IMPAGINATO N.5 10-11-2004 12:42 Pagina 15

Progettazione acusticamente compatibile delle strutture ospedaliere

Sergio LUZZI

Questo lavoro nasce da una serie di esperienze scientifiche e professionali comprendenti la verifica dei requisiti acustici delle strutture ospedaliere, il collaudo acustico dell'impiantistica in esse collocata, l'analisi della rumorosità ambientale caratteristica degli ambienti ricettore maggiormente esposti, la progettazione di interventi di bonifica e mitigazione acustica.

Nella prima parte vengono esaminati dal punto di vista dell'impatto acustico gli impianti e le strutture di un complesso ospedaliero di grandi dimensioni. Vengono descritte le metodologie di analisi acustica considerando l'edificio ospedale e l'insieme delle attività sia come sorgenti che come ricettori di rumore.

Partendo dalla previsione del clima acustico ante operam, si evidenziano le fasi caratteristiche di: analisi acustica delle sorgenti interne ed esterne alla struttura ospedaliera; valutazione dell'impatto acustico degli impianti; valutazione dei requisiti acustici passivi dell'edificio.

Nella seconda parte si riportano i primi risultati di un progetto per la definizione di un sistema di procedure e regole tecniche per la progettazione acusticamente compatibile delle sale operatorie, facendo riferimento ai risultati di uno studio di caso realizzato presso l'Ospedale di Santa Maria Nuova a Firenze.

Parole chiave: acustica, requisiti, impatto, comfort, strutture ospedaliere, sale operatorie.

1. L'INQUINAMENTO ACUSTICO NEGLI OSPEDALI

Con l'evolversi della tecnologia, il livello di rumore presente all'interno delle strutture ospedaliere è notevolmente aumentato, tanto da essere percepito come potenzialmente dannoso sia per i pazienti, nei quali il rumore può generare effetti psicologici nocivi, che per il personale medico, per cui esiste il rischio di diminuzione della concentrazione e quindi di incremento della possibilità di compiere errori.

La legge italiana definisce le aree ove sono presenti ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili come «area particolarmente protetta» e prevede, con riferimento alla classificazione acustica del territorio comunale, limiti di clima acustico da rispettare pari a 50 dB(A) nel periodo diurno e pari a 40 dB(A) nel periodo notturno e, con riferimento ai requisiti acustici passivi degli edifici, impone per gli indici RW (indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti), D2m.nT.W (indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata), Ln.W (indice del livello di rumore da calpestio di solai) e del rumore prodotto dagli impianti tecnologici a ciclo continuo e discontinuo, limiti più restrittivi, rispetto a quelli previsti per gli altri tipi di ambienti abitativi.

Gli ospedali sono suscettibili di inquinamento acustico come tutti gli altri luoghi di lavoro; alcune ricerche hanno paragonato il livello di rumore misurato nelle sale operatorie a quello di una strada con elevati volumi di traffico. Lo staff medico e i pazienti sono sottoposti a un insieme di suoni che includono, oltre al parlato, quelli prodotti dalle macchine elettromedicali, dai condizionatori, dai telefoni, dagli strumenti chirurgici, dagli sterilizzatori, dallo sbattere degli strumenti in contenitori metallici; questo rumore può costituire un rischio, in quanto va a incidere sulla concentrazione degli operatori, producendo interferenze nella comunicazione, creando disturbi nel sonno e aumentando i livelli di stress per i pazienti, soprattutto in quelli ricoverati nelle unità di terapia intensiva e in quelli sottoposti ad operazioni chirurgiche, sia nelle fasi di induzione che di risveglio dall'anestesia.

Vari studi, realizzati principalmente negli Stati Uniti, si sono occupati di cercare una correlazione fra rumore presente negli ospedali e situazioni di stress fisico e psicologico nei pazienti ricoverati, dimostrando che, perfino all'interno degli ambienti considerati più critici e sensibili (sale operatorie, sale di induzione e risveglio dall'anestesia, unità di terapia intensiva, reparti neonatali) si misurano livelli di rumore vicini a 70 dB(A), molto lontani dai 35 dB(A) caratteristici di un quartiere residenziale durante il periodo notturno e comunque molto superiori a quelli di 40-45dB(A) per il periodo di riferimento diurno e 35 dB(A) per il periodo di riferimento notturno, generalmente raccomandati come massimi a livello internazionale (National Institute for Occupational Safety and Health United States Environmental Protection Agency for Health Care Facilities).

I risultati di tali ricerche, applicati a modelli di correlazione fra agenti stressanti legati all'ambiente, variabili soggettive personali e salute fisica e/o mentale, hanno dimostrato una notevole influenza dei livelli di rumore sulla qualità del sonno; il riposo di soggetti esposti al rumore presente in una unità di terapia intensiva, confrontato con quello di altrettanti esposti a livelli di rumore molto inferiori, risulta disturbato da numerosi fattori: maggior tempo per addormentarsi, minor durata del sonno, più risvegli durante il sonno, maggior numero di cambiamenti di fase durante il sonno, ecc.

Benché sia chiaro che esistono complesse relazioni fra ambienti generatori di stress, interventi per ridurre lo stress e salute, queste ricerche dimostrano che i livelli di rumore riscontrati in alcuni reparti delle strutture ospedaliere sono talmente elevati da qualificare tali ambienti come ambienti stressanti.

Risulta quindi fondamentale, in quest'ottica, una progettazione acusticamente compatibile delle strutture ospedaliere, basata:

– su una attenta valutazione dell'area ove costruire, ove siano rispettati i limiti di clima acustico previsti dalla legge per le aree particolarmente protette;

– sul rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici previsti dal DPCM 5.12.97;

– sulla scelta di materiali di rivestimento con opportune caratteristiche di fonoassorbimento e fonoisolamento;

– sull'organizzazione del layout dei diversi ambienti in base alla loro destinazione d'uso;

– su una opportuna disposizione di macchinari e strumentazione.

2. PROGETTAZIONE ACUSTICAMENTE COMPATIBILE

Il percorso metodologico per la progettazione acusticamente compatibile di una struttura ospedaliera può essere strutturato in tre grandi fasi:

A. Valutazione del clima acustico ante-operam

B. Valutazione dell'impatto acustico degli impianti e delle attività

C. Valutazione di massima dei requisiti acustici passivi dell'edificio

Le fasi A e B descritte dettagliatamente in seguito sono volte a produrre la documentazione prevista dalla L.447/95 e dai suoi decreti attuativi nazionali e regionali e rispondono a quanto richiesto dalla norma UNI 8199 e dalla rimanente normativa in materia di collaudo acustico degli impianti. Con la fase C si verifica il rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici, previsto dal d.p.c.m. 15-12-1997 e dalle specifiche norme ISO e UNI, mediante prove e verifiche comprendenti rilevazioni fonometriche con strumentazione ad hoc e calcolo di indici e parametri indicanti l'entità delle caratteristiche di fonoisolamento e fonoassorbimento delle pareti e, più in generale delle strutture.

2.1. *Clima acustico ante-operam*

Per quanto riguarda la VALUTAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO OPERAM si fa riferimento:

– alla Legge 447/95 («Legge quadro sull'inquinamento acustico») e ai suoi successivi decreti attuativi, in particolare al D.P.C.M. 14-11-1997;

– all'insieme della normativa e legislazione vigente in materia di analisi e progettazione acustica, rilevazioni fonometriche, impatto ambientale;

– all'insieme degli strumenti urbanistici e di classificazione del territorio interessato, approvati o in via di approvazione.

Si deve effettuare innanzitutto l'*analisi acustica dello scenario di misura.*

Questa comprende:

– la raccolta di informazioni sul territorio, sulle destinazioni d'uso, sulle classificazioni acustiche, presso i Comuni, gli enti e i soggetti interessati;

IMPAGINATO N.5 10-11-2004 12:42 Pagina 16

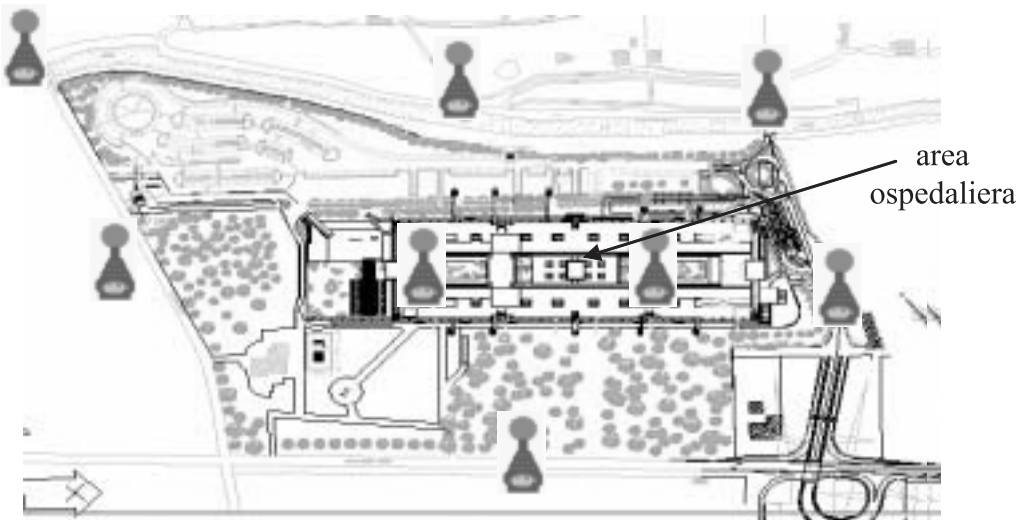


Figura 1 - Ipotesi di collocazione delle postazioni di misura per la valutazione del clima acustico ante-operam al perimetro e all'interno dell'area ospedaliera

– lo studio accurato delle sorgenti preesistenti di rumore lineari e puntiformi e della caratterizzazione delle emissioni;

– l'analisi delle sorgenti puntiformi principali, dei volumi di traffico delle sorgenti lineari principali, nonché delle rispettive caratteristiche di trasmissione acustica in ambiente esterno;

– la definizione del modello acustico di propagazione e di immissione nell'area;

– l'individuazione delle aree eventualmente comprendenti ambienti abitativi;

– la stesura della mappa di intervento con definizione delle postazioni di misura, perimetrali e interne all'area di insediamento rappresentative dei fronti di emissione e delle direzioni di propagazione significative (nella figura 1, riferita al Nuovo Ospedale della Versilia, è riportata una ipotesi di collocazione delle postazioni di misura nello scenario di destinazione dell'opera, con sovrapposto il progetto del nuovo insediamento).

Si deve quindi procedere alla *valutazione dei livelli di rumore residuo che definiscono il clima acustico delle varie postazioni nella situazione precedente l'insediamento.*

Questa valutazione comprende:

– una campagna di rilevazioni fonometriche nei periodi di riferimento diurno e notturno, nelle postazioni sopra individuate;

– l'effettuazione dei calcoli e delle correzioni previste da leggi e norme ISO specifiche;

– la definizione dell'atmosfera acustica della zona in assenza di contributi alle emissioni provenienti dall'insediamento;

– la rappresentazione dei livelli misurati ed elaborati in nella forma grafica e tabulare prevista dalla legge.

In particolare per le strutture ospedaliere della Regione Toscana si deve far riferimento allo schema di presentazione della valutazione di clima acustico descritto nei «Criteri per la redazione della valutazione di clima acustico (L.R. 89/98)» definiti dalla deliberazione n.788 G.R. del 13/07/99. comprendente:

1. una planimetria fedele alla situazione attuale dell'area per l'individuazione delle sorgenti principali che influenzano il clima acustico;

2. la misurazione del clima acustico in assenza di contributi provenienti dalla realizzazione dell'opera;

3. la descrizione della classificazione acustica del territorio;

4. un'analisi delle modificazioni prodotte dalla realizzazione dell'opera sulle sorgenti sonore precedentemente individuate;

5. l'individuazione delle modificazioni di percorsi e flussi di traffico prodotte a regime dall'insediamento previsto.

Le indagini fonometriche per la definizione del clima acustico presso l'area del nuovo insediamento ospedaliero devono riferirsi anche alle posizioni relative delle sorgenti significative e dei ricettori sensibili, esterni e interni alla struttura, individuando le situazioni di maggiore esposizione di questi ultimi al rumore.

I descrittori previsti dalla normativa italiana ed europea applicabili alle valutazioni di clima e di impatto acustico possono essere dedotti dalla misura dell'andamento giornaliero medio del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A. In pratica dai valori di L_{Aeq} misurati a intervalli non superiori all'ora si ricavano i vari L_{day}, L_{night}, L_{den}, previsti dalle norme e dalla recente proposta di Direttiva Europea oppure i livelli equivalenti relativi agli interi periodi di riferimento diurno e notturno; sono stati considerati anche i livelli percentili L_n, con particolare riferimento al livello L_{95} utilizzato come descrittore del rumore di fondo nel criterio comparativo o «della normale tollerabilità» di cui si fa sempre più largo uso per la risoluzione di contenziosi legali in materia di immissioni di rumore.

Fra le sorgenti di rumore da considerare in una rilevazione del clima acustico ante-operam per un nuovo insediamento a destinazione ospedaliera vi sono quelle che già producono il maggior contributo all'inquinamento acustico della zona e possono quindi influenzare l'atmosfera acustica degli spazi interni alla nuova struttura, determinando livelli di immissione disturbanti per i ricettori interni. Ad esempio, il rumore di fondo proveniente da sorgenti lineari quali infrastrutture stradali e ferroviarie caratterizzate da importanti volumi di traffico o da sorgenti puntiformi, quali insediamenti artigiani o addirittura industriali presenti nelle vicinanze.

Mollto importane è in questo contesto la scelta dell'area da destinare al nuovo insediamento e la corrispondente classificazione acustica. Per valutare l'impatto acustico sui ricettori esterni e il rispetto dei limiti assoluti, si dovranno infatti confrontare i livelli di emissione, di immissione e di qualità presso i ricettori con quelli previsti dal D.P.C.M. 14-11-97 per le classi I e II, che identificano rispettivamente aree particolarmente protette (fra cui quelle destinate a strutture ospedaliere) e aree prevalentemente residenziali, quali devono essere, per vincolo di contiguità fra le classi acustiche, quelle immediatamente circostanti gli insediamenti ospedalieri.

Si dovrà infine, sempre in sede di valutazione ante-operam, verificare che le caratteristiche urbanistiche dell'insediamento, siano pienamente corrispondenti a quelle descritte negli strumenti di pianificazione del territorio (piano regolatore, piano strutturale, piano urbano del traffico, ecc.) armonizzati, o da armonizzare con la classificazione acustica.

Si dovranno poi individuare, e prevederne l'entità, i contributi che le nuove sorgenti introdotte dalla struttura porteranno alle tipologie di rumore prodotte dalle sorgenti esistenti, cercando, in sede di progettazione delle opere di mitigazione, di far sì che le nuove sorgenti non determinano modificazioni significative delle emissioni prodotte da quelle precedentemente individuate: si pensi ad esempio a prevedere l'aumento dei volumi di traffico sulle vie di accesso alla struttura e alla distribuzione dei flussi veicolari nella viabilità interna e nelle aree destinate a parcheggio.

2.2. *Valutazione dell'impatto acustico*

La valutazione previsionale dell'impatto acustico prodotto dagli impianti presenti all'interno o nelle aree di pertinenza del nuovo ospedale, dalle attività proprie della struttura dalle attività indotte, si effettua con riferimento:

– alla Legge 447/95 («Legge quadro sull'inquinamento acustico») e dai suoi successivi decreti attuativi, in particolare al D.P.C.M. 14-11-1997;

– all'insieme della normativa e legislazione vigente in materia di analisi e progettazione acustica, rilevazioni fonometriche, impatto ambientale;

– all'insieme degli strumenti urbanistici e di classificazione del territorio interessato, approvati o in via di approvazione;

– all'analisi acustica dello scenario di misura già effettuata in occasione della valutazione del clima acustico ante operam e ai livelli residui caratteristici dell'area di interesse, risultanti da tale valutazione.

– alle caratteristiche di emissione sonora delle sorgenti;

– alle caratteristiche di propagazione dei cammini individuati;

– alle posizioni relative dei ricettori interessati dalle immissioni.

Si procede all'effettuazione della *valutazione previsionale dei livelli di rumore ambientale* mediante *misure e simulazioni,* comprendente:

– una campagna di rilevazioni fonometriche presso lo scenario sopra definito lungo le direzioni di propagazione sorgenti - ricettori, a distanze tali da consentire la corretta definizione dei valori di immissione e la verifica o correzione della legge di propagazione;

– una campagna di rilevazioni fonometriche in corrispondenza delle sorgenti in opera in modo tale da consentire la corretta definizione dei valori di emissione;

– l'effettuazione dei calcoli e delle correzioni previste da leggi e norme ISO specifiche;

– la definizione dei livelli di rumore presso i ricettori notevoli (interni ed esterni) provenienti da una serie di scenari di emissione simulati, basati sull'accensione degli impianti in due configurazioni: alla massima potenzialità e al regime standard di funzionamento previsto dal fabbisogno a regime stimato per l'opera.

– la rappresentazione dei livelli misurati e simulati di rumore ambientale in forma grafica e tabulare, omologa a quella del clima acustico ante-operam;

– il confronto dei livelli rilevati e calcolati con quelli di rumore residuo (vedi punto precedente) e con quelli dei limiti assoluti e differenziali previsti dalla normativa di riferimento.

Anche in questo caso per le strutture ospedaliere della Regione Toscana si deve far riferimento allo schema di presentazione dei risultati descritto nei «Criteri per la redazione della valutazione di impatto acustico (L.R. 89/98)» definiti dalla deliberazione n.788 G.R. del 13/07/99.

È possibile a questo punto iniziare a fornire indicazioni di massima sugli eventuali interventi di mitigazione da inserire nella progettazione dell'opera, con specifico riferimento alla propagazione verso ricettori esterni potenzialmente disturbati dalle sorgenti primarie o da quelle indotte.

Il contributo può comprendere:

– dimensionamento e collocazione ottimale di involucri e/o barriere fonoassorbenti da installare in prossimità delle sorgenti di rumore;

IMPAGINATO N.5 10-11-2004 12:42 Pagina 17

– dimensionamento e collocazione ottimale di barriere fonoassorbenti da installare in lungo i cammini di propagazione verso i ricettori;

– accorgimenti tecnici per limitare la trasmissione del rumore e delle vibrazioni dalle sorgenti alle strutture;

– eventuali misure procedurali con limitazione di impiego (potenza e contemporaneità di funzionamento) delle sorgenti più rumorose.

2.3. *Requisiti acustici passivi dell'edificio*

La verifica dei requisiti acustici passivi dell'edificio, necessaria soprattutto per verificare l'inquinamento acustico degli ambienti di lavoro e di degenza, a tutela dei ricettori interni (lavoratori e pazienti) deve far riferimento:

– alla Legge 447/95 («Legge quadro sull'inquinamento acustico») e ai suoi successivi decreti attuativi, in particolare al D.P.C.M. 14-11-1997 e al D.M.A. 16-03-1998;

– allo specifico D.P.C.M. 5-12-1997 «Requisiti acustici passivi degli edifici»;

– all'insieme della normativa ISO e UNI relativa alle misure e agli indici di valutazione dei requisiti acustici degli edifici e di parti di edificio.

Si deve prevedere l'analisi completa dei punti di trasmissione acustica e l'individuazione di un numero sufficiente di scenari tipo, corrispondenti a situazioni critiche di trasmissione, in ciascuno dei quali effettuare poi tutte le rilevazioni fonometriche con sorgenti reali o campione, previste dalle norme relative alle metodologie di misura. A partire dai dati misurati si devono quindi calcolare gli indici e i parametri previsti per ciascun requisito da altre specifiche norme che ne fissano anche i valori limite.

L'analisi acustica deve considerare l'edificio ospedale e l'insieme delle attività sia come sorgenti che come ricettori di rumore.

La parte di territorio interessata dallo studio corrisponde all'area che il PRG destina all'Ospedale e deve considerare le aree ad essa circostanti, comprendenti oltre all'area ospedaliera:

– l'insieme dei ricettori esposti direttamente o indirettamente alle emissioni provenienti dall'area ospedaliera stessa;

– l'insieme delle sorgenti di rumore in grado di influenzarla.

Per quanto riguarda la definizione delle zone acustiche interessate all'intervento è importante rilevare come un nuovo insediamento ospedaliero, che per rispettare la legge dovrà essere classificato in classe I (zona ospedaliera), deve inserirsi in un'area a prevalente destinazione residenziale, oppure comprendere la progettazione di un piano di risanamento che riporti i livelli di rumorosità tipica della zona a valori tali da rispettare il vincolo di contiguità fra aree a diversa classificazione acustica.

I parametri da misurare per qualificare acusticamente gli edifici sono definiti nel DPCM del 5/12/1997. In particolare il decreto definisce i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti passivi degli edifici e dei loro componenti in opera al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

– Il tempo di riverberazione (T) definito dalla norma ISO 3382-1975

– Il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma UNI EN ISO 140-4 2000

– L'isolamento acustico standardizzato di facciata (D2m,nT), definito dalla norm UNI EN ISO 140-5 2000

– Il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (Ln), definito dalla norma UNI EN ISO 140-7 2000.

Le misure in frequenza di questi parametri in bande di 1/3 di ottava, normalmente nel campo da 100 e 5000 Hz, descrivono in modo dettagliato il comportamento acustico passivo degli edifici, tuttavia per la valutazione globale di tale comportamento si utilizza per ciascun requisito un unico parametro, denominato «indice di valutazione» e in particolare:



Figura 2 - Collocazione dell'ospedale nel contesto urbano

– Indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti (R_w)

– Indice dell'isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$)

– Indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ($L_{n,w}$)

Tali indici, secondo il D.P.C.M. 5-12-1997, calcolati secondo le procedure definite nella norma UNI 8270/1987, devono assumere, per gli edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili, i valori definiti nella tabella 2. Occorre tenere presente che il decreto definisce il valore dell'indice del potere fonoisolante apparente (R_w) solo tra distinte unità immobiliari. Gli indici sono calcolati mettendo a confronto i diagrammi che riportano valori sperimentali con una curva di riferimento nell'intervallo tra 100 e 3125 Hz. Facendo coincidere la scala delle ascisse si cerca, procedendo a passi do 0.5 dB, la condizione di accordo fra curva sperimentale e curva di riferimento, in modo che la media degli scarti sfavorevoli, calcolata sull'intero numero di bande di frequenza considerate, non sia maggiore di 2 dB.

Trovata la condizione di accordo, il valore dell'indice di valutazione si ottiene dal valore in dB dell'ordinata sulla curva di riferimento, in corrispondenza di 500 Hz.

Le rilevazioni, data la vastità e varietà di un complesso ospedaliero, devono essere eseguite in ambienti che per le loro caratteristiche rappresentino significativamente le diverse porzioni di edificio e le diverse tipologie di utilizzo, legate all'attività che vi si dovrà svolgere a regime. In particolare per l'isolamento tra ambienti devono essere scelte stanze con muri divisori di dimensioni e materiali diversi: laterizio, cemento armato, cartongesso. Per l'isolamento di facciata devono essere scelte camere standard di degenza con parete esterna diversamente finestrata. Per l'isolamento dal rumore da calpestio, stanze diverse per volume e per caratteristiche di isolamento orizzontale.

2.4. *Collaudo acustico degli impianti: emissione e impatto interno*

Il vero e proprio collaudo acustico degli impianti deve essere effettuato con riferimento alla Norma UNI 8199/98 che definisce linee guida e modalità di misurazione degli impianti di climatizzazione e ventilazione. Le sorgenti principali in genere si individuano nelle componenti del sistema di cogenerazione e nei diversi sottosistemi di trattamento aria, considerando in particolare le unità U.T.A. distribuite di solito sui vari livelli del complesso ospedaliero.

Di tutte le sorgenti, successivamente alla loro installazione, deve essere verificato mediante accensione forzata il rispetto dei parametri progettuali per quanto riguarda i livelli di emissione acustica e l'impatto sui ricettori interni in termini di contributo alla rumorosità interna. Si devono effettuare prove in condizioni «estive» e «invernali» riproducendo le diverse condizioni di funzionamento legate alla richiesta di potenza, alla combinazione e alle condizioni meteoclimatiche. Nella costruzione degli scenari di emissione si considerano i livelli relativi di utilizzo e di contemporaneità dei macchinari.

Per la verifica dei livelli di emissione si seguono le indicazioni della norma, effettuando rilevazioni fonometriche in prossimità di ciascuna sorgente singola e in prossimità dei gruppi di sorgenti con funzionamento combinato.

Per la verifica dell'impatto acustico interno deve essere definito per ciascuna sorgente significativa (singola o raggruppata) un box di emissione comprendente tutte le postazioni ricettore rappresentative per quella sorgente e le corrispondenti vie di trasmissione del rumore. Vengono individuate come rappresentative le postazioni interessate dalle immissioni provenienti da una data sorgente acusticamente più prossime alla sorgente stessa secondo le modalità di propagazione aerea e strutturale, orizzontale e verticale. In pratica ciascun box si configura come vero e proprio scenario applicativo indipendente, da utilizzare per la determinazione livelli di immissione di rumore e dei contributi all'inquinamento acustico delle aree interne alla struttura ospedaliera prodotti dall'impiantistica a servizio dell'attività ospedaliera stessa. Dalle rilevazioni fonometriche in postazione ricettore è possibile ricavare l'entità dei diversi contributi e la necessità di intervento di bonifica interna, anche sulla base di una scala di sensibilità dei ricettori legata alla destinazione dei singoli spazi interni (padiglioni di degenza, ambulatori, sale operatorie,...).

3. LE SALE OPERATORIE

3.1. *L'inquinamento acustico delle sale operatorie*

Le sale operatorie sono sottoposte a inquinamento acustico e, come negli altri ambienti di lavoro, lavoratori e pazienti subiscono il rumore provocato da apparecchi elettromedicali, impianti di condizionamento dell'aria, telefoni, aspiratori chirurgici, steriliz-



Figura 3 - Scenario di attività della sala operatoria oggetto di studio

zatrici, movimentazione dei ferri chirurgici, letti, carrelli etc. Questo insieme di rumori è in grado di recare danno alla salute umana, peggiorare la qualità della vita di relazione,ridurre la performance lavorativa e aumentare il livello di stress dei pazienti, sia nella sala operatoria vera e propria che al risveglio nella recovery room. Per mantenere la comprensione del 50% delle sillabe (fatto che consente la comprensione dell'80% di una frase e quindi un buon livello di intelligibilità del linguaggio al normale livello sonoro vocale di 60 dB) il rumore di fondo non dovrebbe superare livelli di 50-55 dB. Nelle terapie intensive varie sorgenti (gli allarmi della SpO2, i telefoni, gli spostamenti dei letti, il lavoro di assistenza ai malati, la apertura delle confezioni sterili e le conversazioni tra i membri dello staff) superano tale soglia e potrebbero influenzare la qualità delle cure e la performance degli operatori.

Nelle sale operatorie i pazienti sono sottoposti a rumori non necessari e prevenibili, soprattutto durante le fasi di induzione e di risveglio della anestesia. Molti pazienti si dichiarano disturbati dai rumori nell'ambiente operatorio e preferirebbero un ambiente più tranquillo.

Nella tabella 1 sono riportati i risultati dell'impatto acustico, verificato mediante applicazione del criterio differenziale, prodotto su due diversi scenari di immissione appartenenti all'ambiente operatorio, dal funzionamento di macchinari tipici dell'edilizia e dell'impiantistica delle strutture ospedaliere.

Per la verifica delle ipotesi metodologiche e progettuali illustrate in questo studio di caso, si è esaminata la sala operatoria dell'Ospedale di Santa Maria Nuova a Firenze, un ospedale collocato nel centro storico con tipologia edilizia antica (vedi figura 2).

Nell'ospedale di Santa Maria Nuova, così come in altre strutture considerate da studi analoghi, ogni singolo locale dell'ambiente operatorio, riceve particolare considerazione come area sensibile. All'interno della sala operatoria vengono poi individuati alcuni scenari interni caratterizzati da particolari condizioni di emissione e/o di immissione, ovvero da elementi di tipicità rilevabili fra le sorgenti, i ricettori o le attività che vi si svolgono. Nella figura 3 è rappresentato uno degli scenari interni esaminati.

3.2 *Il progetto «Ador»*

Dalla collaborazione fra ingegneri esperti in acustica e medici che operano come chirurghi o anestesisti all'interno dell'ospedale di Santa Maria Nuova e di altri ospedali della Toscana, è nato il progetto «ADOR» (Acoustic Design of Operating Rooms), il cui obiettivo scientifico e applicativo è proprio la definizione di regole tecniche per la progettazione acusticamente compatibile delle sale operatorie. Il progetto si articola in tre fasi:

I. Studio di caso propedeutico presso il P.O. Santa Maria Nuova - Azienda Sanitaria Firenze comprendente l'analisi acustica della sala operatoria principale

II. Definizione dell'approccio metodologico generale alla progettazione acusticamente compatibile delle sale operatorie mediante modelli e simulazioni

III. Applicazione del metodo di progettazione a scenari di caso

Alcuni risultati dell'analisi acustica della sala operatoria del P.O. Santa Maria Nuova sono riportati nelle figure da 1 a 5; in particolare si evidenziano: gli andamenti dei livelli equivalenti di rumore in corrispondenza delle postazioni operatore in prossimità del tavolo operatorio, i livelli lineari e minimi con evidenziate le singole fasi di interventi effettuati: in anestesia generale o anestesia spinale, le time histories di tre interventi completi e della loro collocazione all'interno della giornata.

3.3 *L'approccio analitico*

L'approccio analitico dello studio si può così riassumere:

– Analisi acustica e definizione degli scenari;

– Misura dei livelli di rumore;

– Analisi in frequenza e statistica;

– Individuazione e calcolo degli indici per la definizione dell'atmosfera acustica durante le attività standard dell'ambiente operatorio;

– Studio della qualità acustica dell'edificio, delle apparecchiature, degli arredi;

– Costruzione di un modello matematico comprendente la possibilità di inserimento dinamico di sorgenti, ricettori e superfici radianti;

– Progressiva ridefinizione del layout e della dotazione di macchinari e apparecchiature in base a quanto risultante dalle simulazioni;

– Predisposizione di un sistema di regole per la progettazione acusticamente compatibile degli ambienti operatori:

– Predisposizione di un insieme di procedure per il mantenimento del comfort acustico durante l'attività anestetico e chirurgica.

Nella costruzione degli scenari e delle equazioni del modello, il personale medico e infermieristico e i pazienti devono essere considerati allo stesso tempo sorgenti e ricettori di rumore.

In fase di sopralluogo si devono evidenziare ubicazione e tipologia edilizia del complesso operatorio, attività e impianti sovrastanti o attigui, volumi dei locali e caratteristiche di porte e finestre, collocazione dei lavabi e di ogni altra possibile sorgente sonora.

Di tutte le sorgenti è stato verificato mediante accensione forzata il rispetto dei parametri progettuali per quanto riguarda i livelli di emissione acustica e l'impatto sui ricettori interni. Nella costruzione degli scenari di emissione si sono considerati i livelli relativi di utilizzo e di contemporaneità dei macchinari.

Per la verifica dei livelli di emissione si sono seguite le indicazioni di standard e norme specifiche, effettuando rilevazioni fonometriche in prossimità di ciascuna sorgente singola e in prossimità dei gruppi di sorgenti con funzionamento combinato.

Per la verifica dell'impatto acustico interno alla sala operatoria si è definito per ciascuna sorgente significativa (singola o raggruppata) un box di emissione comprendente tutte le postazioni ricettore rappresentative per quella sorgente e le corrispondenti vie di trasmissione del rumore. Sono state individuate come rappresentative le postazioni interessate dalle immissioni provenienti da una data sorgente acusticamente più prossime alla sorgente stessa secondo le modalità di propagazione aerea e strutturale, orizzontale e verticale. In pratica ciascun box si è configurato come vero e proprio scenario applicativo indipendente, da utilizzare per la determinazione livelli di immissione di rumore. Dalle rilevazioni fonometriche in postazione ricettore è stato possibile ricavare l'entità dei diversi contributi.

All'interno della fase II del progetto ADOR la definizione schematica dell'approccio metodologico generale alla progettazione acusticamente compatibile è giunta al punto riportato nella tabella 2 a pag. seguente.

Tabella 1 - Impatto acustico in due ambienti ospedalieri prodotto dall'impiantistica interna

Sorgente S07 – cogeneratore						Livelli Equivalenti L_{Aeq} misurati in dB(A)
posizione ricettore	finestre chiuse			finestre aperte		
	residuo	ambientale	differenziale	residuo	ambientale	differenziale
R07.1 cucina	34.1	36.8	2.7	41.6	43.1	1.5
R07.2 sala operatoria livello 3	30.5	31.6	1.0	39.9	46.1	6.2
R07.3 degenze livello 5	25.5	26.0	0.5	37.0	39.8	2.8
note	funzionamento combinato delle sorgenti con fattori di utilizzo e contemporaneità come da prove di collaudo invernale			funzionamento combinato delle sorgenti con fattori di utilizzo e contemporaneità come da prove di collaudo invernale		

Sorgente S11 – U.T.A.						Livelli Equivalenti L_{Aeq} misurati in dB(A)
posizione ricettore	finestre chiuse			finestre aperte		
	residuo	ambientale	differenziale	residuo	ambientale	differenziale
R11.1 pediatria	30.6	31.2	0.6	41.0	43.8	2.8
R11.2 UTIC cardiologia livello 4	29.5	30.1	0.6	40.8	45.8	5.0
R11.3 degenze livello 5	26.5	27.5	1.0	40.0	43.5	3.5
note						

1. ANALISI DELLE SORGENTI	1.a Catalogazione delle sorgenti	Per ciascuna singola sorgente presente nello scenario di caso
		Codifica
		Foto
		Definizione e descrizione funzionale
		Stato dell'arte tecnologico della tipologia di sorgente - Livelli di emissione
	1.b Rappresentazione dello Scenario di Emissione	Descrizione funzionale del ciclo di lavoro e di ciascuna fase che lo compone
		Planimetria con indicazione di: – posizione delle sorgenti fisse; – aree di movimento delle sorgenti mobili; – postazioni di lavoro fisse; – aree di movimento delle postazioni di lavoro mobili; – posizione del paziente; – posizione degli altri (eventuali) ricettori passivi.
		Sezioni con indicazione di: – porte, finestre, aperture
2. RILEVAZIONI FONOMETRICHE	2.a. Misura dei livelli residui e di fondo	Livelli residui in tutte le postazioni ricettore (sala chiusa) [Leq]
		Livelli di fondo in tutte le postazioni ricettore (in assenza di attività delle sorgenti) [Leq] e [L95]
		Livelli di fondo in tutte le postazioni ricettore (in assenza di attività delle sorgenti e con la sola radio accesa) [Leq] e [L95]
		Livelli di fondo in tutte le postazioni ricettore (in assenza di attività delle sorgenti e con radio accesa e rumore antropico - pausa preparazione) [Leq] e [L95]
		Livelli di fondo in tutte le postazioni ricettore (in assenza di attività delle sorgenti e con solo rumore antropico - pausa preparazione) [Leq] e [L95]
	2.b Misura dei livelli di emissione di ciascuna sorgente	Livelli ambientali – in assenza di attività; [Leq] e [L90] – in presenza di attività (contributo specifico) [Leq], [L90] [L10] e [SEL] + altri parametri statistici significativi. – in tutte direzioni (box di emissione) – in direzione dei ricettori
		Individuazione e misura delle Fasi Critiche (spunto, velocità massima, sfiati...)
		Confronto con i dati di targa della sorgente in esame, delle più recenti e delle più silenziose del suo tipo, presenti sul mercato
	2.c Misura dei livelli di esposizione durante una serie di due cicli operativi completi	Valutazione dell'andamento dei livelli nel tempo in postazione fissa (principale) in continuo dalle 8.00 alle 14.00 con segnalazione delle diverse fasi e degli eventi [Leq], [L90] [L10] e [SEL] + altri parametri statistici significativi.
		Misura con regolazione LAF delle fasi più complesse in postazione fissa principale
		Misure spot in corrispondenza delle fasi di Induzione e di Risveglio in postazioni diverse dalla principale
		Misure in postazione operatore (tipo 277) con calcolo dell'esposizione giornaliera e settimanale al rumore dei lavoratori (schede personali)
	2.d Misura dei livelli di immissione delle sorgenti collocate in ambienti diversi e delle sorgenti fisse	A partire dalla sorgente (se interna) o dalla superficie radiante (se esterna) valutazione dell'andamento dei livelli nello spazio Misure dei Leq a distanze variabili per costruire la curva di decadimento Per ciascuna sorgente (superficie) lungo le traiettorie di radiazione, individuazione dei punti (e quindi delle curve di livello) corrispondenti a livelli di attenuazione accettabili o a livelli di qualità auspicabili

Tabella 2 - Approccio Metodologico - Analisi acustica e rilevazioni fonometriche

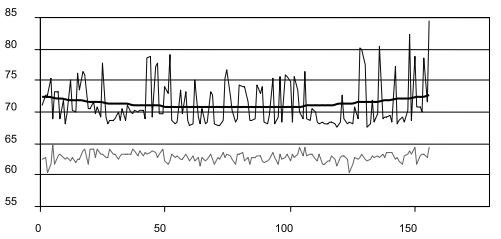


Fig. 5a - Anestesia Generale 1

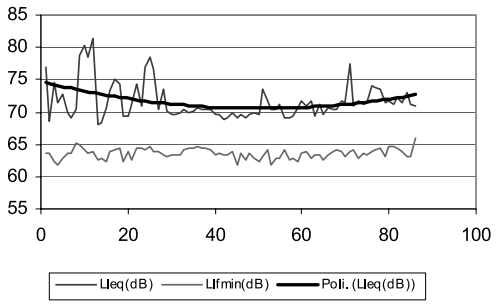


Fig. 5b - Anestesia Generale 2

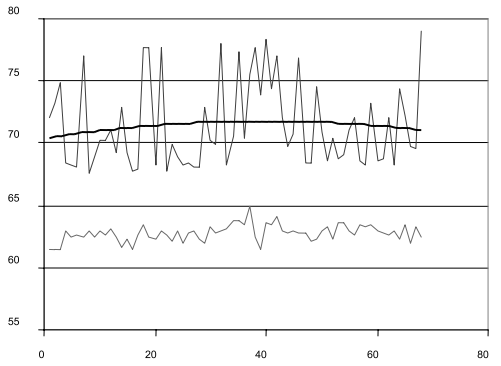


Fig. 5c - Anestesia Spinale

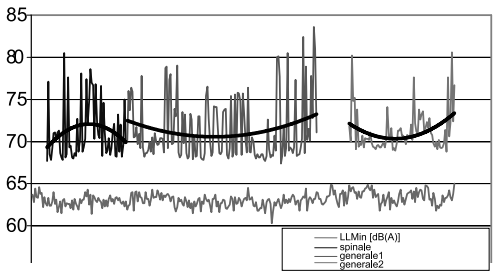
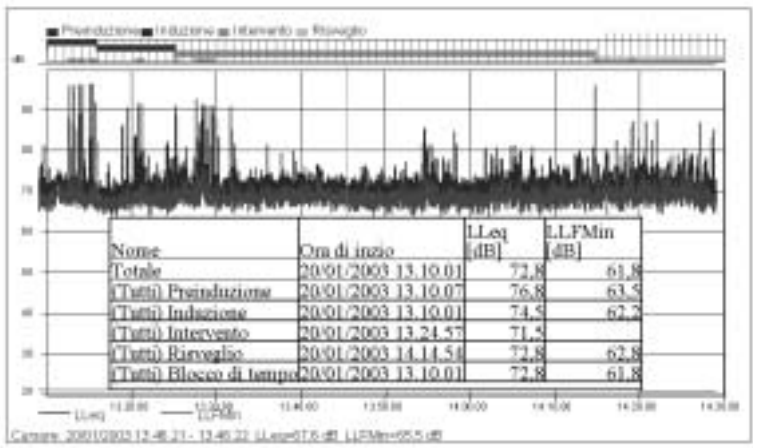


Fig. 5d - Intera Giornata di attività della sala operatoria

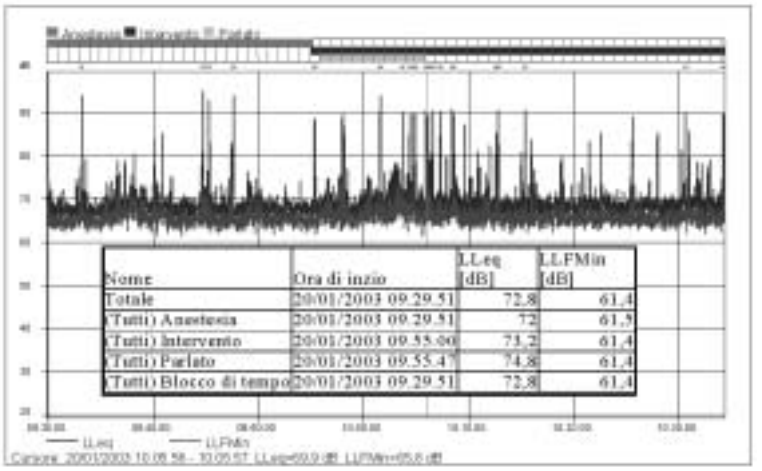
Fig. 5 - Linee di tendenza della rumorosità ambientale sovrapposte alle Time Histories fonometriche

Figura 4a - Time History acustica di un intervento in anestesia generale



Nome	Ora di inizio	LLeq [dB]	LLFMin [dB]
Totale	20/01/2003 13.10.01	72,8	61,8
(Tutti) Prenduzione	20/01/2003 13.10.07	76,8	63,5
(Tutti) Induzione	20/01/2003 13.10.01	74,5	62,2
(Tutti) Intervento	20/01/2003 13.24.57	71,5	
(Tutti) Risveglio	20/01/2003 14.14.58	72,8	62,8
(Tutti) Blocco di tempo	20/01/2003 13.10.01	72,8	61,8

Figura 4b - Time History acustica di un intervento in anestesia spinale



Nome	Ora di inizio	LLeq [dB]	LLFMin [dB]
Totale	20/01/2003 09.29.51	72,8	61,4
(Tutti) Anestesia	20/01/2003 09.29.51	72	61,5
(Tutti) Intervento	20/01/2003 09.55.00	73,2	61,4
(Tutti) Parlato	20/01/2003 09.55.47	74,8	61,4
(Tutti) Blocco di tempo	20/01/2003 09.29.51	72,8	61,4

IMPAGINATO N.5 10-11-2004 12:42 Pagina 20

3.4 *Risultati*

I dati raccolti mostrano che il livello minimo di inquinamento acustico dell'ambiente operatorio durante l'intera giornata standard di attività supera costantemente i 60 dB(A) e che l'esposizione al rumore degli operatori e dei pazienti può raggiungere livelli superiori agli 85 dB(A) durante le fasi critiche degli interventi. Si nota in particolare dalle linee di tendenza sovrapposta alle time histories come le fasi di induzione e di risveglio siano nettamente più rumorose nel caso di interventi in anestesia generale.

Dall'esame dei dati raccolti ed elaborati deriva una scala di priorità dei possibili interventi di mitigazione. Si può concludere che, laddove (come nel caso qui presentato) non siano presenti sorgenti meccaniche o impianti particolarmente rumorosi, la tipologia di interventi più necessaria ed efficace è il miglioramento dei requisiti di isolamento ed assorbimento acustico degli elementi architettonici. Rimane comunque importante ridurre le conversazioni dello staff sanitario non necessarie alla terapia.

4. CONCLUSIONI

La definizione di un approccio metodologico generale per la mappatura acustica e la successiva progettazione acusticamente compatibile dei diversi ambienti che compongono una struttura ospedaliera (e, fra questi, dell'ambiente operatorio) rappresenta il primo passo per la definizione di una nuova filosofia di progettazione che, attraverso l'impiego di tecniche modellistiche, può portare contributi decisivi alla mitigazione dell'inquinamento acustico di edifici con destinazioni d'uso acusticamente «sensibili» quali sono gli ospedali.

5. RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia per la disponibilità e la preziosa collaborazione nelle fasi di studio e di sperimentazione presso il presidio ospedaliero di Santa Maria Nuova il Dott. Stefano Falchi. L'autore ringrazia la Dott.ssa Chiara Becchi e il Dott.Ing. Andrea Baldacchini per la partecipazione alla campagna di rilevazioni fonometriche e alla successiva elaborazione dei risultati e la Dott.ssa Raffaella Bellomini per la collaborazione nella stesura e nella revisione di questa memoria.

6. BIBLIOGRAFIA

(1) S. Luzzi, M.F. Bertini, M.Toderi, R. Calonaci: «Collaudo acustico di un ospedale di grandi dimensioni» in «Atti del 29° Convegno Nazionale AIA» - giugno 2002

(2) S. Luzzi, S. Falchi: «Noise pollution in a general hospital «» in Canadian Acoustic n.3 vol.30 - settembre 2002

(3) Shapiro RA, Baland T. Noise in operating room. N. Engl F Med 1972; 287:1236-37

(4) B. Hodge, J.F. Thompson. Noise pollution in the operating theatre

(5) Baker 1984, Topf 1992a, Meyer et al.1994)

(6) National Institute for Occupational Safety and Health. Occupational Noise Exposure. Revised Criteria 1998. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health

(7) U.S. Environmental Protection Agency. Protective Noise Levels: Condensed Version of EPA Levels Documents. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 1974

(8) Margareth Topf. Hospital noise pollution: en environmental stress model to guide research and clinical interventions. 1999

(9) S. Luzzi, S. Falchi, C. Becchi, A. Baldacchini «Sound analysis of noise pollution in operating rooms» - Acta Acustica united with Acustica vol.18/03 - Maggio 2003

Sergio LUZZI, nato nel '58 a Firenze, si è laureato in Ingegneria Elettronica nel 1987, è esperto di problematiche connesse al rumore in esterno, negli ambienti civili e di lavoro. Si occupa di valutazione e previsione dell'impatto acustico, di monitoraggio, bonifica e classificazione acustica. È tecnico competente della Regione Toscana e membro dell'European Acoustics Association.