

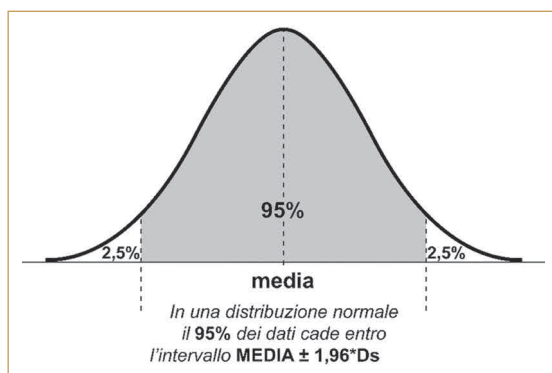
## LA NORMOACUSIA: CONCETTI FISIOLÓGICI E MEDICO LEGALI

Alberto Lenzi

In audiologia, come in qualsiasi altro ambito clinico, il concetto di normalità non può prescindere dalla “*curva di distribuzione normale o gaussiana*”, nello specifico riferita alla percezione di stimoli uditivi di intensità liminare, cioè a livello di soglia, in una popolazione sana. Ammettendo che la distribuzione sia simmetrica, la normalità corrisponde ai valori compresi tra il 2,5 ed il 97,5 percentile, che corrisponde al 95% dei dati rilevati, rappresentati, nel grafico sotto riportato, dall’area di maggior superficie di colore grigio, quindi con l’esclusione delle piccole superfici bianche agli estremi (2,5% dei dati rilevati per lato), espressione di valori di raro riscontro, quindi fuori dalla media o normalità, e quindi “*anormali*” (Fig. 1.1).

Dal punto di vista fisiologico la misurazione della soglia uditiva rappresenta uno strumento psicofisico attraverso il quale si possono ottenere risultati costanti e ripetibili nell’uomo, come nell’animale: la soglia viene identificata in un punto preciso del continuum fisico di un particolare stimolo, al di sopra del quale vi è un’adeguata risposta dell’organismo stimolato, mentre al di sotto non vi è nulla.

In audiologia, in base alle risposte soggettive, per soglia uditiva si intende la più piccola intensità di un suono, cui corrisponde, nel soggetto sottoposto al rilievo, una sensazione cosciente.<sup>1</sup>



**Figura 1.1** - Curva di distribuzione normale o gaussiana.

In piena sintonia con quanto sopra, l'*American National Standards Institute* ha definito la soglia di udibilità come il livello di pressione sonora minima di un tono in grado di evocare una sensazione uditiva cosciente in un soggetto adulto.<sup>2</sup> All'intensità massima corrisponde il 100% di probabilità che lo stimolo venga identificato, mentre all'intensità minima corrisponde lo 0% di probabilità che lo stimolo venga riconosciuto. L'intensità intermedia corrisponde alla condizione in cui l'esaminato identifica lo stimolo al 50% delle presentazioni, valore che rappresenta, con accettabile approssimazione, la soglia uditiva. Quest'ultima si identifica quindi con il livello di risposta al 50% e rappresenta una relazione di probabilità, cioè un valore che divide l'ambito dell'intensità di stimolo in regioni alte (sopra soglia) e basse (sotto soglia), in rapporto alla probabilità di risposta. Nella pratica clinica, tuttavia, il valore preciso ed invariabile di una soglia è difficilmente individuabile per l'influenza di molteplici fattori, non controllabili dallo sperimentatore.

Il primo fra tutti questi fattori è rappresentato dal rumore interno del sistema nervoso, che è soggetto a continue fluttuazioni funzionali;<sup>3</sup> si consideri al riguardo la spontanea attività dei neuroni del corno midollare posteriore, in assenza di stimolazione esterna, riconosciuta come un aspetto della fisiologica funzione neurale.

Il secondo è costituito dal livello di attenzione, di vigilanza, dallo stato psicologico/emotivo, nonché dai meccanismi cognitivi e decisionali del soggetto (sia dell'esaminato, che dell'esaminatore), che ne determinano continue variazioni dei valori di risposta. A ciò si aggiunga la differente sensibilità dell'orecchio umano alle varie frequenze testabili.

Nel corso degli anni, i ricercatori hanno condotto test su gruppi di soggetti giovani, esenti da patologie otologiche, non esposti al rumore, allenati a segnalare la percezione di un suono a diverse frequenze ed intensità.

Nel 1922 Fletcher H, Wegel RL utilizzando un audiometro con oscillatore valvolare, tarato in dB SPL e un ricevitore telefonico modificato hanno rilevato la soglia a differenti frequenze in 100 soggetti normali e 30 patologici: i valori medi sono stati riportati su un grafico, creando una curva che rappresenta la soglia uditiva media per l'orecchio umano alle varie frequenze, spesso utilizzato in ambito psicologico e acustico per rappresentare la relazione tra l'intensità del suono e la percezione uditiva.<sup>4,5</sup> Dal grafico si deduce una differente sensibilità dell'orecchio umano alle varie frequenze con la massima sensibilità intorno ai 1000-2000 Hz, ove uno spostamento della membrana basilare inferiore al diametro di una molecola d'idrogeno genera la sensazione uditiva (**Fig. 1.2**).

Altro fattore di indubbia incidenza sui valori di normoacusia rilevati, è il fisiologico deterioramento uditivo legato all'invecchiamento, particolarmente evidente sui toni più acuti dello spettro frequenziale (3000-8000 Hz).

L'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (*International Organization for Standardization* ISO) ha studiato le soglie uditive normali a diverse età in entrambi i sessi: la ISO 7029 è stata pubblicata per la prima volta nel 1984,<sup>6</sup> la seconda e la terza edizione sono state pubblicate rispettivamente nel 2000<sup>7</sup> e nel 2017;<sup>8</sup> l'ultimo aggiornamento è del maggio 2024.<sup>9</sup> La ISO 7029 (*Acoustic - Statistical distribution of hearing thresholds related to age and gender*) fornisce statistiche descrittive della deviazione della soglia

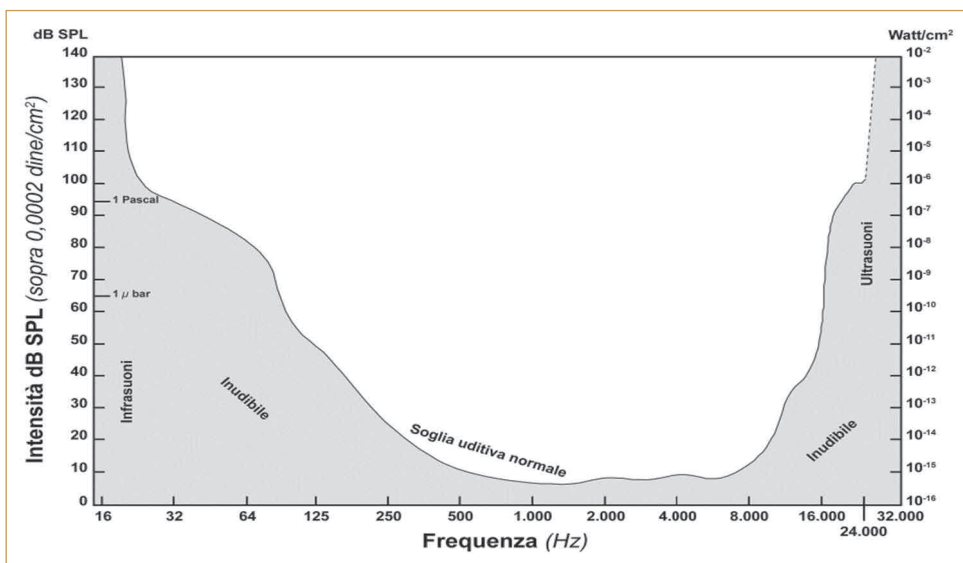


Figura 1.2 - Grafico di Wegel.

uditiva per le persone otologicamente normali\* tra diverse fasce di età sia per i soggetti maschili che femminili con intervalli di frequenza da 125 Hz a 8000 Hz; essa fornisce anche i valori mediani attesi a frequenze audiometriche da 9000 Hz a 12.500 Hz all'interno della fascia di età di 22-80 anni. Questi dati forniscono informazioni sul valore “*mediano previsto delle soglie uditive indicate in relazione alla soglia mediana dell'udito all'età di 18 anni*” e “*la distribuzione statistica prevista sopra e al di sotto del valore mediano*”.

I dati di questo standard possono essere utilizzati per stimare la quantità di perdita dell'udito in una popolazione specifica e per valutare la capacità uditiva di un individuo in relazione alla distribuzione delle soglie uditive della popolazione di uguale età.

Le soglie uditive riportate riflettono le caratteristiche della soglia uditiva della popolazione contemporanea e la prevalenza della perdita uditiva della popolazione anziana.<sup>10, 11</sup>

Nei grafici riportati in **Figura 1.3**, tratti dalla ISO 7029 2017, si confrontano le deviazioni di soglia uditiva espresse in dB HL per fasce d'età, rispettivamente a 30, 40, 50, 60, 70 ed 80 anni, nel genere maschile e femminile, rilevate in una popolazione di soggetti che non presentavano patologie otologiche. I valori di soglia alle differenti frequenze riportati nelle **Tabelle 1.I, 1.II, 1.III e 1.IV**, sono riferiti ai centili 0,90-0,75-0,50-0,25-0,10 relativi alle decadi d'età da 20 a 80 anni per entrambi i sessi. Nei grafici i valori di soglia sono quelli relativi al 50° percentile. Dai valori riportati si evidenzia che nell'età avanzata, si riscontra un decadimento di soglia di 30-40 dB HL alla frequenza 4000 Hz, mentre alle frequenze conversazionali 500, 1000 e 2000 Hz per ciascun lato, non si osserva una sensibile variazione.

\* La persona otologicamente normale non presenta segni o sintomi di malattia dell'orecchio, non ha cerume occludente, non è stato esposto al rumore o a sostanze potenzialmente ototossiche, inoltre, i familiari non presentano deficit uditivo.<sup>7</sup>

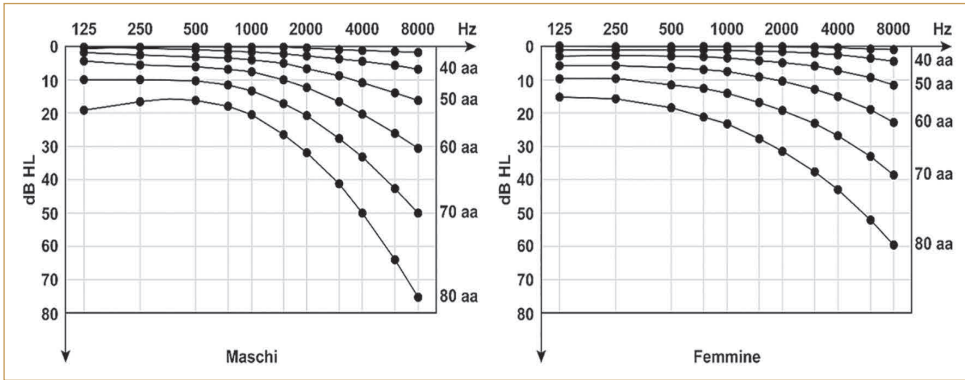


Figura 1.3 - Deviazione della soglia uditiva per fasce d'età.

Tabella 1.1 - Valori di soglia alle frequenze 125-750 Hz, riferiti ai centili 0,90-0,75-0,50-0,25-0,10 relativi alle decadi d'età da 20 a 80 anni per entrambi i sessi.

Frequenza (Hz)	Età (anni)	Maschi (percentile)					Femmine (percentile)				
		0,90	0,75	0,50	0,25	0,10	0,90	0,75	0,50	0,25	0,10
125	20	-5	-2	<b>0</b>	4	7	-5	-3	<b>0</b>	4	7
	30	-4	-2	<b>0</b>	3	6	-5	-3	<b>0</b>	4	8
	40	-5	-2	<b>0</b>	2	4	-5	-2	<b>1</b>	4	7
	50	-5	-2	<b>2</b>	4	7	-4	0	<b>3</b>	6	9
	60	-3	0	<b>4</b>	9	14	0	3	<b>6</b>	10	14
	70	2	6	<b>10</b>	16	23	3	6	<b>10</b>	16	22
	80	10	14	<b>19</b>	27	35	6	10	<b>15</b>	26	36
250	20	-5	-2	<b>0</b>	4	8	-4	-2	<b>0</b>	4	7
	30	-5	-3	<b>0</b>	4	8	-6	-3	<b>0</b>	5	8
	40	-5	-2	<b>1</b>	3	6	-6	-2	<b>1</b>	5	8
	50	-4	-1	<b>3</b>	5	8	-4	-1	<b>3</b>	7	10
	60	-2	2	<b>5</b>	10	14	-1	2	<b>6</b>	11	15
	70	3	6	<b>10</b>	16	22	2	6	<b>10</b>	16	22
	80	10	13	<b>17</b>	24	32	5	10	<b>16</b>	25	34
500	20	-5	-3	<b>0</b>	4	8	-5	-2	<b>0</b>	4	7
	30	-5	-3	<b>0</b>	4	8	-6	-3	<b>0</b>	4	8
	40	-5	-2	<b>1</b>	4	6	-5	-2	<b>1</b>	5	8
	50	-4	-1	<b>3</b>	6	10	-3	0	<b>3</b>	7	11
	60	-2	2	<b>6</b>	11	16	0	3	<b>6</b>	11	16
	70	3	6	<b>10</b>	17	23	3	7	<b>12</b>	18	24
	80	8	12	<b>16</b>	24	32	6	12	<b>19</b>	27	35
750	20	-5	-3	<b>0</b>	4	7	-5	-2	<b>0</b>	4	7
	30	-6	-3	<b>0</b>	4	8	-6	-3	<b>0</b>	4	8
	40	-4	-2	<b>1</b>	4	7	-5	-2	<b>1</b>	5	8
	50	-4	0	<b>3</b>	7	11	-3	0	<b>3</b>	8	11
	60	-2	2	<b>7</b>	13	18	0	3	<b>7</b>	13	18
	70	3	7	<b>12</b>	19	26	4	8	<b>13</b>	20	26
	80	9	13	<b>18</b>	27	34	9	15	<b>21</b>	30	37

I valori sono arrotondati all'intero più vicino e sono espressi in decibel (dB).

**Tabella 1.II** - Valori di soglia alle frequenze 1000-3000 Hz, riferiti ai centili 0,90-0,75-0,50-0,25-0,10 relati alle decadi d'età da 20 a 80 anni per entrambi i sessi.

Frequenza (Hz)	Età (anni)	Maschi (percentile)					Femmine (percentile)				
		0,90	0,75	0,50	0,25	0,10	0,90	0,75	0,50	0,25	0,10
1000	20	-6	-3	<b>0</b>	4	7	-5	-3	<b>0</b>	3	7
	30	-6	-3	<b>0</b>	4	8	-6	-3	<b>0</b>	4	8
	40	-4	-1	<b>2</b>	5	8	-5	-2	<b>1</b>	5	8
	50	-3	0	<b>4</b>	9	13	-3	0	<b>4</b>	8	12
	60	-1	3	<b>8</b>	15	21	1	4	<b>8</b>	14	19
	70	4	8	<b>13</b>	22	29	5	9	<b>14</b>	22	28
	80	11	15	<b>21</b>	29	37	11	17	<b>24</b>	32	40
1500	20	-6	-3	<b>0</b>	4	7	-5	-3	<b>0</b>	3	6
	30	-6	-3	<b>0</b>	4	8	-6	-3	<b>0</b>	4	7
	40	-4	-1	<b>2</b>	6	9	-5	-2	<b>2</b>	5	8
	50	-2	1	<b>5</b>	11	16	-2	1	<b>4</b>	9	13
	60	0	5	<b>10</b>	18	26	1	5	<b>9</b>	16	21
	70	6	11	<b>17</b>	26	34	6	11	<b>17</b>	25	32
	80	14	20	<b>26</b>	35	42	14	21	<b>28</b>	37	45
2000	20	-6	-3	<b>0</b>	3	7	-5	-3	<b>0</b>	3	6
	30	-6	-3	<b>1</b>	4	8	-6	-3	<b>0</b>	4	7
	40	-3	0	<b>3</b>	7	11	-5	-2	<b>2</b>	5	9
	50	-1	2	<b>6</b>	13	19	-2	1	<b>5</b>	10	14
	60	2	7	<b>12</b>	22	30	2	6	<b>10</b>	17	24
	70	8	14	<b>21</b>	31	39	7	13	<b>19</b>	28	35
	80	18	24	<b>32</b>	40	47	17	24	<b>32</b>	41	49
3000	20	-6	-3	<b>0</b>	3	7	-6	-3	<b>0</b>	3	7
	30	-6	-3	<b>1</b>	5	8	-7	-3	<b>0</b>	4	8
	40	-3	0	<b>4</b>	9	13	-4	-1	<b>2</b>	6	10
	50	0	4	<b>9</b>	17	24	-1	2	<b>6</b>	12	17
	60	5	10	<b>17</b>	27	37	3	8	<b>13</b>	21	28
	70	12	19	<b>27</b>	38	48	10	16	<b>23</b>	33	41
	80 <sup>b</sup>	(25)	(33)	<b>(41)</b>	(47)	(53)	(22)	(30)	<b>(38)</b>	(48)	(57)

I valori sono arrotondati all'intero più vicino e sono espressi in decibel (dB).  
I valori tra parentesi sono solo a titolo informativo.

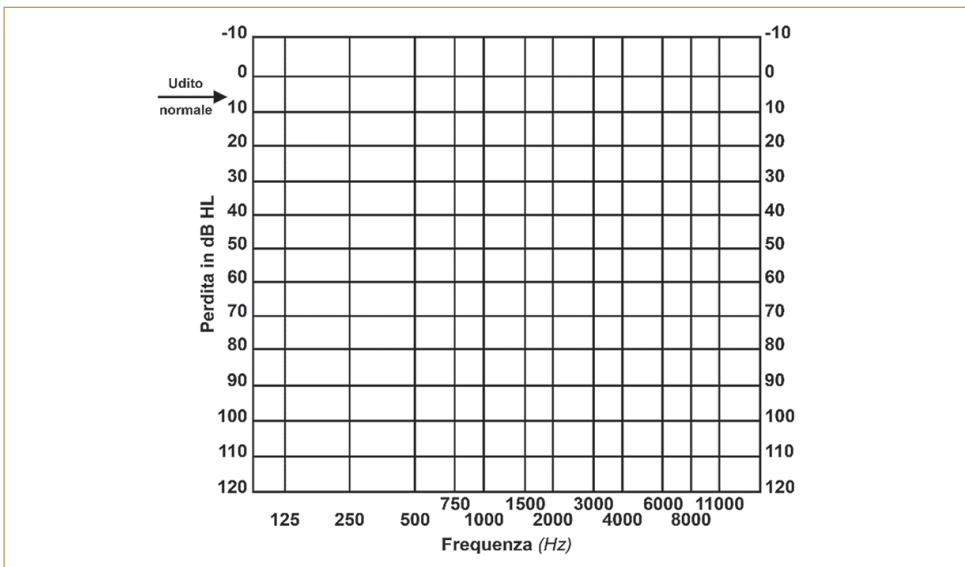
Il grafico clinico detto anche “grafico americano” si differenzia da quello di Wegel perché la linea dello 0 dB rappresenta la soglia minima del soggetto normoacusico espresso in dB HL (*Hearing Level*) e non il valore soglia in dB SPL (*Sound Pressure Level*), misura logaritmica della pressione sonora. In pratica la perdita uditiva viene espressa non in riferimento allo 0 assoluto, bensì come differenza tra intensità e soglia normale. Questo grafico possiede un grande vantaggio: con un semplice colpo di occhio permette di apprezzare subito le caratteristiche morfologiche e quantitative della curva che esprime la capacità uditiva. In particolare, nel grafico audiometrico clinico il campo uditivo tonale trova una rappresentazione morfologica diversa, cioè non è più una curva paraboloidale ma una linea retta che rappresenta la soglia di minima udibilità (**Fig. 1.4**).

**Tabella 1.III** - Valori di soglia alle frequenze 4000-8000 Hz, riferiti ai centili 0,90-0,75-0,50-0,25-0,10 relati alle decadi d'età da 20 a 80 anni per entrambi i sessi.

Frequenza (Hz)	Età (anni)	Maschi (percentile)					Femmine (percentile)				
		0,90	0,75	0,50	0,25	0,10	0,90	0,75	0,50	0,25	0,10
4000	20	-6	-3	<b>0</b>	4	7	-6	-3	<b>0</b>	4	7
	30	-6	-2	<b>1</b>	5	9	-7	-3	<b>1</b>	5	8
	40	-2	1	<b>4</b>	10	15	-4	-1	<b>3</b>	7	11
	50	2	6	<b>11</b>	20	28	-1	3	<b>7</b>	14	19
	60	7	13	<b>20</b>	32	43	4	9	<b>15</b>	24	32
	70	16	24	<b>33</b>	45	55	12	19	<b>27</b>	37	46
	80	(32)	(40)	<b>(50)</b>	(55)	(59)	(27)	(35)	<b>(43)</b>	(53)	(62)
6000	20	-6	-3	<b>0</b>	4	8	-6	-3	<b>0</b>	4	8
	30	-6	-2	<b>1</b>	6	11	-7	-3	<b>1</b>	6	10
	40	-2	2	<b>6</b>	13	19	-4	-1	<b>4</b>	9	14
	50	3	8	<b>14</b>	25	35	-1	4	<b>10</b>	17	24
	60	10	18	<b>26</b>	40	53	5	12	<b>19</b>	30	39
	70	22	32	<b>43</b>	55	66	15	24	<b>33</b>	45	56
	80	(43)	(53)	<b>(64)</b>	(66)	(69)	(35)	(43)	<b>(52)</b>	(62)	(72)
8000	20	-6	-3	<b>0</b>	5	9	-6	-3	<b>0</b>	5	9
	30	-6	-2	<b>2</b>	7	12	-7	-3	<b>1</b>	7	11
	40	-2	2	<b>7</b>	15	22	-4	0	<b>5</b>	11	17
	50	4	10	<b>16</b>	29	40	0	6	<b>12</b>	21	29
	60	13	21	<b>30</b>	46	60	6	14	<b>23</b>	35	45
	70	26	37	<b>50</b>	63	74	18	28	<b>39</b>	52	63
	80	(44)	(59)	<b>(75)</b>	(76)	(77)	(40)	(49)	<b>(60)</b>	(70)	(80)

I valori sono arrotondati all'intero più vicino e sono espressi in decibel (dB).

I valori tra parentesi sono solo a titolo informativo.



**Figura 1.4** - Grafico audiometrico.

Con riferimento alla pratica clinica, il livello di soglia uditiva viene influenzato, oltre che dai fattori intrinseci sopra dettagliati, anche da molteplici fattori estrinseci, quali la tecnica di esecuzione dell'esame, in discesa o in salita, e/o da fattori contingenti, come l'insonorizzazione ambientale dal rumore di fondo e la taratura degli apparecchi, con margine di errore -10 dB +10 dB dei valori di soglia, pari al 90%.<sup>12</sup> Per questo è necessario individuare un "range" di normalità della soglia uditiva, che includa la differente sensibilità dei singoli soggetti, associata ai fattori sopra accennati. Tale range era stato identificato in 0-15 dB HL secondo A.A.O.O. 1959 e A.M.A. 1961 successivamente modificato in 0-25 dB HL secondo A.A.O.O. 1979,<sup>13, 14</sup> in considerazione della mutata taratura degli audiometri, range tutt'ora in vigore.

### BIBLIOGRAFIA

1. Prosser S, Martini A. Argomenti di audiologia. Omega editore. Torino, 2007. Pp. 68-69.
2. Sonn M. (ANSI) S.3.20-1973. In: Acoustical Society of America, American National Standards Institute American national standard psychoacoustical terminology. The Institute. New York, 1973.
3. Lucas-Romero J, Rivera-Arconada I, Lopez-Garcia JA. Noise or signal? Spontaneous activity of dorsal horn neurons: patterns and function in health and disease. Pflügers Arch. 2024 Aug;476(8):1171-1186.
4. Fletcher H, Wegel RL. The frequency-sensitivity of normal ears. Phys Rev. 1922 Jun;19(6):553-565.
5. Fletcher H, Wegel RL. The Frequency-sensitivity of Normal Ears. Proc Natl Acad Sci U S A. 1922 Jan;8(1):5-6.2.
6. International Organization for Standardization. ISO 7029:1984. Acoustics-Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons. International Organization for Standardization. Geneva, 1984. Pp.1-8.
7. International Organization for Standardization. ISO 7029:2000. Acoustics-Statistical distribution of hearing thresholds as a function of age. International Organization for Standardization. Geneva, 2000. Pp.1-9.
8. International Organization for Standardization. ISO 7029:2017. Acoustics-Statistical distribution of hearing thresholds related to age and gender. International Organization for Standardization. Geneva, 2017. Pp.1-22.

**Tabella 1.IV** - Valori di soglia alle frequenze 9000-12.500 Hz, relati all'età da 22 a 80 anni per entrambi i sessi.

Frequenza (Hz)	Età (anni)	Maschi (dB)	Femmine (dB)
9000	22	0	0
	30	2	2
	40	9	8
	50	20	19
	60	35	33
	70	54	50
	80	(77)	(71)
10.000	22	0	0
	30	4	3
	40	14	11
	50	27	24
	60	42	40
	70	60	59
	80	(79)	(81)
11.200	22	0	0
	30	5	7
	40	17	19
	50	31	34
	60	48	50
	70	66	67
	80	(86)	(85)
12.500	22	0	0
	30	(12)	(12)
	40	(27)	(27)
	50	(43)	(42)
	60	(58)	(57)
	70	(74)	(72)
	80	(90)	(87)

I valori sono arrotondati all'intero più vicino.  
I valori tra parentesi sono soggetti a una grande incertezza a causa della scarsità dei dati di origine.

9. International Organization for Standardization. ISO 7029:2017/Amd 1:2024. Acoustics Statistical distribution of hearing thresholds related to age and gender Amendment 1: Correction of parameter values for estimating the hearing threshold distribution. International Organization for Standardization. Geneva, 2024.
10. Asghari A, Farhadi M, Daneshi A, *et al.* The prevalence of hearing impairment by age and gender in a population-based study. *Iran J Public Health.* 2017 Sep;46(9):1237-1246.
11. Dirks DD, Malmquist CW, Bower DR. Toward the specification of normal bone-conduction threshold. *J Acoustic Soc Am.* 1968 Jun;43(6):1237-1242.
12. Lemkens N, Vermeire K, Brokx JPL, *et al.* Interpretation of pure-tone threshold in sensorineural hearing loss [SNHL]: a review of measurement variability and age-specific references. *Acta Otorhinolaryngol Belg.* 2002;56(4):341-352.
13. American Academy of Otolaryngology, Committee on Hearing and Equilibrium; American Council of Otolaryngology, Committee on the Medical Aspects of Noise Guide for the evaluation of hearing handicap. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 1979 Jul-Aug;87(4):539-51.
14. American Academy of Otolaryngology Committee on Hearing and Equilibrium, and the American Council of Otolaryngology Committee on the Medical Aspects of Noise. Guide for the evaluation of hearing handicap. *JAMA.* 1979 May 11;241(19):2055-9.