

## **Allegato B**

### **Contenuti generali per un corso di perfezionamento rivolto a tecnici in acustica (durata minima di 180 ore).**

Il corso deve rispondere ai requisiti tipici di un corso annuale di perfezionamento e di aggiornamento professionale universitario di almeno 180 ore dall'elevato contenuto tecnico scientifico fornendo conoscenze avanzate per l'analisi e la soluzione dei problemi riguardanti l'inquinamento acustico ambientale e la qualità acustica degli ambienti di vita e di lavoro ed approfondendo le tematiche riguardanti la progettazione e gestione acustica del territorio.

Devono essere previste delle prove di accertamento per il superamento del corso che devono essere, almeno in parte, di tipo pratico-progettuale ed avere come argomento la misura e la valutazione del rumore ambientale, i progetti di bonifica, le tecniche di zonizzazione acustica ed i metodi di redazione dei piani di risanamento.

Il corso dovrà trattare - anche con diversi gradi di accuratezza - tutti gli argomenti relativi all'acustica ambientale ed edilizia, nonché trattare la materia relativa al fenomeno delle vibrazioni. Il corso dovrà necessariamente includere un cospicuo numero di ore di attività metrologiche di laboratorio o sul campo.

Il corpo docente dovrà essere costituito da soggetti dalla comprovata professionalità dimostrata attraverso la presentazione di adeguato curriculum formativo e professionale.

Gli argomenti trattati all'interno di un corso di perfezionamento in acustica ambientale possono essere

suddivisi in nove sezioni la cui specificità e contenuto definiscono poi il livello di completezza e quindi l'obiettivo che il corso stesso si prefigge almeno in termini di formazione. L'elenco seguente riguarda dunque il contenuto generale delle diverse sezioni mentre gli specifici argomenti possono essere contestuali a più sezioni.

Mentre le sezioni dovrebbero seguire l'ordine proposto, i singoli argomenti possono essere trattati in un ordine non necessariamente prestabilito. Le specificità dei temi trattati all'interno di ciascuna sezione possono certamente essere variate così come pure il grado di approfondimento dei singoli argomenti. Rimane tuttavia necessario considerare tutte le tematiche proposte al fine di fornire al corso un contenuto sufficientemente eterogeneo e necessario ad una completa formazione degli operatori tecnici. Gli argomenti riportati di seguito sono quelli trattati in un tipico corso della durata di almeno 180 ore, strutturato in 2/3 di didattica frontale (attività teoriche) ed 1/3 di attività metrologica e di laboratorio (attività pratiche).

1. Fondamenti di acustica;
2. Acustica psicofisica;
3. Tecnica fonometriche e cenni metrologici;
4. Teoria del campo libero;
5. Teoria del campo riverberato;
6. Acustica ambientale;
7. Acustica in edilizia;
8. Acustica in ambienti di lavoro;
9. Teoria delle vibrazioni.

La prima sezione riguarda gli argomenti fondamentali per comprendere il fenomeno sonoro con l'eventuale richiamo ai metodi matematici tipicamente utilizzati nello studio dei

fenomeni acustici. In generale in questa sezione sono trattati i fenomeni di generazione del suono e i meccanismi fisici di propagazione, sono definite le grandezze fisiche di riferimento e sono fornite - anche in forma di sintesi - le soluzioni dell'equazione d'onda.

La seconda sezione riguarda la fisiologia dell'apparato uditivo e i fenomeni relativi alla percezione del suono. Può risultare importante introdurre già in questa sezione la parametrizzazione della diversa sensibilità dell'orecchio umano alle diverse frequenze citando dunque le curve isofoniche e l'utilizzo dei filtri di ponderazione.

Le modalità con cui viene realizzata una catena di misura, le principali caratteristiche dei microfoni, la gestione analogica e digitale del segnale in ingresso al fonometro sono i primi argomenti trattati nella terza sezione. Saranno inoltre trattate le tecniche di misura, l'analisi temporale del segnale, le costanti di tempo, l'analisi in frequenza. Scopo principale di questa sezione è quello di fornire le indicazioni necessarie alla comprensione del funzionamento di un fonometro o di un analizzatore di spettro.

Le sezioni quattro e cinque - dal contenuto piuttosto teorico - riguardano i meccanismi di propagazione del suono in campo libero e in campo riverberante. Nel primo caso saranno affrontate le principali linee guida usate per la stima dei livelli in ambiente esterno considerando i meccanismi fisici che intervengono durante la propagazione: divergenza geometrica, riflessioni, diffrazioni su ostacoli, effetto del terreno, assorbimento atmosferico, etc.... Il secondo caso riguarda invece i fenomeni che intervengono in un campo acustico confinato in un ambiente chiuso. In particolare sarà trattato: la propagazione del rumore in campo riverberante o semiriverberante, l'assorbimento acustico, l'isolamento

acustico, tempo di riverberazione e caratteristiche dei sistemi di materiali fonoassorbenti o fonoisolanti.

Gli argomenti trattati nelle sezioni sei e sette sono strettamente correlati a quelli delle due sezioni precedenti in quanto ne costituiscono una sorta di applicazione su casi concreti.

L'ambito dell'acustica ambientale riguarda lo studio e la disciplina delle attività rumorose che, in varie forme e con varie modalità, possono generare un impatto acustico significativo nell'ambiente esterno o interno. L'applicazione delle tecniche di calcolo relative al campo riverberato permette di affrontare lo studio dei requisiti acustici passivi degli edifici, la rumorosità generata dagli impianti tecnici di servizio e in generale l'analisi del campo acustico in ambiente confinato.

Una accurata descrizione delle norme, delle leggi e delle disposizioni (europee, nazionali, regionale e locali) che regolano e disciplinano le sorgenti e le attività rumorose, delle norme che fissano valori minimi per i requisiti acustici passivi degli edifici e le norme tecniche principali o comunque più frequentemente utilizzate (fonte UNI, ISO, CEN) sono parte sostanziale delle tre sezioni appena citate. In effetti diverse tecniche di studio (definizione dei protocolli di misura, messa a punto di tecniche di calcolo e stime previsionali, etc...) sono sviluppate proprio per rispondere alla domanda proveniente dalla normativa. Nell'eventualità che un operatore tecnico debba affrontare misure per la stima dei livelli di esposizione ai sensi del DL 277/91 si rende necessario affrontare anche qualche argomento relativo al rumore professionale.

La sezione nove riguarda sostanzialmente la normativa tecnica attualmente disponibile che indica le grandezze

fondamentali del fenomeno vibrazionale, le principali tecniche di misura e i valori limite presi a riferimento. In questa sezione possono essere descritte esperienze ed attività che hanno prodotto risultati a carattere sistematico che consentono di indagare meglio le dinamiche di generazione e propagazione del fenomeno sismico.

Di seguito sono elencati i principali argomenti relativi alle diverse sezioni indicate:

- Fondamenti di acustica:
  - ✓ Elementi di fisica e di matematica del fenomeno acustico;
  - ✓ Onde piane, sferiche, soluzione dell'equazione d'onda, pressione efficace;
  - ✓ Riflessione, rifrazione, impedenza, intensità, potenza;
  - ✓ Descrittori del livello sonoro e composizione dei livelli;
  - ✓ Analisi in frequenza, bande in frequenza;
  - ✓ Esercizi ed esempi.
- Acustica psicofisica:
  - ✓ Meccanismi di percezione;
  - ✓ Sensibilità dell'organo uditivo; curve di ponderazione;
  - ✓ Danni uditivi transitori e permanenti all'udito.
- Tecnica fonometriche e cenni metrologici:
  - ✓ Descrizione e valutazione dei fenomeni rumorosi;
  - ✓ Analisi in frequenza;
  - ✓ Filtri, curve di ponderazione, analisi temporale;
  - ✓ Livello equivalente, SEL, analisi statistica;
  - ✓ Il fonometro, l'analizzatore di spettro, il microfono, la calibrazione e la taratura;

- ✓ Metodi e tecniche di misura.
- Teoria del campo libero:
  - ✓ Propagazione del suono in campo libero;
  - ✓ Sorgenti in campo libero, direttività, attenuazione, divergenza, diffrazione;
  - ✓ Barriere acustiche fonoassorbenti e metodi di valutazione;
  - ✓ Modelli generali di propagazione in campo libero.
- Teoria del campo riverberato:
  - ✓ La propagazione del suono in campo riverberato e semiriverberato;
  - ✓ Assorbimento acustico, tempo di riverbero, materiali fonoassorbenti;
  - ✓ Potere fonoisolante ed isolamento dai rumori trasmessi per via aerea e strutturale.
- Acustica ambientale:
  - ✓ Legge quadro e decreti attuativi in materia ambientale;
  - ✓ La direttiva europea in materia di acustica ambientale;
  - ✓ Tecniche e metodi di classificazione acustica del territorio;
  - ✓ La valutazione di impatto acustico;
  - ✓ Applicazione della modellistica previsionale in campo ambientale;
  - ✓ Tecniche di previsione della rumorosità generata dai sistemi di trasporto: stradale, ferroviario, aeroportuale, tranviario;
  - ✓ Tecniche di riduzione del rumore in ambienti industriali (bonifiche acustiche).
- Acustica in edilizia:

- ✓ Determinazione del potere fonoisolante;
- ✓ Sistemi e materiali per l'isolamento acustico;
- ✓ Metodi previsionali per la valutazione dei requisiti acustici passivi degli edifici;
- ✓ Valutazione e controllo delle sorgenti sonore interne agli edifici.
- Acustica in ambienti di lavoro:
  - ✓ D.Lgs. 277/91, testo unico sulla sicurezza;
  - ✓ Il recepimento delle direttive europee;
  - ✓ Modelli previsionali in ambienti di lavoro.
- Cenni alla teoria delle vibrazioni:
  - ✓ La norma UNI 9614, ISO 2631-I,
  - ✓ Sorgenti di livelli vibrazionali (di tipo puntuale, infrastrutture di trasporto: strade, ferrovie, tranvie);
  - ✓ Metodi di misura ed analisi delle vibrazioni;
  - ✓ Direttiva 2002/44/CE.