บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

หอสมุดกลาง

ลักษณะและธรรมชาติของเสียงหนวกหู

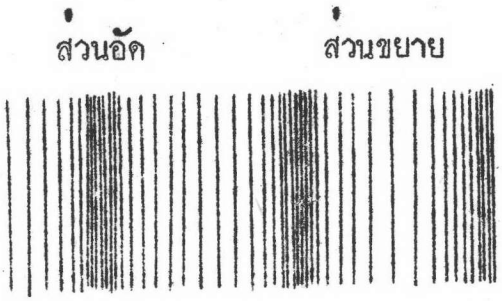
เสียงหนวกหู คือ เสียงที่ไม่พึงปรารถนา โดยจะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับคนเราในด้านความรู้สึก ทัศนคติ นิสัย ความเคยชินส่วนตัว สิ่งแวดล้อมอื่น ๆ และเวลา

เสียง (Sound)

เสียงหมายถึง การรบกวนเชิงกล (mechanical disturbance) หรือการสั่นสะเทือนเชิงกล (mechanical vibration) ของตัวกลาง ซึ่งได้แก่ ก๊าซ ของเหลว หรือของแข็ง (gaseous liquid or solid media) โดยมีแหล่งกำเนิดเสียงเป็นตัวทำให้เกิดความรบกวน สำหรับตัวกลางที่สามัญที่สุดก็คืออากาศ เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงสั่นสะเทือน บริเวณผิวของแหล่งกำเนิดเสียงสั่นสะเทือนจะไปทำให้เกิดการอัด (compression) โมเลกุลของอากาศเบียดชิดกัน จึงทำให้เกิดการขยาย (rarefaction) ไปด้วย ปรากฏการณ์เช่นนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความดันอากาศปกติ เพราะถูกรบกวนโดยโมเลกุลของอากาศ อากาศมีสมบัติของความเฉื่อย (inertia) และความยืดหยุ่น (elasticity) ดังนั้นโมเลกุลของอากาศจึงส่งผ่านพลังงานไปยังโมเลกุลข้างเคียง การรบกวนจึงแผ่กระจายโดยรอบ

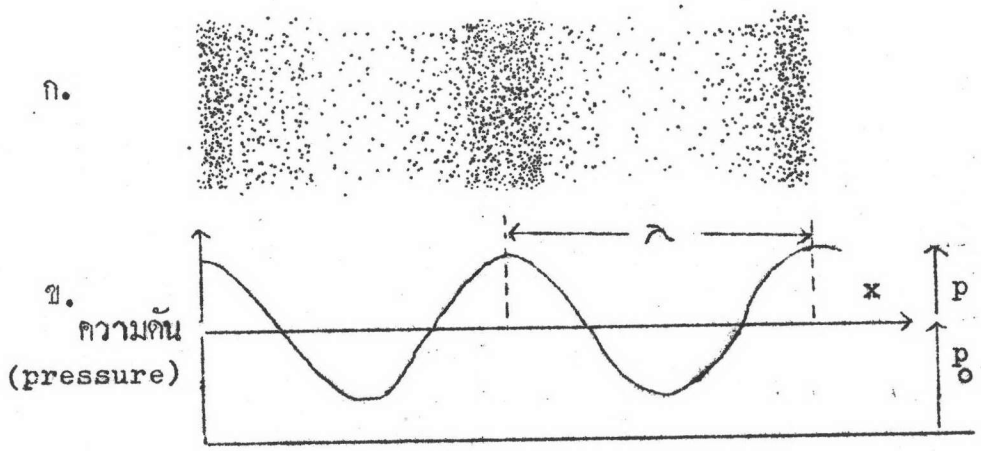
ลักษณะของคลื่นเสียง

คลื่นเสียงเป็น mechanic wave เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในบางส่วนของตัวกลางที่ยืดหยุ่นได้และมีความเฉื่อย เนื่องจากคุณสมบัติของตัวกลางอันนี้เอง จึงทำให้คลื่นเสียงผ่านตัวกลางได้โดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่ตามไปด้วย



ภาพประกอบที่ 1 คลื่นเสียงซึ่งเป็นคลื่นตามยาว

คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาวหรือคลื่นอัด (longitudinal wave or compression wave)คือเป็นคลื่นซึ่งเมื่อเคลื่อนที่ไปในตัวกลางใดแล้ว อนุภาคของตัวกลางจะเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นนั้น คลื่นเสียงที่ผ่านอากาศแสดงได้ด้วยแผนภาพ ซึ่งแสดงความหนาแน่นของโมเลกุลของอากาศที่มีการอัดตัวขยายตัว ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบที่ 2 ก. แสดงความหนาแน่นของโมเลกุลของอากาศ

ข. แสดงการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศ p จากความดันปกติ p_0 ตามตำแหน่งต่าง ๆ ขณะเมื่อมีเสียงเคลื่อนผ่านมา

ความเข้ม (intensity)

ความเข้มของเสียง คือพลังงานของเสียงที่ผ่านไปต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ใช้รับเสียง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (watt/m^2) ในทางปฏิบัติ กำลังของคลื่นวัดได้ยาก แต่จะวัดออกมาในรูปของความดันแทน เราจะหาค่าความดันเสียงได้จากสูตร[1]

$$p = \hat{p} \sin \omega t \quad \text{----------(1)}$$

เมื่อ p หมายถึง ค่าความดันเสียงขณะนั้น

$\hat{p}$ หมายถึง ค่า pressure amplitude คือ ผลต่างของความดันตัวกลาง เมื่อมีคลื่นผ่านและเมื่อไม่มีคลื่นผ่าน

ω หมายถึง angular frequency คือมีค่าเท่ากับ $2\pi f$

f หมายถึง ความถี่ (frequency)

t หมายถึง เวลา

ความถี่ (frequency)

ความถี่ของคลื่นเสียง คือจำนวนของความดันที่เปลี่ยนแปลงไปครบรอบต่อวินาที มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (cycles per second = cps = c/s) หรือ แฮร์ทซ์ (Hertz=Hz)

ความเร็ว (velocity)

ความเร็ว ซึ่งแพร่กระจายออกไปจะถูกบังคับโดยลักษณะความยืดหยุ่นของตัวกลาง ซึ่งจะคงที่สำหรับทุก ๆ ค่าความถี่ (frequency) ในอากาศความเร็วเสียงประมาณ 340 เมตร

---

[1] R.H. Waning (ed.), Handbook of Noise and Vibration Control (1st ed.; England: Trade and Technical Press Ltd., 1970), p. 8.

ต่อวินาที ในน้ำเสียงจะมีความเร็วประมาณ 1500 เมตรต่อวินาที

นอกจากความยืดหยุ่นแล้ว อัตราเร็วของเสียงยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวกลางนั้นอีกด้วย เช่น อัตราเร็วของเสียงในอากาศ อาจกล่าวได้ว่าจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับรากที่สองของอุณหภูมิเคลวิน หรือ $V \propto T$ ดังนั้น อัตราเร็วของเสียงในอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ขณะที่อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะมีค่าประมาณ 331 เมตรต่อวินาที

ความยาวช่วงคลื่น (wave lenght)

ความเร็วของเสียงในอากาศ เท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที โดยจะหาความยาวช่วงคลื่นได้จากสูตร

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad \text{----------(1)}$$

เมื่อ λ = wave lenght

c = ความเร็วของเสียง มีค่าเป็น 340 เมตร/วินาที

f = ความถี่ (frequency) หน่วยเป็น Hz

การวัดเสียง

เสียงจากต้นกำเนิดเสียงจะถูกส่งออกทุกทิศทุกทางโดยรอบในลักษณะของทรงกลม ซึ่งมีแหล่งกำเนิดเสียงเป็นจุดศูนย์กลาง มีรัศมีเท่ากับระยะทางจากแหล่งกำเนิดเสียงจนถึงจุดที่เราได้ยิน

สำหรับความเข้มของคลื่นเสียง ยิ่งอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเท่าใด คลื่นเสียงจะยิ่งมีความเข้มน้อยลง ทั้งนี้เพราะพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลมจะกว้างขึ้น ความเข้มของเสียง (I) จะถูกส่งออกไปทุกทิศทุกทางในลักษณะของทรงกลม (free progressive spherical wave) ซึ่งจะมีค่าน้อยลงเท่ากับกำลังสองของรัศมี (r) นั่นคือ

$$I \propto \frac{1}{r^2} \text{ ---------- (2)}$$

ความเข้มของเสียงจะมากหรือน้อย เราจะเปรียบเทียบกับความเข้มเปรียบเทียบที่กำหนดขึ้น โดยใช้ลอการิทึม ฐานสิบ ($\log_{10}$) โดยที่ ความเข้ม 10 เท่าของความเข้มเปรียบเทียบค่าของลอการิทึมจะมีค่าเท่ากับ 1 ความเข้มของเสียง คือ 1 bel ถ้าความเข้ม 100 เท่าของความเข้มเปรียบเทียบความเข้มของเสียงก็จะมีค่าเท่ากับ 2 bel ถ้าความเข้ม 1000 เท่าของความเข้มเปรียบเทียบ ความเข้มของเสียงจะมีค่าเป็น 3 bel และเพื่อความสะดวก จึงแบ่งมาตราส่วน bel เป็น 10 ส่วน เรียกว่า เดซิเบล (decibel) ใช้อักษรย่อว่า dB การเพิ่ม 1 dB หมายถึง ความเข้มที่เพิ่มเป็น 1.26 เท่า ค่าตัวเลขของเดซิเบล เรียกเป็นระดับ (level)

$$\text{ระดับความเข้มของเสียง (sound intensity level)} = 10 \log_{10}\frac{I}{I_o} \text{ dB}$$

$$\text{--------- (3)}$$

เมื่อ I = ความเข้ม (intensity)

I_o = ความเข้มเปรียบเทียบ (reference intensity)

ในทางปฏิบัติ จะใช้ decibel กับความดัน (pressure) ทั้งนี้เพราะค่าความดันสามารถวัดได้ง่ายกว่าค่าความเข้ม โดยอาศัยหลักความจริงที่ว่า ในสนามของเสียงโดยทั่ว ๆ ไป ค่าความเข้มจะเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของค่าของความดัน คือ $I = k.p^2$ เมื่อ k เป็นค่าคงที่ของตัวกลาง

แทนค่า I ด้วย kp^2 ในสมการที่ 3

ระดับความดันของเสียง[2] (sound pressure level) = SPL = $10 \log \frac{k.p_1^2}{k.p_o^2}$ dB

---

[2] Willium Burns, Noise and Man (2nd ed.; Great Britain: William Clowers & Sons, Limited, 1973), pp. 42 - 43.

$$SPL = 20 \log \frac{p}{p_o} \quad dB \text{ ----------} (4)$$

เมื่อ SPL = ระดับความดันของเสียง (sound pressure level)

p = ความดันเสียง (sound pressure) ใช้ค่า RMS (root mean squre) ซึ่งมีหน่วยเป็น ไดน์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ ไมโครบาร์ (Microbar)

p_o = ความดันเสียงเปรียบเทียบ (reference sound pressure) ใช้ค่า RMS ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.00002 N/m^2 หรือ 0.0002 dyn/cm^2 หรือ 0.0002 microbar

ความดันเสียง (bar)	ระดับเสียง (dB)		สภาวะแวดล้อม
		140	
1000 bar	134	130	เสียงดังที่สุดที่หูคนปกติเริ่มรู้สึกเจ็บปวด
		120	เสียงดังที่สุดที่หูคนปกติทนฟังได้
100 bar	114	110	เสียงแตรรถยนต์ เมื่ออยู่ห่าง 1 เมตร
		100	
10 bar	94	90	
		80	เสียงในรถยนต์ประจำทาง
1 bar	74	70	เสียงจากการจราจรขนาดปานกลาง
		60	เสียงคุยตามแบบธรรมดา
0.1 bar	54	50	เสียงในสำนักงาน
		40	เสียงในห้องพักในบริเวณชานเมือง
0.01 bar	34	30	เสียงในห้องสมุด
		20	เสียงในห้องนอนในตอนกลางคืน
0.001 bar	14	10	เสียงในห้องส่งกระจายเสียง
0.0002 bar		0	เสียงเบาที่สุดที่หูคนปกติได้ยิน

004505

ตารางที่ 1 แสดงระดับเสียงโดยทั่ว ๆ ไป[3]

---

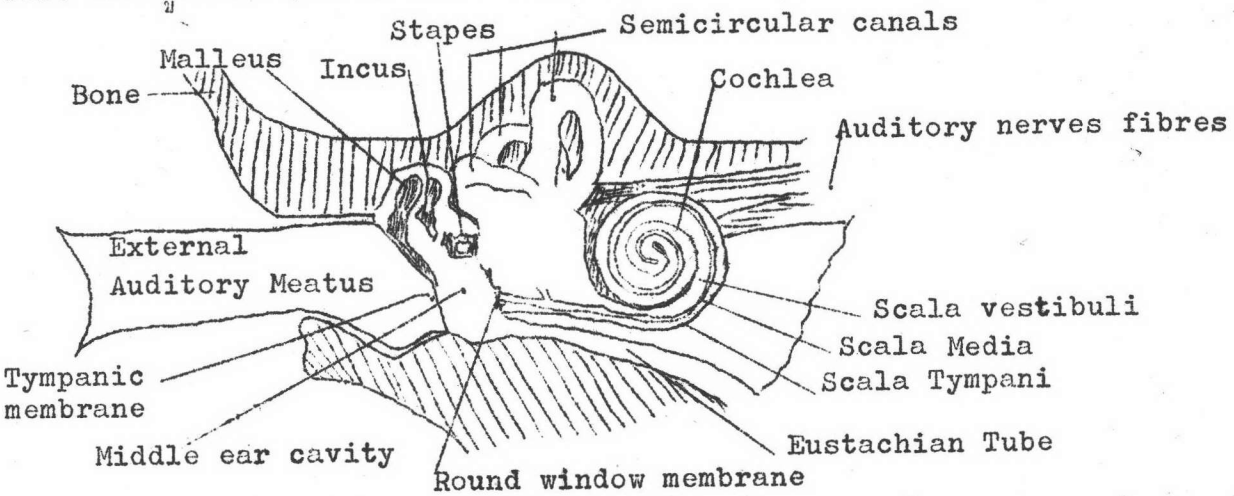
[3] Jens Trampe Broch, The Application of the Bruel & Kjaer Measuring System for Acoustic Noise Measurements (Denmark: K. Larsen & Son, 1971), p. 20.

หูและการได้ยิน

การได้ยินเสียงต่าง ๆ เป็นกลไกในร่างกาย (mechanism in the body) เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า ซึ่งได้แก่ คลื่นเสียงในอากาศโดยตรง

ลักษณะทั่วไป[4]

หูประกอบด้วย 3 ส่วน คือ หูส่วนนอก (External ear) หูส่วนกลาง (Middle ear) และ หูส่วนใน (Inner ear) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบที่ 3 แสดงส่วนประกอบของหูส่วนนอก หูส่วนกลาง และหูส่วนใน

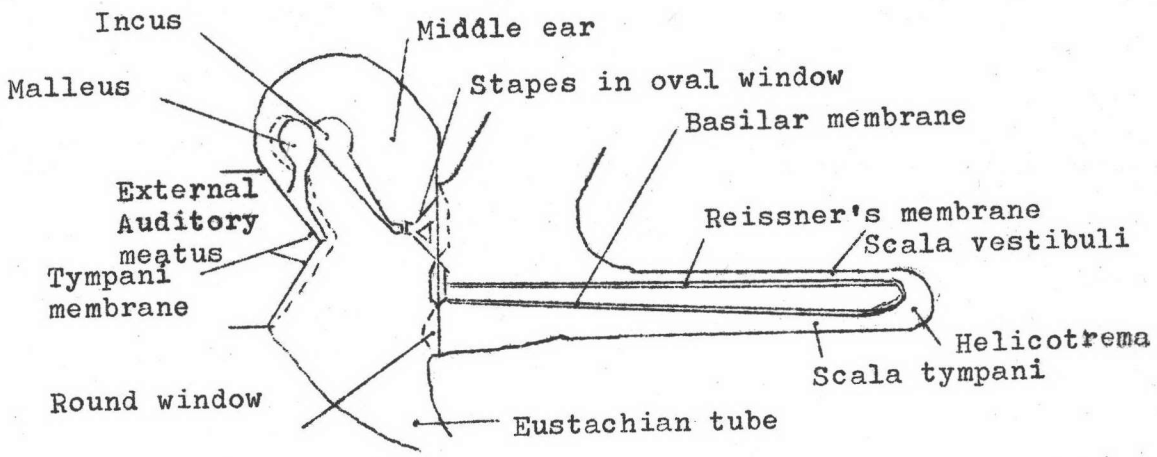
เมื่อเสียงเกิดขึ้นในอากาศจะมีความดันไปสั่นสะเทือนแก้วหู (ear drum) หรือ ทิมพานิก เมมเบรน (tympanic membrane) ซึ่งจะไปสั่นสะเทือนกระดูกหู (auditory ossicles) ทั้ง 3 ที่อยู่ชั้นในของหูส่วนกลาง การสั่นสะเทือนจะไปกระทบกับใยประสาท ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นระหัสไปสู่สมองที่รับความรู้สึก ซึ่งจะทำให้เกิดความรู้สึกยินดีหรือรำคาญ

---

[4] William Burns, Noise and Man (d ed.; Great Britain: Willium Clowns & Sons, Limited, 1973), p. 54.

หูส่วนนอกและหูส่วนกลาง

หูส่วนนอกซึ่งอยู่แต่ละข้างของศีรษะทำให้คนสามารถแยกทิศทางของเสียงได้จากความเข้มและเวลาที่เสียงเดินทางมากระทบหู จากภาพประกอบที่ 4 อธิบายการได้ยินเสียงได้ดังนี้



ภาพประกอบที่ 4 ส่วนประกอบของหูส่วนกลางและคอคเคลีย

เมื่อเกิดคลื่นเสียงจากต้นกำเนิดเสียงจะผ่านช่องหูส่วนนอก (external auditory meatus หรือ external ear canal) ซึ่งยาวประมาณ 25 มิลลิเมตร ไปกระทบกับแก้วหู (ear drum) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปกรวยเว้ามีขอบที่ยืดหยุ่นได้ เป็นส่วนที่แบ่งหูส่วนนอกออกจากหูส่วนกลาง ซึ่งเต็มไปด้วยอากาศ แก้วหู (ear drum) จะสั่นสะเทือนตามลักษณะของคลื่นเสียง โดยที่ช่วงกว้าง (amplitude) ของการสั่นสะเทือนจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงความดันของเสียงที่เกิดขึ้น

หูส่วนกลางมีส่วนที่ติดต่อกับช่องจมูกทางท่อออสตาเชี่ยน (Eustachian tube) ซึ่งปกติจะปิด และจะเปิดเมื่อมีการกลืนน้ำลาย เพื่อให้ความดันของอากาศที่อยู่สองข้างของแก้วหู

(ear drum) เท่ากัน ช่องหูส่วนกลางจะติดต่อกับเซลล์ซึ่งมีอากาศเต็มไปหมดในกระดูกมัสตอยด์ (mastoid bone) ของกระโหลกศีรษะ

คลื่นเสียงจะถูกส่งผ่านไปยังลูกโซ่ของกระดูกหู (chain of ossicles) 3 ชิ้น ซึ่งเชื่อมกันอยู่ มีกระดูก มาลเลียส (malleus) ยึดเกาะอยู่กับ เยื่อหู ถัดไปเป็น อินคัส (incus) ยึดติดกับปลายอีกข้างหนึ่งของมาลเลียส แล้วไปสวมเข้ากับสเตบีส (stapes) ซึ่งหันเข้าสู่ทางเปิดของ โอวอล วินโดว์ (oval window) เมื่อคลื่นเสียงผ่านกระดูกหูทั้ง 3 ชิ้นแล้ว ความสะเทือนจากคลื่นเสียงจะถูกส่งเข้าไปยังหูส่วนใน ที่เรียกกันว่า คอคเคลีย (cochlea)[5] โดยที่พื้นที่ของสเตบีสจะมีค่าเป็น 1/30 เท่าของเยื่อหู ลักษณะเช่นนี้จะทำให้การถ่ายทอดคลื่นเสียงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

กล้ามเนื้อของหูส่วนกลาง

เทนเซอร์ ทิมพานี (tensor tympani) และ สเตปีเดียส (stapedius) เป็นกล้ามเนื้อเล็ก ๆ ที่เชื่อมมาลเลียส (malleus) และ สเตปีส (stapes) หากเสียงที่ผ่านกระดูกหูเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางดังมากจะเร้ารีเฟลกซ์ ทำให้กล้ามเนื้อทั้งสองหดตัวภายในเวลาเพียง 10 มิลลิวินาที ภายหลังที่ได้ยินเสียง เทนเซอร์ ทิมพานี (tensor tympani) เมื่อหดตัวจะดึงด้ามมาลเลียสเข้าสู่ภายใน ขณะที่สเตปีเดียสหดตัวดึงสเตบีสออกสู่ด้านนอก แรงที่มีทิศตรงกันข้ามนี้จะทำให้กระดูกหูทั้งสามเฉื่อยต่อการสั่นสะเทือน โดยเฉพาะเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 1000 รอบ/วินาที จะไม่ถูกส่งไปยังคอคเคลีย ซึ่งจะสามารถลดเสียงได้ถึง 30 - 40 เดซิเบล ลักษณะเช่นนี้จะเป็นการป้องกัน เบสิล่า เมมเบรน (basilar membrane) ของคอคเคลีย ที่จะเสียหายจากการสั่นสะเทือนที่รุนแรงมาก[6]

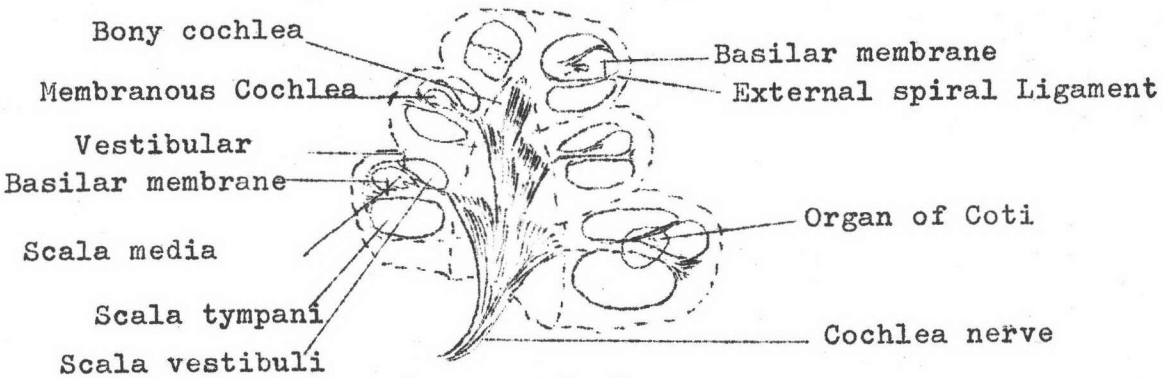
---

[5]อมรา ลลิลา, และคนอื่น ๆ สรีรวิทยาเบื้องต้น (กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรสัมพันธ์, 2518), หน้า 130.

[6]เรื่องเดียวกัน, หน้า 132.

หูส่วนใน

หูส่วนใน ประกอบด้วยระบบท่อที่ม้วนตัวอยู่คล้ายก้นหอยอยู่ภายในกระดูกเทมโพราล (temporal bone) เรียกว่า คอกเคลีย (cochlea) ท่อที่ม้วนต้วกันอยู่นี้แยกได้เป็นสามท่อนติด ๆ กัน ได้แก่ สกาล่า เวสทิบูลลี (scala vestibuli) สกาล่า มีเดีย (scala media) และสกาล่า ทิมพานี (scala tympani) สกาล่า เวสทิบูลลี แยกจาก สกาล่า มีเดีย ด้วย เวสทิบูลล่า เมมเบรน (vestibular membrane) ส่วนสกาล่ามีเดียแยกจาก สกาล่า ทิมพานี ด้วย เบสิล่า เมมเบรน (basilar membrane) มีออร์แกน ของ คอร์ติ (organ of Corti) ซึ่งมีเซลล์ที่ไวต่อเสียงอยู่ เรียกว่า แฮร์เซลล์ (hair cell เซลล์เหล่านี้เป็นอวัยวะรับรู้ที่ทำให้เกิดคลื่นประสาทเมื่อถูกเร้าด้วยเสียง[7]



ภาพประกอบที่ 5 แสดงส่วนต่าง ๆ ของกอกเคลีย

ปลายสุดของสกาล่า เวสทิบูลลี (scala vestibuli) และ สกาล่า มีเดีย (scala media) ติดต่อถึงกันทางเฮลิโคทรีม่า (helicotrema) สกาล่า ทิมพานี จะมีของเหลวเอนโดลิมพ์ (endolymph) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับของเหลว ซีร์โบร สไปนอล (cerebro spinal fluid) ที่หุ้มสมองและไขสันหลัง ส่วนโอวอล วินโด้ (oval window) จะอยู่ที่ฐานของสกาล่า เวสทิบูลลี ขณะที่ราวินโด้ (round window) จะติดกับส่วนหนึ่งของสกาล่า ทิมพานี

---

[7]เรื่องเดียวกัน, หน้า 133.

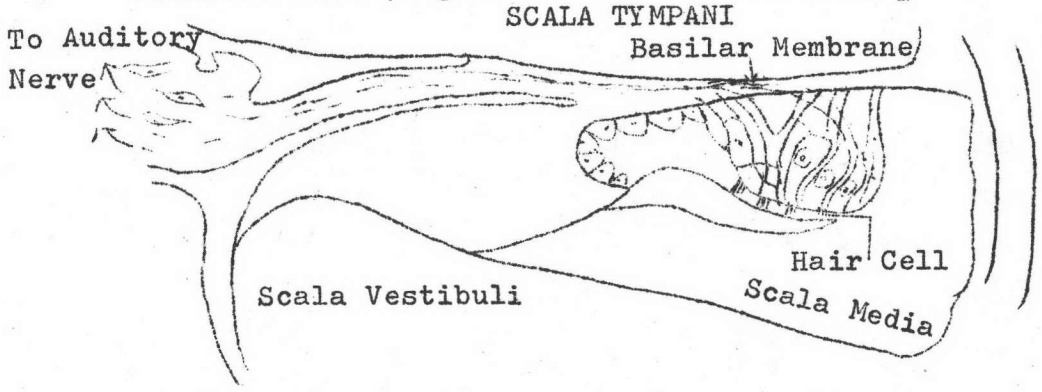
เมื่อเสียงผ่านหูส่วนกลางมาทางผิวหน้าของสเตบีส จะเข้าสู่สกาลา เวสติบูลลี ทาง โอวอล วินโด้ เพราะว่าผิวหน้าของสกาลา เวสทิบูลลี ปกคลุม วินโด้ (window) อย่างหลวม ๆ ทำให้ผนังของมันขยับเข้า–ออกได้ตามการสั่นสะเทือนของเสียง การขยับเข้าจะทำให้ของเหลวใน สกาล่า เวสทิบูลลีไปดันของเหลวในสกาลามีเดีย ทำให้ความดันคอคเคลียสูงขึ้น ดัน ราว วินโด ให้โป่งออกมาข้างนอก

ถ้า สเตบีส สั่นเข้า–ออกอย่างรวดเร็ว เพอริลิมพ์ (perilymph) ไม่มีเวลาเคลื่อน คลื่นของเหลวจะผลักให้ ราว วินโด้ โป่งออก แล้วกระฉอกกลับมาที่ โอวอล วินโด้ ตามจังหวะการสั่นเข้าออก แต่ละครั้งของสเตบีส โดยอาศัยการสั่นสะเทือนผ่าน เบลิล่า เมมเบรน

เบลิล่า เมมเบรน ประกอบด้วยใย เบสิล่า (basilar fibre) ซึ่งมาจากแขนงของคอคเคลีย ของประสาทสมองคู่ที่ 8 มีประมาณสองหรือสามหมื่นใย มาจากไบโพล่าซ์เซลล์ในกระดูกคอคเคลียส่วนที่เรียกว่า โมดิโอลัส (Modiolus) แล้วแตกกิ่งก้านสาขาไปรอบ ๆ แฮร์เซลล์ของออร์แกนของคอร์ตี้ แฮร์เซลล์เหล่านี้เรียงตัวโดยปลายล่างฝังอยู่ใน เบสิล่า เมมเบรน ปลายบนเป็นอิสระ สามารถเคลื่อนไหวได้ เมื่อมีคลื่นเสียงมาเร้า และตอบสนองโดยเกิดคลื่นประสาท แล้วส่งไปยังประสาทออดิทอรี (auditory nerve)

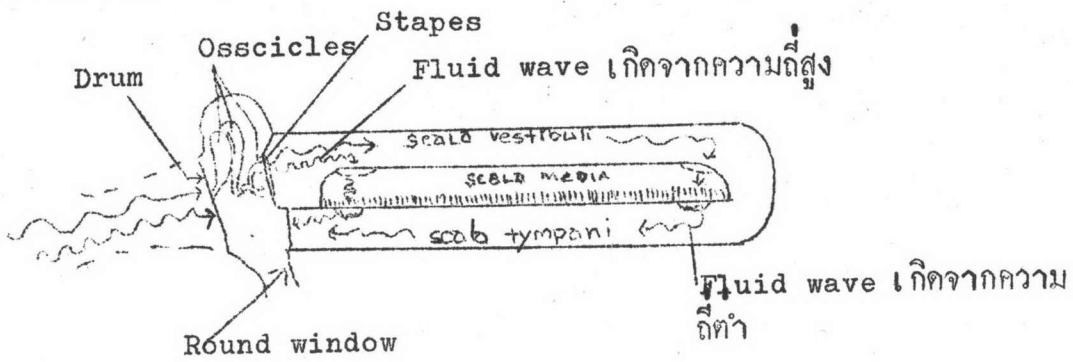
เบลิล่า เมมเบรน ที่บริเวณฐานของคอคเคลียมีความยืดหยุ่นน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณยอด ดังนั้นคลื่นความถี่สูงจึงจะสามารถเร้าให้มันสั่นสะเทือนได้ เสียงความถี่ต่ำสามารถทำให้เมมเบรนตลอดแผ่นสะเทือนได้ แต่บริเวณที่รับรู้ดีที่สุด คือบริเวณใกล้ ๆ เฮลิโคทรีมา

ออร์แกนของคอร์ตี้ (organ of Corti) จะมีแฮร์เซลล์ที่ฐาน ดังภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบที่ 6 แสดงออร์แกนของคอร์ตี้

เมื่อคลื่นเสียงผ่านมาทางการสั่นสะเทือนของเบสิล่า เมมเบรน ทำให้แฮร์เซลล์ถูกเร้าเกิดคลื่นประสาทขึ้น ที่ปลายบนของแฮร์เซลล์มีขนสั้น ๆ ยื่นผ่าน เรตติคิวล่า ลามิน่า (reticular laminar) เข้าไปฝังในผิวของ เทคทอเรียล เมมเบรน (tectorial membrane) ซึ่งอยู่เหนือสกาล่า มีเดีย แฮร์เซลล์เหล่านี้ คล้ายกับที่พบในมาคุล่า (macula) และ คริสตี้ เอมพูลลารีส (cristae ampullaris) ของ เวสทิบูล่า แอพพาราตัส (vestibular apparatus)



ภาพประกอบที่ 7 แสดงกลไกเบสิล่า เมมเบรน

ภาพประกอบที่ 7 แสดงกลไกที่เบสิล่า เมมเบรน สั่นแล้วไปกระตุ้นปลายขนของแฮร์เซลล์ จะพบว่า เรตติคิวล่า ลามิน่า นอกจากจะติดกับขนของแฮร์เซลล์แล้วยังต่อกับโครงสร้างรูปสามเหลี่ยมที่แข็งมาก เรียก รอดส์ ของ คอร์ติ (rods of corti) ซึ่งฐานตั้งอยู่บน เบสิล่า เมมเบรน ดังนั้นเมื่อ เบสิล่า เมมเบรน ถูกดันขึ้น รอดส์ของคอร์ติ จะไปดัน เรตติ คิวล่า ลามิน่า ให้เคลื่อนที่ขึ้น และเข้าข้างใน เมื่อเบสิล่า เมมเบรน เคลื่อนลง เรตติคิวล่า ลามิน่า จะถูกดึงลงและออกมาทางด้านนอก การเคลื่อนที่ลักษณะนี้ทำให้ขนถูไปมาในเทคทอเรียล เมมเบรน เป็นการเร้าให้แฮร์เซลล์ให้เกิดคลื่นประสาท แล้วส่งผ่านต่อไปยัง สไปราล แกงเกลี่ยง (spiral ganglion) ซึ่งอยู่ใน โมดิโอลัส ส่งผ่านต่อไปตาม แอกซอน (axon) ของประสาทคอคเคลีย เข้าสู่ระบบประสาทอัตโนมัติ ที่ระดับ เมดูล่า (medula) ส่วนบน

ผลของเสียงหนวกหู

การอยู่ในที่ที่มีเสียงหนวกหูจะเกิดอันตรายต่อมนุษย์ในหลาย ๆ ด้านด้วยกัน ดังนี้

ผลทางด้านสรีระ (physiological effects)[8]

เสียงกระตุ้นประสาทแห่งการได้ยิน (auditory nerve) แม้ขณะนอนหลับหมดความรู้สึก และแม้แต่เมื่อเอาสมองส่วนซีรีบรัล (cerebral hemisphere) ออก โดยที่เสียงจะไปกระตุ้นระบบสมองที่อยู่ใต้คอร์เทกซ์ (Subcortical neuronal) ให้เคลื่อนไหวอยู่เสมอ ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของระบบการหมุนเวียนของเลือด (cardio vascular function) ขบวนการเมตาโบลิซึม (metabolic function) ต่อมไร้ท่อ (endocrine function) ระบบสืบพันธุ์ (Reproductive function) และระบบประสาท (neurological function)

ส่วนการศึกษาและค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับผลของเสียงทางด้านสรีระนี้ มีผลงานซึ่งพอจะรวบรวมได้ ดังนี้

ปี ค.ศ. 1962 เอ็น.เอ็น. ชาโตต็อฟ เอ.โอ. ไซตานอฟ และ เค.วี. โกลต็อฟ (N.N. Shatotov, A.O. Saitonove and K.V. Goltov)[9] ศึกษาทางสรีระของคนงาน 300 คน ในบริเวณเสียงหนวกหูจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีความถี่ปานกลาง ระดับเสียง 85 - 120 dB ผลปรากฏว่า ECG[10] แสดงว่า หัวใจเต้นช้าลง และมีแนวโน้มที่จะลดระบบการควบคุมการทำงานของหัวใจ และหลังจากสิ้นสุดวันทำงาน ECG แสดงถึงความผิดปกติ เกิดปรากฏการณ์ของ T-wave เป็น 2 จังหวะ (diphaxic appearance of the T-wave)[11] การตรวจ ECG นี้จะให้ผลสอดคล้องกับการตรวจการบีบตัวของหัวใจ โดยบันทึกเป็นจำนวนบริมาตรที่หัวใจบีบเลือดออกมาทำให้ความดันโลหิตสูง เส้นเลือดตึงผิดปกติ

---

[8]Bruce L. Welch, Physiological Effects of Noise (New York-London: Plenum Press, 1970), pp. 1 - 5.

[9]เรื่องเดียวกัน, p. 341.

[11]ECG ย่อมาจาก Electro Cardio Graphy หมายถึง คลื่นไฟฟ้าของหัวใจที่บันทึกลงในเครื่องบันทึกเพื่อศึกษาการทำงานของหัวใจ

[12]ปกติ T-wave ที่เกิดขึ้นใน ECG จะมีเพียง 1 phase

ปี ค.ศ. 1965 เอช เจอร์โครา และ บี. ครีมาโรว่า (H. Jerkova และ B. Kremarova) ได้บันทึกสุขภาพของคนงาน 959 คน ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีระดับเสียงมากกว่า 85 dB พบว่า คนงานมีความดันโลหิตสูง และมีผลในกระเพาะอาหาร[12]

ปี ค.ศ. 1965 จี.ซี. มัวร์[13] (G.C. Mohr) เจ.เอ็น. โคล (J.N. Cole) อี. ไกลด์ (E. Guild) และ เอช.อี. วอน เกริกร์ (H.E. Von Gierke) พบว่า ที่ความถี่ 50 – 100 รอบต่อวินาที (cps) ในบริเวณสนามบิน วัดเสียงได้ 150 – 153 dB มีผลต่อกลุ่มที่ศึกษา ดังนี้ คือ คลื่นไส้เล็กน้อย (mild nausea) เวียนศีรษะ ไม่สบายบริเวณชายโครง (subcostal discomfort) แดงตามผิวหนังเนื่องจากเส้นเลือดใต้ผิวหนังพองตัว (cutaneous flushing) หูอื้อ ไอ แน่นบริเวณชายโครงอย่างรุนแรง (severe substernal pressure) หายใจลำบาก เจ็บคอขณะกลืนน้ำลาย (pain on swallowing) สำลัก ปวดหัว ตามัว (visual blurring) และปวดที่ลูกอัณฑะ (testicular pain)

ปี ค.ศ. 1966 จี.แซด. ดัมคีม่า[14] (G.Z. Dumkima) สำรวจสุขภาพของคนงานในโรงงาน ซึ่งมีเสียงที่มีความถี่ 250 – 4000 รอบต่อวินาที (cps) ระดับเสียง 82 – 87 dB และคนงานในโรงงานที่มีระดับเสียง 92 – 99 dB พบการทำงานของระบบประสาทผิดปกติ โดยจะแสดงผลออกมาในลักษณะ ความอ่อนเพลีย กินอาหารไม่ได้ ไม่ค่อยรู้สึกตัว (asthenovegetative syndromes) 29.4% ในพวกแรก และ มีผลถึง 43% ในพวกหลัง

---

[12] เรื่องเดียวกัน, หน้า 342.

[13] เรื่องเดียวกัน, หน้า 344.

[14] เรื่องเดียวกัน, หน้า 346.

ผลทางด้านการได้ยิน[15]

เสียงเบาที่สุดที่หูคนเราได้ยิน (threshold of hearing) เป็นปกตินั้น เป็นค่าที่ได้จากการวัดจากคนปกติที่มีอายุระหว่าง 18 – 25 ปี จากผลการทดลองของ The British Standard Specification[16] ซึ่งวัดจากหูคนปกติ จำนวน 1200 ข้าง สรุปได้ว่า ลักษณะของคนปกติ จะสามารถได้ยินเสียงเบาที่สุด ที่ 0 ± 15 dB

ลักษณะของการสูญเสียการได้ยินที่ 15 dB (หมายความว่า เสียงเบาที่สุดที่ได้ยินวัดระดับเสียงได้มากกว่า 15 dB) เป็นลักษณะของคนปกติ แต่ถ้าสูญเสียการได้ยินที่ 25 dB จะทำให้ไม่สามารถเข้าใจการพูดในห้องประชุมขนาดใหญ่ได้ ถ้าสูญเสียการได้ยินที่ 45 dB จะทำให้การพูดคุยกันโดยตรงยากแก่การเข้าใจ ถ้าสูญเสียการได้ยินที่ 65 dB จะทำให้ฟังโทรศัพท์ไม่รู้เรื่อง และถ้าการสูญเสียนั้นมากถึง 85 dB ก็จะมีค่าเท่ากับหูหนวกโดยสิ้นเชิง

เสียงหนวกหูมีอิทธิพลต่อการได้ยินของคนมาก ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. อาการบาดเจ็บรุนแรงอันเนื่องมาจากเสียง (acoustic trauma) เกิดจากการอยู่ในที่มีเสียงที่มีความเข้มมาก (intense noise) เช่นเสียงระเบิด เสียงปืน ซึ่งเป็นสาเหตุของหูหนวกทันที โดยเฉพาะเสียงที่มีระดับเสียงเกิน 120 dB ไม่ว่าจะอยู่ในระยะเวลาสั้นเพียงใด ทั้งนี้เพราะเสียงดังกล่าวจะไปทำลาย เยื่อหู (ear drum) ออร์แกนของคอร์ติ (organ of Corti) กระดูกหูที่เกาะกันเป็นลูกโซ่ (ossicular chain) เคลื่อนจากข้อต่อ และคอคเคลีย (cochlea) ถูกทำลาย

2. หูอื้อชั่วคราว (temporary threshold shift: TTS) เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในที่มีระดับเสียงตั้งแต่ 80 dB ขึ้นไปในเวลาน้อยชั่วโมง โดยจะมีอาการหูอื้อได้ยินเสียงกริ่งในหู

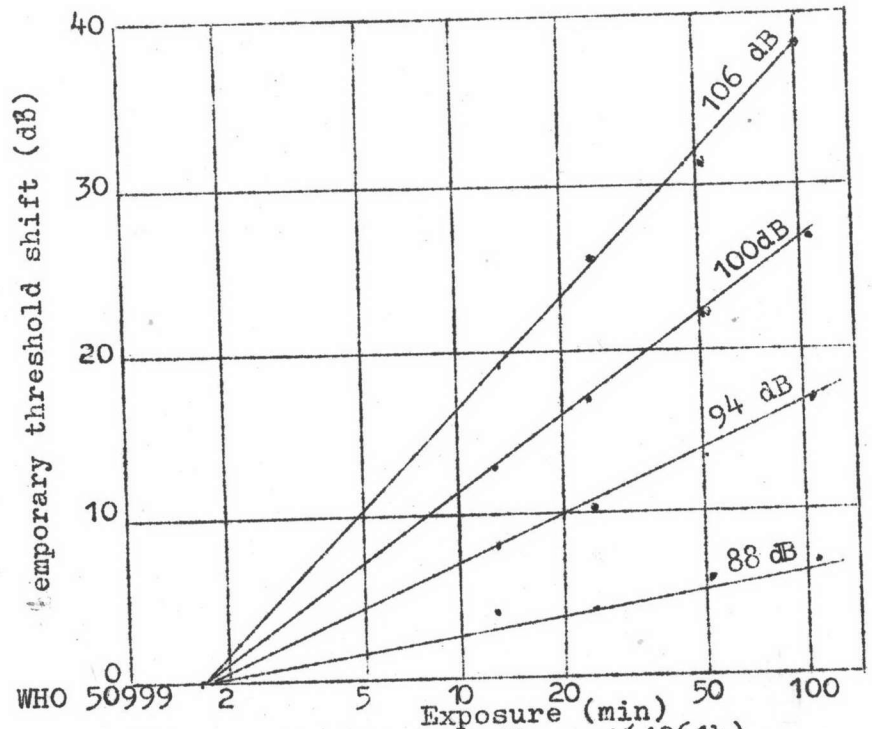
---

[15]Ken Healiss, "Is the Noise from Your Factory Safe?" Noise Control and Vibration Reduction IV(September/October, 1973), 198-199.

[16]Alan Bell, Noise: an Occupational Hazard and Public Nuisance (Geneaa : World Health Organization, 1966), p. 25.

และจากการทดลองในคนและสัตว์[17] พบว่า ขณะที่อยู่ในที่มีระดับเสียงน้อยกว่า 80 dB C. จะมีผลให้การหดตัว และการบีบตัวของลำไส้ใหญ่ผิดปกติ ทำให้เกิดความไม่สบายในท้อง เกิดก๊าซในท้อง และเมื่อเสียงหนวกหูหยุดชะงัก การเคลื่อนไหวของลำไส้ใหญ่จะเริ่มมีอัตราเร่งสูง ซึ่งมีผลทำให้อาหารไม่ย่อย นอนไม่หลับ ประสาทไม่ดี อาการเหล่านี้จะหายเป็นปกติเมื่ออยู่ในที่เงียบ แต่อาจจะต้องใช้เวลา นอกจากนี้ TTS ยังหมายถึงอาการผิดปกติของหูในด้านอื่น ๆ ที่หายได้เมื่อเวลาผ่านไป อาการผิดปกติเหล่านี้บางครั้งเรียกว่าอาการล้าทางการได้ยิน (auditory fatigue) ทั้งนี้ The International Organisation for Standardisation (ปี ค.ศ. 1963) ได้ให้ความหมายของTTS ว่า "การเพิ่มระดับเสียงต่ำสุดที่หูจะได้ยิน เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในที่มีเสียงหนวกหู ระดับเสียงที่เพิ่มนี้จะค่อย ๆ ลดต่ำลงจนถึงระดับต่ำสุดที่หูจะได้ยินตามปกติ ภายในเวลา 10 วัน"

TTS จะเพิ่มมากขึ้นถ้าเวลาที่อยู่ในเสียงหนวกหูนั้นนาน และเสียงหนวกหูนั้นมีระดับสูง ดังภาพประกอบที่ 8[18] ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของ TTS กับเวลาที่ผ่านไปเป็นจำนวนนาที



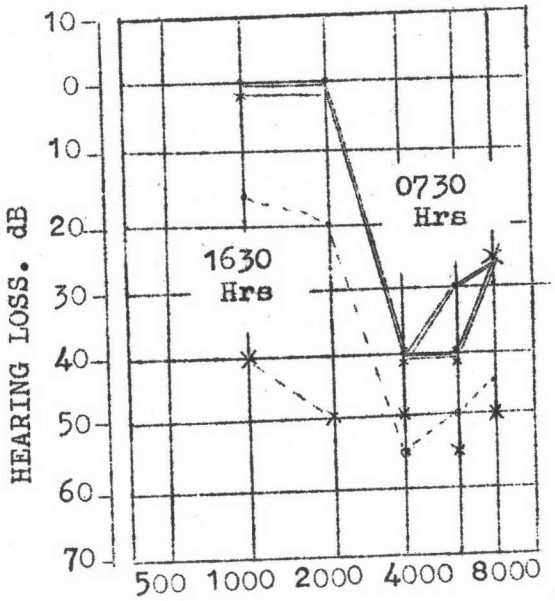
Adapted, by permission, from Glorig (1961b).

---

[17] ภาพประกอบที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของ TTS กับเวลา

[18] Michael Rettinger, Acoustic Desigh and Noise Control (New York, N.Y. : Chemical Publishing Co., Inc., 1973), p. 173.

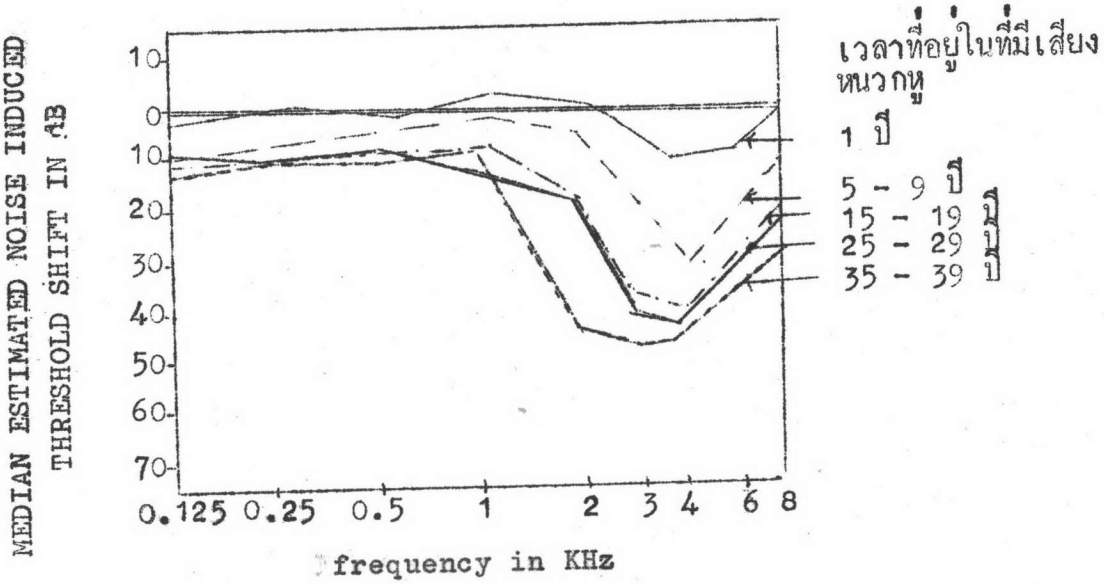
และถ้าเวลาที่อยู่ในบริเวณที่มีเสียงหนวกหูนานเป็นหลาย ๆ ชั่วโมง ค่าของ TTS จะเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบที่ 9



ภาพประกอบที่ 9 แสดง TTS เมื่ออยู่ในที่มีเสียงหนวกหู ซึ่งมีระดับเสียง 104 dBA เป็นเวลา 1 วัน

3. หูอื้อถาวร (permanent threshold shift: PTS) เกิดขึ้นเมื่ออยู่ในบริเวณที่มีเสียงหนวกหูที่มีความเข้มสูงเป็นเวลานาน ๆ ส่วนต่าง ๆ ของหูจะถูกทำลายมากขึ้น ขั้นแรกจะไม่ได้ยินเสียงที่ความถี่ประมาณ 3000 หรือ 4000 แฮทซ์ (Hz) และจะไม่ได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงขึ้นเรื่อย ๆ มีเสียงอื้อในหู อาการขั้นต่อไปก็คือ หูหนวก (hearing loss) ลักษณะของหูอื้อถาวรที่เกิดขึ้นนี้ขึ้นอยู่กับ แถบของเสียงที่แยกตามความถี่ (spectrum of the noise) และลักษณะของเสียงหนวกหู

การอยู่ในที่ที่มีเสียงหนวกหูในช่วงเวลาต่างกัน จะให้ผลต่อหู ต่างกัน ซึ่งเปรียบเทียบกันได้จาก ภาพประกอบที่ 10[18] คนที่อยู่ในที่มีเสียงหนวกหูเป็นเวลา 1 ปี อาจจะมีทางหายได้ แต่สำหรับคนที่อยู่ในที่มีเสียงหนวกหูเป็นเวลามากกว่า 1 ปี โอกาสที่จะหายต้อง



ภาพประกอบที่ 10 แสดง ออดิโอแกรม ของหูของคนที่อยู่ในสภาวะที่มีระดับเสียงหนวกหูในช่วงเวลาที่ต่างกัน (ที่มา : WS Department of Health, Education and Welfare, Occupational Exposure to Noise, Health Services and Mental Health Administration, National Institute for Occupational Safety and Health, 1972)

ใช้เวลานานขึ้น

---

[18] Age R. Moller, "Noise as a Health Hazard," Ambio IV (1975), p. 8.

ผลต่อการทำงานและการเรียนรู้[19]

เสียงหนวกหูมีผลต่อการทำงานและการเรียนรู้ เพราะเสียงมีผลทางสรีระและทางจิตใจ แต่การศึกษาเรื่องนี้ทำได้ยาก เพราะว่า เสียงหนวกหูมีลักษณะแตกต่างกันมาก ทั้งทางด้านความเข้มของเสียง ความดัง ช่วงเวลาที่อยู่ในเสียงหนวกหู และสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ อีกประการหนึ่ง ลักษณะของงานที่ทำ และลักษณะของคนที่ทำงานและเรียนรู้ก็แตกต่างกันมากอีกด้วย

จากรายงานของ Ontario Department of Highways (Canada)[25] สรุปผลของเสียงหนวกหูต่องานที่ทำไว้ว่า

1. เสียงหนวกหูในระดับ 90 dB SPL (ประมาณ 90dBA) ขึ้นไปจึงจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน

2. เสียงหนวกหูที่ระดับสูงกว่า 90 dB เสียงที่มีความถี่สูงจะมีผลต่อการทำงานมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ

3. ระดับเสียงที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จะรบกวนการทำงานเป็นระยะตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลง

4. โดยทั่วไปแล้ว เสียงหนวกหูจะไม่ลดอัตราเร็วในการทำงาน แต่จะทำให้ขาดความแม่นยำ ถูกต้อง

ไมเคิล เรททิงเจอร์ (Michael Rettinger)[20] สรุปผลของเสียงหนวกหูต่อการทำงาน ว่า

1. เสียงหนวกหูมีผลมากต่องานที่ไม่ใช้ทักษะ โดยเฉพาะงานที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ เช่น คีตะนิพนธ์ หรือ การต่อวงจรไฟฟ้า ส่วนงานในสำนักงานทั่ว ๆ ไป เช่น

---

[19] M.D. Harmelink, "Noise and Vibration Control for Transportation System," report to Ontario Department of Highway (Canada), D.H.O. report No. RR 168, October, 1970, p. 11.

[20] Michael Rettinger, Acoustic Design and Noise Control (New York, N.Y. : Chemical Publishing Co., Inc., 1973), pp. 178 - 179.

การพิมพ์ดีด การคิดคำนวณ จะทำให้ผลงานขาดความถูกต้องแม่นยำ ถ้าเป็นงานที่ต้องใช้เครื่องยนต์ซับซ้อน เสียงหนวกหูจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

2. งานที่ใช้ทักษะ เสียงหนวกหูจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงในช่วงแรก ๆ ของการทำงาน แต่ถ้าให้เวลา ผลงานจะดีขึ้น ลักษณะของงานบางอย่าง เช่น ในร้านกาแฟ เสียงหนวกหูจะทำให้การทำงานของบริกรมีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีกับลูกค้ามากขึ้น

3. เสียงที่ขาดช่วงและเสียงสูง จะให้ผลในการลดการทำงานมากกว่าเสียงที่ต่อเนื่องกันโดยตลอด

4. สำหรับคนที่มีความเชื่อว่าเสียงหนวกหูมีผลต่อสุขภาพของตัวเองในขณะทำงาน จะทำให้ผลงานขณะที่มีเสียงหนวกหูขาดประสิทธิภาพมากกว่าคนที่ไม่มีความเชื่อเช่นนั้น

5. เสียงหนวกหูที่หยุดอย่างกระทันหันสร้างความรำคาญได้มากเท่า ๆ กับเสียงหนวกหูที่เกิดขึ้นอย่างกระทันหัน ทั้งนี้เพราะร่างกายของเราปรับตัวให้เข้ากับเสียงหนวกหูจนเกิดความเคยชิน

6. สำหรับคนงานที่ทำงานในที่ที่มีเสียงหนวกหูที่มีความเข้มสูง การใช้เครื่องปิดหูจะช่วยให้การทำงานดีขึ้น แต่จะทำให้ไม่ได้ยินสัญญาณเตือนภัยไปด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายได้

7. การอ่านหนังสือจะอ่านได้จำนวนหน้ามากขึ้นเมื่อมีเสียงหนวกหู แต่การจับใจความและความเข้าใจในเนื้อเรื่องจะน้อยลง

8. ระดับเสียงประมาณ 90 dB มีผลต่อการทำงานทุกชนิดซึ่งอาจจะไม่เห็นผลโดยตรง แต่อาจจะออกมาในรูปลักษณะของการขาดงานบ่อย ๆ ประสาทไม่ปกติ เกิดความยุ่งยากทางครอบครัว อาการเหล่านี้จะหายไปเมื่ออยู่ในที่เงียบ

9. คนที่มีสุขภาพอ่อนแอ จะได้รับผลจากเสียงหนวกหูมากกว่าคนที่มีสุขภาพแข็งแรง

จากงานวิจัยของ กลาส และ ซิงเกอร์ (Glass and Singer)[21] พบว่า เสียงหนวกหูทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยและความคับข้องใจ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

---

[21] OECD., Urban Traffic Noise (France : OECD Publication, 1971), p. 43.

และเสียงที่มีลักษณะสม่ำเสมอซึ่งผู้ฟังสามารถทำนายลักษณะของเสียงได้ หรือถ้าเสียงนั้นจะมีลักษณะใดก็ตาม แต่ผู้ฟังสามารถที่จะหยุดเสียงนั้นได้เมื่อรู้สึกทนไม่ได้ ในลักษณะนี้ ความคับข้องใจ และการขาดประสิทธิภาพในการทำงานจะไม่เกิดขึ้น

ลอเรนซ์ เอม วอร์ด และ ปีเตอร์ ซูดเฟด[22] (Lawrence M. Ward and Peter Suedfied) พบว่า การเพิ่มระดับเสียงมีผลต่อสังคมประกิต (social interaction)ในด้านการแก้ปัญหากลุ่ม และการโต้ตอบ แต่สำหรับการทำงานด้านสติปัญญาไม่พบความเปลี่ยนแปลงที่เชื่อถือได้

ผลของเสียงหนวกหูต่อการสื่อสารที่ใช้เสียง[23]

เสียงหนวกหูจะสอดแทรกการสื่อสารที่ใช้เสียงเป็นสื่อ ระดับของการสอดแทรกนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของการสื่อสาร สภาวะแวดล้อมของการสื่อสาร ระดับเสียง ช่วงความถี่ และลักษณะของเสียงหนวกหู การแทรกสอดนี้บางทีอาจจะไม่ถึงกับไปทำลายการได้ยิน แต่จะไปรบกวนทำให้เกิดความรำคาญได้ เช่น รบกวนความบันเทิงจากเสียงดนตรี โทรทัศน์ เป็นต้น นอกจากนี้ เสียงหนวกหูยังทำให้ไม่ได้ยินเสียงเตือน คำสั่ง หรือ สัญญาณภัยเหล่านี้จะเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้

เสียงที่รบกวนการพูดจะทำให้ผู้ฟังได้ยินบ้าง ไม่ได้ยินบ้าง หรือไม่ได้ยินเลย ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับ ระดับเสียงของคนพูด ความถี่สัมพัทธ์ และการกระจายของเสียงหนวกหู ตารางที่ 2 จะแสดงถึงระยะทางห่างที่สุดที่ใช้ในการพูด เมื่อการพูดนั้นพูดในระดับเสียงปกติ และเป็นเสียงที่มีระดับเสียงที่เข้าใจได้ที่แถบเสียงซึ่งมีความถี่เฉลี่ย 500, 1000 และ 2000

---

[22]Lawrence M. Ward and Peter Suedfied, "Human Response to Highway Noise," Environmental Research VI (September, 1973), pp. 306 - 320.

[23]Alan Bell, Noise : an Occupational Hazard and Public Nuisance, (Geneva : World Health Organization, 1966), p. 31.

ตารางที่ 2 [24] แสดง Noise-rating number สำหรับการติดต่อสื่อสารที่ใช้เสียงจะสามารถทำได้

Noise-rating number (dB)	ระยะห่างที่สุด (เมตร) ซึ่งการพูดตามปกติสามารถเข้าใจได้	ระยะห่างที่สุด (เมตร) ซึ่งพูดด้วยเสียงระดับสูงสามารถเข้าใจได้
40	7	14
45	4	8
50	2.2	4.5
55	1.3	2.5
60	0.7	1.4
65	0.4	0.8
70	0.2	0.4
75	0.13	0.25
80	0.17	0.15
85	-	0.18

[24] Ibid.

ส่วนการสื่อสารโดยโทรศัพท์ขณะที่มีเสียงรบกวนนั้น แสดงได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3[25] การสื่อสารโดยโทรศัพท์ขณะที่มีเสียงรบกวน

Noise - rating number (dB)	ลักษณะของการพูดโทรศัพท์
50 หรือน้อยกว่า	เป็นที่น่าพอใจ
60	ลำบากเล็กน้อย
70	ลำบาก
75 หรือมากกว่า	ไม่เป็นที่พอใจ

ผลของเสียงหนวกหูที่ทำให้เกิดความรำคาญ[26]

เสียงหนวกหูจะทำให้เกิดความรำคาญมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ลักษณะของเสียง ความเข้มของเสียง ความคุ้นเคยต่อเสียง ทัศนคติต่อเสียง สภาพทางอากาศ และอื่น ๆ ลักษณะของเสียงที่นับว่า สำคัญในการเพิ่มระดับความรำคาญ ได้แก่

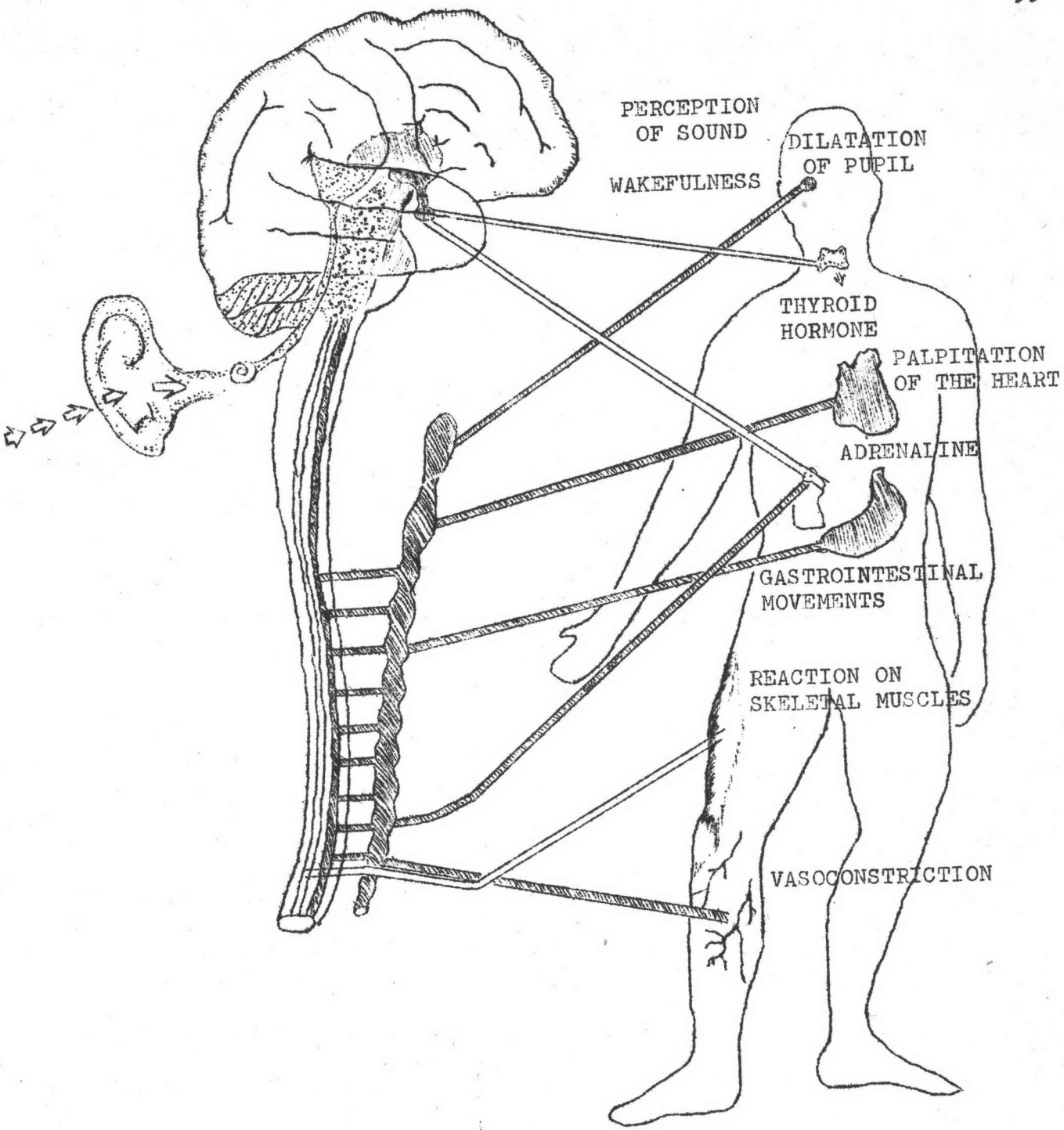
1. ความดัง ยิ่งดังมาก ความรำคาญก็จะเพิ่มมากขึ้น

2. ระดับเสียง (Pitch) เสียงสูงที่มีความถี่มากกว่า 1500 Hz ให้ความรำคาญมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำ แต่ถ้าเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 100 Hz จะสร้างความรำคาญได้มากกว่าเสียงที่มีระดับปานกลาง

---

[25] Ibid.

[26] M.D. Harmelink, "Noise and Vibration Control for Transportation System," report to Ontario Department of Highway (Canada), D.H.). Report No. RR 168, October, 1970, p. 10.



ภาพประกอบที่ 11 แสดงอิทธิพลของเสียงต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย[27]

---

[27] Aage R. Moller, "Noise as a Health Hazard," Ambio, IV (1975), p. 12.

ผลของเสียงหนวกหูต่อการนอนหลับและการพักผ่อน[28]

เสียงหนวกหูจะแทรกสอดการนอนหลับและการพักผ่อนมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละบุคคล และระดับขั้นในการนอนหลับของคนในขณะนั้น

ปี ค.ศ. 1957 สเตนนิค (Steinicke) วิเคราะห์อิทธิพลของเสียงหนวกหูต่อการนอนหลับของคน 350 คน ซึ่งมีความแตกต่างกันในด้าน อายุ เพศ และอาชีพ โดยให้เสียงหนวกหูที่ระดับ 30 dB ความถี่ 50 – 50,000 Hz เป็นเวลา 3 นาที แล้วจะเพิ่มระดับเสียงทีละ 5 dB จนกระทั่งกลุ่มผู้รับการทดลองตื่น ซึ่งพอถึงตอนนี้เครื่องเสียงจะดับไปโดยอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่า 52% ของกลุ่มผู้รับการทดลอง จะตื่นเมื่อระดับเสียงขึ้นถึง 45 dB

จากการสำรวจวิจัยประชาชนที่อาศัยในบริเวณใกล้กับสนามบินในนครลอนดอน พบว่า 22% นอนไม่หลับเพราะเสียงเครื่องบิน เมื่อระดับเสียงต่ำ และจะเพิ่มเป็น 50% เมื่อระดับเสียงสูงขึ้น

ผลของเสียงหนวกหูในด้านอื่น ๆ[29]

1. ผลทางสังคม ผลของเสียงหนวกหูทางด้านสังคมจะเป็นผลที่สัมพันธ์กับผลทางด้านอื่น ๆ ของเสียง เช่น หูหนวกที่เกิดจากเสียงมีผลต่อบุคคลิกภาพ และทำให้ถูกตัดจากสังคม เสียงหนวกหูที่รบกวนการนอนหลับและความรำคาญที่เกิดจากเสียงหนวกหู จะมีผลสะท้อนกลับทางด้านมนุษยสัมพันธ์ และเกิดความไม่พอใจต่อสิ่งแวดล้อม บ้านเรือนที่อยู่ในบริเวณที่มีเสียงจากการจราจรรบกวน จะทำให้ความสนุกสนาน ความเงียบสงบภายในบ้านไม่มี

2. ผลทางเศรษฐกิจ เช่นเดียวกับผลทางสังคม ผลทางเศรษฐกิจจะเป็นผลมาจากสาเหตุอื่น ๆ เช่น ผลผลิตต่ำเนื่องจากประสิทธิภาพในการทำงานลดลงเมื่ออยู่ในที่มีเสียงรบกวน และ การลางาน ขาดงาน เนื่องจากรำคาญเสียงรบกวน ค่าที่จะต้องจ่ายเพื่อควบคุมเสียง

---

[28] OECD, Urban Traffic Noise (France : OECD Publications, 1971), p. 42.

[29] Harmelink, op.cit., p. 12.

หนวกหู

สำหรับการเพิ่มวัตถุลดเสียงในรถยนต์ เครื่องบิน ยังทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานของเครื่องยนต์ลดลงอีกด้วย

3. ผลทางด้านนิเวศน์วิทยา[30]

สรุปผลได้ดังนี้

1. สัตว์บางชนิดพยายามปรับตัวให้เข้ากับเสียงหนวกหู จนกระทั่งสภาพการตอบสนองตามธรรมชาติสูญสิ้นไป ลักษณะเช่นนี้ สัตว์ส่วนหนึ่งจะสูญเสียชีวิตไปเพราะอุบัติเหตุ

2. สัตว์เล็ก ๆ จะไม่สามารถทนต่อเสียงที่มีความถี่สูง ๆ ได้ ดังนั้นบริเวณที่อยู่อาศัย (habitat) ของสัตว์จำพวกนี้จะน้อยลงทุกที ซึ่งเท่ากับเป็นการลดประชากรของสัตว์ลง

3. เสียงหนวกหูมีผลต่อ การสืบพันธุ์ และการวางไข่ของสัตว์

เครื่องมือในการวัดระดับเสียง

เครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter)[31]

เป็นเครื่องมือพื้นฐานของการวัดเสียง Sound Level Meter ประกอบด้วย ไมโครโฟน แอมปริไฟเออร์ และมีเตอร์ ซึ่งมีมาตราให้อ่านค่าได้ ส่วนประกอบเหล่านี้จะทำหน้าที่ต่าง ๆ กันคือ ไมโครโฟน จะเปลี่ยนคลื่นความดันของเสียงให้เป็นแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะถูกขยายโดยแอมปริไฟเออร์ เพื่อกระตุ้นมีเตอร์ หรือเครื่องบันทึกอื่น การจัดส่วนประกอบเหล่านี้ต้องทำอย่างละเอียด อาทิเช่น ประการแรก สัญญาณไฟฟ้าที่ถูกขยายแล้วจะต้องเหมาะกับมีเตอร์เพื่อจะรับความดันเสียงที่แตกต่างกันมาก ๆ ดังนั้น การขยายสัญญาณไฟฟ้าจึงต้องปรับให้ดี ประการต่อไป ช่วงกว้างของเอ้าพุท จะต้องมากพอสำหรับช่วงกว้างที่เปลี่ยนแปลง

---

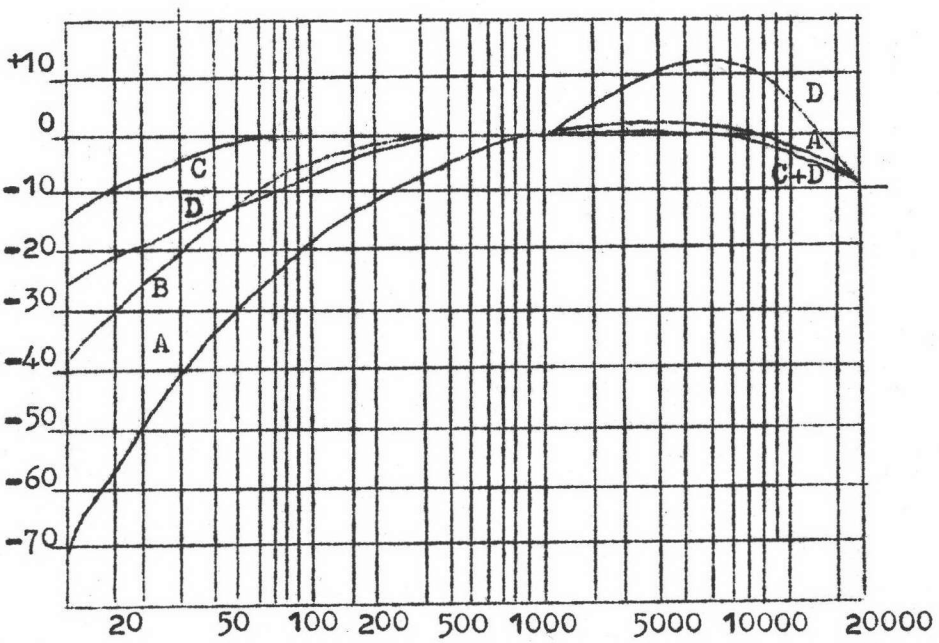
[30] M.D. Harmetink p. 12.

[31] Ibid., p. 5.

I 17216084

ไปซึ่งเป็นหน้าที่ของมีเตอร์ แต่ทั้งนี้ มีเตอร์จะอ่านในช่วงแคบ ดังนั้น จึงต้องเพิ่มแอทเทนูเอเตอร์ (attenuator) ซึ่งจะปรับค่าระหว่างไมโครโฟนและแอมปริไฟเออร์ให้เหมาะสม สวนประกอบที่จำเป็นต้องมีอีกชิ้นหนึ่งก็คือวงจรเรคติไฟเออร์ (rectifier circuit) ซึ่งจะอยู่ระหว่างไมโครโฟนและมีเตอร์ ส่วนนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณกระแสสลับให้เป็นสัญญาณกระแสตรง เพื่อให้เหมาะสมกับมีเตอร์ซึ่งจะถูกปรับให้อ่านระดับเสียงในช่วงเวลาสั้น ๆ

ส่วนประกอบชิ้นสุดท้ายของเครื่องมือวัดระดับเสียง คือ เวทติ้ง เนทเวอร์ค (weighting networks) ซึ่งจัดใส่เข้าไปเพื่อให้ไวต่อเสียงที่มีความถี่ต่าง ๆ กัน โดยมีจุดมุ่งหมายเบื้องต้นเพื่อเลียนแบบลักษณะความไวของหูคนที่ความถี่ต่าง ๆ กัน เพื่อให้ได้ระดับเสียงต่างกัน ลักษณะเช่นนี้จัดเป็น สเกล เอ บี หรือ ซี (A, B or C scale) สเกล เอ ใช้วัดเสียงโดยทั่ว ๆ ไป เช่นเสียงจากการจราจร เสียงหนวกหูภายในบ้านเรือน เป็นต้น สเกล ดี ใช้เพื่อเป็นดัชนีของความหนวกหู ถึงแม้ว่า สเกล ดี จะถูกประกอบเข้าเครื่องวัดระดับเสียง แต่ค่าตัวเลขจะได้จากการตัดสิน. กลุ่มผู้ทำงานกลุ่ม 5 (working Group 5) ของ อนุกรรมการ 29 ซี (Sub - Committee 29 C) ของ The International Electrotechnical Commission (IEC), เจนีวา ส่วนสเกล เอ, บี และ ซี จะไวต่อความถี่ต่ำ ๆ โดยเฉพาะสเกล เอ จะเหมาะกับความถี่ต่ำที่สุด ลักษณะความถี่ของสเกล เอ, บี, ซี และ ดี ที่กำหนด ดูได้จากภาพประกอบที่ 12



ภาพประกอบ 12 weighting curves for sound level meters

ซาวด์ เลเวล คาลิเบรเตอร์ (Sound-level Calibrator) เป็นเครื่องให้กำเนิดเสียงที่มีระดับเสียงแน่นอนที่ความถี่ใด ๆ ใช้เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องวัดเสียง

เครื่องมือวิเคราะห์เสียง (Sound Analyser) สำหรับเสียงหนวกหูที่เป็นปัญหาจำเป็นที่จะใช้เครื่องมือวิเคราะห์ลักษณะของสเปคตรัมของเสียงหนวกหู (noise spectrum) เครื่องมือที่ใช้ คือ ออคเตป-แบน แอนนาไลเซอร์ (octave-band analyser)

เครื่องบันทึก (Magnetic Tape Recorder) เพื่อบันทึกเสียงหนวกหูที่ต้องการวิเคราะห์อย่างละเอียด ภายหลังการบันทึก ซึ่งใช้ประโยชน์ในกรณีต่อไปนี้

1. บันทึกการเปลี่ยนแปลงของเสียง เพื่อเป็นตัวอย่าง
2. บันทึกเสียงหนวกหูเพื่อการวิเคราะห์ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์หลาย ๆ แบบ
3. บันทึกเสียงหนวกหูในภาคสนาม เพื่อจะนำผลกลับไปวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ
4. บันทึกเสียงที่เปลี่ยนแปลงไป ภายในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ
5. บันทึกเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงสั้น ๆ

นอกจากเครื่องมือดังกล่าวแล้ว ยังมีเครื่องมือชนิดอื่น ๆ อีก อาทิเช่น เครื่องบันทึกกราฟ ออสซิลโลสโคป (Osiclloscope) เป็นต้น

เสียงหนวกหูจากการจราจร

ลักษณะ[32]

การจราจรทำให้เกิดเสียงหนวกหูที่มีลักษณะต่างจากเสียงหนวกหูอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะว่าเสียงหนวกหูจากการจราจรได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายอย่าง อาทิเช่น

1. ลักษณะการเคลื่อนที่ของการจราจร (Traffic flow) ความสัมพันธ์ในด้านนี้ซับซ้อนมาก จากการวิจัยพบว่า เสียงหนวกหูจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการผ่านของรถ (จำนวนคันผ่านจุดที่นับในเวลา 1 ชั่วโมง) จนถึงจุดที่อัตราการผ่านของรถเป็น 1200 คัน/ชั่วโมง หลังจากจุดนี้ เสียงจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

2. ส่วนประกอบของการจราจร ยานพาหนะชนิดหนักจะให้เสียงรบกวนมากกว่ายานพาหนะขนาดเบา ส่วนเครื่องยนต์ชนิดกำลังสูงและอัตราสูง ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน

3. อัตราเร็วของการจราจร พบว่าอัตราเร็วที่เพิ่มเป็น 2 เท่า จะทำให้ความดังเพิ่มเป็น 2 เท่าด้วย

นอกจากนั้น สิ่งที่นับได้ว่ามีผลต่อเสียงหนวกหูจากการจราจร ก็ได้แก่ สภาพถนน เช่นบริเวณทางแยก ความลาดชันของถนน ความกว้างของถนน และอาคารต่าง ๆ บนริมถนน

ดัชนีของเสียงจากการจราจร[33]

การวัดเสียงจากการจราจร ใช้ระดับเสียงสเกล A (A-weighted level) เมื่อวัดในช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้ว นำมาวิเคราะห์หาค่า ดัชนีเสียงหนวกหูจากการจราจร (Traffic Noise Index = TNI) ได้จากสูตรของการทดลองวัดเสียงในมหานครลอนดอนจริง ๆ และผ่านการปรับปรุง จนในปัจจุบัน ใช้สูตร[34]

---

[32] William Burn, Noise and Man. (2nd ed., Great Britain : William Clower & Sons, Limited, 1973), pp. 137 - 139.

[33] Ibid., pp. 165 - 168.

[34] Bruel & Kjaer, Instruction Mannual: Statistical Distribution Analyser Type 4420 (Copenhagen: Bruel & Kjaer, 1774), p. 22.

$$TNI = L_{90} - 4(L_{A10} - L_{A90}) - 30 \text{ ------ } 2$$

เมื่อ L_{A90} และ L_{A10} หมายถึง ระดับเสียงระดับหนึ่ง ซึ่งระดับเสียงสูงกว่าระดับที่ว่านี้ จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ 90% และ 10% ตามลำดับ

ตารางที่ 4 แสดงความมีนัยสำคัญของระดับเสียงหนวกหู[35]

ระดับ (level)	ลักษณะ	การใช้
1%	เสียงสูงมาก	เหตุการณ์ที่เกิดจากยวดยานขนาดหนัก มีเสียงรบกวนมาก ใช้เพื่อวิเคราะห์
5%	เสียงสูง	เหตุการณ์ของการจราจรหนาแน่น
10%	ค่าเฉลี่ยของเสียงสูงสุด	เหตุการณ์ของการจราจรหนาแน่นเฉพาะถิ่น ซึ่งใช้ประกอบกับระดับ 90% เพื่อหา Traffic Noise Index
50%	ค่าเฉลี่ยของเสียงหนวกหูทั้งหมด	ส่วนใหญ่ของการวัดเสียงจะวัดออกมาในรูปนี้ แต่จะเป็นค่าที่ใช้ได้ดีกับการวิเคราะห์ช่วงสั้น และหรือกับการจราจรที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ที่คงที่
80%	ลักษณะของเสียงส่วนใหญ่	ระดับนี้ใช้เพื่อจะตัดสินลักษณะของเสียง
90%	มาตรฐานที่ดีที่สุดสำหรับค่าเฉลี่ยเสียงหนวกหูพื้น	การจราจรแบบกระจาย ใช้ประกอบกับ 10 % noise level เพื่อหาค่า Traffic Noise Index
95%	ระดับเสียงพื้น	การวิเคราะห์ลักษณะของถนน ลักษณะการกระจายของการจราจร
99%	ระดับเสียงพื้น	ใช้กับบริเวณเงียบ หรือ การวิเคราะห์ในช่วงสั้น

[35] R.H. Waning. Hanbook of Noise and Vibration Control (England: Trade and Technical Press Ltd., 1970), p. 12.

ระดับเสียงหนวกหูเป็นพิษ (Noise Pollution Level : NPL)[36]

ค่า NPL เป็นดัชนีของเสียงหนวกหูที่ได้จากการทดลอง โดยจำเป็นที่จะต้องหาค่าต่อไปนี้

1. พลังงานของเสียงในช่วงเวลาหนึ่ง

2. การรบกวนของเสียง ขึ้นอยู่กับการเพิ่มจำนวนของเสียงที่เพิ่มเป็นครั้งคราว ซึ่งทำให้พลังงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

3. ช่วงกว้างของการเบี่ยงเบนจากค่าตัวกลาง ซึ่งจะมีผลต่อการรบกวน ทั้งนี้เราจะหา NPL ได้จากสูตร

$$L_{NP} = L_{eq} + 2.56$$

เมื่อ L_{eq} = ค่าเฉลี่ยของพลังงานเสียงในช่วงเวลาหนึ่ง

= ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของระดับเสียง ซึ่งเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาเดียวกัน

ในทางปฏิบัติ ค่าของ 2.56 σ จะมีค่าเท่ากับ $L_{10} - L_{90}$

การควบคุมเสียงหนวกหูจากยวดยาน[37]

เสียงหนวกหูแยกได้เป็นสองลักษณะ คือ เสียงหนวกหูที่ออกมาภายนอก กับเสียงหนวกหูที่อยู่ภายในตัวรถ การควบคุมเสียงหนวกหูจากยวดยานที่ทำกันในประเทศอังกฤษ มีดังนี้

ข้อกำหนดในทางกฎหมายเกี่ยวกับเสียงรบกวนที่ออกมาภายนอก (Roadside noise) เป็นกฎหมายที่ได้จากการสรุปผลการวิเคราะห์เสียงของ มิลล์ และ โรบินสัน

---

[36] Burns, op.cit., pp. 66 - 68.

[37] Burns, op.cit., pp. 168 - 173.

(Mills and Robinson) ซึ่งคณะกรรมการดำเนินการเรื่องปัญหาของเสียงหนวกหู (The Committee on the Problem of Noise) กำหนดไว้ว่า การสร้างยวดยานไม่ควรให้มีระดับเสียงเกิน 90 dB (A) และเสียงที่ออกมาภายนอกยอมให้เกินระดับที่กำหนดนี้ไม่เกิน 3 dB

หลังเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1970 ได้กำหนดกฎหมายเกี่ยวกับการสร้างรถยนต์ ซึ่งทดสอบโดยใช้มาตราวัดของ British Standards BS 3539 : 1962 และ BS 3425 : 1961 แก้ไขปรับปรุงในปี ค.ศ. 1963 และ ปี ค.ศ. 1966 โดยกำหนดเสียงไม่ให้เกินขีดจำกัด ดังนี้

1. รถจักรยานยนต์ ที่มีความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 50 c.c. 77 dB (A)
2. รถจักรยานยนต์ ความจุของกระบอกสูบเกิน 125 c.c. 86 dB (A)
3. รถจักรยานยนต์ชนิดอื่น ๆ 82 dB (A)
4. รถบรรทุกสินค้าน้ำหนักทั้งหมดไม่เกิน 3½ ตัน รถแทรกเตอร์ รถงาน หรือรถโดยสารที่บรรทุกผู้โดยสารไม่น้อยกว่า 14 คน 89 dB (A)
5. รถโดยสารหรือยวดยานอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักเบา 84 – 85 dB (A)

ในปัจจุบัน ที่อังกฤษได้วางระเบียบเกี่ยวกับเรื่อง เสียง ควัน และอื่น ๆ ไว้โดย Secretary of State for the Environment สำหรับเรื่องเสียงนั้นได้กำหนดให้แตกต่างจากที่กล่าวข้างต้น คือระดับเสียงของยวดยานที่ผลิตออกมาจะต้องไม่เกินค่า ต่อไปนี้

ชนิดและลักษณะของยวดยาน	ระดับเสียงสูงสุด dB (A)
1. รถจักรยานยนต์ 2 ล้อ ชนิดไม่มีรถพ่วงด้านข้าง และมีความจุของกระบอกสูบ	
ก. ไม่เกิน 50 c.c.	77
ข. เกิน 70 c.c. แต่ไม่เกิน 125 c.c.	82
ค. เกิน 125 c.c. แต่ไม่เกิน 500 c.c.	84
ง. เกิน 500 c.c.	86
2. รถโดยสาร	80
3. รถบรรทุกเล็ก รถโดยสารขนาดเบา	82
4. รถแทรกเตอร์ ซึ่งมีน้ำหนักไม่เกิน 1½ ตัน	82
5. ยวดยานอื่น ๆ ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงข้างต้น	
ก. มีกำลังม้า ไม่เกิน 200 แรงม้า	85
ข. มีกำลังม้า เกิน 200 แรงม้า	89

ส่วนข้อกำหนดทางกฎหมายของประเทศอื่น ๆ สรุปได้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปกฎหมายการจำกัดเสียงหนวกหู[38]

ประเทศ	ระดับเสียงที่วัด	Mopeds	รถจักร-ยานยนต์ ชนิด	รถจักร-ยานยนต์ ชนิด 2 จังหวะ	รถจักร-ยานยนต์ ชนิด 4 จังหวะ	รถยนต์ธรรมดา	รถกะบะ	รถบรรทุก	รถยนต์ดีเซล
อังกฤษ	dB(A)				90 ทั้งหมด				
ออสเตรีย	dB(A)	80	80	85	90	85	85-90*		
เยอรมันตะวันตก	dB(A)	75	75	80	80-82	82	87	87	87
ฝรั่งเศส	dB(A)	76	80	86	86	83	90	90	90
อิตาลี	dB(A)	83	83	87-92*	90-92*	88-93*	88-93*	88-93*	88-93*
เดนมาร์ก	dB(A)				73 ทั้งหมด				
ฮอลแลนด์	dB(A)				75 ทั้งหมด				
ลักเซมเบอร์ก	DIN phons	75	75*	-	75-85*	75-85*	85	85	85
สวิสเซอร์แลนด์	dB(A)	70	70	-	75-85*	75-85*	85	85-90*	
ฟินแลนด์	Dip phons	75	75	82	84	85	85	85	85

*ขึ้นอยู่กับความจุของเครื่องยนต์

[38] R.H. Warning (editor), Hanbook of Noise and Vibration Control (ist.ed., England : Trade and Technical Rress Ltd., 1970), p. 186.

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ที่มาของเสียงจากยวดยาน[39]

เสียงจากยวดยานเกิดจาก เครื่องยนต์ ระบบส่งกำลังและอุปกรณ์อื่น ๆ เสียงจากการสั่นสะเทือนเนื่องจากสภาพถนน และเสียงที่เกิดจากการปะทะกันของลม

แหล่งกำเนิดเสียงอันแรก คือผิวนอกของตัวรถ เมื่อมีแรงจากเครื่องยนต์ ถนน หรือ ลม จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นที่ผิวด้านนอก แหล่งกำเนิดเสียงอันที่สอง คือ การกระจายของเสียงจากเครื่องยนต์ เกิดลมระบายความร้อน ระบบถ่ายทอดกำลัง และเสียงจากล้อ ซึ่ง ไพร์ด (Priede) ได้สรุปไว้ใน ตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงแหล่งกำเนิดเสียงของรถยนต์

แหล่งกำเนิดเสียง	เสียงภายในห้องขับ	เสียงภายนอกรถ
การสั่นของเครื่องยนต์	เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่ต่ำ	ไม่มีผล
เสียงจากลมและระบบถ่ายทอดกำลัง	เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่สูง	เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่สูง
เสียงจากระบบไอเสีย	ไม่มีผล	เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่ต่ำ
เสียงจากระบบไอดี	ไม่มีผล	เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความถี่ต่ำ
เสียงจากพัดลมระบายความร้อน	ถ้าสังเกตอาจได้ยิน	เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่มีความต่ำและปานกลาง
เสียงจากสภาพถนนไม่ดี	แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ต่ำ	ไม่มีผล
เสียงเสียดสีของยางรถยนต์และถนน	ไม่มีผล	ไม่มีผล

[39] Burns, op.cit., pp. 171 - 175.

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปี ค.ศ. 1961 เอ. ซี แมค เคนเนลล์ (A.C. McKennell) และ อี. เอ. ฮันท์[40] (E.A. Hunt) ได้สำรวจเสียงหนวกหูในศูนย์กลางนครลอนดอน โดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1377 คน ซึ่งมีบ้านพักอยู่ในบริเวณศูนย์กลางนครลอนดอน โดยถือเอา ชาริง ครอสส์ (Charing Cross) เป็นจุดศูนย์กลางมีพื้นที่การสำรวจทั้งหมด 35 – 40 ตารางไมล์ วัตถุประสงค์ในการสำรวจก็เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของเสียงหนวกหูในชีวิตประจำวัน และปัจจัยอื่น ๆ ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลของเสียงหนวกหู ทำให้เกิดความไม่สะดวกในชีวิตประจำวัน ดังนี้

1/5 ของกลุ่มตัวอย่างไม่ชอบเสียงในบริเวณบ้านพัก

1/10 ของกลุ่มตัวอย่างต้องการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเสียงหนวกหู

6% ต้องการย้ายบ้านเพราะเสียงหนวกหู

2. ผลโดยตรงของเสียง พบว่า 1/3 ของกลุ่มตัวอย่างไม่ถือว่าเสียงหนวกหูเป็นปัญหาที่น่าหนักใจ และมีส่วนน้อยที่ได้รับความทรมานจากการรบกวนของเสียง และมีมากกว่า 40% ของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับเสียงรบกวนในขณะนอนหลับ

3. เสียงหนวกหูที่รบกวนส่วนใหญ่เกิดจากการจราจร โรงงานอุตสาหกรรม และจากสิ่งก่อสร้าง

ปี ค.ศ. 1968 ปีเตอร์ เอ. บรีซซ์[41] (Peter A. Breysse) ได้วัดเสียงหนวกหูภายในห้องเรียน ของโรงเรียนซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณใกล้กับถนนในย่านธุรกิจ สนามบิน พบว่าระดับเสียงที่วัดได้จะมีค่าสูงกว่าระดับเสียงในโรงเรียนอื่น ๆ ประมาณ 10 ถึง 15 dB ระดับเสียง ระดับเสียงพื้น สำหรับโรงเรียนที่อยู่ริมถนนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 70 ถึง 74 dBC. ระดับเสียงสูงสุด 92 dBC.

---

[40] Gt. Brit. Building Research Station; London Noise Survey (London : Her majesty is Stationery Office, 1968), p. 159.

[41] Brent Q. Hafen, ed. Man, Health and Environment (Minneapolis, Minnesota : Burgess Publishing Company, 1972), pp. 103 - 115.

ในปี พุทธศักราช 2515 ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล และคณะ[42] ทำการวิจัยเกี่ยวกับระดับเสียงอึกทึกบนท้องถนนในนครหลวง ฯ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปริมาณยวดยานที่สัญจรไปมาในช่วงเวลาที่ก่อให้เกิดเสียงอึกทึก ศึกษาถึงความดังของเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่างๆ กัน เพื่อเป็นแนวทางในการเสนอแนะมาตรการในการควบคุมป้องกันเสียงอึกทึกในโอกาสต่อไป โดยคัดเลือกจุดที่จะทำการวิจัย 17 จุด แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งมี 12 จุด ศึกษาระดับเสียงอึกทึกที่เกิดจากยานพาหนะในตอนกลางวัน อีกส่วนหนึ่งมี 5 จุด ศึกษาระดับเสียงอึกทึกที่เกิดจากรถบรรทุกในเวลากลางคืน ในการวัดระดับเสียงอึกทึกแต่ละครั้งใช้เวลา 40 นาที โดยการอ่านเฉพาะค่าสูงสุดทุก ๆ 2 นาที จำนวนครั้งทั้งหมดที่ทำการวัด 3280 ครั้ง ผลการศึกษา ระดับเสียงในตอนกลางวัน 2880 ครั้ง พบว่าค่าที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 79 – 109 เดซิเบล (dB) วัดระดับเสียงในตอนกลางคืน 400 ครั้ง พบว่าค่าที่อ่านได้อยู่ระหว่าง 84 – 109 เดซิเบล (dB) ในตอนกลางวันค่าเฉลี่ยของระดับเสียงอึกทึกในแต่ละจุดต่อสัปดาห์ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 89.88 – 94.89 จุดที่มีระดับเสียงสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ คือ ถนนเจริญกรุง ตรงข้ามโรงพยาบาลกวองสิวมูลนิธิ = 94.89 dB ในตอนกลางคน ค่าเฉลี่ยของระดับเสียงอึกทึกในแต่ละจุดต่อสัปดาห์ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 94.61 – 96.70 dB จุดที่มีระดับเสียงดังสูงสุดเฉลี่ยต่อสัปดาห์ คือ ถนนเพชรเกษมใกล้สามแยกท่าพระ = 96.70 dB และจากการศึกษาปริมาณยานพาหนะที่ผ่านไปมาบนถนนสายต่าง ๆ ร่วมกับการศึกษาระดับเสียงของแต่ละจุด พบว่าสิ่งสำคัญที่ทำให้ระดับเสียงอึกทึกแตกต่างกัน คือ ชนิดของยานพาหนะ สภาพของยานพาหนะ ลักษณะการเคลื่อนไหวของการจราจร และการใช้สัญญาณแตรที่พร่ำเพรื่อ

ในปีพุทธศักราช 2516 โครงการอาชีวอนามัย[43] ได้ศึกษาปัญหาเรื่อง "เสียงดังอันอาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย และการได้ยินของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ" โดยใช้เครื่องวัดเสียงในโรงงาน 33 โรง คนงานทั้งสิ้น 15,806 คน พบว่าทุกโรงมีเสียง

---

[42] ชัยยุทธ ชวลิตนิธิกุล, และคณะ, การศึกษาระดับเสียงอึกทึกบนท้องถนนในนครหลวง ฯ รายงานต่อกองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2515, (อัดสำเนา)

[43] อาชีวอนามัย กองช่างสุขาภิบาล กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข งานอาชีวอนามัยในประเทศไทย (พระนคร , ม.ป.ท.).

ดังเกินมาตรฐานที่จะก่ออันตรายต่อสุขภาพและการได้ยินของคนงานทั้งสิ้น และได้สำรวจทั่ว ๆ ไปอีก 8 โรง มีคนงานทั้งสิ้น 2224 คน พบว่า 4 โรง ซึ่งมีคนงาน 1,766 คน ปฏิบัติงานในสภาพเสียงดังเกินมาตรฐาน และอีก 4 โรง ซึ่งมีคนงาน 458 คน ปฏิบัติงานในสภาพเสียงที่ปลอดภัย จากการวิเคราะห์เสียงดังในครั้งนี้ พอสรุปได้ว่า คนงานทุกคนในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ ปฏิบัติงานที่เสี่ยงต่อการหูหนวก หูตึงเป็นอย่างยิ่ง จำต้องหาทางควบคุมและป้องกันโดยรีบด่วน และคนงานทุก ๆ คนควรจะได้รับการตรวจสอบสภาพการได้ยินเป็นระยะ ๆ และควรมีการตรวจสอบวัดเสียงในโรงงานเป็นระยะ ๆ เช่นเดียวกัน

ปีพุทธศักราช 2516 ภาคินัย อิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ[44] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "การสำรวจแหล่งเสียงที่เป็นอันตรายในชุมชน" โดยสำรวจแหล่งเสียงที่คิดว่าจะเป็นอันตรายในชุมนุมชนต่าง ๆ 6 แห่ง คือ เรือด่วนเจ้าพระยา ราตรีสโมสร (ไนท์คลับ) โรงงานกรองน้ำธนบุรี โรงงานสุราบางยี่ขัน โรงงานองค์การแก้ว และกรมช่างอากาศ ผลการสำรวจพบว่า ในเรือด่วนเจ้าพระยาที่ให้บริการประชาชนเป็นจำนวนมากในวันหนึ่ง ระดับเสียงเครื่องยนต์ที่วัดได้ตลอดลำเรือดังเกินระดับที่เป็นอันตรายทั้งสิ้น โดยเฉพาะบริเวณห่างจากเครื่องประมาณ 1 เมตร ความดังสูงสุดวัดได้ 96 dB ที่ความถี่ 1,000 Hz ซึ่งเสียงในระดับนี้เป็นที่แน่นอนว่าเพียงพอที่จะทำให้ผู้โดยสารเป็นประจำเกิดหูหนวกได้ ในราตรีสโมสรที่นิยมใช้วงดนตรีบรรเลงพร้อมเครื่องขยายเสียง ระดับเสียงสูงสุด 94 dB ที่ความถี่ 500 Hz เสียงจากโรงงานทั้งหมด พบว่ามีความดังเกินระดับอันตรายอย่างไม่มีปัญหา มีกลุ่มชนบางส่วนเท่านั้นที่จะได้สัมผัสกับเสียงที่เป็นอันตรายเหล่านั้น ซึ่งบางแห่งวัดได้ถึง 113 dB ที่ความถี่ตั้งแต่ 1,000 Hz ขึ้นไป ซึ่งเป็นอันตรายต่อหูอย่างยิ่ง

สมาน ตั้งทองทวี[45] ได้ทำวิจัยไว้ในปี คริสตศักราช 1974 โดยสำรวจระดับเสียงหนวกหู (Noise Level) และระดับเสียงหนวกหูเป็นพิษ (Noise Pollution Level)

---

[44] ภาคินัย อิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ, "การสำรวจแหล่งเสียงที่เป็นอันตรายในที่ชุมชน" สารศิริราช 25(มกราคม 2516), หน้า 40 – 53.

[45] Thongtongtawi, S. "Bangkok Noise Pollution Survey" (Thesis for the Degree of Master of Engineering, The Asian Institute of Technology, Thailand, 1974)

ในกรุงเทพมหานคร วัตถุประสงค์เพื่อหาระดับความรบกวนเนื่องจากเสียงจากต้นกำเนิดเสียงและในพื้นที่ต่างกัน โดยสำรวจเสียงหนวกหูจากการจราจร เสียงหนวกหูจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นพิษต่อชุมนุมชน เสียงหนวกหูจากรถไฟ และเสียงหนวกหูจากเรือ วัดระดับเสียงในสเกล A(dBA) บันทึกเสียงเพื่อหาระดับเสียง 10%, 50% และ 90% เพื่อคำนวณหาระดับเสียงหนวกหู (L_{NP})

ผลการสำรวจพบว่า

1. ในช่วงเวลาเร่งรัด (rush hour) คือช่วงเวลาที่มีการจราจรคับคั่งที่สุด ค่าของเสียงหนวกหู ($L_{NP(A)}$) จะดังกว่าในช่วงเวลาปกติของวัน ในเวลากลางคืนระหว่างเวลา 1.00 – 5.00 นาฬิกา ค่าของเสียงหนวกหูลดลงมาก แต่ในตอนเช้า ระหว่างเวลา 5.00 – 7.00 นาฬิกา ช่วงการเปลี่ยนแปลงของระดับเสียงจะกว้างมาก (wide climate) เพราะในตอนเช้าระดับเสียงพื้น (Backgroud Noise Level) จะมีค่ามากอยู่แล้วเนื่องจากรถประจำทาง สรุปได้ว่า อาคารหลายแห่งในกรุงเทพมหานครมีเสียงดังเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และหลายแห่งเสียงจะดังเกินไปทั้งกลางวันและกลางคืน จำเป็นที่จะต้องลดเสียงหนวกหูลง เพราะประชาชนใช้อาคารต่าง ๆ เป็นที่อยู่อาศัยและประกอบกิจกรรมต่าง ๆ อย่างสับสน

2. การสำรวจเสียงหนวกหูจากโรงงานอุตสาหกรรมในชุมชน แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของเสียงหนวกหูจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเหตุผลทางเศรษฐกิจ

3. เสียงหนวกหูจากรถไฟ สัมพันธ์กับระยะทางจากรางรถไฟ และลักษณะของพื้นที่ ถ้าระดับเสียงหนวกหูพื้น (Backgroud Noise Pollution) สูง เช่นในบริเวณถนน ย่านธุรกิจ เสียงจากรถไฟจะไม่มีผลเลย แต่บางแห่งที่ระดับเสียงหนวกหูพื้น (Backgroud Noise Pollution) ต่ำ เสียงจากรถไฟจะรบกวนมาก โดยเฉพาะในเวลากลางคืน

4. เสียงหนวกหูจากเรือ ประเมินผลได้เช่นเดียวกับเสียงรถไฟ พบว่าระดับเสียงเรือมีอิทธิพลน้อย เพราะมีกฎหมายบังคับให้เรือมีระบบควบคุมเสียง ทั้งนี้ เสียงหนวกหูจากเรือจะมีอิทธิพลมากจนเป็นอันตรายเมื่อเรือวิ่งผ่านฝั่งที่พำนักหรือบริเวณที่ต้องการความเงียบ