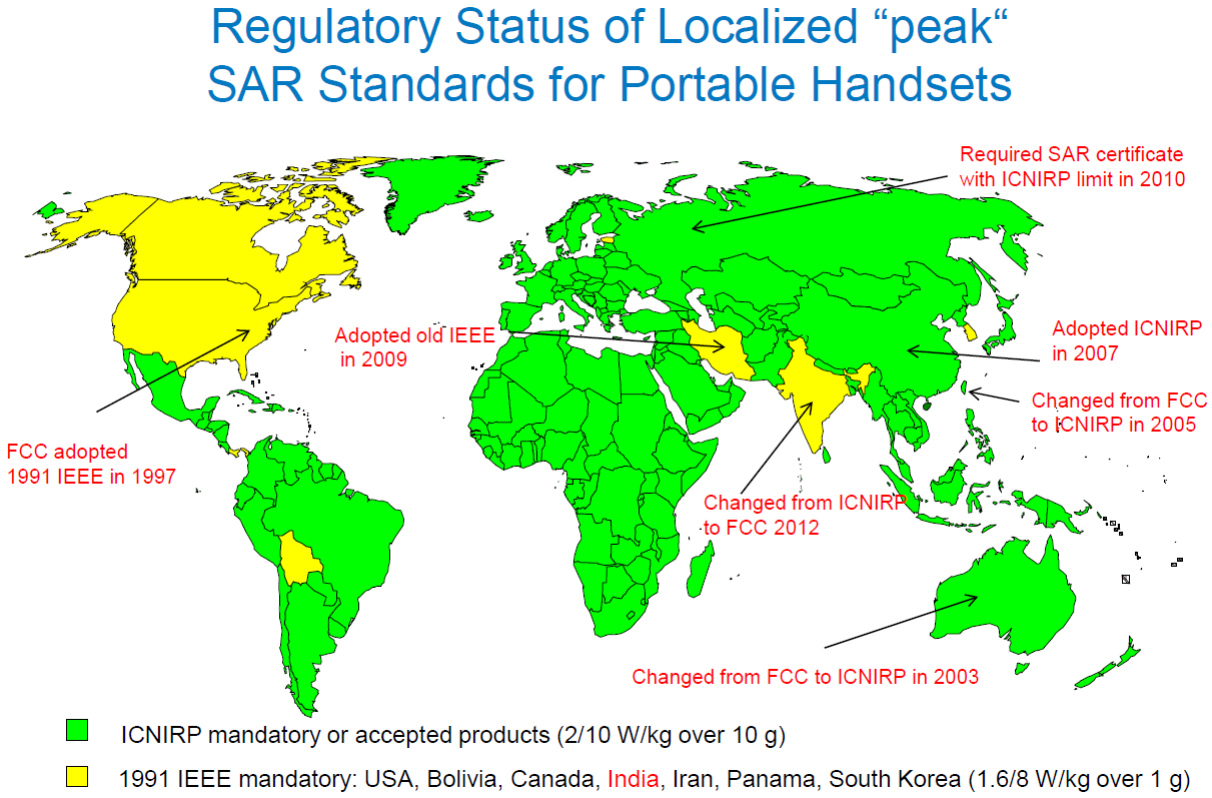
INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 2: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for wireless communication devices used in close proximity to the human body (frequency range of 30 MHz to 6 GHz)

Exposition humaine aux champs radiofréquence produits par les dispositifs de communications sans fils tenus à la main ou portés près du corps – Modèles de corps humain, instrumentation et procédures –
Partie 2: Procédure de détermination du débit d'absorption spécifique produit par les appareils de communications sans fil utilisés très près du corps humain (gamme de fréquences de 30 MHz à 6 GHz)



Whole body exposure limits for base stations

- ICNIRP Guidelines (more than 60 countries)

Argentina, Australia, Austria, Brazil, Colombia, Croatia, Czech Republic, Denmark, Ecuador, France, Finland, Germany, Hong Kong, Japan, Hungary, Iraq, Ireland, Malaysia, Morocco, Netherlands, New Zealand, Norway, Omen, Pakistan, Paraguay, Peru, Philippines, Portugal, Romania, Rwanda, Saudi Arabia, Singapore, Slovak, Slovenia, South Africa, South Korea, Spain, Sweden, Thailand, Taiwan, Tanzania, Turkey, Uganda, UK, Venezuela, etc.

- IEEE/NCRP standard (FCC)

Bolivia, Canada, Estonia, Panama, USA

- Below ICNIRP and IEEE

Belarus, Bulgaria, China, Lithuania, Poland, Russia ,Belgium, Chile, Greece, India, Israel, Italy, Liechtenstein, Switzerland

ตัวอย่างมาตรฐานของคลื่นความถี่วิทยุที่ทั่วโลกเห็นสอดคล้องกัน

RF safety standard

- IEEE C95.1/ICNIRP guidelines

Portable device SAR measurement standard

- IEEE 62209-1/IEEE 1528 (บริเวณหู)
- IEEE 62209-2 (บริเวณลำตัว , บริเวณใบหน้า)

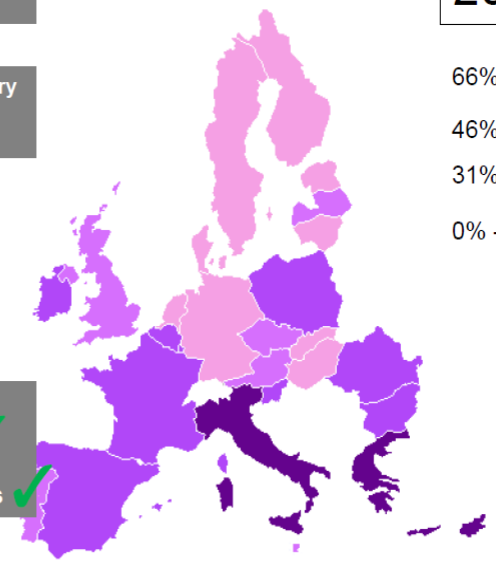
Relationship between Policies and Public Concern

EL	81%
IT	81%
CY	80%
SI	56%
ES	54%
BE	53%
RO	51%
FR	50%
IE	49%
BG	48%
LU	47%
PL	46%
EU27	46%
PT	45%
SK	43%
LT	39%
AT	38%
UK	37%
MT	37%
CZ	31%
DE	29%
NL	24%
HU	23%
EE	23%
FI	21%
LV	21%
SE	17%
DK	16%

Stricter legal safety standards (limits, exclusion zones)

Strong precautionary advice by governments

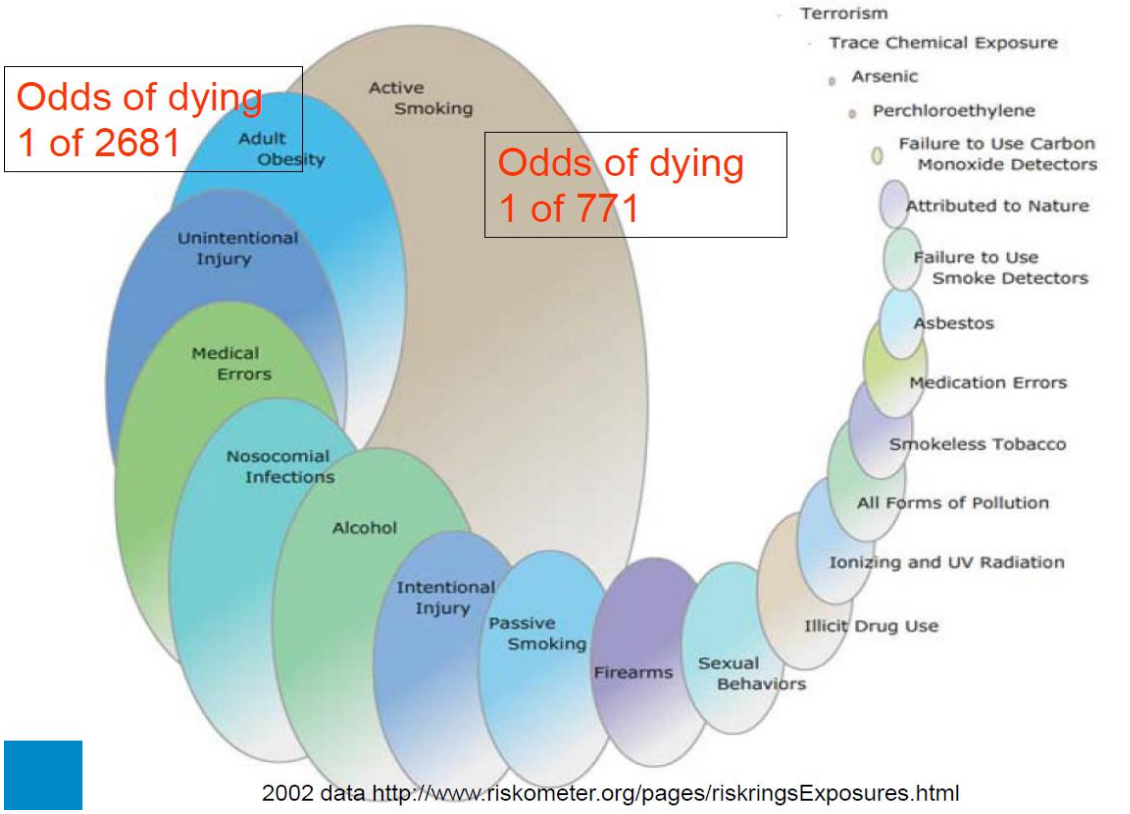
ICNIRP ✓
Compliance ✓
Communications ✓



Question: QC3. How concerned are you about the potential health risks of electromagnetic fields?
Answers: Very concerned + Fairly concerned

Data-source: Special Eurobarometer 347, 2010, p. 66; presentation by GSMA Europe

American Council on Science and Health – Risk Rings, Exposures



2002 data http://www.riskometer.org/pages/riskringsExposures.html