บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

นิยามของเสียง

ก. ในทางกายภาพ เสียงเป็นพลังงานประเภทหนึ่ง อยู่ในรูปของพลังงานกล ซึ่งถูกถ่ายทอดออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงผ่านตัวกลาง ในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความดันและการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ตามปกติของโมเลกุลของตัวกลางนั้น เช่นการขจัดของอนุภาคตัวกลางที่มีความยืดหยุ่น เช่นอากาศ เป็นต้น ซึ่งเป็นคำนิยามทางด้านลักษณะกายภาพของเสียง

ข. ในทางสรีรวิทยา (Physiology) เสียงเป็นพลังงานประเภทหนึ่ง อยู่ในรูปของพลังงานกล ซึ่งถูกถ่ายทอดออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียง ผ่านตัวกลาง ในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงความดัน และการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ ตามปกติของโมเลกุลของตัวกลางนำเสียง (Media) ดังกล่าวมาแล้วในข้อ ก. นั้น โดยมีความถี่และความดันที่แน่นอน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความรู้สึกได้ยินเสียงของมนุษย์และสัตว์ส่วนมาก ซึ่งเป็นคำนิยามทางด้านการตอบสนองต่อเสียง

การเกิดของเสียง

เสียงเกิดขึ้นเนื่องจากการสั่นของวัตถุต้นกำเนิดเสียง เช่นการสั่นของล้อมเสียงไดอะแฟรมของลำโพง การสั่นของลำอากาศของเครื่องดนตรีชนิดเครื่องลม เป็นต้น ซึ่งการสั่นของวัตถุต้นกำเนิดเสียงนี้จะถูกถ่ายทอดพลังงานในการสั่นสะเทือนผ่านมาทางตัวกลาง ซึ่งมีคุณสมบัติของมวลที่มีความยืดหยุ่น จนกระทั่งพลังงานในการสั่นสะเทือนดังกล่าวนั้นมาถึงที่รับเสียง ซึ่งโดยทั่วไปจะหมายถึงคน ในขณะที่สัตว์และเครื่องมือบางชนิดก็เป็นตัวรับเสียงได้เช่นเดียวกัน ซึ่งพลังงานในการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมาทางตัวกลางดังกล่าวนี้ ถ้าสามารถก่อให้เกิดความรู้สึกได้ยินเสียงกับมนุษย์ จะเรียกว่าได้ยินเสียง แต่ถ้าการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมาทางตัวกลางนี้ไม่สามารถก่อให้เกิดความรู้สึกได้ยินได้ บางทีก็เรียกว่าเป็นการสั่นสะเทือน ซึ่งจะสามารถรับรู้ได้โดยความรู้สึกถึงการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น

การส่งคลื่นเสียง

การสั่นของวัตถุต้นกำเนิดเสียงกลับไปกลับมา จะเป็นผลทำให้อนุภาคตัวกลางที่อยู่ติดกันเกิดการสั่นตามไปด้วย โดยในขณะที่วัตถุต้นกำเนิดเสียงเกิดการสั่น พลังงานจากการสั่นจะถูกถ่ายทอดให้กับโมเลกุลของตัวกลางที่อยู่ติดกัน โมเลกุลของตัวกลางที่อยู่ติดกันจะถ่ายทอดพลังงานการสั่นไปยังโมเลกุลข้างเคียงต่อไปอีก การกระทำดังกล่าวนี้ จะทำให้เกิดบริเวณที่เรียกว่าส่วนอัด (Compression) ซึ่งเป็นบริเวณที่โมเลกุลอยู่ชิดกัน และเกิดบริเวณที่เรียกว่าส่วนขยาย (Rarefaction) ซึ่งเป็นบริเวณที่โมเลกุลอยู่แยกห่างจากกัน พลังงานเสียงจะถูกถ่ายทอดออกไปในลักษณะที่อนุภาคตัวกลางเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในบริเวณตำแหน่งเดิม แต่พลังงานในรูปของการสั่นสะเทือนจะถูกส่งออกไปในรูปของคลื่นเสียงซึ่งประกอบด้วยส่วนอัดและส่วนขยายสลับกันไป

ลักษณะของคลื่นเสียง

คลื่นเสียงซึ่งส่งผ่านตัวกลางซึ่งมีคุณสมบัติของมวลซึ่งมีความยืดหยุ่น เช่นอากาศจะมีลักษณะเป็นคลื่นตามยาว (Longitudinal wave) ทั้งนี้เนื่องจากทิศทางการส่งผ่านคลื่นมีทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวกลาง

คลื่นเสียงที่เกิดจากการสั่นของวัตถุต้นกำเนิดเสียง จะส่งผ่านตัวกลางออกไปจากจุดกำเนิดด้วยอัตราเร็ว จำกัด

การเดินทางของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง เป็นไปโดยการแลกเปลี่ยนโมเมนตัม (Momentum) ของอนุภาคตัวกลาง โดยอนุภาคของตัวกลาง มิได้เคลื่อนที่ไปด้วย ในขณะที่มีการส่งผ่านคลื่นเสียง อนุภาคของตัวกลาง จะมีเพียงแต่เกิดการสั่นไหว (Vibrate) อยู่ในบริเวณซึ่งอนุภาคเหล่านั้นอยู่เดิมก่อนที่จะมีการส่งผ่านคลื่นเสียง

ประเภทของคลื่นเสียง

มีคำศัพท์หลายคำที่ใช้ร่วมกันในการอธิบายธรรมชาติของการส่งคลื่นเสียง คำสำคัญ ๆ มีนิยามดังต่อไปนี้

คลื่นระนาบ (Plane wave)

คลื่นระนาบ เป็นคลื่นซึ่งมีหน้าคลื่นของคลื่นเสียงส่งออกไปขนานกัน คลื่นเสียงจะเป็นคลื่นเสียงระนาบ เช่น คลื่นเสียงที่เกิดจากลูกสูบวิ่งไปมาในกระบอกสูบยาว ๆ

คลื่นกระจาย (Diverging wave)

คลื่นเสียงกระจาย เป็นคลื่นซึ่งพลังงานของเสียงถูกส่งออกไปในพื้นที่ที่กว้างออก เมื่อคลื่นเสียงนั้นกระจายออกไปจากแหล่งกำเนิดเสียง กล่าวคือความเข้มของเสียงลดลงตามระยะทางที่ห่างออกไป

คลื่นทรงกลม (Spherical wave)

คลื่นเสียงทรงกลม เป็นคลื่นซึ่งเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งส่งพลังงานเสียงกระจายออกไปเท่า ๆ กันทุกทิศทาง

คลื่นก้าวหน้า (Progressive wave)

คลื่นก้าวหน้า เป็นคลื่นซึ่งเกิดเมื่อมีการถ่ายทอดพลังงานออกไปในทิศของการส่งคลื่นเสียง

คลื่นนิ่ง (Standing wave)

คลื่นนิ่ง เป็นคลื่นซึ่งเกิดจากการแทรกสอดกันของคลื่นเสียง 2 คลื่น หรือมากกว่า ทำให้ได้รูปแบบของความกดดันที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดซึ่งคงที่ไปเรื่อย ๆ คลื่นนิ่งสามารถเกิดได้ในท่อในเครื่องดนตรี ในท่อออร์แกน และในบริเวณที่มีปริมาตรมาก ๆ เช่นห้องต่าง ๆ

<u>การขจัด (Displacement)</u>

การขจัด คือ ระยะทางที่อนุภาคของตัวกลางซึ่งมีสมบัติของมวลที่มีความยืดหยุ่นถูกแรงจากความดัน ของคลื่นเสียง แรงจากการรบกวน (Disturbance) หรือแรงจากการสั่นของวัตถุต้นกำเนิดเสียง (Sound source) มากระทำให้เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งซึ่งเคยอยู่ตามปกติ ระยะทางระหว่างตำแหน่งขณะใดขณะหนึ่งของอนุภาคกับตำแหน่งตามปกติของอนุภาคจะเรียกว่าการขจัดของอนุภาค (Particle displacement)

<u>อัมปลิจูด (Amplitude)</u>

อัมปลิจูด คือ การขจัดสูงสุดของอนุภาค

เสียงเบาจะมีอัมปลิจูดน้อย เสียงดังจะเป็นเสียงที่มีอัมปลิจูดมาก เสียงยิ่งดังมากจะมีอัมปลิจูดมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายกับหูขึ้นได้

คลื่นเสียงในอากาศมีอัมปลิจูดน้อยมาก กล่าวคือมีค่าประมาณ 10^{-7} มม. ถึง 2-3 มม.

รอบของการสั่น (Cycle)

รอบของการสั่น คือการที่อนุภาคของตัวกลางซึ่งมีสมบัติของมวลที่มีความยืดหยุ่น เคลื่อนที่ไปกลับผ่านตำแหน่งที่อยู่ตามปกติ (ตำแหน่งสมดุล) ก่อนได้รับแรงจากแรงดันของคลื่นเสียง แรงจากการรบกวน (Disturbance) หรือแรงจากการสั่นของวัตถุต้นกำเนิดเสียง จนกระทั่งกลับมายังตำแหน่งเดิมอีกครั้ง เรียกว่ามีการเคลื่อนที่ (การสั่น) ครบ 1 รอบ (1 Cycle)

ความถี่ของเสียง (Frequency)

ความถี่ของเสียงคือจำนวนรอบของการสั่นของอนุภาคของตัวกลางยืดหยุ่น ภายใน 1 หน่วยเวลา

หรือคือจำนวนรอบของการสั่นของวัตถุต้นกำเนิดเสียงซึ่งทำให้เกิดส่วนอัด และส่วนขยายในตัวกลางซึ่งมีสมบัติของมวลที่มีความยืดหยุ่น ภายใน 1 หน่วยเวลา

โดยทั่วไปความถี่จะคิดจากจำนวนรอบของการสั่นในเวลา 1 วินาที เรียกว่าเฮิร์ตซ์ (Hertz ซึ่งใช้ตัวย่อว่า Hz)

คาบ (Period)

คาบ ในเรื่องเกี่ยวกับคลื่นเสียง คือระยะเวลาที่ใช้ในการสั่นของตัวกลาง หรือวัตถุต้นกำเนิดเสียงครบ 1 รอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราเร็วของเสียง (Velocity)

อัตราเร็วของเสียง คือระยะทางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านตัวกลาง ได้ภายใน 1 หน่วยเวลา

อัตราเร็วของเสียงที่ผ่านตัวกลาง ชนิดเดียวกัน ในสภาพการณ์อย่างเดียวกัน จะมีอัตราเร็วของเสียงเท่ากัน

อัตราเร็วของเสียงขึ้นอยู่กับมวล (Mass) ความหนาแน่น (Density) และความยืดหยุ่นของตัวกลางซึ่งมีความยืดหยุ่น ซึ่งจะหาความเร็วของเสียงในตัวกลางได้จากสมการดังนี้

ความเร็วเสียงในตัวกลาง $= k\sqrt{\frac{E}{\rho}}$

เมื่อ K = ค่าคงที่

E = ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของตัวกลาง

ρ = ความหนาแน่นของตัวกลาง

อัตราเร็วของเสียงในอากาศจะสามารถหาได้จากสมการ

อัตราเร็วเสียงในอากาศ $= \sqrt{\frac{1.4\ P}{\rho}}$

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศ

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

อัตราเร็วของเสียงในอากาศ อาจเขียนเป็นสมการสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศ ได้ดังนี้

อัตราเร็วเสียงในอากาศ $= 332\sqrt{1 + \frac{t}{273}}$

เมื่อ t = อุณหภูมิของอากาศ เป็น °C

ที่อุณหภูมิห้องธรรมดา (30 °C) อัตราเร็วของเสียงมีค่าประมาณ 350 เมตร/วินาที

ที่อุณหภูมิ 0°C อัตราเร็วของเสียงมีค่าประมาณ 332 เมตร/วินาที

อัตราเร็วของเสียงอาจหาจากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความถี่ของเสียง และความยาวคลื่น ได้ดังนี้

$$c = f\lambda$$

เมื่อ c = ความเร็วเสียง

f = ความถี่ของเสียง

λ = ความยาวของคลื่น

แรงของคลื่นเสียง (Force)

แรงของคลื่นเสียง คือ แรงดันของคลื่นเสียง ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นของอนุภาคของตัวกลางซึ่งมีคุณสมบัติของมวลยืดหยุ่น ซึ่งแรงของคลื่นต่อ 1 หน่วยพื้นที่เรียกว่า ความดันเสียง (Sound pressure)

ความดันเสียง (Sound pressure)

ความดันเสียง คือการเปลี่ยนแปลงความดันที่เกิดขึ้นในอนุภาคตัวกลางยืดหยุ่น เมื่อมีคลื่นเสียงส่งผ่านออกไป ความดันส่วนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความดันปกตินี้เรียกว่า ความดันเสียง (Sound pressure)

ในขณะที่คลื่นเสียง ส่งผ่านตัวกลางซึ่งมีสมบัติของมวลที่มีความยืดหยุ่นออกไปจะก่อให้เกิดบริเวณที่มีความดันสูงกว่าความดันปกติเท่ากับความดันของเสียง เรียกบริเวณดังกล่าวว่าส่วนอัด

สลับกับบริเวณที่มีความดันต่ำกว่าปกติเท่ากับความดันของเสียงเรียกบริเวณดังกล่าวว่าส่วนขยาย

พลังงานเสียง (Sound energy)

พลังงานเสียง คือแรงดันของคลื่นเสียงซึ่งทำให้เกิดการสั่นของอนุภาคของตัวกลางคูณกับระยะทางตามแนวแรง

ความหนาแน่นของพลังงาน (Energy density)

ความหนาแน่นของพลังงาน คือ จำนวนของพลังงานของคลื่นเสียงต่อ 1 หน่วยปริมาตรของตัวกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเข้มเสียง (Sound intensity)

ความเข้มเสียง คือพลังงานโดยเฉลี่ย ซึ่งผ่านพื้นที่ ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น 1 ตารางหน่วย ภายใน 1 หน่วยเวลา

กำลังของต้นกำเนิดเสียง (Acoustic power)

กำลังของต้นกำเนิดเสียง คือ พลังงานเสียงซึ่งต้นกำเนิดเสียงส่งออกมาภายใน 1 หน่วยเวลา

เดซิเบล (Decibel)

เหตุผลในการใช้มาตราเดซิเบลสำหรับอธิบายระดับเสียง

ก. ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเสียง ถ้าเราใช้หน่วยวัดซึ่งใช้กันทั่วไปตามปกติ เช่น ในการวัดความดันของเสียงจะใช้หน่วยในการวัดเป็น N/m^2 หรือ Pascal (Pa) ความเข้มของเสียงจะใช้หน่วยในการวัดเป็น $Watt/metre^2$ และกำลังของเสียงเป็น Watt เป็นต้น ซึ่งการใช้หน่วยในการวัดแบบนี้แม้ว่าจะเป็นมาตราวัดที่ทุกคนสามารถเข้าใจได้เป็นอย่างดี แต่ก็ก่อให้เกิดความยุ่งยากในการจัดทำข้อมูล ทั้งนี้เพราะความดันและความเข้มของหูคนเราในช่วงตั้งแต่หูเริ่มได้ยิน จนถึงความดันและความเข้มของเสียงสูงสุดซึ่งหูจะทนได้ (ขีดจำกัดซึ่งหากเกินค่านี้ไปอาจทำให้หูเป็นอันตรายได้) มีช่วงกว้างมาก เช่นหูของคนเราเริ่มได้ยินเสียงที่มีความดันโดยเฉลี่ยตั้งแต่ 0.00002 Pascal จนกระทั่งรู้สึกว่ามีอาการเจ็บหู ถ้าเสียงมีความดันเพิ่มขึ้นมากกว่า 10^{13} (สิบล้านล้านเท่า) จึงก่อให้เกิดความยากลำบากเมื่อจัดทำข้อมูล

ข. การตอบสนองของหูของคนต่อความเข้มของเสียงที่ได้รับ หูของคนจะแยกความดังของเสียง 2 เสียงว่าเสียงใดมีความดังมากกว่ากัน โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ และพบว่าความรู้สึกเสียงดังมากหรือน้อยนั้นเป็นสัดส่วนกับลอการิทึม (Logarithm) ของความเข้มของเสียงที่ได้รับอย่างหยาบ ๆ

ด้วยเหตุผลทั้ง 2 ประการดังกล่าวข้างต้น จึงมีผู้คิดมาตราที่ใช้หลักเกณฑ์ของลอการิทึมเพื่อใช้อธิบายเกี่ยวกับระดับของเสียง เรียกว่ามาตราเดซิเบล decibel ใช้ตัวย่อว่า dB ซึ่งจะหาได้จากสมการ

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{P}{P_o}$$

เมื่อ L_p คือ ระดับความดันเสียง มีหน่วย dB เดซิเบล (dB)

P คือ ความดันเสียงที่วัดได้

P_o คือ ความดันอ้างอิง = 2×10^{-5} N/m^2

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_o}$$

เมื่อ L_I คือ ระดับความเข้มเสียง มีหน่วยเดซิเบล (dB)

I คือ ความเข้มที่วัดได้

I_o คือ ความเข้มอ้างอิง = 10^{-12} $Watt/m^2$

ข้อสำคัญเกี่ยวกับเดซิเบล คือเป็นการวัดเปรียบเทียบ ปริมาณที่วัดออกมาเป็นเดซิเบล คืออัตราส่วนที่เทียบกับ ความดันอ้างอิง กำลังอ้างอิง หรือความเข้มอ้างอิง หรือปริมาณอื่นใดที่เราจะพิจารณา ทุกครั้งที่เราใช้หน่วยเป็นเดซิเบล เราจะเรียกปริมาณนั้นว่าเป็นระดับ เช่น ระดับความดันเสียง ระดับกำลังเสียง เป็นต้น เพื่อเตือนว่าการวัดนั้น คืออัตราส่วนสัมพันธ์กับปริมาณอ้างอิงบางอย่าง

<u>เดซิเบล "เอ" (Decibel "A") ซึ่งเขียนโดยใช้ตัวย่อว่า dB (A)</u>

เดซิเบล "เอ" คือ มาตราวัดระดับเสียงเดซิเบล โดยใช้วงจรถ่วงน้ำหนัก A (A Weighting Network) ในการวัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความดัง

ความดัง คือ ความรู้สึกของคนต่อเสียงที่ได้รับว่า เสียงใดมีความดังมากน้อย เพียงใด แต่เนื่องจากความดังของเสียงตามความรู้สึกของคนเรานั้น มิได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มหรือระดับความดังของเสียง ดังนั้นจึงมีการตั้งมาตราส่วนขึ้นมา โดยให้จำนวนหน่วยของความดังเพิ่มเป็น 2 เท่า เมื่อความดัง (ตามความรู้สึก) เพิ่มเป็น 2 เท่า และจำนวนหน่วยของความดังเพิ่มเป็น 3 เท่า เมื่อความดัง (ตามความรู้สึก) เพิ่มเป็น 3 เท่า

หน่วยของความดัง (Sone)

หน่วยของความดังคือโซน (Sone) ซึ่งโซนคือ ความดังของเสียง 1000 Hz ที่มีระดับความเข้ม 40 dB กล่าวคือ 1 โซน เท่ากับความดังของเสียงใด ๆ ที่มีระดับความดัง 40 ฟอน (Phon)

ระดับความดัง (Phon)

ระดับความดัง คือ ระดับความดังของเสียงซึ่งมีค่าเป็นตัวเลขเท่ากับระดับความเข้มของเสียง (เป็น Decibel) ที่ความถี่ 1000 Hz ซึ่งมีความดังเท่า ๆ กัน มีหน่วยเป็นฟอน (Phon)

มาตรวัดระดับเสียง (Sound Level meter)

มาตรวัดระดับเสียง คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดเสียง โดยใช้วัดระดับเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ ในบริเวณที่ทำการวัด และมาตรวัดระดับเสียงบางชนิดสามารถวัดระดับของเสียงรวมทุกความถี่ได้อีกด้วย บางชนิดจะต้องทำการวัดทีละครั้ง บางชนิดสามารถวัดค่าต่าง ๆ หลายอย่างพร้อม ๆ กัน และบางชนิดมีเครื่องมือสำหรับบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในกระดาษ (หรือวัสดุอื่น ๆ) ที่ใช้สำหรับการบันทึกผลการวัดในช่วงเวลาที่ทำการวัดได้ด้วย

ส่วนประกอบของมาตรวัดระดับเสียง

ก. ไมโครโฟนคุณภาพสูง ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า

ข. วงจรขยาย ซึ่งจะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณไฟฟ้าซึ่งไมโครโฟนสร้างขึ้น (ตามข้อ ก.) ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งมีความแรงของสัญญาณมากขึ้น

ค. วงจรถ่วงน้ำหนัก (Weighting Network) ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับค่าการวัดที่วัดได้ให้ตรงกับระดับความดังที่มนุษย์ได้ยินมากที่สุด หรือปรับค่าที่วัดได้ให้เข้ากับการตอบสนองของมนุษย์ต่อเสียงที่ได้รับมากที่สุด แต่เนื่องจากหูของคนได้ยินเสียงที่ความถี่ต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน เช่น ที่ความถี่ประมาณ 3,400 Hz หูได้ยินดีที่สุด แต่ที่ความถี่ต่ำ ๆ และความถี่สูง ๆ การรับฟังเสียงของหูมนุษย์จะไม่ดีนัก การจะปรับค่าการวัดที่ได้ให้ตรงกับระดับความดังที่มนุษย์ได้ยิน หรือให้เข้ากับการตอบสนองของมนุษย์ต่อเสียงที่ได้รับมากที่สุด มาตรวัดระดับเสียงควรจะต้องมีวงจรซึ่งตอบสนองต่อความถี่ต่าง ๆ ซึ่งไม่เหมือนกัน แต่โดยทั่วไปแล้วมาตรวัดระดับเสียงจะมีวงจรถ่วงน้ำหนัก (Weighting Network) ซึ่งใช้กันอยู่ 3-4 วงจร ชนิดของวงจรถ่วงน้ำหนักประเภทต่าง ๆ และลักษณะความเหมาะสมสำหรับการใช้งานประเภทต่าง ๆ มีดังนี้

1. วงจรถ่วงน้ำหนัก A ใช้สำหรับระดับความดังต่ำกว่า 55 ฟอน
2. วงจรถ่วงน้ำหนัก B ใช้สำหรับระดับความดังระหว่าง 55 ฟอน และ 85 ฟอน
3. วงจรถ่วงน้ำหนัก C ใช้สำหรับระดับความดังมากกว่า 85 ฟอน
4. วงจรถ่วงน้ำหนัก D ใช้เพราะเหตุผลที่มีการเพิ่มความเดือดร้อนรำคาญเกิดจากเสียงความถี่สูงจากเครื่องบินบางชนิด

จากผลการวิจัยเมื่อไม่นานมานี้เป็นจำนวนมากไม่ถือเป็นข้อสำคัญ วงจรถ่วงน้ำหนักส่วนใหญ่จึงไม่ค่อยได้ใช้กัน มีแต่วงจรถ่วงน้ำหนัก A ที่ถูกใช้อยู่บ่อย ๆ เพื่อกำหนดขนาดของเสียง โดยไม่คำนึงถึงระดับ และไม่บังคับให้ใช้เฉพาะกับเสียงระดับต่ำอีกต่อไป และเป็นที่ยอมรับกันโดยสากลว่าผลของการวัดควรเป็นเดซิเบลที่บอกด้วยว่าใช้วงจรถ่วงชนิดใด เช่น dB (A)

ง. ส่วนแสดงหรือบันทึกข้อมูล (Recorder) ซึ่งจะทำหน้าที่แสดงผลการวัดระดับเสียง โดยอาจแสดงผลการวัดออกมาทางหน้าปัดของมาตรวัดระดับเสียง หรือบางชนิดจะมีส่วนสำหรับบันทึกข้อมูลในรูปของกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับเสียงตลอดช่วงเวลาที่ทำการวัด

ขีดเริ่มของการได้ยิน (Threshold of hearing)

ขีดเริ่มของการได้ยิน คือ ระดับความเข้ม หรือระดับความดันของเสียงต่ำที่สุด ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความรู้สึกว่าได้ยินเสียงในบุคคลนั้น

ขีดเริ่มของการได้ยินในแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับกรรมพันธุ์ สภาพร่างกาย สภาพการดำรงชีวิต อายุ ประวัติการเจ็บป่วย ฯลฯ ซึ่งจะมีผลทำให้ขีดเริ่มของการได้ยินในแต่ละคนแตกต่างกันออกไป

ขีดเริ่มของการได้ยินของบุคคลในการรับฟังเสียงความถี่ต่าง ๆ จะแตกต่างกันออกไป ที่ความถี่สูงหรือต่ำมาก ๆ ขีดเริ่มของการได้ยินจะสูงขึ้น เช่น ที่ความถี่ 20 Hz ขีดเริ่มของการได้ยินของบุคคลจะสูงกว่าที่ความถี่ 2000 Hz ประมาณ 70 dB

ขีดเริ่มของการได้ยินในบุคคลซึ่งมีสภาพของระบบการรับฟังเป็นปกติและปราศจากเหตุการณ์หรือสมุฏฐานของโรคซึ่งจะเป็นอันตรายต่อระบบการรับฟังเสียง ในวัยหนุ่มสาว (อายุ 18-25 ปี) จะมีค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินเท่ากับ 0 dB เป็นต้นไป

ขีดเริ่มของการได้ยินในบุคคลซึ่งมีสภาพของระบบการรับฟังเสียงเป็นปกติ และปราศจากเหตุการณ์หรือสมุฏฐานของโรคซึ่งจะเป็นอันตรายต่อระบบการรับฟังเสียงในวัยหนุ่มสาว จะมีขีดเริ่มของการได้ยินอยู่ในช่วงระหว่าง -10 ถึง 10 dB

ขีดเริ่มของความรู้สึก (Threshold of feeling)

ขีดเริ่มของความรู้สึก คือ ระดับความเข้ม หรือระดับความดันของเสียง ซึ่งก่อให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวดภายในหูแทนการได้ยินของบุคคลตามปกติ

ขีดเริ่มของความรู้สึกจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคล แต่โดยทั่วไปแล้วบุคคลจะมีขีดเริ่มของความรู้สึกโดยเฉลี่ยประมาณ 120 dB ถึง 140 dB (Yerges, 1978) ซึ่งเรียกขีดนี้ว่าขีดเริ่มของความเจ็บปวด Pain threshold หรือ Threshold of pain

ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลง (Threshold shift)

ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลง คือการที่ขีดเริ่มของการได้ยิน (Threshold of hearing) ของบุคคลแต่ละคนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

013430

ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลงชั่วคราว (Temporary threshold shift)

ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลงชั่วคราว คือการที่ขีดเริ่มของการได้ยินลดลงสู่ระดับเดิม เมื่อระยะเวลาภายหลังจากการได้รับเสียงดังผ่านไปไม่นานมากนัก

ทั้งนี้เมื่อบุคคลได้รับเสียงที่มีระดับความดันมาก ๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของขีดเริ่มของการได้ยิน มีระดับเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ แต่จะค่อย ๆ ลดลงสู่ระดับปกติเมื่อระยะเวลาภายหลังการรับเสียงนั้นผ่านไปเป็นเวลาเพียงเล็กน้อย

แต่ยังเป็นปัญหากันอยู่ในปัจจุบันว่า ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลงเท่าไร จึงจะสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ และการกลับคืนสู่สภาพปกตินี้จะต้องใช้ระยะเวลานานเพียงใด

ระดับการได้ยินเสียอย่างถาวร (Hearing losses)

ระดับการได้ยินเสียอย่างถาวร คือการที่ขีดเริ่มของการได้ยินที่เปลี่ยนแปลงไปจากระดับปกติ ภายหลังจากการได้รับเสียงดัง ไม่กลับคืนสู่ระดับปกติ แม้ว่าระยะเวลาภายหลังจากการได้รับเสียงจะผ่านไปเป็นเวลานานพอสมควรแล้ว เรียกความแตกต่างระหว่างขีดเริ่มของการได้ยินที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกตินี้ว่าการสูญเสียการได้ยินอย่างถาวร

การสูญเสียการได้ยินเสียงสนทนา

การสูญเสียการได้ยินเสียงสนทนา คือ ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต (Arithmetic average) ของการสูญเสียการได้ยินอย่างถาวรที่ความถี่ 500 1000 และ 2000 Hz

การสูญเสียการได้ยินเสียงสนทนาอย่างถาวร

การสูญเสียการได้ยินเสียงสนทนาอย่างถาวร คือ ความแตกต่างระหว่างระดับการได้ยินเสียอย่างถาวร โดยเฉลี่ยในช่วงความถี่ของการสนทนา กับระดับการได้ยินตามปกติของบุคคลในช่วงความถี่ของการสนทนา

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

องค์การอนามัยโลกได้กำหนด " เสียงที่เป็นอันตรายหมายถึงเสียงที่ดังเกิน 85 dB (A) ที่ทุกความถี่"

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ได้กำหนดระดับความดังของเสียงที่ดังติดต่อกันสัมพันธ์กับระยะเวลาการทำงาน เอาไว้โดยบุคคลที่ปฏิบัติงานในวันหนึ่งไม่เกิน 8 ชั่วโมง จะต้องปฏิบัติงานในบริเวณที่มีเสียงดังในระดับความดันของเสียงไม่เกิน 90 dB (A) ถ้าระยะเวลาการปฏิบัติงานมากขึ้น จะต้องปฏิบัติงานในบริเวณที่มีระดับความดันของเสียงลดลง และถ้าจะต้องปฏิบัติงานในบริเวณที่มีระดับความดันของเสียงที่เพิ่มขึ้น จะต้องลดเวลาการปฏิบัติงานลง

Alice (1979) ได้กล่าวไว้ว่า EPA (Environmental Protection Agency) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมเสียงดังในสิ่งแวดล้อมได้กล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ดังติดต่อกันสัมพันธ์กับเวลาทำงานนี้ ถ้าการทำงานทำเพียงวันละ 8 ชั่วโมง การทำงานในบริเวณที่มีระดับความดันของเสียง 80 dB (A) ยังสูงเกินไป ควรจะลดลงกว่านี้อีก แต่ก็ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่

สุจิตรา ประสานสุข (2524) กล่าวว่า เราอาจแบ่งอันตรายที่เกิดจากเสียงออกได้เป็นอันตรายต่อระบบการได้ยิน และอันตรายต่อสุขภาพทั่วไปและผลทางด้านจิตใจ และกล่าวว่าเสียงอาจมีผลต่อการได้ยินได้ 3 ทางคือ

1. ระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลงชั่วคราว หมายถึงผลระยะสั้นที่ตามมาจากการได้รับเสียงดัง ซึ่งหมายถึงมีระดับการได้ยินสูงขึ้น คือหูจะตึงไปชั่วคราว แต่กลับคืนดีได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล

2. ระดับการได้ยินเสียอย่างถาวร หมายถึงระดับการได้ยินอาจไม่กลับคืนปกติได้หมด โดยอาจเหลือการเสียอยู่บางส่วน แม้จะได้พักจากการรับเสียงในเวลานานพอสมควรแล้ว เราเรียกส่วนที่เหลือนี้ว่า การสูญเสียการได้ยินอย่างถาวร ซึ่งไม่อาจกลับดีได้อีกต่อไป

3. อันตรายอย่างเฉียบพลันจากเสียง หมายถึงภาวะที่การได้ยินสูญเสียทันที เป็นผลจากการได้รับเสียงดังมาก ๆ ในระยะเวลาสั้น ๆ หรือเสียงดังเพียงครั้งเดียว เช่น เสียงระเบิด หรือเสียงปะทัด (Ward & Glorig, 1961) เสียงปืนเล็ก และเสียงปืนใหญ่ เป็นต้น

สุจิตรา ประสานสุข (2524) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า ประเทศเดนมาร์คห้ามขายปะทัดเนื่องจากกลัวอันตรายต่อระบบการได้ยินนี้เอง

International Organization for Standardization (1961) ได้ให้ข้อเสนอแนะเอาไว้ใน ISO Recommendation R 226 เกี่ยวกับขีดเริ่มของการได้ยินของบุคคลที่มีสภาพของระบบการรับฟังเสียงเป็นปกติและปราศจากสมุฏฐานของโรคหรือเหตุการณ์ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อระบบการรับฟังเสียง เมื่อบุคคลมีอายุมากขึ้นจากอายุ 25 ปีบริบูรณ์ จะทำให้ขีดเริ่มของการได้ยินเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือจะได้ยินเสียงก็ต่อเมื่อเสียงนั้นจะต้องมีระดับความดันของเสียงเพิ่มมากขึ้นกว่าระดับความดันของเสียงซึ่งบุคคลที่มีสภาพของระบบการรับฟังเสียงเป็นปกติและปราศจากสมุฏฐานของโรคหรือเหตุการณ์ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อระบบการรับฟังเสียงในขณะที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี เริ่มได้ยิน ณ ความถี่ที่มากกว่า 1000 Hz (ตามรูปที่ 1) แต่ที่ความถี่ 1000 Hz และต่ำกว่า ขีดเริ่มของการได้ยินในขณะที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี และขีดเริ่มของการได้ยินในขณะที่มีอายุเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งมีอายุ 60 ปีบริบูรณ์จะคงที่ โดยขีดเริ่มของการได้ยินจะเริ่มได้ยินเสียงที่มีระดับความดันตั้งแต่ 0 dB เป็นต้นไป

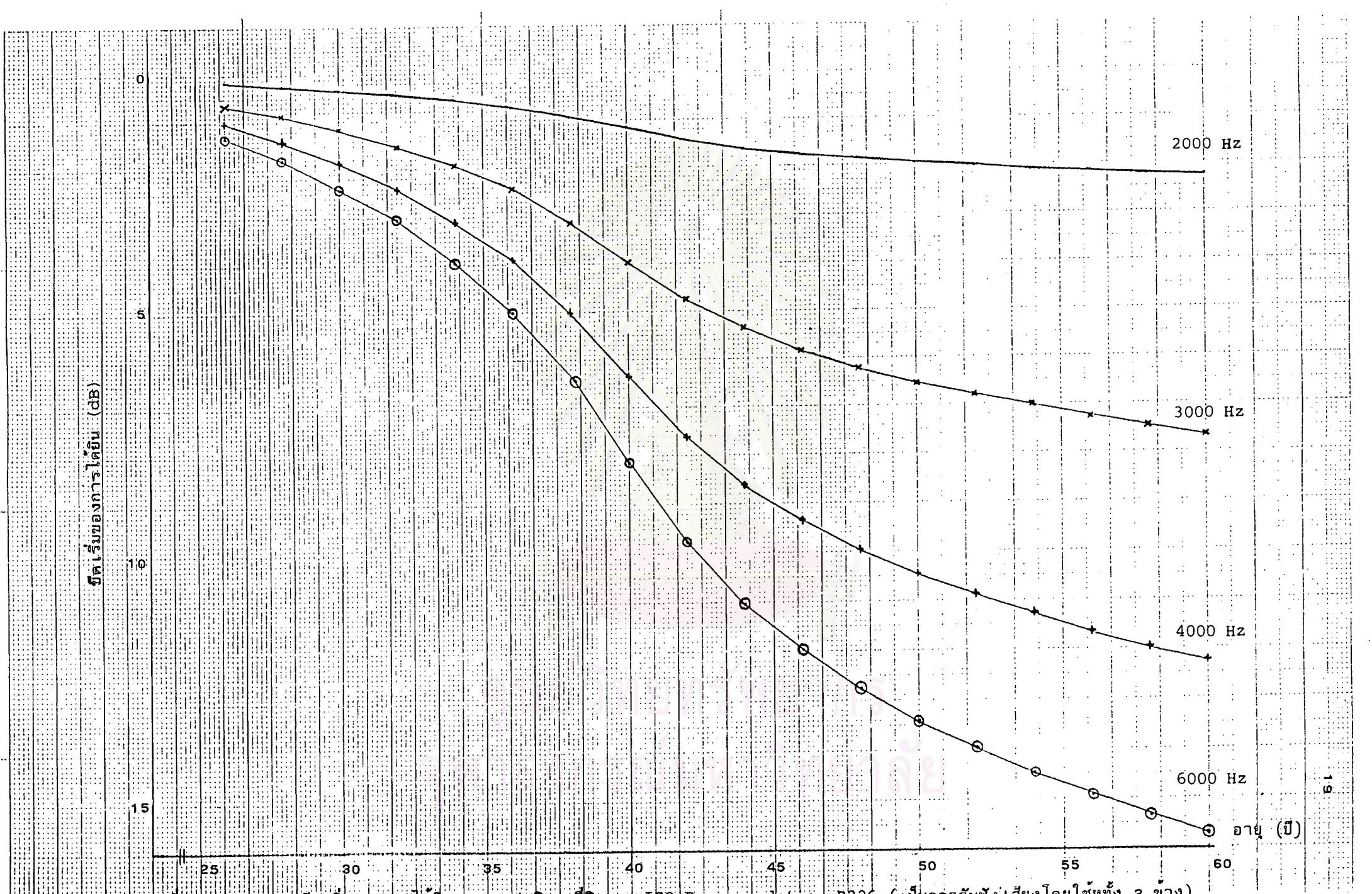
หมายเหตุ 1. เสียงที่ให้ฟังมีแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ตรงด้านหน้าของผู้ฟัง

2. เสียงที่ให้ฟังอยู่ในรูปของ Free Progressive Plane Wave

3. การวัดระดับความดันของเสียงจะทำการวัดในขณะที่ไม่มีตัวผู้ฟังอยู่

4. การรับฟังเสียงของผู้เข้ารับการตรวจเป็นการรับฟังโดยใช้หูทั้ง 2 ข้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 กราฟแสดงขีดเริ่มของการได้ยินของหูคนปกติตามที่คิดตาม ISO Recommendation R226 (เป็นการรับฟังเสียงโดยใช้หูทั้ง 2 ข้าง)

Green (1972) ได้เขียนเรื่องเกี่ยวกับการแบ่งระดับของความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz) โดยแบ่งระดับของความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงเป็น 6 ระดับ (ตามตารางที่ 1) ซึ่งบุคคลที่มีสภาพของการรับฟังเสียงเป็นปกติจะมีขีดเริ่มของการได้ยินในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz) โดยเฉลี่ย 10 ถึง 26 dB ตามมาตรฐานของ ISO 1964 และ -10 ถึง 15 dB ตามมาตรฐานของ ASA 1951

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งระดับของความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz)

ขีดเริ่มของการได้ยิน (dB)		การจัดระดับของความเสื่อมลงของการรับฟังเสียง
ตามมาตรฐาน American Standard Association 1951	ตามมาตรฐาน International Organization for Standardization 1964	
- 10 ถึง 15	10 - 26	ระดับปกติซึ่งถือว่าไม่มีความเสื่อมลงของการรับฟังเสียง
16 - 29	27 - 40	ระดับที่มีความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงเล็กน้อย
30 - 44	41 - 55	ระดับที่มีความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงปานกลาง
45 - 59	56 - 70	ระดับที่มีความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงค่อนข้างมาก
60 - 79	71 - 90	ระดับที่มีความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงมาก
80 ขึ้นไป	91 ขึ้นไป	ระดับที่มีความเสื่อมลงของการรับฟังเสียงอย่างสิ้นเชิง

หมายเหตุ ขีดเริ่มของการได้ยินของบุคคลในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz) หาได้จากค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินของบุคคลที่ความถี่ 500, 1000 และ 2000 Hz

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2526) ได้ทำการสำรวจและวัดระดับเสียงของเรือยนต์ทั้งเครื่องกลางลำ และเพลาใบจักรยาวรวม 120 ลำ พบว่าร้อยละ 80 ของเรือยนต์ส่งเสียงดังในระยะห่าง 7.50 เมตร เกินกว่า 90 dB (A) ที่กรมเจ้าท่ากำหนดเอาไว้ และได้ทำการวัดระดับเสียงของเครื่องยนต์ที่ใช้ในเรือหางยาว ณ ระยะห่าง 0.5 เมตร จากท่อไอเสียแบบท่อตรง ที่ส่วนใหญ่ใช้กันวัดได้ 122 dB (A) ที่ความเร็วเครื่องยนต์ 3,400 รอบต่อนาที และร้อยละ 80 ของภาระเต็มที่ ซึ่งเป็นอันตรายต่อหูผู้ขับเรือโดยตรง เมื่อได้ทำการตรวจวัดการได้ยินของผู้ขับเรือหางยาว 85 คน พบว่ามีผู้ประสาทหูเสื่อม 70 คน และวิเคราะห์ได้ว่าเป็นเพราะเสียงดังของเครื่องยนต์อย่างแน่นอน ซึ่งในการวิจัยวัดครั้งนี้ถือว่าประสาทหูเสื่อมในกรณีนี้คือระดับการได้ยินเสียงที่ความถี่ใดความถี่หนึ่งในช่วง 3000-8000 Hz เสื่อมเกิน 30 dB เป็นเกณฑ์ตัดสิน

Pinijvechakarn (1981) ได้วิจัยเกี่ยวกับผลของเสียงภายในโรงงานซึ่งมีต่อคนงานที่ทำงานในโรงงานทอผ้า จำนวน 128 คน ผลจากการศึกษาพบว่าระดับความดันรวมของเสียงที่คนงานได้รับมีค่าเฉลี่ย 94 dB (A) ระดับความดันรวมของเสียงที่คนงานในแผนกช่างเครื่อง (Mechanic Section) ได้รับโดยเฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 97 dB (A) ระดับความดันรวมของเสียงที่คนงานในแผนกสำนักงาน (Office Section) ได้รับโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 73 dB (A) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าคนงานจำนวน 105 คน (82.03 %) ทำงานในบริเวณที่มีระดับความดันรวมของเสียงเกิน 85 dB (A) ซึ่งเกินระดับมาตรฐานที่ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) กำหนดเอาไว้สำหรับเสียงในโรงงานทอผ้า ว่าไม่ควรจะมีระดับความดันรวมของเสียงเกิน 85 dB (A) สำหรับการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการตรวจสภาพการรับฟังเสียง (Hearing Test) ของคนงานจำนวน 109 คน จากแผนกต่าง ๆ ของโรงงานทอผ้า ผลปรากฏว่าคนงานจำนวน 17 คน (15.6 %) แสดงการเสื่อมลงของการได้ยินในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz) ซึ่งคนงานทั้ง 17 คน โดยมากเป็นคนงานจากแผนกปั่นด้าย (Spinning Section) และแผนกทอผ้า (Weaving Section) ในขณะที่แผนกทำความสะอาดฝ้ายโดยใช้เครื่องแปรง (Carding Section) และแผนกสำนักงาน (Office Section) ไม่ปรากฏว่ามีคนงานที่แสดงการเสื่อมลงของการได้ยินปรากฏให้เห็นแต่ประการใด

ในการวิจัยครั้งนี้ถือว่าการเสื่อมลงของการได้ยินในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz) คือการที่ค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินในหูข้างที่ดีที่ความถี่ 500, 1000 และ 2000 Hz มีค่ามากกว่า 25 dB เป็นต้นไป

ในการตรวจสภาพการรับฟังเสียง (Hearing Test) ของคนงานที่ความถี่ 4,000 Hz ซึ่งเป็นระดับความถี่ซึ่งเชื่อกันว่ามีความเปราะบางมากที่สุดในการรับฟังเสียงของมนุษย์ (The most vulnerable level) ผลปรากฏว่าคนงานจำนวน 66 คน (60.6 %) แสดงการเสื่อมลงของการได้ยินในระดับเล็กน้อยจนถึงระดับที่รุนแรง ซึ่งส่วนมากจะพบในคนงานสตรีที่ทำงานแผนกทำความสะอาดฝ้ายโดยใช้เครื่องแปรง (Carding Section) และแผนกช่างเครื่อง (Mechanic Section)

ในการวิจัยครั้งนี้ถือว่าการเสื่อมลงของการได้ยินที่ความถี่ใด ๆ คือการที่ขีดเริ่มของการได้ยินที่ความถี่นั้นมากกว่า 25 dB ขึ้นไป และการเสื่อมลงของการได้ยินในระดับที่รุนแรง คือการที่ขีดเริ่มของการได้ยินที่ความถี่นั้นมากกว่า 70 dB ขึ้นไป (ถ้าขีดเริ่มของการได้ยินมากกว่า 90 dB ขึ้นไป จะเป็นระดับที่มีการเสื่อมลงของการได้ยินอย่างสิ้นเชิง)

ผลจากการศึกษายังได้ข้อสรุปอีกว่า ในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz) ไม่พบว่าการเสื่อมลงของการได้ยินมีสหสัมพันธ์กับอายุ แต่พบว่าการเสื่อมลงของการได้ยินมีสหสัมพันธ์กับระยะเวลาการทำงานเล็กน้อย ในช่วงความถี่ 4,000 Hz พบว่าการเสื่อมลงของการได้ยินจะมีสหสัมพันธ์กับอายุหรือระยะเวลาการทำงานเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาที่ทุกความถี่พบว่าการเสื่อมลงของการได้ยินจะมีสหสัมพันธ์กับอายุหรือระยะเวลาการทำงานเล็กน้อยเช่นกัน

Skulsuksai (1982) ได้เสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับการรับฟังเสียง หลังจากทำงานในโรงงานที่มีเสียงดังเป็นเวลา 10 ปี โดยทำการศึกษาจากคนงานจำนวน 111 คน ซึ่งมีอายุไม่เกิน 40 ปี เป็นผู้ที่ไม่มีประวัติเกี่ยวกับโรคทางหู และเคยได้รับการตรวจวัดระดับการได้ยินเมื่อปี 1971 รวมทั้งศึกษาประวัติความเจ็บป่วยของหูชั้นนอก หูชั้นกลาง และการบาดเจ็บที่ศีรษะ โรคเกี่ยวกับระบบประสาทส่วนกลาง และการใช้ยารักษาโรคอันอาจมีผลต่อระบบการได้ยินมาแล้ว จาก 6 แผนกของโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีระดับความดันรวมของเสียงระหว่าง 74-106 dB (A)

ผลการวัดระดับความดันรวมของเสียงทั้ง 6 แผนก ปรากฏว่า ระดับความดันรวมของเสียงในแผนกซ่อมส่วนล่างรถจักรดีเซล (Lower Diesel-Locomotive Repair Section) เป็นแผนกที่มีระดับความดันรวมของเสียงระหว่าง 74-75 dB (A) ซึ่งต่ำกว่าระดับความดันรวมของเสียงในแผนกอื่น ๆ และต่ำกว่า 85 dB (A) ซึ่งองค์การอนามัยโลกกำหนดว่าเสียงที่ดังเกินระดับนี้จะเป็นอันตรายตลอดเวลา ระดับความดันรวมของเสียงในโรงเหล็กแผนกช่างเหล็ก (Smithy Shop Section) และแผนกซ่อมรถบรรทุก (Wagon Repair Section) มีระดับความดันรวมของเสียงระหว่าง 90-95 dB (A) และ 86-102 dB (A) ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า 85 dB (A) ซึ่งองค์การอนามัยโลกกำหนดว่าเสียงที่ดังเกินระดับนี้จะเป็นอันตรายตลอดเวลา ระดับความดันรวมของเสียงสูงสุดจะพบที่แผนกสร้างและซ่อมรถโดยสาร ซึ่งมีระดับความดันรวมของเสียงสูงสุด 106 dB (A) (รายละเอียดในตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงระดับความดันรวมของเสียงต่ำสุดและสูงสุด ในอาคารโรงงานของแผนกต่าง ๆ ทั้ง 6 แผนก (Skulsuksai, 1982)

แผนก	ระดับความดันรวมของเสียง (dB) A)	
	ระดับต่ำสุด	ระดับสูงสุด
สร้างและซ่อมรถโดยสาร	79	106
ทำแผ่นเหล็ก	78	92
ซ่อมส่วนล่างรถจักรดีเซล	74	75
ช่างเหล็ก (โรงเหล็ก)	90	95
ซ่อมเครื่องยนต์ดีเซลไฟฟ้า	83	93
ซ่อมรถบรรทุก	86	102

หมายเหตุ จากตารางแสดงระดับความดันรวมของเสียงต่ำสุดและสูงสุดในอาคารโรงงานของแผนกต่าง ๆ ทั้ง 6 แผนก ในวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทของ Skulsuksai (1982) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของระดับการรับฟังเสียง หลังจากทำงานในโรงงานที่มีเสียงดังเป็นเวลา 10 ปี มหาวิทยาลัยมหิดล หน้า 23

ผลจากการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับการได้ยินในปัจจุบันของคนงานในแต่ละความถี่ (รายละเอียดในตารางที่ 3) และยังพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับการได้ยินที่วัดได้ในครั้งนี้ (ค.ศ. 1981) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ก่อนหน้านั้นเป็นเวลา 10 ปี (ค.ศ. 1971) (รายละเอียดในตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานแห่งนี้ที่ความถี่ต่าง ๆ จากการตรวจวัดเมื่อปี 1981 จากข้อมูลของ Skulsuksai (1982)

ความถี่ (Hz)	ค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยิน (dB)	
	หูข้างขวา	หูข้างซ้าย
250	22.12	22.79
500 - 2000	17.95	18.59
3000	18.15	21.22
4000	21.04	22.90
6000	26.80	26.17
8000	21.80	21.67

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินของผู้ปฏิบัติงานที่ความถี่ต่าง ๆ ซึ่งเพิ่มขึ้นภายหลังจากการปฏิบัติงานในโรงงานแห่งนี้มาเป็นระยะเวลา 10 ปี จากข้อมูลของ Skulsuksai (1982)

ความถี่ (Hz)	ค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินที่เพิ่มขึ้น (dB)	
	หูข้างขวา	หูข้างซ้าย
250	4.594	6.261
500 - 2000	6.018	3.577
3000	4.685	3.694
4000	6.171	6.351
6000	8.423	6.531
8000	5.405	7.883

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของระดับการได้ยินในช่วงเวลา 10 ปี ถูกนำมาแยกตามกลุ่มอายุของคนงาน ระยะเวลาการทำงาน การใช้เครื่องป้องกันอันตรายจากเสียง และประเภทของแผนกที่ทำงาน พบว่าในกลุ่มคนงานที่มีอายุมาก ค่าเฉลี่ยของระดับการได้ยินจะเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉพาะหูซ้ายที่ความถี่ 4,000 Hz และ 8,000 Hz

ผลจากการศึกษาพบว่าผู้ที่มีระยะเวลาการทำงานนานปีมากกว่าก็จะมีระดับการได้ยินเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในหูขวาพบที่ความถี่ 500-2,000 Hz ในหูซ้ายพบความถี่ 4,000 Hz และ 8,000 Hz

ในการศึกษาในกลุ่มคนงานที่มีการใช้เครื่องป้องกันอันตรายจากเสียง จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับการได้ยินน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้เครื่องป้องกันอันตรายจากเสียง

จากการศึกษาพบว่าคนงานในแผนกซ่อมส่วนล่างรถจักรดีเซลและแผนกซ่อมเครื่องยนต์ดีเซลไฟฟ้า จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับการได้ยินน้อยกว่าแผนกอื่น ๆ

ในการศึกษาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับโรงเหล็ก (Smithy Shop) ของแผนกช่างเหล็ก Skulsuksai (1982) ได้ทำการวัดระดับความดันรวมของเสียงในบริเวณโรงเหล็กได้ระหว่าง 90-95 dB (A) ซึ่งระดับความดันของเสียงแต่ละความถี่และตำแหน่งที่ทำการวัดได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5 และรูปที่ 2 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 แสดงระดับความดันรวมของ เสียงและระดับความดันของ เสียงในแต่ละความถี่ ซึ่งวัดจากบริ เวณส่วนต่าง ๆ ของโรง เหล็ก แผนกช่าง เหล็ก (Skulsuksai, 1982)

ตำแหน่งที่วัด	ระดับความดันรวมของ เสียงทุกความถี่ dB (A)	ระดับความดันของ เสียงแต่ละความถี่ dB (A)					
		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1	93	91	93	92	87	85	82
2	94	93	90	92	89	87	85
3	90	86	86	85	86	80	75
4	86	84	84	83	83	82	79
5	95	87	88	89	89	95	89

หมายเหตุ จากตารางแสดงระดับความดันของ เสียง ซึ่งวัดจากบริ เวณส่วนต่าง ๆ ของโรง เหล็ก แผนกช่าง เหล็ก ในวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ของ Skulsuksai (1982) เรื่อง การ เปลี่ยนแปลงของระดับการรับฟัง เสียง หลังจากทำงานในโรงงานที่มี เสียงดัง เป็น เวลา 10 ปี มหาวิทยาลัยมหิดล หน้า 30

ผลจากการศึกษา เกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงของขีด เริ่มของการได้ยินของผู้ปฏิบัติงานในโรง เหล็ก แผนกช่าง เหล็ก หลังจากปฏิบัติงานในโรง เหล็กมา เป็น เวลา 10 ปี ซึ่งได้ทำการศึกษาข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานในโรง เหล็กจำนวน 20 คน ที่มีอายุไม่เกิน 40 ปี โดยมีอายุระหว่าง 27-30 ปีจำนวน 5 คน อายุระหว่าง 31-34 ปี จำนวน 6 คน อายุระหว่าง 35-38 ปี จำนวน 7 คน และอายุมากกว่า 39 ปีขึ้นไป จำนวน 2 คน หรือ เมื่อแบ่งตามระยะ เวลาทำงานจะมีระยะ เวลาทำงานระหว่าง 11-12 ปี จำนวน 8 คน ระยะ เวลาทำงานระหว่าง 13-14 ปี จำนวน 4 คน และระยะ เวลาทำงานมากกว่า 15 ปีขึ้นไป จำนวน 8 คน

มาตราส่วน 1 : 250

หมายเหตุ จากแผนผังแสดงตำแหน่งการวัดระดับความดันของเสียงภายในโรงเหล็กในวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท ของ Skulsuksai (1982) มหาวิทยาลัยมหิดล หน้า 31

รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดระดับความดันของเสียงทั้ง 5 ตำแหน่งในโรงเหล็ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการศึกษาปรากฏว่า หลังจากปฏิบัติงานในโรงเหล็กมาเป็นเวลา 10 ปี ขีดเริ่มของการได้ยินโดยเฉลี่ยของหูข้างขวาจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ความถี่ 6000 Hz ซึ่งจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 9.85 dB และน้อยที่สุดที่ความถี่ 3000 Hz ซึ่งจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 5.00 dB ในขณะที่ขีดเริ่มของการได้ยินโดยเฉลี่ยในหูข้างซ้ายจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดที่ความถี่ 6000 Hz ซึ่งจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 8.00 dB และน้อยที่สุดในช่วงความถี่ของการสนทนา (500-2000 Hz) ซึ่งจะเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 5.10 dB (รายละเอียดในตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินของผู้ปฏิบัติงานที่ความถี่ต่าง ๆ ซึ่งเพิ่มขึ้นภายหลังจากการปฏิบัติงานในโรงเหล็กมาเป็นระยะเวลา 10 ปี จากข้อมูลของ Skulsuksai (1982)

ความถี่ (Hz)	ค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินที่เพิ่มขึ้น (dB)	
	หูข้างขวา	หูข้างซ้าย
250	5.25	7.75
500 - 2000	7.90	5.10
3000	5.00	5.50
4000	6.50	6.50
6000	9.25	8.00
8000	5.75	7.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย