

کتاب جامع

# بهداشت عمومی

فصل ۴ / گفتار ۶ / دکتر پروین نصیری

## آلودگی صوتی

### فهرست مطالب

۴۷۷.....	اهداف درس
۴۷۷.....	مقدمه
۴۷۸.....	مطالعات انجام شده در ایران
۴۸۰.....	مطالعات انجام شده در سایر کشورها
۴۸۱.....	صدا: تعریف و کلیات
۴۸۲.....	تواتر
۴۸۲.....	سرعت انتشار
۴۸۳.....	طول موج و انواع انتشار
۴۸۳.....	کمیت صدا
۴۸۵.....	تراز شدت دسی بل
۴۸۶.....	فشار صوت و تراز فشار صوت
۴۸۶.....	تراز بلندی: مقیاس فان
۴۸۶.....	اندازه گیری تراز فشار صدا
۴۸۷.....	واژه‌های مرتبط با آلودگی صدا
۴۸۷.....	تراز صدا
۴۸۷.....	وزن یافته
۴۸۷.....	اثرات صدا بر روی انسان
۴۹۰.....	برنامه‌های حفاظت از شنوایی
۴۹۲.....	منابع

## آلودگی صوتی Noise pollution

دکتر پروین نصیری

دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

### اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند:

- مفهوم آلودگی صوتی و اهمیت بررسی آن را شرح دهد
- سابقه تاریخی پژوهش‌های انجام شده در زمینه آلودگی صوتی در صنعت و محیط را توضیح دهد
- مفاهیم مطروحه در آلودگی صوتی را بیان کند
- واژه‌های مرتبط با آلودگی صوتی را توضیح دهد
- اثرات آلودگی صدا بر انسان را طبقه بندی نماید
- اثرات صدا بر سیستم شنوایی را شرح دهد
- اثرات غیرشنیداری صدا را توضیح دهد
- اهداف برنامه حفاظت از شنوایی را شرح دهد
- مراحل مختلف اجرای برنامه حفاظت از شنوایی را بیان نماید
- ضرورت اجرای برنامه‌های حفاظت از شنوایی در صنعت را گوشزد نماید.

### مقدمه

نیاز به صنعت در جوامع گوناگون، ایجاد کارخانه‌ها و صنایع تولیدی مختلف را به دنبال داشته است. صنعتی شدن نیز سبب گردیده تا نیروی انسانی شاغل در تماس همیشگی با وسایل ماشینی و تجهیزات قرار گیرد.

اثرات ناشی از استفاده گسترده از وسایل ماشینی و تجهیزات صنعتی به صورت مواجهه انسان‌ها با مخاطرات گوناگون در محیط کار خودنمایی می‌کند. یکی از انواع مخاطرات در محیط کار، انتشار صدای آزار دهنده و ارتعاشات ناشی از کار کردن خط تولید صنعتی است. علاوه بر این رشد سریع تکنولوژی در تمام زمینه‌ها و همچنین افزایش جمعیت سبب گردیده تا انسان‌ها نه تنها در زندگی شغلی و اجتماعی خود که حتی در خارج از محیط کار نیز در معرض صداهای ناهنجار ناخواسته با شدت‌های گوناگون قرار گیرند. از جمله می‌توان به مواجهه انسان با صدای ناشی از کار کردن وسایل الکتریکی خانگی، وسایل ارتباط جمعی مانند رادیو و تلویزیون، صدای ناشی از حرکت وسایل حمل و نقل در شهرها و حتی خارج از شهرها، صدای ناشی از ماشین آلات مختلف ساختمان سازی و حتی در محیط‌های کار اداری صدای ناشی از ماشین‌های تایپ و غیره اشاره داشت.

هر چند امواج صوتی به عنوان عاملی ضروری در زندگی انسان به حساب می‌آیند، زیرا به وسیله آن امکان ارتباط با دیگران فراهم شده یا از خبر وقوع حادثه‌ای آگاه می‌شویم، اما در پاره‌ای از موارد و در شرایط خاص شنیدن این امواج صوتی و با عوامل ضروری، چندان خوش آیند نیست. آن دسته از امواج صوتی که به صورت ناخواسته منتشر می‌شوند و می‌توانند برای شنوایی آزاردهنده باشند، **سروصدا (Noise)** یا **آلودگی صوتی (Noise pollution)** نامیده می‌شوند.

بهترین و ساده ترین عاملی که تفاوت بین صدا و آلودگی صوتی را تشخیص می‌دهد، تفاوت بین احساس و ذهنیت آن است که به ما می‌گوید اولی صدای خواسته و دومی صدای ناخواسته و آزاردهنده است. این تعریف در برگیرنده نوع صوت نمی‌شود. برای مثال، **گفتار (Speech)** که در اکثر موارد صدای خواسته است. هنگامی که از منزل یا آپارتمان همسایه و یا در محل کار از اتاق مجاور شنیده می‌شود می‌تواند مانند سروصدا آزار دهنده، احساس شود و آلودگی صوتی ارزیابی گردد. از طرف دیگر صدای برخاسته از دستگاه تهویه که مُخل آسایش به حساب می‌آید با غلبه بر گفتار ناخواسته و نابجا می‌تواند صدای خواسته محسوب شود.

موضوع آلودگی صوتی و اثرات بهداشتی ناشی از آن تنها به صداهای صنعتی و محیط کار محدود نمی‌شود. هر چند که اثرات سوء ناشی از کارکنان با صدای صنعتی قابل بررسی جدی بوده و حتی محیط اطراف را تحت تاثیر قرار می‌دهد، لذا موضوع آلودگی صوتی را می‌توان شامل دو بخش عمده دانست، صنعت و محیط زیست.

آلودگی صوتی در ترازهای بالای فشار صوت (بیش از ۸۵ دسی بل) باعث اثرات مستقیم بر روی اندام شنوایی شامل تغییر موقت آستانه شنوایی (Temporary Threshold Shift : TTS) و در صورت تماس طولانی ایجاد افت دائم شنوایی (Permanent Threshold Shift : PTS) می‌گردد. اما در محدوده‌ای از ترازهای پایین‌تر (بین ۵۰ تا ۸۰ دسی بل) اثرات عمده آن تحت عناوین آزاردهندگی (Annoyance)، مزاحمت (Disturbance)، اختلال در آسایش (Bother) و ناخواسته بودن (Intrusion) قلمداد می‌شود، به عبارت دیگر قسمتی از اثرات صدا مربوط به تاثیر آن بر روی دستگاه عصبی نباتی و وضع روانی و رفتاری افراد است.

### مطالعات انجام شده در ایران

پس از شکل گرفتن گروه بهداشت حرفه‌ای در دانشکده بهداشت در سال ۱۳۵۱ برای اولین بار مسئله

سروصدای محیط کار از نظر علمی در یک کارخانه نساجی، مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاصله از این بررسی نشان داد که شدت صوت در این صنایع به حدی است که احتمالاً به قدرت شنوایی لطمه می‌زند. مطالعه دیگری که در همین زمینه در سال ۱۳۵۱ بر روی کارگران بافنده انجام گرفته گویای همان نتیجه فوق است. ضمناً پژوهش دیگری در سال ۱۳۵۶ برای مطالعه تاثیر عواملی چون شدت صدا، سابقه کار و استراحت ضمن کار روزانه بر روی افت شنوایی حاصله در کارگران هم زمان با اندازه گیری و تجزیه و تحلیل صدای محیط کار در سه محیط مختلف انجام شده که با در نظر گرفتن ضوابطی ۸۴۴ نفر از کل کارگران شاغل در این صنایع انتخاب و آزمایش سنجش شنوایی گردیدند. بررسی نتایج حاصل از آزمایش سنجش شنوایی و شدت صوت نشان داد که میزان افت شنوایی حاصله در کارگران رابطه مستقیم با شدت صدای موجود در محیط کار و سابقه خدمت داشته و در مقابل استراحت ضمن کار روزانه تاثیر معکوس در این زمینه دارد. در تحقیق دیگری که در سال ۱۳۶۲-۱۳۶۱ در زمینه افت دائم و موقت آستانه شنوایی در اثر سروصدای محیط کار نساجی بر روی ۱۵۷ نفر کارگر نساج صورت گرفته مشخص شده است که:

- ۱ - کارگران جوان حساسیت بیشتری به سروصدای محیط کار داشته و در نتیجه در کلیه فرکانس‌ها بخصوص در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز افت دیده می‌شود، در صورتی که در کارگران مسن تر افت کمتر می‌باشد
- ۲ - افت دائم در کارگران مسن تر و با سابقه بیشتر مشاهده شده و بطور کلی نتیجه تحقیق گویای ارتباط مستقیم صدای بالاتر از حد مجاز بر روی آستانه شنوایی و ایجاد کری شغلی می‌باشد.
- پژوهش دیگری در زمینه تاثیر مستقیم شدت صدا بر کاهش آستانه شنوایی در محیط کار آهنگری‌ها در سال ۱۳۶۰ بر روی ۷۰۷ نفر کارگر شاغل به عمل آمده که نتایج بررسی به شرح زیر می‌باشد:
- ۱ - صدای زیاد در کارگاه‌های آهنگری موتناژ بویژه اطراف فرکانس ۴۰۰۰ سیکل در ثانیه تولید افت در آستانه شنوایی کرده است. میزان افت شنوایی با افزایش شدت صدا و زیاد شدن زمان مواجهه بیشتر شده است
- ۲ - در کارگرانی که مدت زیادی در معرض صدا بوده‌اند از نظر شنوایی عقب افتادگی اجتماعی ایجاد شده است
- ۳ - شدت صدای ۸۵ دسی بل A و به بالا افت شنوایی قابل اندازه گیری بوجود آورده است.
- مطالعه دیگری که در سال ۱۳۶۳ تحت عنوان اختلالات شنوایی و گفتاری ناشی از کار در کارگران مشاغل مختلف (بخار، آهنگر، پرس کار) انجام پذیرفته نمایانگر آنست که:
- ۱ - کارگرانی که در تماس با صداهای ضربه‌ای هستند دچار ضربه‌های صوتی (Acoustics Trauma) می‌شوند. به این مفهوم که منحنی شنوایشان در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز افت دارد
- ۲ - کارگرانی که در تماس با صداهای ممتد هستند، کم شنوایشان ابتدا در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز آغاز شده و به سایر فرکانس‌ها (۳۰۰۰-۶۰۰۰ هرتز) گسترش می‌یابد
- ۳ - نتایج حاصله از بررسی وضعیت گفتاری - صوتی کارگران فوق الذکر نشان می‌دهد که اکثر آنها دچار

گرفتگی صدا (Dysphonia) با درجات مختلف می‌باشند.

### مطالعات انجام شده در سایر کشورها

در بررسی دیگری که در مرکز بهداشت حرفه‌ای دانشگاه دانیو اسکاتلند در بین سال‌های ۱۹۶۹-۱۹۷۰ تحت عنوان اثرات اجتماعی کاهش شنوایی در نتیجه صداهای ناشی از ماشین‌های بافندگی بر ریو ۹۶ نفر کارگر انجام گردید، نتایج زیر به دست آمد:

- ۱ - کاهش آستانه شنوایی در بین کارگران بافنده بیش از گروه شاهد بود
  - ۲ - بافندگان در درک صحبت ضعیف تر از گروه شاهد بودند
  - ۳ - بافندگان از نظر عقب افتادگی اجتماعی از نقطه نظر شنوایی نسبت به گروه شاهد درصد بیشتری بودند
  - ۴ - نه درصد از بافندگان از وسایل کمک شنوایی نظیر سمعک استفاده می‌کردند، در صورتی که در گروه شاهد هیچ یک از وسایل کمکی شنوایی استفاده نمی‌کردند.
- پژوهشی که در سال ۱۹۷۸ بر روی ۱۰۰ کارگر مرد تحت عنوان تاثیر حساسیت‌های فردی بر روی اثرات صدا از نظر کاهش قدرت شنوایی انجام گرفت، تاثیر عواملی چون سن، سابقه تماس با صدا، اختلالات قلبی و عروقی، دیابت و اعتیاد به سیگار بر روی افراد تحت مطالعه ارزشیابی گردید. نتایج حاصله از این مطالعه نشان داد که:
- ۱ - علاوه بر تاثیر مستقیم سن و سابقه کار، اعتیاد به سیگار نیز با کاهش شنوایی ارتباط مستقیم دارد
  - ۲ - هیچگونه ارتباطی بین کاهش شنوایی و اختلالات قلبی و عروقی، دیابت به دست نیامد.

### پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثرات صدا بر انسان

با وجود قوانین و دستورالعمل‌های مناسب جهت جلوگیری از انتشار آلودگی صدا در نواحی مختلف شهری در کشورهای مختلف دنیا هنوز بررسی آلودگی صدا یکی از موضوعات مهم تحقیقاتی نیز به شمار می‌رود. بطوری که نتیجه این تحقیقات مستمر معمولاً منجر به کاهش تراز فشار صوت مجاز از سوی مراجع بین المللی و ملی می‌گردد؛ در سال ۱۹۹۰ در لهستان تحقیقی توسط Gorynski, Koszarng تحت عنوان مواجهه معلمان و دانش آموزان با صدا انجام شد. صدای موجود در مدرسه مورد مطالعه ناشی از فعالیت کودکان تراکم بیش از حد در کلاس‌ها، عدم وجود وسایل و مواد آکوستیکی بوده است. در بررسی به عمل آمده، تراز فشار صوت گستره (60-95 dBA) با حداکثر 80 dBA داشته است. گاهی تراز فشار صوت اندازه گیری شده در حد تراز فشار صوت صنعتی بوده است. این وضعیت در مورد دفاتری مثل دفتر پزشک مدرسه، مدیر مدرسه، اتاق قرائت و دفتر آموزگاران صدق می‌کند و معمولاً در این فضاها اصول کنترل صدا رعایت نشده است.

مطالعه‌ای توسط W-Baumbah و همکارانش در آلمان در زمینه جنبه‌های جدیدی از مشکل صدای ترافیک در داخل شهر در سال ۱۹۹۰ انجام گرفته است. محققین، میزان آرامش افرادی را که در مناطق مختلف شهر زندگی می‌کنند و ارتباط آن را با تراز معادل، Leq و تراز حداکثر Lmax، صدای ترافیک و همچنین ارتباط آن را با کاهش صدا بررسی می‌کنند و علاوه بر آن نتایج اثرات صدای ترافیک را روی ساکنین قبل و بعد از کاهش

بار ترافیک نشان داده‌اند. یک مطالعه جامعه‌شناسی راجع به اثرات صدای ترافیک و استرس ناشی از آن توسط B. Schulze و همکاران در شهر Erfurt آلمان انجام شد. نمونه‌های مورد مطالعه به صورت تصادفی از میان ساکنین شهر انتخاب گردید و میزان ناراحتی و آزرده‌گی در میان آنها مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفت. با اندازه‌گیری میزان صدا و تعیین ارتباط آن با ناراحتی یک حد آستانه مبتنی بر آسایش افراد به دست آمد.

در سال ۱۹۹۱ نتیجه تحقیقات I. Kawabata در ژاپن در زمینه اثرات صدای ترن‌های Tohoku Shinkansen با سرعت‌های زیاد بر محیط زندگی دانش آموزان، منتشر شده حداکثر سرعت این ترن‌ها در مارس ۱۹۸۵ از ۲۱۰ کیلومتر بر ساعت به ۲۴۰ کیلومتر بر ساعت افزایش داده‌اند. در این بررسی، میزان صدا اندازه‌گیری شده و از طریق پرسشنامه مطالعه‌ای بر روی دانش آموزان و مادران آنها صورت گرفت. در فاصله ۲۵ متری از خط آهن تراز صدا از ۷۳ به ۷۶ دسی بل افزایش یافته و در کنار ریل میزان تراز فشار صوت از ۷۷ دسی بل افزایش را نشان داده است. وقتی ترن با سرعت ۲۱۶ Km/hr حرکت می‌کند تراز صدا در محیط کلاس ۶۷ دسی بل گزارش شده است. بیشترین ناراحتی گزارش شده، اختلال در شنیدن و گفتار بوده است. در محیط خانه بیشترین ناراحتی ناشی از ارتعاش ساختمان خانه، اختلالات در تصاویر تلویزیونی و اختلال در شنیدن و میزان ناراحتی گزارش شده در مادران، بیش از کودکان بوده است.

به منظور بررسی اثر صدای ناشی از ترافیک بر روی مراحل و کیفیت خواب، Ohrstrom و Rylander تحقیقی بر روی ۲۸ نفر با سنین ۲۰ الی ۲۹ سال انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که کیفیت خواب این افراد با افزایش صدا به میزان 60 dB کاهش می‌یابد و این کاهش به ازای ۱۶ تردد صوتی در شب معنی دار است. Kuno و Hyashi در سال ۱۹۹۳ مطالعه‌ای روی میزان صدا در مناطق مسکونی شهرهای ناگویای ژاپن و پکن انجام داده‌اند. تراز صوت در مدت زمان یک شبانه روز انجام گرفته و بررسی اجتماعی واکنش ساکنین نسبت به صدا صورت گرفته است نتایج این پژوهش نشان داده است که توزیع تراز صدا در هر دو شهر تقریباً مشابه است ولی واکنش ساکنین این دو شهر نسبت به صدا کاملاً متفاوت بوده است؟

## صدا : تعریف و کلیات

صدا می‌تواند به طرق مختلف که بستگی به نحوه مطالعه ما دارد تعریف شود. صدا یک موج فیزیکی، یا ارتعاشی مکانیکی و یا به زبان ساده، یک سری تغییرات فشار، در یک فراگیر (Mediune) کشسان (Elastic) است. در مورد صدای هوابرد، فراگیر کشسان هواست. برای صوت پیکری فراگیر کشسان، بتن، فولاد، چوب، شیشه و ترکیباتی از این مواد است. در این گفتار، صدا را ساده تر و محدود تر تعریف می‌نماییم. یعنی صدا را با علائم قابل شنیدن تعریف می‌کنیم. ولی این بدان معنا نیست که علائم مادون صوت و فراصوت، جزء صدا نیستند و حتی منظور این نیست که آیا صداهای غیرقابل شنیدن برای انسان وجود دارد یا خیر. صداهایی که نمی‌توانیم بشنویم معمولاً به این بحث مربوط نمی‌شوند. برای روشن تر شدن مطلب، همیشه فرض بر این است که شنونده، جوانی است با قدرت شنوایی طبیعی در گستره ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز. با این فرضیات، صدا به صورت یک سری از تغییرات فشار، تعریف می‌شود. در هوا، این تغییرات فشار شکل تراکم و انبساط را به خود می‌گیرد. صدای یک

زنگ، صوت خالص (Pure tone) را بطور یکنواخت در تمام جهات پخش می‌کند، یعنی از پخش این صدا سطح موج دایره‌ای بوجود می‌آید.

باید توجه داشت که تغییرات فشار، حامل اطلاعات صوتی در جهت سطح موج حرکت می‌کند یعنی طولی. این بر خلاف علائم رادیویی است، برای مثال در علائم رادیویی، موج به صورت طولی حرکت می‌کند ولی اطلاعات یعنی آمایش، بر حسب ارتفاع موج و شکل آن تشریح می‌شود یعنی عرضی. بنابراین صدا حرکت موجی مکانیکی طولی است.

## تواتر

تعداد دفعاتی که چرخه تراکم و انبساط هوا در واحد زمان روی دهد، تواتر صدا تعریف می‌شود. برای مثال اگر ۱۰۰۰ چرخه در یک ثانیه روی دهد تواتر (Frequency) صدا ۱۰۰۰ CPS (۱۰۰۰ هرتز) است. در صدا، مفهوم تواتر اغلب به واژه‌ای به نام "نواک" (Pitch) که از موسیقی گرفته شده است، اطلاق می‌شود. هر قدر تواتر بیشتر باشد، نواک بیشتر است و بر عکس. گستره تقریبی تواتر برای شنوایی یک جوان سالم، بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. ولی با افزایش سن و به علت پدیده سنگینی گوش (Presbycusis) قدرت شنوایی کاهش می‌یابد. شناخت این پدیده در مدارس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا صداهایی با نواک خیلی بلند که برای اکثر افراد بالغ غیرقابل شنیدن است (صدای مردان بیشتر از صدای زنان) می‌تواند برای دانش آموزان آزاردهنده باشد. برای مثال، به گزارش دندانپزشکان استناد می‌کنیم که صدای ناشی از مته‌های توربینی با سرعت زیاد و وسایل پاک کننده دندان برای بسیاری از بیماران جوان ناراحت کننده است. این وسایل صداهایی را در گستره ۱۵ تا ۲۰ کیلو هرتز ایجاد می‌کنند. تواتر اصلی صدای گفتاری انسان تقریباً در گستره ۱۰۰ تا ۶۰۰ هرتز است، ولی تواتر هماهنگ‌های (Harmonic) آن تا ۷۵۰۰ هرتز می‌رسد. اطلاعات گفتاری، غالباً با تواترهای زیاد انجام می‌گیرد. در حالی که انرژی صوتی غالباً در تواترهای پایین متمرکز است. گستره بحرانی ارتباطات گفتاری بین ۳۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز است. هارمونیک‌هایی خارج از این حد تواتر، به صدای گفتاری، ویژگی خاص می‌دهد.

صوتی که تنها از یک تواتر تشکیل شده باشد، نغمه خالص (Pure tone) (موج صوتی که به وسیله حس شنوایی طبیعی قابل شنیدن است) خالص است، غیر از صوتی که توسط دیاپازون (Diapason) این واژه فرانسوی است که معادل آن در زبان انگلیسی است و به معنی آلتی دو شاخه و فولادین که برای امتحان ارتعاشات یا میزان کردن صدا به کار می‌رود) ایجاد می‌گردد، نغمه خالص به ندرت یافت می‌شود. اصوات موسیقی از یک تواتر اصلی و مضرب‌های صحیح تواتر اصلی (هارمونیک) تشکیل شده است. صداهای معمولی ترکیبات مختلفی از تواترها هستند.

## سرعت انتشار

صدا بسته به نوع محیط انتشار، با سرعت‌های متفاوتی حرکت می‌کند. در هوا، در سطح دریا، سرعت صوت 344 m/s یا 113 fps است. این مقادیر معادل ۷۷۰ مایل بر ساعت یا ۱۲۳۹ کیلومتر بر ساعت است. سرعت صوت در مقایسه با سرعت نور که ۱۸۶۰۰۰ مایل بر ثانیه است، آهسته به نظر می‌رسد. از آنجا که صدا

علاوه بر هوا در محیط‌های دیگر نیز منتشر می‌شود، لازم است سرعت آن را در سایر محیط‌ها بدانیم. جدول ۱ سرعت انتشار صدا را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهد از تغییرات سرعت در دما و ارتفاع صرف نظر می‌شود و محاسبات تقریبی با خطای ۳٪، سرعت را در هوا 1100 fps و 350 m/s تعیین می‌کند.

### طول موج و انواع انتشار

فاصله‌ای که موج در یک چرخه طی می‌کند یا فاصله بین دو نقطه مشابه از امواج پی در پی، طول موج نامیده می‌شود. رابطه بین طول موج، تواتر و سرعت صوت در رابطه ۱، بیان شده است.

**رابطه:**  $\lambda = c / f$  که در این رابطه  $\lambda$  = طول موج، بر حسب متر یا فوت =  $c$  = سرعت صوت بر حسب m/s یا fps و  $f$  = تواتر بر حسب هرترز است. صداهای کم تواتر با طول موج بلند و امواج با تواتر زیاد با طول موج کوتاه مشخص می‌شود. گستره طول موج قابل شنیدن برای انسان از ۱/۲۷ سانتی متر تا ۱۵/۲۴ متر است.

### جدول ۱ - سرعت انتشار صدا در محیط‌های مختلف

سرعت		محیط
فوت بر ثانیه ft/s	متر بر ثانیه m/s	
۱۱۳۰	۳۴۴	هوا
۶۴۲۵	۱۴۱۰	آب
۱۰۸۲۵	۳۳۰۰	چوب
۱۱۸۰۰	۳۶۰۰	آجر
۱۲۱۰۰	۳۷۰۰	بتن
۱۶۰۰۰	۴۹۰۰	فولاد
۱۶۴۰۰	۵۰۰۰	شیشه
۱۹۰۰۰	۵۸۰۰	آلومینیوم

توجه: اعداد جدول تقریبی هستند، زیرا چگالی محیط‌ها متغیر است. متوسط تواتر در نظر گرفته شده است.

### کمیت صدا

کمیت علامت صوتی موضوع پیچیده تری است زیرا از عبارات مختلفی استفاده می‌شود و اعداد و مقادیر زیادی در این میان مطرح است. هنگامی که از قدر مطلق صدا صحبت می‌شود، ما به بلندی فکر می‌کنیم که کمیتی ذهنی (Subjective) و نشان دهنده واکنش غیرخطی گوش نسبت به کمیت فیزیکی صدا است. تراز

(کمیت) صدا برحسب توان صوتی، فشار صدا، تراز فشار صدا (SPL)، شدت صوت و تراز شدت صدا (IL) تعریف می‌شود که تمام آن‌ها با یکدیگر و با کمیت ذهنی بلندی نیز تفاوت دارند. به منظور درک این مفاهیم، لازم است چگونگی شنیدن و نحوه انتشار صدا در فضای آزاد را بدانیم.

آستانه شنوایی، یعنی حداقل شدت صدایی که یک گوش سالم می‌تواند تشخیص دهد  $10^{-16} \text{ W / cm}^2$  است که (عملاً گوش همچنان که شرح داده خواهد شد به فشار صدا جواب می‌دهد). حداکثر شدت صدایی که گوش بدون صدمه می‌پذیرد تقریباً  $10^3 \text{ W/cm}^2$  است. گسترده این دو آستانه  $10^{13}$  است.

### جدول ۲ - مقایسه مقادیر اعشاری، نمایی و لگاریتمی شدت‌های مختلف اکوستیکی

مثال	تراز شدت رقم لگاریتمی	شدت $\text{W / cm}^2$	
		رقم نمایی	رقم اعشاری
دردناک	130 db	$10^3$	./001
	120 db	$10^4$	./0001
ارکستر ۷۵ نفره	100 db	$10^5$	./00001
	100 db	$10^6$	./000001
فریادزدن در فاصله ۱/۵ متری	90 db	$10^7$	./0000001
گفتگو در فاصله یک متری	70 db	$10^9$	./00000001
دفتر کار در حد متوسط	50 db	$10^{11}$	./000000001
دفتر کار در محیط آرام	30 db	$10^{13}$	./0000000001
محیط شهری	20 db	$10^{14}$	./00000000001
	10 db	$10^{15}$	./000000000001
آستانه شنوایی	0 db	$10^{16}$	./0000000000001

جدول ۲ مفهوم فیزیکی این اعداد را نشان می‌دهد. هنگام بررسی این نوع کلیات دو مشکل وجود دارد. خود اعداد کوچک هستند، در حالی که نسبت‌هایشان بسیار بزرگ است. به علاوه گوش انسان بطور لگاریتمی به فشار و شدت جواب می‌دهد. یعنی با دو برابر شدن شدت، احساس بلندی دو برابر نمی‌شود. این تغییرات کوچک قابل درک هستند. برای حل این مشکلات لازم است معیاری به ترتیب زیر تعیین نمود:

۱ - حداقل شدت یا فشار قابل درک را صفر فرض کرد.

۲ - از توان‌های مثبت در پایه ۱۰ استفاده کرد.

۳ - رابطه ثابتی بین تفاضل حسابی و تغییرات بلندی وجود داشته باشد، در صورتی که بین دو شدت صدا ۱۰ واحد اختلاف باشد، این اختلاف معادل دو برابر شدن (یا نصف شدن) بلندی است. بنابراین در چنین مقیاسی، تفاوت بین

۲۰ تا ۳۰ و همچنین ۶۰ و ۷۰، همیشه معادل دو برابر شدن بلندی است و آن را مقیاس دسی بل گویند.

### تراز شدت (IL) دسی بل (dB)

کلمه "تراز" نسبت کمیّت اندازه گیری شده به کمیّت مبنا است. تراز شدت، نسبت شدت اندازه گیری شده به شدت مبنا است. تراز شدت با رابطه زیر نشان داده می‌شود.

**رابطه:**  $IL = 10 \text{ Log } I/I_0$  که  $IL = \text{تراز شدت}$ ، بر حسب dB،  $I = \text{شدت}$ ، بر حسب  $W/cm^2$ ،  $I_0 = \text{شدت مبنا}$  (یعنی،  $10^{-16} W/cm^2$ ، آستانه شنوایی است)  $\log = \text{لگاریتم در پایه } 10$ .

بنابراین ما مقیاسی را برقرار کرده‌ایم که سه شرط بالا را در برمی‌گیرد. تراز شدت صدا بدون بُعد است زیرا نسبت دو کمیّتی است که دارای واحد یکسان بوده و واحدها حذف می‌شوند. تراز شدت برحسب dB اندازه گیری می‌شود. جدول ۲ سهولت استفاده از مقیاس لگاریتمی دسی بل را در مقایسه با اعداد اعشاری و نمایی نشان می‌دهد. جدول ۳ فهرست کوتاهی از تغییرات شدت بر حسب dB و تغییرات ذهنی احساس بلندی را نشان می‌دهد. توجه کنید که تراز شدت ۱۰ دسی بل معادل دو برابر شدن بلندی است. تغییرات تراز شدت به میزان dB معادل ۴ برابر شدن احساس بلندی صدا است. تفاوت بین دو تراز شدت به صورت رابطه زیر است:

$$IL = 10 \text{Log} I^2 / I_1$$

چند مثال که در آن از dB و محاسبات لگاریتمی استفاده شده، به خواننده کمک می‌کند تا با این سیستم مفید بیشتر آشنا شود.

### جدول ۳ - تغییرات ذهنی و تغییرات تراز شدت مربوطه

تغییر در تراز (dB)	تغییر ذهنی در بلندی
۳	تا اندازه‌ای محسوس
$6^{-1}$	محسوس
۷	کاملاً محسوس
۱۰	دو برابر یا نصف بلندی
۲۰	چهار برابر یا ۱/۴ بلندتر

(۱) وقتی فاصله از منبع در میدان آزاد دو برابر یا (نصف) می‌شود، این معادل است با تغییر dB در تراز فشار صدا

### فشار صوت و تراز فشار صوت (SPL)

آستانه شنوایی یا حد اقل فشار صوت قابل درک برای انسان 20 pa یا  $2 \times 10^4$  میکروبار فرض می‌شود. در محاسبات تراز فشار صوت مینا، مشابه تراز شدت مینا، OdB می‌باشد. از آنجا که گوش بطور لگاریتمی به شدت جواب می‌دهد و کمیّت فشار با ریشه دوم شدت متناسب است رابطه تراز فشار صوت به صورت زیر نشان داده می‌شود:

**رابطه:**  $SPL = 20 \log (P^2/P_0^2)$  ، در این رابطه :  $SPL = 10 \log (P^2/P_0^2)$  ، تراز فشار صوت، بر حسب dB ،  $P =$  فشار، بر حسب پاسکال (بار)  $P_0 =$  فشار صوت مینا، بر حسب پاسکال (pa) یا 20 bar یا  $2 \times 10^{-4}$  . چون برای تراز شدت و تراز فشار صوت، مینای OdB را مطابق با آستانه قرار دادیم، از این رو می‌توان مقیاس dB را برای تراز فشار صوت (SPL) و تراز شدت صوت (IL) به کار برد و همچنین مقادیر dB مربوط به دو کمیّت فوق را به جای هم به تناوب استفاده کرد، هر چند که کمیّت شدت و کمیّت فشار مربوط به تراز dB بخصوص از نظر مقدار و واحد با هم کاملا متفاوتند. برای مثال، تراز 70 dB معادل شدت  $10^9$  W/cm<sup>2</sup> و فشار 0/063 pa است. واقعیت این است که 70 dB تقریبا مطابق با تراز نوفه خاصی است. می‌گوییم "تقریبا" زیرا اگر یک عدد برای تراز صدا به دسی بل (dB) تعیین کنیم، دو مشکل ایجاد می‌شود:

- ۱ - تراز فشار صوت با زمان تغییر می‌کند، مگر برای صدای خالص پایا
- ۲ - تراز فشار اجزای مختلف اکثر صداهای عادی متغیر است.

برای فایق آمدن بر این دو مشکل از دو روش فنی می‌توان استفاده کرد. اگر صدایی دارای یک تواتر مشخصی باشد، تراز فشار صوت مربوط به آن تواتر را می‌توان به کار برد. این حالت در مورد صداهای نسبتا ثابت مانند صدای ناشی از موتور یا هواکش و یا دستگاه دمنده (Blower) صادق است. صداهای دیگری که تراز و تواترشان متغیرند را می‌توان روی نمودار بند یک هنگامی رسم کرد و حداکثر تراز فشار صوت را به ازای درصد زمانی، روی آن مشخص نمود. بنابراین صدای ناشی از تردد وسایل حمل و نقل توسط ترازهایی نشان داده می‌شود که ۹۰٪ از زمان دارای بیشترین مقدار است.

### تراز بلندی : مقیاس فان (Phon)

گوش انسان، به تمام گستره تواتر 20 Hz تا 20 KHz به طور یکنواخت حساس نیست. حد آستانه دردناکی به میزان ۱۲۰ تا ۱۳۰ dB برای تمام تواترها وجود دارد. در حالی که حد پایین آستانه (آستانه شنوایی) به میزان OdB فقط در تواتر ۱۰۰۰ Hz تعیین شده است. گوش انسان در تواتر ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز بیشترین حساسیت را دارد و آستانه شنوایی در این تواترها -۵ dB کمتر از سایر تواترها است. این حساسیت غیرخطی در تمام طیف شنوایی وجود دارد. برای تعیین حساسیت غیرخطی گوش، آزمایش‌های زیادی در تواترهای مختلف با نغمه‌های ساده انجام گرفته است و از شنونده خواسته شده تا بلندی ذهنی برابر را اعلام کند.

### اندازه گیری تراز فشار صدا

برای اندازه گیری ترازهایی صدا وسایل اندازه گیری مورد نیاز است. یکی از این وسایل تراز سنج صدا

است. برای تعیین میزان همبستگی مقادیر اندازه گیری شده با احساس بلندی، اکثر وسایل اندازه گیری مجهز به شبکه‌های حساسیت اند. شبکه A مطابق با منحنی ۴۰ فان است و تواترهای پایین را از هم مجزا می‌کند. شبکه B با منحنی ۷۰ فان مطابق دارد و شبکه C حساسیت‌های خطی رانشان می‌دهد. در عمل، شبکه‌های B و C به خوبی با نمودارهای بلندی مطابقت ندارند. این بدان علت است که منحنی‌های بلندی برای نغمه‌های خالص بدست آمده است. در حالی که صدا در محیط به صورت صداهای مختلط است. شبکه A، به عنوان مقیاس اندازه گیری معیار برای بلندی صداهایی تا هر تواتر و هر شدتی تعیین شده است. اندازه گیری‌هایی که با استفاده از شبکه A انجام می‌گیرد و به صورت dBA نشان داده می‌شود. هر صداسنج مجهز به دو وضعیت سریع و کند است. از اولی به هنگام تغییرات سریع تراز فشار صدا و از دومی هنگامی که مقدار متوسط صدا تغییراتی بیش از ۴ dB دارد، استفاده می‌گردد، برای اندازه گیری صدای کوبه‌ای، وسایل مخصوصی نیاز است.

اندازه گیری‌های دقیق تر صداهای مختلط توسط دستگاه‌های دقیقی که شدت را بر حسب بندهای هنگامی اندازه می‌گیرد امکان پذیر است. چنین اندازه گیری‌هایی در استفاده صحیح از اثر جذب صدا و همچنین استفاده از مواد کاهش دهنده صدا که دارای ویژگی‌های غیرخطی در تمام بیناب تواتر هستند لازم به نظر می‌رسد. در صورتی که تراز صدا فقط بر حسب dB A اندازه گیری شود، تراز کلی نامیده می‌شود که فقط اطلاعات کلی و اولیه‌ای را ارائه می‌دهد.

## واژه‌های مرتبط با آلودگی صدا

### تراز صدا (Sound Level)

تراز هر صدایی با تقریبی که در عمل قابل قبول است بر اساس یکی از دو رابطه زیر مشخص می‌گردد:

$$L_p = 20 \log P/P_0 \quad \text{یا} \quad L_1 = 10 \log I/I_0 \quad \text{که در آن: } L_1 = \text{تراز شدت صدا، به مقیاس dB، } L_p = \text{تراز فشار صدا، به مقیاس dB، } I_0 = \text{شدت صدای مبنا (وات به متر مربع } 10^{-12} \text{، } P_0 = \text{فشار موثر صدای مبنا که مقدار آن برابر است با } 2 \times 10^{-5} \text{ نیوتن به متر مربع (پاسکال)، } I = \text{شدت صدای مورد نظر، بر حسب وات به متر مربع، } P = \text{فشار موثر صدای مورد نظر، بر حسب نیوتن به متر مربع (پاسکال)، } \log = \text{لگاریتم به پایه ده نسبت مورد نظر.}$$

### وزن یافته (Sound Level)

وقتی بیناب صدایی عمدتاً و به روش خاصی تغییر داده شود عمل انجام شده را وزن دادن می‌نامند. اعمال این روش بر روی یک بیناب به صورت پسوندی استاندارد در فراسنج اندازه‌گیری شده مشخص می‌گردد.

## اثرات صدا بر روی انسان

بطور کلی اثرات صدا بر روی انسان را می‌توان در دو قسمت جداگانه شنیداری و غیرشنیداری، مورد

مطالعه قرار داد :

## الف - اثرات صدا بر روی دستگاه شنوایی

هر چند صداهای خیلی شدید (مثلاً ۱۵۰ dB) می‌تواند باعث پارگی پرده صماخ یا تخریب دیگر قسمت‌های گوش بشود اما صدمه به شنوایی معمولاً در ترازهای پایین تر (۹۰-۸۵ dB) رخ می‌دهد که ناشی از آسیب موقت یا دائم سلول‌های مژه دار حسی که روی سطح وستیبولی غشاء پایه در گوش داخلی قرار دارند، می‌باشد. وقتی در فرکانس‌های معینی افت شنوایی ایجاد شود برای آنکه شخص قادر به شنیدن آن فرکانس باشد بایستی تراز صدا از حد معمول آستانه شنوایی بالاتر باشد، به این جهت افرادی که دچار افت شنوایی هستند بطور غیرعادی بلند حرف می‌زنند، چون صدای خودشان را نمی‌شنوند. به علاوه این افراد اغلب اوقات حرف بی صدا را که دارای فرکانس بالا هستند خوب درک نمی‌کنند. به این جهت برای آنان درک صحیح کلمات مشکل می‌شود. شخص با وجود اینکه اصوات حاصل از کلمات را درک می‌کند اما قادر به فهم صحیح کلمات و تعقیب مکالمه نمی‌باشد، مگر اینکه گوینده کلمات را به آرامی و بطور واضح و مشخص ادا نماید. این چنین افت شنوایی معمولاً به یکی از دو صورت زیر است:

### ۱ - تغییر موقت آستانه شنوایی (Temporary Threshold Shifts : TTS)

که در آن شنوایی معمولاً در طی ۱۶ ساعت پس از تماس با صدای آسیب‌زا برگشت می‌کند.

### ۲ - تغییر دائم آستانه شنوایی ناشی از صدا (Permanent Threshold Shifts : PTS)

که معمولاً یک ماه پس از توقف مواجهه با صدای آسیب‌زا اندازه‌گیری می‌شود. بروز افت شنوایی ناشی از صدا معمولاً به صورت تدریجی بوده و در ابتدا فرکانس‌های مکالمه‌ای را در بر نمی‌گیرد، در نتیجه شخص از نقصان شنوایی خود بی‌اطلاع است. تشخیص زودرس شروع افت شنوایی و اطلاع از کیفیت تحمل گوش فرد نسبت به صدا بوسیله آزمایشات شنوایی سنجی، امکان‌پذیر است. در مجموع عواملی چون شدت صدا، طول مدت تماس، سن و حساسیت ویژه گوش فرد عواملی هستند که در ایجاد و پیشرفت عارضه افت شنوایی دخالت دارند.

در رابطه با اثرات شنوایی صدا مطالعات زیادی به عمل آمده و با استفاده از دستگاه‌های شنوایی سنجی، عوارض شنوایی صدا بخوبی شناخته شده است به طوری که در بسیاری از کشورها افت شنوایی ناشی از صدا از نظر قانونی جزو "بیماری‌های ناشی از کار" منظور می‌شود.

## اثرات درازمدت صدا بر روی شنوایی

اثرات درازمدت صدا بر گوش انسان به صورت کری ادراکی یا عصبی ظاهر می‌گردد. یعنی به واسطه کار در محیط‌های پُر سروصدا سلول‌های شنوایی معدوم گشته و منجر به کری غیرقابل برگشت می‌گردد. به این نوع افت شنوایی کری حرفه‌ای هم می‌گویند. این افت شنوایی معمولاً متقارن و دو طرفه بوده و هر دو گوش مانند هم دچار افت شنوایی می‌گردند. کری حرفه‌ای ناشی از کار که در طی چندین سال فعالیت در محیط‌های پرسر صدا ایجاد

می‌گردد، معمولاً دارای چهار مرحله است:

### مرحله اول : مرحله شروع یا مرحله خستگی گوش

در این مرحله کارگر بعد از پایان کار روزانه احساس گرفتگی و سنگینی و خستگی در گوش را دارد که به فاصله دو یا سه ساعت از بین می‌رود، چنانچه در این مرحله ادیومتری به عمل آید کاهش شنوایی در فرکانس‌های ۴۰۰۰ هرتز، مشهود خواهد بود که جبران پذیر است. این مرحله دو یا سه هفته طول می‌کشد و بعد از آن کارگر هیچگونه ناراحتی در گوش خود احساس نمی‌کند.

### مرحله دوم : مرحله اختفاء کامل

این مرحله ممکن است بسته به شرایط محیط کار و ویژگی‌های فردی و یا سن افراد از ۲۰-۲ سال طول بکشد. در این مرحله سلول‌های شنوایی در فرکانس‌های ۳۰۰۰-۶۰۰۰ هرتز و مخصوصاً در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز آسیب دیده ولی چون این فرکانس‌ها در مکالمات روزمره لازم نیست و شنوایی فرکانس‌های مکالمه‌ای سالم است، فرد آسیب دیده، هیچگونه احساسی از مصدوم شدن گوش خود ندارد.

### مرحله سوم : مرحله اختفای نسبی

در این مرحله در اثر گسترش ناشنوایی از فرکانس‌های ۴۰۰۰ هرتز به طرف فرکانس‌های زیر ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ و همچنین فرکانس‌های ۲۰۰۰-۱۰۰-۵۰۰ کارگر به تدریج صوت‌های با فرکانس‌های بالا را نمی‌شنود و احساس نیمه شنوایی دارد. گسترش و پیشرفت این مرحله سرانجام منجر به کری یا ناشنوایی کامل می‌گردد.

### مرحله چهارم : مرحله ناشنوایی کامل یا قطعی

در این مرحله کارگر به ناشنوایی خود پی می‌برد و شنوایی فرکانس‌های مکالمه‌ای شخص بطور واضح و قطعی مصدوم شده است.

## ب - اثرات غیرشنیداری

کاوینیو (Cavigneaus) و دروبر (Derobert) اثرات غیرشنیداری صدا را به ترتیب زیر بیان نموده اند: صدای مزاحم و ناخوشایند می‌تواند باعث عصبانیت و تحریک پذیری شود. برای این منظور لازم نیست حتماً صدا شدید باشد بلکه تیک تاک یک ساعت دیواری در یک سالن انتظار کافی است که روی یک زمینه حساس و آماده اثر نموده، باعث عصبانیت و حالت تهاجمی به خود گرفتن گردد.

تحقیقات به عمل آمده در محیط‌های صنعتی نشانگر آن است که صدای شدید با سردرد، حالت تهوع، پرخاشگری، اضطراب، ناتوانی جنسی و تغییرات در خلق و خو ارتباط دارد. همچنین مطالعات انجام شده بر روی کارگران صنایع فلزی که در محیط پُرصدای کار می‌کنند، نشان داده که نسبت اختلافات خانوادگی و مناقشات کارگران در بین این افراد به مراتب بیش از کارگرانی است که در محیط‌های کم صدا و آرام کار می‌کنند.

## اثرات صدا بر روی کارایی (Performance)

بر اساس تحقیقات آزمایشگاهی هر چند صدای پیوسته بر میزان کارایی در فعالیت‌های ذهنی و حرکتی ساده اثر سویی ندارد، اما اگر صدا نامنظم و متناوب و غیرقابل پیش بینی باشد بر کارایی در امور مراقبتی (Vigilance tasks)، حافظه‌ای (Memory tasks) و وظایف پیچیده (Complex tasks) که شخص در آن واحد باید دو عمل انجام دهد تاثیر منفی می‌گذارد. ضمناً اثرات صدا بر روی کارایی به عوامل مختلفی چون: نوع صدا و شدت آن، قابل پیش بینی یا غیرقابل پیش بینی بودن آن، نوع کار و وظیفه، میزان قدرت تحمل استرس و دیگر ویژگی‌های شخصیتی فرد بستگی دارد.

## برنامه‌های حفاظت از شنوایی (Hearing Conservation Programs)

هدف از برنامه‌های حفاظت از شنوایی در محیط کار، جلوگیری از بوجود آمدن و پیشرفت افت شنوایی ناشی از مواجهه با صدا در کارگران می‌باشد. در آمریکا پس از شناخت افت شنوایی به عنوان یک مشکل بهداشتی، OSHA (Occupational Safety and Health Administration) دستورالعمل‌هایی را اعلام نمود که شامل حداقل اصول و مقررات لازم بود تا کارفرمایان بتوانند آن‌ها را در محیط کار برقرار کنند. هر چند اجرای این اصول به تنهایی نیز ضامن موثر بودن کامل این برنامه در جلوگیری از بوجود آوردن ضایعات شنوایی نیست. افت شنوایی بدون توجه به منشاء تولید آن به جنبه‌های مختلف زندگی صدماتی وارد می‌کند، در درجه اول تداخل در ارتباطات شغلی و اجتماعی است که قسمت اعظم زندگی را تشکیل می‌دهد. در اکثر مشاغل و حرفه‌ها داشتن حس شنوایی سالم جزء ارکان اصلی است. در محیط کار، افراد نیاز دارند تا دستورات و علائم آگاهی دهنده و غیره را بخوبی بشنوند، علاوه بر این در سایر موارد نیز در اجتماع، ارتباط با خانواده، فامیل و دوستان قسمت اساسی از زندگی اجتماعی را تشکیل می‌دهد. تمام این موارد، بر لزوم حفظ قدرت شنوایی بیش از پیش تاکید می‌کند. اجرای برنامه حفاظت از شنوایی در محیط کار علاوه بر مسائل شغلی موارد غیرشغلی را شامل خواهد شد، چون ناراحتی‌های شنوایی غیرشغلی نیز از طریق معاینات شنوایی دوره‌ای مشخص خواهد شد. مزایای اجرای این برنامه برای کارفرمایان، مستقیماً متوجه حفظ و ارتقاء سطح تولید خواهد شد. بازده کار افزایش یافته و سبب کاهش حوادث ناشی از کار می‌شود و علاوه بر این استرس و خستگی ناشی از مواجهه با صدا نیز کاهش خواهد یافت.

برنامه حفاظت در برابر شنوایی کارگران شامل ۵ مرحله می‌شود که عبارتند از: بررسی منظم صدا، اجرای روش‌های مهندسی یا اداری به منظور برقراری حدود مجاز، آموزش، استفاده از وسایل حفاظت فردی، ارزشیابی از طریق ادیومتری. در محیط کار، بر حسب مورد، اجرای یکی از مراحل فوق می‌تواند مورد تاکید بیشتری قرار گیرد. ولی به طور کلی اجرای تمام ۵ مرحله، اساسی و موثر می‌باشد.

## آموزش

مرحله آموزش از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا کارگران و همچنین کارفرمایان تا زمانی که بخوبی از هدف برنامه و مزایای اجرای آن آگاه نباشند، نمی‌توانند بطور موثر و فعال در این برنامه شرکت کنند. باید تاکید

داشت که رعایت و اجرای اصول حفاظت و بهداشت نیز جزء شرایط کار، محسوب می‌شود. بدون آموزش و آگاهی افراد، برقراری اصول بهداشتی و اجرای برنامه HCP موفقیت آمیز نخواهد بود. به منظور اجرای صحیح بررسی صدا، پذیرش تغییرات محیطی، تغییرات احتمالی در ماشین آلات و همچنین اجرای موفقیت آمیز استفاده از وسایل حفاظت فردی و ادیومتری مرحله آگاهی و آموزش کارگران حتی قبل از ۴ مرحله فوق باید بخوبی انجام گیرد و در فواصل منظمی تکرار گردد.

### بررسی صدا

هدف اصلی از بررسی صدا در محیط کار تعیین TWA برای کارگران یا برای ایستگاه کار و یا به منظور طبقه بندی مشاغل برحسب میزان صدای موجود می‌باشد. به طور کلی بررسی صدا میزان مخاطره آمیز بودن آن را برای کارگران تعیین می‌کند تا به دنبال آن خط مشی مناسب برای HCP تعیین شود. پس از بررسی صحیح و مناسب صدا، میزان صدای بیش از حد مجاز در کارخانه تعیین شده و می‌توان روش‌های موثر کنترل را برای کاهش دائم صدا در آن محیط به کار بست و یا بر حسب نوع کار، به عنوان یک روش تکمیلی، استفاده از وسایل حفاظت فردی را به کارگران توصیه نمود.

### کنترل مهندسی و اداری

روش‌های کنترل مهندسی و اداری سبب کاهش مواجهه کارگران با صدا می‌شود. اصول کنترل مهندسی شامل ایجاد تغییرات در منابع مولد صدا (مانند نصب مافلرها و غیره، کاهش انتشار صدا در محیط مانند نصب جاذب‌ها، مانع‌ها و نصب محفظه‌های کامل می‌شود. کنترل اداری عبارتست از جابجایی و تعویض تجهیزات قدیمی و مستهلک شده، تعیین و اجرای مرتب برنامه تعمیرات و نگهداری وسایل. علاوه بر این، تغییرات در برنامه کارگران توسط محدود کردن زمان مواجهه، جزو مراحل مختلف کنترل اداری است.

### وسایل حفاظت فردی

در صورتی که اجرای روش‌های کنترل مهندسی به طور کامل نتواند صدا را به حد مجاز کاهش دهد. استفاده از وسایل حفاظت فردی می‌تواند بطور مکمل مورد استفاده قرار گیرد از این رو در چنین مواردی با انتخاب مناسب این وسایل از نظر راحتی کارگران به هنگام استفاده و همچنین موثر بودن آنها در کاهش صدا می‌توان شنوایی کارگران را حفاظت نمود.

### ارزشیابی از طریق ادیومتری

وضعیت شنوایی هر کارگر باید بطور دوره‌ای و منظم توسط شنوایی سنجی مورد بازرسی قرار گیرد. در صورتی که برنامه حفاظت از شنوایی بطور صحیح و موفقیت آمیز انجام گیرد، اودیوگرام افراد نباید تغییری در آستانه شنوایی آنها که ناشی از کار در محیط پر صدا است را نشان دهد. در صورت مشاهده هر نوع تغییر لازم

است افراد مسئول به چاره جویی بپردازند، هنگامی که تغییر در وضعیت شنوایی منشاء غیرشغلی داشته باشد، در اودیوگرام‌های مشخص شده و جهت تصحیح این ضایعه روش‌های اصولی اعمال خواهد شد، از جمله کاهش زمان مواجهه با صدا در محیط کار.

## منابع

1. Cox, I.R; (1958) *Industrial Noise and the Conservation of Hearing* in Patty, A.A. *Industrial Hygiene and Toxicology*, Interscience Publ. Inc; New York, P. 621.
2. Hamernik, R. and Henderson, D. and Solve. R. (1980). *New Perspective of Noise Induced Hearing Loss*, P. 511-18.
3. Hemond, C; J; 1983, *Engineering Acoustics Noise Control*. Prentice- Hall INC P. 135-136.
4. *Proposals for Noise Control Legislation Based on a Pilot Study of Noise in Tehran*, Department of the Environment, Bertlin Cooper Macdonald, 1977.
5. Myberg, A.A. 1990. *The Effects of Man-Made Noise on the Behavior of Marine Animals*, *Environment International*, Vol. 16, 575-586.
6. Brouen, A.L; 1990, *Measuring the Effect of Aircraft Noise on sea Birds*, *Environment International*, Vol. 16, P. 587-592.
7. Koszarng-Z, Gorynski, P; 1990. *Exposure of School Children and Tea chers to Noise at School*, *Rocz-Panstw-Zakl-Hig.41(5-6):P.297-310*.
8. Baumbach- W; Morstedt-R; Skhulze-B; Wolke-G; Ullmannk; Grossmann-G, 1990. *New Aspects of the Traffic Noise Problem in the Inner City Area*, *Z-Gesamte-Hye. 36 (4)*, PP.204-6.
9. Schulze-B; Wolke-G; Morstedt-R; Ullmann-R; Grossmann-G, 1990, *Street Traffic Noise and Stress Experience*, *Z-Gemate-Hgg;36(4):P.201-3*.
10. Kawabata-T, (1991) *Effects of Tohoku Shinkasen Noise on Living Environment of School Children- Changes with the Increase of the Maximum Train Speed*, *Nippon Koshu- Eix- Zasshi*, 34(1) P.52-63.
11. Ohrstrom, E; and Rylander, R; 1990, *Sleep Disturbance by Road Traffic Noise A laboratory Study on Number of Noise Events*, *J. Sound and Vibratin*, 143 (1), PP. 93.
12. Kuno, K; Oiso, Y; Misoina, Y; 1993, *Comparison of Noise Environment of Residences in Nagoga, Japan and in Beijing*, *Coina, Applied Acoustics. 40*, P.153-67.
13. Paul A. Bel et al; *Environmental Psychology*, Holt Rineoart and Wins ton, inc, Printed in USA.
14. Berger, EH. Word, WD, Morill, JC. Royster, LH. (1986). *Noise and Hearing Conservation Manual*, Am. Ind. Hyg. Asso.

- ۱۵ - اکبرخانزاده، ف، قیامی الف (۱۳۵۳). بررسی و کنترل صدا در کارخانه چیت سازی تهران، از انتشارات علمی دانشکده بهداشت و موسسه تحقیقات بهداشتی، نشریه شماره ۱۸۶۷، دانشگاه تهران.
- ۱۶ - اکبرخانزاده، ف، قیامی الف (۱۳۵۳). کاهش آستانه شنوایی کارگران بافنده در اثر سروصدای زیاد. مجله بهداشت ایران، جلد دوم، صفحات ۳۵۴۳+
- ۱۷ - پرویزپور، د؛ مشکى، پ (۱۳۵۶). سروصدا در صنایع نساجی، مجله بهداشت ایران، جلد سوم، صفحات ۷۸-۷۷+
- ۱۸ - رنجبران، م (۱۳۶۲). بررسی تغییرات فونکسیون‌های ریوی و آستانه شنوایی کارگران در رابطه با عوامل محیط کار، پایان نامه فوق لیسانس، دانشکده بهداشت، دانشگاه تهران.
- ۱۹ - پرویزپور، د، اکبرخانزاده، ف (۱۳۶۰). افت دائم شنوایی در اثر سروصدا محیط کار، مجله نظام پزشکی، سال هشتم، شماره ۲، صفحه ۹۳+
- ۲۰ - میرمبین پ (۱۳۶۳). اختلاف شنوایی و گفتاری ناشی از کار، از مجموعه مقالات دومین سمینار ایمنی و بهداشت کار، وزارت کار و امور اجتماعی.
- ۲۱ - بیگلرپور س (۱۳۶۴). بررسی افت شنوایی ناشی از سروصدا در کارگران بافنده. پایان نامه کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای و حفاظت صنعتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، صفحه ۶۰+
- ۲۱ - مکانیک م. نقشه ترازبندی صدا در شهر تهران، نشریه شماره ۶۵، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، دی ماه ۱۳۶۲+
- ۲۲ - طرح جامع بررسی آلودگی صدا (۱۳۷۹-۱۳۷۴). سازمان حفاظت محیط زیست.
- ۲۳ - نصیری پ (۱۳۷۳). مبانی اکوستیک در ساختمان، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ۲۴ - ضوابط و مقررات صدابندی در ساختمان‌ها (۱۳۷۵). انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ۲۵ - طاهری نامقی م (۱۳۷۵). بررسی میزان صدا و اثرات ذهنی روانی آن بر روی اپراتورهای مخابرات. پایان نامه کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای.