مقرر حماية البيئة – السنة الخامسة

الأستاذ الدكتور بسام العجي

قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

التلوث بالضجيج
Noise Pollution

2024-2025

[Damascus university- CE Faculty]

Environmental protection

تعاريف :

الضجيج Noise: هو الصوت غير المرغوب فيه. ويعتبر غير مرغوب لعدة اسباب: فقد يسبب فقدان السمع, أو قلة النوم , أو يكون له تاثير ضار على فيزيولوجية الانسان , أو أنه يسبب الضجر.

وهندسياً الضجيج: هو الصوت الذي يزيد في شدته عن المعدل المقبول للمكان والزمان الذي ينتشر فيه. فشدة الصوت في المصانع لايمكن قبولها في المنازل وشدة الصوت في النهار لايمكن قبولها في الليل.

التلوث الضوضائي (التلوث الصوتي) Noise pollution: التغير المستمر في أشكال حركة الموجات الصوتية بحيث تجاوز شدة الصوت المعدل الطبيعي المسموح به للأذن.

يمكن للاذن البشرية السليمة ان تدرك الموجات الصوتية التي يتراوح مداها بين 20 – 20000 Hz , لكن المدى السمعي الحساس يتراوح بين 250 – 4000 Hz . وتسمى النغمات التي يزيد ترددها عن 20000 Hz بالنغمات فوق الصوتية.

ونظراً لوجود فرق كبير في قيمة الضغط بين حد السمع وحد الألم تم اعتماد الديسيبل Decibel (dB) لقياس مستوى ضغط الصوت. الديسيبل هي وحدة لوغاريتمية تمكننا من عرض الأرقام الكبيرة جداً والصغيرة جداً على رسم بياني واحد.

ضغط الصوت µpa		مستوى ضغط الصوت dB
2,000,000,000	المحرك النفاث	160
200,000,000	انفجار مدفع – عتبة الألم	140
20,000,000	المنشار الكهربائي	120
2,000,000	الحفار الكهربائي	100
200,000	المكنسة الكهربائية	80
20,000	المحادثة	60
2,000	غرفة هادئة	40
200	الهمس	20
20	حد السمع	0

لا تحدث الأصوات ذات 120 ديسيبل أو أكثر، إحساساً بالسمع في الأذن، وإنما تُحدث إحساساً بالألم. والديسيبل هر عُشر البل bel والبل هو وحدة قياسية عُرفت بهذا الاسم نسبة إلى **أَلِكْسَنْدَر جراهام بِلْ.**

مصادر الضجيج Sources of Noise:

المصادر الرئيسية للضجيج هي النشاطات الصناعية والمدنية والتجارية ووسائط النقل بالاضافة الى المعدات والادوات البيتية. المصادر الرئيسية للضجيج الناتج عن وسائل النقل هي محرك العربات بما فيها الباصات والشاحنات والطائرات والدرجات النارية. الضجيج الصناعي والمدني والتجاري صادر من المصانع ونشاطات الابنية. مصادر معدات البناء هي المعدات الكهربائية وضاغط الجو وحركة الارض وصوت الشاحنات وعربات جمع القمامة ورافعات الديزل وجنزير المنشار. أما الضجيج السكني فهو مرتبط بغسلات الصحون ومكيفات الهواء وجزارات العشب الكهربائية ومضخمات الصوت.

الأسباب العامة لارتفاع الضجيج في المعدات:

عمر المعدات؛ تلف العوازل الصوتية؛ التروس المتآكلة؛ نقص التشحيم؛ الاهتزاز ؛ عدم فعالية الصيانة الدورية.

أجهزة قياس مستوى ضغط الصوت: هنالك نوعين من أجهزة القياس:

النوع الأول: مستوى الدقة 1 ديسيبل، يستخدم لأخذ عينات من بيئة العمل والسكن.

النوع الثاني: جهاز يقوم بتسجيل جرعات الضجيج خلال فترة زمنية محددة. يثبت الجهاز على جسم الفني ويتم تثبيت اللاقط قريباً من الأذن ويستخدم لحساب كميات التعرض الكمي للصوت.

النوع الأول

النوع الثاني

تأثيرات الضجيج على الصحة العامة Effects of Noise–A Health Hazard:

يعتبر التلوث بالضجيج مشكلة بيئية ومكانية. يمكن ان يسبب الضجيج المفرط فقدان مؤقت او دائم في السمع. تسبب الاصوات العالية أعراضاً نفسية فقد تؤدي إلى فقدان التركيز وخاصة في الأعمال الذهنية، والشعور بالضيق والتوتر العصبي، والإصابة بالصداع وآلام الرأس وفقدان الشهية. كما تسبب الاصوات العالية أعراضاً فيزيولوجية فقد تؤدي إلى ضعف السمع وزيادة افراز الغدة النخامية وارتفاع ضغط الدم وزيادة حساسية الجسم لهرمون الأدرينالين. يختلف رد فعل الفرد تجاه الضجيج تبعاً لعمره ولجنسه ولخلفيته الاجتماعية والاقتصادية. وللضجيج تاثيرات أخرى كتخفيض أسعار العقارات وزيادة تكاليف البناء وزيادة التكاليف الاستثمارية للمنشآت الاقتصادية نتيجة ارتفاع المدفوعات الاقتصادية على تعويضات العمال المتعرضين لأخطار الضجيج.

طرائق التحكم بالضجيج:

يمكن التحكم بالضجيج من خلال:

- ☐ عملية السيطرة المصدرية Source control تخفيض الضجيج من المصدر وهي النوع المفضّل من السيطرة وقد يكون الوسيلة الأكثر فاعلية في السيطرة على الضجيج، فمن الأفضل تخفيض الضجيج في مصدره وهذا يتضمن ترسيخ أهداف واضحة ومعقولة وإلزامية للتصميم على الضجيج للمصنعين والمركبين. يتضمن التحكم بالضجيج عن طريق استخدام أدوات بناء أكثر هدوءاً, استخدام عوازل اهتزاز, أنظمة إنتاج جديدة, تقديم معلومات تعريفية للمستهلك, تحسين إنشاء الأبنية واستخدام أغطية حماية مطاطية وحشوات وبطانات وموانع ضجيج, التخطيط والتقسيم المتوافق للأراضي وإعلام العموم بالتأثيرات الضارة للضجيج وطرق تخفيضه إلى مستويات مقبولة. قد تشمل الأنظمة والقوانين الضجيج البيئي بشكل عام والضجيج الصناعي وضجيج المركبات والطائرات, بالإضافة إلى كودات البناء والإنشاء, وكودات الإسكان, والكودات الصحية, وكودات مصادر الضجيج. عادة التبني والالتزام الفعال بأنظمة عملية وحازمة وحماية العمال من مستويات الضجيج المهني العالية.
- ☐ السيطرة على طرق انتقال الضجيج، عن طريق دراسة عزل الاهتزاز، وسياج المصدر، والصوّت الممتص من المواد.
- ☐ السيطرة الإدارية وحماية المتلقي Administrative controls. ولكن بعد كلّ محاولة تخفيض الضجيج من المصدر يمكن أن يبقى الضجيج المتولد في الهواء و/أو الضجيج المتولد في المواد الصلبة غير مرغوباً. في بعض الحالات الصناعية، يبقى الضجيج عالياً حتى بعد كل محاولات تخفيض الضجيج من المصدر والسيطرة على طرق انتقال الضجيج، لذلك فالسيطرة الإدارية ستكون مهمة للدراسة وسيكون استخدام أدوات الحماية السمعية الشخصية السبيل الأخير للمستخدمين. تلجأ المجموعات إلى القوانين التي تحد مستويات الضجيج وتحد من ساعات تشغيل التجهيزات والنشاطات المصدرة للضجيج .

تعنبر عملية تصميم المناطق بهدف فصل مصادر الضجيج عن المناطق السكنية والاستخدامات الحسّاسة الأخرى من طرائق السيطرة على الضجيج.

الإجراءات الوقائية العامة للتحكم بالضجيج والاهتزاز:

1- **تعميق ونشر الوعي.**

2- **التخفيف من الضجيج داخل المدارس والمشافي بزراعة** باحات ومحيط المدارس وطرقات وباحات المشافي واحاطتهم **بحزام من الأشجار** لأن الأشجار تلعب دور المصد والمشتت للأصوات إذ أن كل صف من الأشجار يخفض الضجيج بنحو 1.5 ديسبل كما أن الأشجار المورقة تمتص 25% من الأصوات الساقطة عليها.

3- **تطبيق القوانين مثل قانون السير** ومنع استعمال منبهات السيارات ومراقبة محركاتها.

4- تطبيق **قرار منع الدراجات النارية والعربات ذات الثلاث محاور.**

5- مراعاة **عدم مرور الطائرات** فوق المدن والمناطق الأهلة بالسكان.

6- **الطرق المحلقة حول المدن** لمنع السيارات الكبيرة والشاحنات من المرور داخل المدينة.

7- متابعة تنفيذ منع استعمال **مكبرات الصوت** وأجهزة التسجيل في الشوارع والمحلات العامة.

8- إلزام أصحاب **الصناعات** التي يصدر عنها ضجيج **بوضع الأجهزة المصدة للضجيج على أرضيات عازلة أو مواد عازلة للصوت** بحيث لا تنتشر الموجات الصوتية إلى الخارج إضافة لتوعية عمال هذه الصناعات باستعمال كواتم الصوت على آذانهم.

9- إعادة النظر **بتخطيط وتنظيم بعض المناطق في المدن** وتعريض شوارعها وتشجيرها للتقليل من الضجيج.

10- **إحاطة المدن بحزام أخضر** وزيادة مساحة الحدائق والمنتزهات وزراعة الشوارع والمنصفات والأرصفة.

11- **نقل الصناعات المضرة** بالصحة والبيئة التي ينتج عنها ضجيج مثل الحدادة والبلاط والرخام وإصلاح السيارات لخارج الحدود الإدارية للمدن، وإنشاء مناطق صناعية خاصة لها.

التحكم بالضجيج الصناعي:

- اختيار مواقع بناء معزولة أو مساحات تحوي مستويات عالية لارتداد الضجيج (الضجيج الأساسي). كما يجب أخذ طبوغرافية المكان والرياح السائدة بعين الاعتبار, بالإضافة إلى هندسة المناظر الطبيعية والمصدات لتخفيض حركة مسار الضجيج في المكان الذي يمكن أن يسبب في أذى أو إزعاج.
- تخطيط عملية البناء بحيث يتم **فصل وعزل العمليات التي تسبب الضجيج عن المناطق الهادئة.**
- تأمين عمليات بديلة ذات مستويات ضجيج منخفضة للعمليات ذات الضجيج المرتفع مثل استخدام اللحام بدلاً من التثبيت بالمسامير, ضغط المعادن بدلاً من طيها وحدادتها, التثبيت بالضغط بدلاً من التثبيت بضغط الهواء, واستخدام قشاط المحرك بدلاً من الدولاب المسنن أو الترس.
- اختيار معدات جديدة بأقل مستوى ضجيج ممكن (أيضاً تعديل المعدات بأفضل كواتم صوت).
- تخفيض الضجيج في مصدره خلال صيانة الآليات, استخدام دروع آمنة وأغطية واستبدال الأجزاء البالية وتخفيض القوى المحركة وتخفيض حركة السطوح المهتزة, استخدام مخففات صوت ووصلات وحلقات مرنة, استخدام ملحقات كلية أو جزئية مع مواد ماصة للصوت (أيضاً التغطية أو استخدام مواد ماصة للصوت في المعادن لتخميد الضجيج الناجم عن الاهتزاز), عزل الاهتزاز وانتقاله.
- استخدام مواد ماصة للصوت للحد من انعكاسات الضجيج.
- التحكم في الضجيج في قنوات التهوية أو الأنظمة الناقلة.
- استخدام واقيات الأذن للموظفين.

إذا حدد مستوى الصوت المكافئ من عدد من القياسات أو التنبؤات التمثيلية الآنية تكون معادلة الحصول على محصلة الضجيج وفق الشكل التّالي:

$$L_{eq} = 10 \lg\left[(1/N)\sum_{i=1}^{N} 10^{L_i/10}\right].$$

مثال: تقدير مستوى الصوت المكافئ *Equivalent Sound Level*: أخذ بعين الاعتبار أربع فترات بتتابع 15دقيقة كانت مستويات الصوت التمثيلية هي 55, 58, 56 and 70 dBA على التوالي. حدد مستوى الصوت المكافئ لتلك الساعة.

الحلّ: يمكن أن نرى بأنّ مستويات الصوت الأعلى تميل إلى السيطرة عندما نحدد L_{eq} .

$$L_{eq} = 10 \lg(1/4)\left(10^{55/10} + 10^{58/10} + 10^{56/10} + 10^{70/10}\right)$$
$$= 64.5 \text{ dBA}.$$

نلاحظ أن معدل مستوى الصوت المتوسط أي 59.8 =4/(70 +56+ 58 + 55 ليس له أهمية.