

Valutazione degli impianti di riscaldamento, di aerazione, di climatizzazione e di refrigerazione ai sensi della normativa sul rumore

Aiuto all'esecuzione 6.20



1 Basi

1.1 Tipologie di impianti di riscaldamento, aerazione, climatizzazione e refrigerazione

Gli impianti della tecnica del riscaldamento, dell'aerazione, della climatizzazione e della refrigerazione vengono raggruppati sotto il concetto generico di impianti HVACR. Tali impianti possono assolvere a una, o in modo combinato, a più funzioni.

Gli impianti di riscaldamento sono dispositivi per la somministrazione di calore a edifici e locali (riscaldamento degli edifici) e per la preparazione di acqua calda. Ne fanno parte anche le centrali termoelettriche a blocco e gli impianti a combustione alimentati con cippato e pellet.

Gli impianti di aerazione sono dispositivi per la ventilazione e l'evacuazione dell'aria di edifici e locali, o processi senza raffreddamento e senza umidificazione né deumidificazione dell'aria.

Gli impianti di climatizzazione sono dispositivi per la generazione e il mantenimento di temperature e tassi d'umidità dell'aria regolabili in edifici e locali.

Gli impianti di refrigerazione sono dispositivi per la generazione di temperature inferiori a quelle dell'ambiente circostante, al fine di raffreddare locali o processi.

1.2 Campo d'applicazione

Il presente aiuto all'esecuzione si applica in generale agli impianti di riscaldamento, aerazione, climatizzazione e refrigerazione (impianti HVACR), ai sensi dell'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. e dell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF). In particolare esso si applica tanto agli impianti fissi quanto a quelli mobili, così come agli impianti che servono temporaneamente all'esercizio di un impianto fisso.

Esempi di impianti di riscaldamento, aerazione, climatizzazione e refrigerazione ai sensi dell'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. e OIF:

- Riscaldamenti ad olio e gas
- Riscaldamenti a legna
- Centrali termoelettriche a blocco
- Impianti di aerazione
- Impianti di ventilazione del fieno, impianti di aerazione e deflusso dell'aria delle stalle
- Ventilatori dell'aria di scarico
- Apparecchi di climatizzazione
- Impianti di raffreddamento
- Impianti di refrigerazione
- Gruppi frigorifero su autocarri
- Container frigoriferi su treni ricoverati
- Impianti di ventilazione e di climatizzazione di treni passeggeri ricoverati.

L'aiuto all'esecuzione è disponibile in diverse lingue. In caso di discordanze tra le varie versioni linguistiche, fa testo la redazione originale in tedesco. Le altre versioni sono una traduzione di quella redatta in tedesco. L'immagine di copertina è stata generata con l'IA.

Alle disposizioni di questo aiuto all'esecuzione sono sottoposti tanto gli impianti tecnici domestici quanto gli impianti HVACR funzionali a processi.

Relativamente alle pompe di calore aria-acqua dev'essere applicato l'aiuto all'esecuzione 6.21. «Valutazione delle pompe di calore aria-acqua ai sensi della normativa sul rumore».

Il presente aiuto all'esecuzione non affronta la valutazione del rumore prodotto dagli impianti tecnici domestici ai sensi della norma SIA 181 «La protezione dal rumore nelle costruzioni edilizie».

Le centrali termoelettriche (impianti di teleriscaldamento) e gli impianti per la produzione di biogas sfruttando la biomassa, utilizzato per l'esercizio di centrali termoelettriche a blocco, esulano dal campo di applicazione del presente aiuto all'esecuzione, ragione per cui esso non tratta né centrali termoelettriche a blocco alimentate con biogas né la produzione del gas stesso.

Nel caso degli impianti di produzione di energia di maggiori dimensioni, i singoli impianti componenti devono venire inquadrati secondo i tipi di impianto categorizzati nell'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. a risp. lett. e OIF.

Determinati impianti HVACR possono originare vibrazioni e rumore propagato per via solida. La questione dev'essere tenuta in considerazione, non è tuttavia oggetto di questo aiuto all'esecuzione.

Per delimitare l'ambito di validità del presente aiuto all'esecuzione rispetto agli «impianti dell'industria, delle arti e mestieri e dell'agricoltura» citati all'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. a OIF, vengono qui elencati alcuni esempi del tipo d'impianto secondo la lett. a:

- Impianti ad aria compressa
- Gruppi elettrogeni d'emergenza
- Impianti tecnici dei processi (p.e. per la liofilizzazione)

1.3 Basi legali

- Legge federale sulla protezione dell'ambiente del 7 ottobre 1983 (LPAmb; RS 814.01)
- Ordinanza contro l'inquinamento fonico del 15 dicembre 1986 (OIF; RS 814.41)
- Giurisprudenza

Art. 11 cpv. 2 LPAmb (principio di prevenzione)

Indipendentemente dal carico ambientale esistente, le emissioni, nell'ambito della prevenzione, devono essere limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio e dalle possibilità economiche.

Art. 7 cpv. 1 OIF (impianti fissi nuovi)

Le emissioni foniche di un impianto fisso nuovo devono essere limitate secondo le disposizioni dell'autorità esecutiva:

a) nella maggior misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio e sopportabile sotto il profilo economico, e

b) in modo che le immissioni foniche prodotte da detto impianto non superino i valori di pianificazione.

Art. 8 OIF (impianti fissi modificati)

¹ *Se un impianto fisso già esistente viene modificato, le emissioni foniche delle parti d'impianto nuove o modificate devono essere limitate secondo le disposizioni dell'autorità esecutiva nella maggior misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio e sopportabile sotto il profilo economico.*

² *Se un impianto è modificato sostanzialmente, le emissioni foniche dell'intero impianto devono essere almeno limitate in modo tale da non superare i valori limite d'immissione.*

³ *Le trasformazioni, gli ingrandimenti e i cambiamenti dell'esercizio causati dal titolare dell'impianto sono considerati come modificazione sostanziale di un impianto fisso, se c'è da aspettarsi che l'impianto stesso o la maggiore sollecitazione degli impianti per il traffico esistenti provochi immissioni foniche percettibilmente più elevate. La ricostruzione dell'impianto è sempre considerata una modificazione sostanziale.*

⁴ *Nel caso in cui un impianto fisso nuovo venga modificato, vale l'articolo 7.*

Art. 13 OIF (risanamenti)

¹ *Per gli impianti fissi che contribuiscono in modo determinante al superamento dei valori limite d'immissione l'autorità esecutiva ordina, dopo aver sentito il detentore dell'impianto, i risanamenti necessari.*

² *Gli impianti devono essere risanati:*

- a. nella maggior misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio e sopportabile sotto il profilo economico, e*
- b. in modo che i valori limite d'immissione non siano superati.*

Art. 36 cpv. 1 OIF

L'autorità esecutiva determina o fa determinare le immissioni foniche esterne degli impianti fissi, se ha motivo di ritenere che i valori limite d'esposizione determinanti di detti impianti siano o potrebbero essere superati.

Art. 40 cpv. 2 OIF

I valori limite d'esposizione al rumore sono superati anche quando la somma delle immissioni foniche dello stesso genere provenienti da più impianti li superano. Detta regola non è applicabile ai valori di pianificazione nel caso di impianti fissi nuovi (art. 7 cpv. 1).

Allegato 6, cifra 1, cpv. 1, lettera e OIF (campo d'applicazione)

I valori limite d'esposizione di cui alla cifra 2 valgono per il rumore prodotto dagli impianti di riscaldamento, di ventilazione e di climatizzazione.

Conclusione

Il principio di prevenzione e il rispetto dei valori di pianificazione hanno valore cumulativo. Nel quadro della valutazione, essi devono essere tenuti entrambi in considerazione.

Giurisprudenza

L'attuale giurisprudenza può essere consultata sul sito web rumore.ch¹ del Cercle Bruit.

1.4 Valenza giuridica dell'aiuto all'esecuzione

Il presente aiuto all'esecuzione del Cercle Bruit è in primo luogo indirizzato alle autorità esecutive. Esso concretizza concetti giuridici generici espressi in leggi e ordinanze, e promuove una prassi esecutiva uniforme. Attenendosi a questo aiuto all'esecuzione, le autorità esecutive possono partire dal presupposto di star applicando in modo conforme il diritto federale; altre soluzioni sono anch'esse consentite, nella misura in cui esse rispettino il diritto vigente.

1.5 Obiettivi dell'esecuzione uniforme

Nel quadro della procedura di autorizzazione occorre assicurare che l'esercizio degli impianti HVACR rispetti le prescrizioni di diritto federale in materia di protezione fonica (prevenzione e valori limite di esposizione). Un'esecuzione uniforme nella valutazione degli impianti HVACR consente ai fabbricanti degli impianti, ai progettisti, ai committenti, ai confinanti, agli installatori e alle stesse autorità esecutive una maggiore sicurezza giuridica nella pianificazione, nell'inoltro e nel trattamento delle domande e in caso di azioni legali in materia di rumore.

I seguenti contenuti dell'aiuto all'esecuzione sono d'ausilio ai fini di una valutazione uniforme sotto il profilo della normativa sul rumore degli impianti di riscaldamento, aerazione, climatizzazione e refrigerazione:

- Esame delle misure di protezione fonica (capitolo 2.3)
- Direttive per la determinazione del livello di valutazione (capitolo 2.4)
- Formulario «Attestato di protezione fonica per impianti HVACR in situazioni semplici» (allegato 1)
- Casi esemplificativi (allegato 2)
- Concetto standardizzato di misurazione e valutazione per la verifica delle indicazioni fornite nel quadro della procedura di autorizzazione edilizia e per l'eventuale evasione di azioni legali in materia di rumore (allegato 3)

¹ www.laerm.ch > Problemi di rumore > Basi legali e giurisprudenza > Giurisprudenza

2 Valutazione

2.1 Misure di prevenzione

Indipendentemente dal carico fonico esistente, ed oltre al rispetto dei valori di pianificazione, occorre verificare l'adozione di misure preventive di riduzione delle emissioni.

In caso di rispetto dei valori di pianificazione, misure più estese di limitazione delle emissioni vengono considerate secondo la giurisprudenza economicamente sostenibili solo quando esse permettono di ottenere una considerevole riduzione supplementare delle emissioni con un dispendio relativamente esiguo.

Nella valutazione se nell'ambito della prevenzione una misura più ampia di limitazione delle emissioni sia, in caso di rispetto dei valori di pianificazione, necessaria e proporzionata, occorre preliminarmente chiarire se essa comporterebbe una considerevole ulteriore riduzione del livello di immissione. In secondo luogo si pone quindi la questione di quanto grande risulterebbe l'onere.

Riduzione necessaria del livello e onere ragionevolmente esigibile per misure più estese di limitazione delle emissioni

Riduzioni del livello di valutazione inferiori a 1 dB vengono fondamentalmente considerate come non percepibili. Al di sotto dei valori di pianificazione perciò – in particolare per impianti ai sensi dell'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. e – devono essere considerati come sostanziali solo riduzioni del livello di almeno 3 dB. Di conseguenza misure il cui effetto risulta minore non devono essere attuate.

Le misure con un effetto di riduzione delle emissioni di 3 dB o più possono essere in linea di massima raggiunte per mezzo dei provvedimenti da esaminarsi primariamente di tipo pianificatorio menzionati al capito 2.2.1. Se l'onere necessario richiesto risulta relativamente esiguo (in particolare per gli impianti di minori dimensioni nell'ordine di una modica percentuale dei costi d'investimento), allora la misura è da attuare. Anche gli ulteriori provvedimenti di tipo tecnico ed edilizio elencati nel capitolo 2.3 permettono a loro volta di ottenere considerevoli riduzioni del livello di rumore. La proporzionalità di queste misure dev'essere verificata caso per caso, tenendo in considerazione oltre ai costi anche la loro efficienza. Soprattutto nel caso degli impianti di minori dimensioni tuttavia, le relative spese richieste ammontano di regola a più di una esigua percentuale dei costi d'investimento dell'impianto. Se i valori di pianificazione vengono rispettati, spesso la proporzionalità perciò non è data.

2.2 Misure di protezione fonica

2.2.1 Misure primarie

Occorre che siano esaminati e registrati nell'attestato di protezione fonica i seguenti provvedimenti di riduzione delle emissioni:

- Scelta di un impianto con basso livello di potenza sonora
- Luogo d'installazione delle componenti rumorose dell'impianto: il luogo d'installazione è stato scelto in modo tale che ne risultino le più basse immissioni possibili?
- Assorbimento acustico e insonorizzazione di qualsiasi tipo: sono state pianificate o realizzate misure di protezione dal rumore?
- Regolazione dell'esercizio: l'orario di funzionamento è stato limitato nella misura del possibile compatibilmente con le esigenze d'esercizio?
- Regolazione della potenza: è possibile un funzionamento a carico parziale e quindi una riduzione del livello sonoro durante la notte?

2.3 Misure di protezione fonica specifiche per gli impianti HVACR

2.3.1 Impianti di riscaldamento

Impianti di riscaldamento alimenti con olio e gas

Provvedimenti di protezione fonica:

- cappa insonorizzante del bruciatore
- silenziatore dello scarico dei gas di combustione
- assorbimento acustico nel locale d'installazione
- silenziatore dell'aspirazione
- bruciatore modulante, la cui prestazione si regola in base alla potenza termica occorrente
- elevati rumori di avviamento del bruciatore devono venire minimizzati per mezzo di un opportuno allineamento tra bruciatore e caldaia
- scelta corretta della dimensione della caldaia

Impianti di riscaldamento alimenti con pellet e cippato

Provvedimenti di protezione fonica:

- calotta insonorizzante sopra il motore della coccia di alimentazione
- silenziatore dello scarico dei gas di combustione
- assorbimento acustico nel locale d'installazione
- silenziatore dell'aspirazione

Centrali termoelettriche a blocco

Sotto il profilo dell'acustica non è necessario distinguere le diverse tipologie di motore in uso nelle centrali termoelettriche a blocco (CTEB), come i motori diesel, ad iniezione interna, ad accensione comandata o altri tipi di motori a quattro tempi, perché essi non si differenziano in misura significativa sotto il profilo della tecnica acustica. La principale sorgente sonora delle CTEB è di regola rappresentata dal motore a combustione interna. I rumori prodotti dai gas di scarico sono a bassa frequenza e presentano picchi di livello nell'ordine di 60 - 80 Hz, che vengono spesso percepiti come molesti o fastidiosi [6]. I picchi di livello a bassa frequenza vengono tenuti in considerazione nella valutazione del rumore con una maggiorazione fino a 6 dB per la componente tonale.

Avvertenza: le CTEB possono anche produrre vibrazioni e rumore trasmesso per via solida. Nella valutazione questo fatto dev'essere tenuto in considerazione.

Una CTEB con motore a combustione interna è costituita dalle seguenti componenti rilevanti sotto il profilo della tecnica acustica:

- blocco motore, incluso il generatore elettrico
- apertura d'aspirazione per l'aria di combustione con filtro dell'aria
- dispositivi di raffreddamento (ventilatori degli scambiatori di calore)
- apertura per i gas di scarico

Provvedimenti di protezione fonica:

- cappe insonorizzanti e campane antirumore
- silenziatore dello scarico dei gas di combustione
- assorbimento acustico nel locale d'installazione
- silenziatore del convogliamento e del deflusso dell'aria
- posizionamento tale da minimizzare le oscillazioni al fine di impedire la trasmissione del rumore per via solida

2.3.2 Impianti di aerazione

Provvedimenti di protezione fonica:

- regolazione del regime dei ventilatori e degli aggregati
- campane antirumore per gli aggregati
- silenziatore del convogliamento e del deflusso dell'aria
- isolamento dalle vibrazioni

2.3.3 Impianti di climatizzazione

Impianti monoblocco o split

Gli impianti di climatizzazione monoblocco o split sono di principio da equipararsi alle pompe di calore, tuttavia con flusso termico invertito. Di conseguenza, le misure di protezione fonica relative alle pompe di calore (v. Aiuto all'esecuzione 6.21) possono essere applicate anche agli impianti di climatizzazione.

2.3.4 Impianti di refrigerazione

Condensatore (compressore)

Provvedimenti di protezione fonica:

- Campane antirumore
- posizionamento tale da minimizzare le oscillazioni al fine di impedire la trasmissione del rumore per via solida
- assorbimento acustico nel locale d'installazione

Condensatori raffreddati ad aria (raffreddatori d'aria)

Provvedimenti di protezione fonica:

- direzionamento delle aperture di entrata e uscita dell'aria
- apparecchio poco rumoroso: ventilatori a rotazione lenta con adeguata maggiore superficie di condensazione (in posizione esposta il numero dei giri non deve superare i 500 min⁻¹ [6])
- silenziatore

Torri di raffreddamento

Provvedimenti di protezione fonica:

- ventilatore a bassa rumorosità
- riduzione del rumore prodotto dall'acqua sulla superficie d'impatto

2.4 Determinazione del rumore

I valori limite di esposizione prescritti dall'OIF non possono venire superati. Il rispetto di tali valori limite dev'essere dimostrato per mezzo di un attestato di protezione fonica.

Il livello di valutazione del rumore L_r secondo l'allegato 6 OIF viene calcolato come segue:

$$L_{r,i} = L_{eq,i} + K1_i + K2_i + K3_i + 10 \cdot \log(t_i / t_0)$$

$L_{r,i}$	Livello di valutazione parziale durante la fase di rumore i
$L_{eq,i}$	Livello energetico medio di rumore, ponderato A, durante la fase di rumore i, sul luogo di immissione (valore misurato o calcolato)
$K1_i$	Correzione del livello per la fase di rumore i, in base al tipo d'impianto
$K2_i$	Correzione del livello per la fase di rumore i, in base all'udibilità della componente tonale sul luogo d'immissione
$K3_i$	Correzione del livello per la fase di rumore i, in base all'udibilità della componente impulsiva sul luogo d'immissione
$10 \cdot \log(t_i / t_0)$	Correzione relativa al tempo di funzionamento per la fase di rumore i
T_i	Durata media giornaliera di funzionamento per la fase di rumore i, in minuti
t_0	720 minuti

$$L_r = 10 \cdot \log \sum 10^{0.1 \cdot L_{r,i}}$$

L_r livello di valutazione del rumore (somma energetica dei livelli di valutazione parziale $L_{r,i}$)

Ulteriori spiegazioni in merito alle correzioni dei li-

velli K1 - K3 e alla correzione del periodo di esercizio $10 \cdot \log(t_i/t_0)$ sono esposte al capitolo 2.5.

Valutazione del rumore

Il livello di valutazione L_r dev'essere determinato al centro delle finestre aperte dei locali sensibili al rumore e, nel caso di particelle non ancora edificate, sul limite di costruzione (confine della particella più distanza di arretramento legale di edificabilità)². Le immissioni foniche generate singolarmente da un impianto nuovo – dopo l'accertamento dei requisiti e l'attuazione delle misure previste dalla prevenzione – non devono superare i valori di pianificazione prescritti dall'allegato 6 OIF³.

Occorre tener presente che per i locali di aziende che si trovano nelle zone con grado di sensibilità I, II e III vigono valori di pianificazione e valori limite d'immissione superiori di 5 dB⁴.

Il livello energetico medio L_{eq} ponderato A, al centro di finestre aperte di locali sensibili al rumore (luogo d'immissione), può essere calcolato come segue a partire dal livello di potenza sonora L_{WA} dell'impianto:

$$L_{eq} = L_{WA} - 11 \text{ dB} + D_C - 20 \cdot \log(s / s_0)$$

L_{eq}	Livello energetico medio di rumore ponderato A, al centro delle finestre aperte dei locali sensibili al rumore (valore misurato o calcolato)
L_{WA}	Livello di potenza sonora ponderato A
D_C	Coefficiente di direttività
$20 \cdot \log(s / s_0)$	Attenuazione di distanza
s	Distanza s in metri tra sorgente fonica e luogo d'immissione
s_0	1 metro

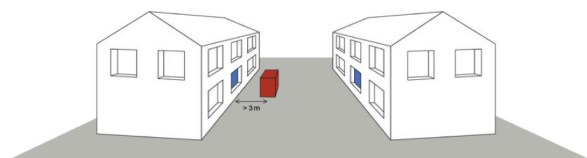
Il livello di potenza sonora L_{WA} dell'impianto dev'essere desunto dai dati forniti dal fabbricante. Nel caso in cui siano disponibili dati dettagliati, come ad esempio la distribuzione del livello di pressione sonora in campo aperto (caratteristica di direttività), e se l'orientamento dell'impianto è noto, allora questo potrà essere preso in considerazione ai fini del calcolo.

² Art. 39 OIF

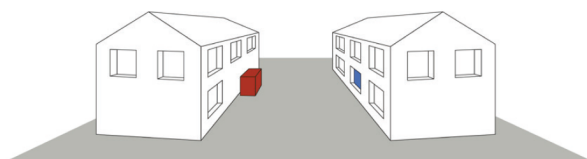
³ Art. 7 cpv. 1 lett. b OIF

⁴ Art. 42 OIF

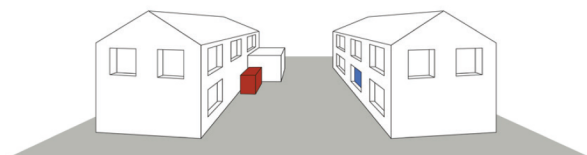
Il coefficiente di direttività D_c dipende dall'ubicazione della sorgente di rumore e misura:



in campo libero +3 dB (almeno a 3 metri di distanza dalla parete)

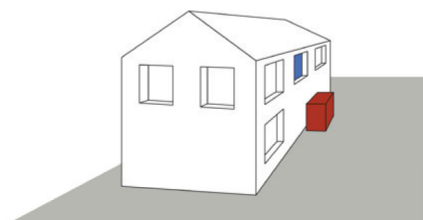


addossata alla parete +6 dB



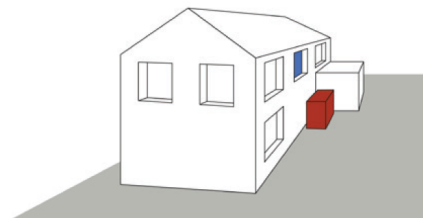
in un angolo rientrante +9 dB

Se la sorgente di rumore si trova sulla stessa facciata della finestra sensibile al rumore determinante, il coefficiente di direttività D_c è di +3 dB, poiché le riflessioni prodotte da questa facciata non hanno effetto sul livello sonoro presso la finestra posta sulla stessa.



stessa facciata risp. piano facciata + 3 dB

In presenza anche di un angolo rientrante, il coefficiente di direttività aumenta di conseguenza a causa dell'ulteriore parete riflettente.



stessa facciata risp. piano facciata in angolo rientrante + 6 dB

2.5 Correzioni di livello e correzione del periodo d'esercizio

Correzione di livello K1

Per gli impianti che rientrano nel campo d'applicazione del presente aiuto all'esecuzione la correzione di livello K1 misura 5 dB durante il giorno e 10 dB durante la notte.

Se tuttavia le immissioni derivanti da impianti HVACR di un processo non sono in ogni momento acusticamente distinguibili dal rumore complessivo prodotto dall'impianto industriale, la valutazione delle immissioni prodotte dagli impianti HVACR può essere effettuata eccezionalmente in riferimento all'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. a OIF (conformemente all'aiuto all'esecuzione dell'UFAM). A tali impianti viene applicata una correzione di livello K1 di 5 dB tanto per il periodo diurno che per quello notturno.

Correzione di livello K2

La «determinazione» della componente tonale viene effettuata da uno specialista, che stabilisce la correzione di livello in base alla propria esperienza. È possibile anche avvalersi di strumenti ausiliari individuati in studi specialistici [9], [10]. Occorre inoltre tenere in considerazione il capitolo 2.6.

Correzione di livello K3

La «determinazione» della componente impulsiva viene effettuata da uno specialista, che stabilisce la correzione di livello in base alla propria esperienza. È possibile anche avvalersi di strumenti ausiliari individuati in studi specialistici [10]. L'accensione e lo spegnimento degli impianti HVACR non provocano di regola picchi di livello. Nella previsione del rumore prodotto perciò è da fissare una correzione di livello K3 = 0. L'effettiva esistenza di una componente impulsiva chiara o fortemente udibile indica la presenza di un difetto. La componente impulsiva di tali impianti – a prescindere se i valori limite sono rispettati – dev'essere in ogni caso eliminata da parte del proprietario dell'impianto in virtù del principio di prevenzione.

Durata media giornaliera delle fasi di rumore (correzione del periodo d'esercizio)

Per impianti HVACR fatti funzionare singolarmente non viene di regola effettuata, ai fini della valutazione generale in fase di progettazione, una correzione del periodo d'esercizio.

Per gli impianti HVACR la cui durata di funzionamento viene limitata tecnicamente tramite orari di accensione e spegnimento regolati in modo fisso (timer), o per i quali un periodo di funzionamento

ridotto viene dimostrato altrimenti in modo plausibile, ai fini della valutazione generale è possibile prendere in considerazione una correzione del periodo d'esercizio.

Se un impianto HVACR fa parte di un esercizio di maggiori dimensioni con più impianti, in funzione in parte contemporaneamente o anche durante orari diversi, il periodo di funzionamento effettivo dei singoli impianti può essere tenuto in considerazione mediante una correzione del periodo d'esercizio.

In tali casi è di regola necessaria una perizia fonometrica.

2.6 Impianti con componenti sonore a bassa frequenza

Nel caso degli impianti HVACR le emissioni foniche vengono percepite come un disturbo in particolare quando è presente un ronzio. Questo fastidio può manifestarsi soprattutto durante gli orari notturni in ambienti residenziali tranquilli.

Questo rumore può risultare fastidioso già se talmente lieve da essere appena percepibile. Inoltre, rumori a bassa frequenza prodotti da impianti tecnici possono dar vita, a dipendenza delle dimensioni di un locale, a «onde stazionarie». Ciò può voler dire che il ronzio è percepibile distintamente vicino alle pareti, e tuttavia risulta praticamente impercettibile al centro del locale.

Rumori a bassa frequenza possono per esempio prodursi dalle CTEB, dai bruciatori, dai compressori e dai ventilatori. Se pure i valori limite d'esposizione per quanto riguarda tali rumori a bassa frequenza venissero rispettati, e tuttavia ne derivassero disturbi, in virtù dell'art. 11 cpv. 2 LPAmb (principio di prevenzione) possono venire stabilite delle misure di limitazione delle emissioni.

Per la valutazione del grado di disturbo può essere fatto riferimento alla norma DIN 45680 [14].

2.7 Impianti con più livelli operativi, più impianti parziali e impianti a regime pilotato

Per gli impianti HVACR con più livelli d'esercizio e per gli impianti a regime pilotato, viene valutato l'esercizio medio. Se i diversi livelli operativi si attivano in spazi temporali chiaramente determinati, allora essi vengono presi in considerazione come fasi di rumore riguardo al periodo di valutazione.

Nel caso degli impianti HVACR dell'industria, delle arti e mestieri e dell'agricoltura, costituiti da più impianti parziali, viene valutato il carico fonico medio dell'esercizio rappresentativo. Se il carico d'esercizio dell'impianto è limitato temporalmente

tramite un timer, oppure si verificano fasi di rumore determinate che si elevano significativamente rispetto allo stato medio d'esercizio, tali fattori devono essere presi in considerazione in maniera specifica.

2.8 Strumento di calcolo per impianti e situazioni semplici

Per la misurazione del rumore prodotto da impianti singoli e in situazioni semplici dell'ambiente circostante, può essere utilizzato il formulario «Attestato di protezione fonica per impianti HVACR in situazioni semplici» (v. allegato 1).

Quando sussiste un collegamento spaziale e funzionale tra singoli impianti, i livelli devono venire addizionati (cfr. art. 40 cpv. 2 OIF).

In una situazione in cui sono presenti differenti sorgenti di rumore, ognuna di esse può venire misurata singolarmente sul punto di ricezione. I livelli parziali possono quindi venire sommati energeticamente (allegato 2, caso esemplificativo 5).

Impianti di grandi dimensioni, costituiti da più sorgenti parziali, e impianti che presentano una situazione complessa di propagazione, devono essere valutati tramite una perizia fonometrica dettagliata. Per la determinazione del rumore possono venire utilizzati programmi di misurazione del rumore di uso corrente.

Verifica delle misure di prevenzione

L'esame delle misure preventive di riduzione delle emissioni deve venire dichiarato nell'attestato di protezione fonica.

Rispetto dei valori limite d'esposizione

Se i livelli di valutazione sul luogo d'immissione sono superiori ai valori limite determinanti d'esposizione, diventano necessari ulteriori provvedimenti d'esercizio o di natura tecnica finalizzati alla riduzione delle emissioni, che devono venire comprovati in maniera giustificabile nell'attestato di protezione fonica o rispettivamente nella documentazione della domanda.

2.9 Impianti HVACR di case monofamiliari

Gli abitanti di una casa monofamiliare (normalmente i proprietari e richiedenti) possono influire sull'esercizio p.e. del proprio impianto di climatizzazione ed anche un proprio interesse a proteggersi dal rumore da esso prodotto. I valori limite d'esposizione determinanti tuttavia devono di principio venire rispettati anche presso la propria casa monofamiliare.

Quando le componenti rumorose dell'impianto si

trovano in prossimità della facciata della casa, ai fini dell'ottimizzazione del luogo d'installazione esse dovrebbero venire posizionate lì dove:

- non vi sono finestre di locali propri sensibili al rumore,
- si ha la maggiore distanza possibile dalle finestre dei locali sensibili al rumore,
- i locali sensibili al rumore interessati dispongono di un'ulteriore finestra su un lato ritirato rispetto a quello in cui è presente l'impianto.

2.10 Verifica delle immissioni foniche in caso di reclami contro il rumore

In presenza di condizioni particolari e in casi di dubbio è opportuno effettuare misurazioni. Anche in caso di reclami contro il rumore, la verifica delle immissioni foniche tramite misurazioni è uno

strumento appropriato. Se possibile, la misurazione viene effettuata presso la finestra aperta del locale sensibile al rumore maggiormente esposto. La misurazione è determinante ai fini della valutazione e dev'essere effettuata nella misura del possibile conformemente all'allegato 3.

Avvertenza:

Le correzioni di livello K2 (componente tonale) e K3 (componente impulsiva) devono essere determinate sul luogo d'immissione ad opera di uno specialista.

3 Documentazione di approfondimento

3.1 Letteratura

- [1] UFAM (ed.) 2024: Determinazione e valutazione dei rumori dell'industria e dell'artigianato. Aiuto all'esecuzione per gli impianti industriali e artigianali. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1636-i
- [2] SUVA, Lärmbekämpfung durch Kapselungen, opuscolo informativo n. 66026 [*Lotta al rumore tramite contenimenti*, in tedesco e francese]
- [3] SUVA, Schallemissionsmessungen an Maschinen, opuscolo informativo n. 66027 [*Misurazioni delle emissioni sonore di macchine*, in tedesco e francese]
- [4] SUVA, Lärmbekämpfung an Maschinen und Anlagen, opuscolo informativo n. 66076 [*Lotta al rumore di macchine e impianti*, in tedesco e francese]
- [5] Lips W., Strömungsakustik in Theorie und Praxis, Expert Verlag, vol. 474
- [6] Lips W., Akustik für Gebäudetechnik-Ingenieure, Hochschule Luzern
- [7] Bayerisches Landesamt für Umwelt, Tieffrequente Geräusche bei Biogasanlagen und Luftwärmepumpen, Ein Leitfaden, 2011
- [8] Direttiva VDI 2715: Schallschutz an heiztechnischen Anlagen. Novembre 2011
- [9] Bericht über die Beurteilungshilfe zur Bestimmung der Tonhaltigkeit von Wärmepumpen nach Anhang 6 der Lärmschutz-Verordnung, Autori: Prof. Ercolino Rosa e Prof. Dr. Urs Bopp, Trefzer Rosa + Partner GmbH, Bündtenweg 4B, 4453 Nussdorf
- [10] NDS-U Abschlussarbeit Modul E, Beurteilung von Ton- und Impulshaltigkeit nach LSV vom 23.3.2003, FHBB Fachhochschule Nordwestschweiz beider Basel / Autore: Bruno Buchmann / assistenza: Dr. M. Ringger
- [11] Direttiva VDI 2081 scheda 2: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen – Beispiele. Maggio 2005
- [12] Direttiva VDI 2715: Schallschutz an heiztechnischen Anlagen. Novembre 2011
- [13] DIN EN 12102: Klimageräte, Flüssigkeitskühlsätze, Wärmepumpen und Entfeuchter mit elektrisch angetriebenen Verdichtern zur Raumbeheizung und -kühlung - Messung der Luftschallemissionen - Bestimmung des Schallleistungspegels; versione tedesca EN 12102:2013
- [14] DIN 45680: Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschmissionen in der Nachbarschaft; DIN 45680:1997-03⁵
- [15] EMPA rapporto d'indagine n. 460'395-2a: Beurteilung und Begrenzung des Lärms von abgestellten Zügen [*Valutazione e riduzione del rumore prodotto dai treni ricoverati*]

⁵ Norma in corso di revisione: E DIN 45680:2020-06

Manuale «Attestato di protezione fonica»

Aiuto all'esecuzione 6.20 / Allegato 1

L'attestato di protezione fonica per impianti HVACR in situazioni semplici può essere aperto come formulario in formato Excel sul sito web del Cercle Bruit⁶.

Attestato di protezione fonica per impianti HVACR in situazioni semplici			
Valutazione delle immissioni sonore di impianti di riscaldamento, aerazione, climatizzazione e refrigerazione			
Dati progettuali			
Richiedente			
Indirizzo		Particella n.	
NPA / Luogo		Domanda costruz. n.	
Dati relativi all'impianto (allegare scheda tecnica + piano situazione con tracciatura dell'ubicazione dell'impianto)			
Tipo di impianto:	☐ Aerazione ☐ Climatizzazione ☐ Raffreddatore ☐ Altri		
Impianto nuovo o modificato?	Impianto nuovo		
Fabbricante		Potenza sonora L_{WA}	dbA ☐ L_{WA}
Modello / Tipo		Livello pressione son. L_{pA}	dbA ☒ L_{pA}
Potenza		con distanza s_1	m
Locali sensibili al rumore sul punto di ricezione	Locali in aziende	Giorno	Notte
Valore limite di esposizione determ.	GS IV (zona industriale)	65 dB(A)	55 dB(A)
sul luogo di ricezione (grado di sensibilità GS)			

Dati relativi all'impianto

I dati relativi all'impianto devono essere indicati nel modo più completo possibile. Il tipo d'impianto non influisce sui calcoli.

Se non sono disponibili i dati dell'impianto relativi al livello di potenza sonora L_{WA} , allora ai fini del calcolo può venire immesso il livello di pressione sonora L_{pA} a una distanza s_1 (distanza secondo le indicazioni del fabbricante). Tale livello di pressione sonora viene quindi convertito nel livello di potenza sonora.

Avvertenza: dati relativi al livello di pressione sonora senza l'indicazione della rispettiva distanza sono incompleti e non possono perciò essere utilizzati.

Valore di pianificazione determinante sul luogo di accertamento (grado di sensibilità GS)

Per la valutazione del carico fonico è determinante il grado di sensibilità (GS) sul luogo di ricezione. L'attribuzione del GS può essere rilevata dai piani di zona, rispettivamente dai piani del grado di sensibilità al rumore comunali. Sovente tali piani sono anche disponibili su un GIS online del Comune o del Cantone.

Osservazione: in territorio urbano è possibile che a una facciata rivolta su una strada sia attribuita una zona GS superiore rispetto alle altre facciate dell'edificio.

⁶ www.cerclebruit.ch/?inc=enforcement&e=6/620.html

Osservanza dei valori limite d'esposizione

L'attestato di protezione fonica calcola il rispetto dei valori limite d'esposizione tanto per il giorno che per la notte.

Rispetto dei valori limite di esposizione			
Livello di potenza sonora L		56 dB(A)	56 dB(A)
Fattori di conversione del livello di pressione sonora		-11 dB	-11 dB
Correzione coefficiente direttività D_c	Impianto addossato alla facciata	6 dB	6 dB
			
Distanza dal luogo di ricezione	10 m	-20 dB	-20 dB
Edificio vicino; se part. confinante non edificata la linea di edificabilità risp. distanza dal confine, per case plurifamiliari nello stesso edificio.			
Provvedimenti di protezione fonica	☒ Silenziatore		
	☐ Altri:		
	☐ Altri:		
	☐ Riduzione del regime durante la notte		
Impianti a cascata	☐ Più impianti a cascata	0.0 dB	0.0 dB
Livello di pressione sonora L_{pA} sul luogo di ricezione		31.0 dB(A)	31.0 dB(A)
Correzione di livello K1 per impianti HVACR		5 dB	10 dB
Correzione di livello K2	debolmente udibile (esercizio normale) +2 dB	2 dB	2 dB
Udibilità della componente tonale			
Correzione di livello K3	non udibile	0 dB	0 dB
Udibilità della componente impulsiv.			
Correzione tempo di funzionamento	Esercizio senza limitazioni di tempo	0.0 dB	0.0 dB
Livello di valutazione L_v		<u>38.0 dB(A)</u>	<u>43.0 dB(A)</u>

Correzione del coefficiente di direttività D_c

A dipendenza del luogo d'installazione delle componenti rumorose, il suono non può propagarsi in tutte le direzioni e viene riflesso. Di conseguenza, occorre indicare il posizionamento dell'impianto in riferimento al luogo di ricezione:

- Impianto in campo libero (ad almeno 3 metri di distanza dalla parete)
- Impianto all'esterno sulla facciata
- Impianto in un angolo rientrante della facciata
- Impianto e luogo di ricezione sulla stessa facciata
- Impianto e luogo di ricezione sulla stessa facciata con angolo rientrante della facciata

Distanza dal luogo di ricezione

Si tratta della distanza tra la sorgente di rumore e la più vicina finestra di locali sensibili al rumore (dormitorio, sonno, etc.) nelle vicinanze. In caso di particelle non ancora edificate, si considera la distanza tra la sorgente di rumore e il limite di edificazione, ovvero la distanza legale di arretramento.

Misure di protezione fonica

Sotto questa voce è possibile selezionare i provvedimenti di protezione fonica con l'indicazione della loro efficacia.

Misure tecniche di riduzione vengono elencate nel capitolo 2.2.

Impianti a cascata

Se nel medesimo luogo sono installati e fatti funzionare a cascata diversi impianti di modello uguale, nell'attestato di protezione fonica è possibile selezionare la fattispecie e indicare il numero degli impianti. A dipendenza del numero di impianti viene calcolato l'aumento del livello.

Livello di pressione sonora L_{pA} sul luogo di ricezione

Il livello di pressione sonora sul luogo d'immissione viene calcolato dalla somma dei valori finora considerati.

Correzioni di livello K1 - K3 e correzione in base al tempo di funzionamento

Le correzioni di livello sono preimpostate in conformità all'aiuto all'esecuzione. Le spiegazioni in merito sono illustrate nel cap. 2.5 dell'aiuto all'esecuzione. Se l'esercizio dell'impianto viene limitato durante la notte per mezzo di un timer, occorre allora indicare il periodo di blocco (orario da / a). Questo periodo resta poi vincolante quale valore predefinito e diviene oggetto di decisione, conducendo a un livello di valutazione L_r inferiore.

Correzione tempo di funzionamento	Orario d'esercizio limitato di notte	0.0 dB	-6.0 dB
	Orario di blocco dalle: 21.00 Uhr alle: 6.00 Uhr		

Livello di valutazione L_r

Nel momento in cui tutti i dati necessari saranno stati inseriti, viene automaticamente calcolato il livello di valutazione L_r e viene indicato se i valori limite di esposizione (valori di pianificazione) relativi al GS selezionato sono rispettati o meno.

Verifica delle misure di prevenzione

Oltre al rispetto dei valori di pianificazione, nell'attestato di protezione fonica occorre indicare che sono state verificate misure di prevenzione.

Verifica delle misure di prevenzione	
Se i valori di pianificazione sono rispettati (in particolare nel GS II), ulteriori misure di limitazione delle emissioni di regola vengono considerate economicamente sostenibili solo se con un onere relativamente modesto è possibile ottenere una ulteriore considerevole riduzione delle emissioni (≥ 3 dB).	
Livello di potenza sonora	☒ Sono stati scelte componenti dell'impianto con livello ridotto di potenza sonora
Luogo d'installazione ottimizzato	Ubicazione ottimizzata riguardo al rumore per i vicini e il proprio edificio
Limitazione dell'orario d'esercizio	Orario di funzionamento limitato per quanto reso possibile dall'esercizio e tecnicamente
Ulteriori misure	Ulteriori misure di prevenzione venute in considerazione si sono rivelate non essere proporzionate, p.e.:
In particolare sono state esaminate le seguenti misure di prevenzione:	
Valutazione del rumore	
Rispetto dei valori limite d'esposizione I valori di pianificazione sono rispettati	
Valutazione della prevenzione	Le misure di prevenzione venute in considerazione sono state esaminate, e i provvedimenti risultati proporzionati sono stati attuati. Il principio di prevenzione viene pertanto adempiuto.

Livello di potenza sonora

Impianti con un elevato livello di potenza sonora sono da evitare. A tal proposito occorre osservare che gli impianti a regime regolato funzionano per la maggior parte del tempo d'esercizio a carico parziale, e che livelli elevati o massimi di potenza sonora insorgono di regola solo in determinate condizioni.

Luogo d'installazione ottimizzato

Occorre indicare in che modo è stato ottimizzato il luogo d'installazione:

- Ubicazione ottimizzata riguardo al rumore per i vicini (p.e. adiacente al proprio edificio)
- Ubicazione ottimizzata riguardo al rumore per i vicini e per il proprio edificio (p.e. impianto sul lato della strada)
- Ubicazione ottimizzata riguardo al rumore per il proprio edificio (p.e. schermatura tramite edificio adiacente)
- Schermatura degli impianti
- Altra motivazione (p.e. livello di valutazione chiaramente inferiore al valore di pianificazione)

Limitazione del tempo di esercizio

Nel quadro della prevenzione dev'essere esaminata la limitazione del tempo di funzionamento ed attuata nella misura massima possibile consentita dalle condizioni tecniche e d'esercizio.

Ulteriori misure ai sensi della prevenzione

Se i valori di pianificazione non vengono superati, allora misure di più ampia portata di limitazione delle emissioni nel quadro della prevenzione vengono considerate come economicamente sostenibili solo se con un onere relativamente contenuto è possibile ottenere una riduzione supplementare delle emissioni di almeno 3 dB. Occorre indicare che ulteriori misure di limitazione delle emissioni sono state verificate e, se del caso, le misure che risultano proporzionate devono venire elencate alla voce «Misure di protezione fonica». In caso contrario occorre confermare che le misure esaminate si sono dimostrate non essere proporzionate (costi, in particolare per gli impianti di minori dimensioni, superiori a una percentuale minima delle spese per l'impianto, oppure efficacia inferiore a 3 dB).

Nel caso in cui fossero state esaminate, oppure già pianificate, ulteriori misure preventive venute in considerazione, esse dovranno essere adeguatamente indicate.

Valutazione della prevenzione

Una volta compilato il capitolo relativo alla verifica delle misure relative alla prevenzione, viene visualizzato se esse sono state esaminate ed attuate in misura sufficiente.

Dati progettuali

Per completare l'attestato di protezione fonica devono essere necessariamente compilati i campi relativi al/alla richiedente, indirizzo, NPA e luogo. Per l'indirizzo, occorre indicare l'ubicazione dell'impianto.

Dati progettuali			
Richiedente			
Indirizzo		Particella n.	
NPA / Luogo		Domanda costruz. n.	

Per richieste di chiarimenti

Per richieste di chiarimenti da parte dell'autorità, occorre necessariamente fornire i dati di chi ha compilato l'attestato di protezione fonica.

Per ulteriori domande	
Autore / autrice	Nome:
	E-mail:
	Telefono:
Luogo, data:	Firma:
Allegati:	
☐ Piano di situazione con ubicazione dell'impianto	
☐ Scheda tecnica con dati sui livelli sonori	
☐ Documentazione misure di protezione fonica	

Allegati:

Un piano di situazione con tracciata l'ubicazione dell'impianto, nonché una scheda tecnica con i dati acustici devono essere in ogni caso prodotti.

Se vengono pianificate speciali misure di protezione dal rumore (silenziatori, calotte insonorizzanti, etc.), occorre presentare anche documentazione ad esse relativa.

1. Riscaldamento ad olio oppure a gas

1.1 Fattispecie

In una casa unifamiliare il riscaldamento esistente è stato sostituito nel 2004 con un nuovo impianto alimentato con olio combustibile, risp. a gas. Questo impianto è stato installato senza adottare particolari misure di protezione fonica. L'impianto di riscaldamento viene utilizzato per la produzione di acqua calda e per il riscaldamento dell'edificio. L'impianto si accende e si spegne sull'arco delle 24 ore in base al fabbisogno di calore.

Il periodo medio di funzionamento misura:

	Giorno (h 7–19)	Notte (h 19–7)	Totale
Estate	3 h	3 h	6 h
Inverno	7 h	5 h	12 h

In seguito a reclami per il rumore da parte dei vicini, viene effettuata una misurazione del rumore. Il vicinato si trova in una zona con grado di sensibilità al rumore (GS) II.

1.2 Valutazione

Il livello di immissione misurato dell'impianto di riscaldamento è di 36.8 dB(A). Si hanno una componente tonale leggermente udibile e una componente impulsiva non udibile. La valutazione viene effettuata per la notte.

La durata media giornaliera d'esercizio misura (3 h + 7 h) / 2 = 5 h per il periodo diurno e (3 h + 5 h) / 2 = 4 h durante la notte.

	Valori
L_{eq}	36.8 dB(A)
K1 notte	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
t	240 minuti
VP GS II notte	45 dB(A)

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$$

$$L_r = 36.8 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(240 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 48.8 \text{ dB(A)} - 4.8 \text{ dB} = 44.0 \text{ dB(A)}$$

Il livello di valutazione misura 44 dB(A) durante la notte e il valore di pianificazione pertanto viene di poco rispettato. Se non si fosse tenuto conto della correzione per il tempo di funzionamento, o se il riscaldamento fosse costantemente in funzione, il livello di valutazione ammonterebbe a 49 dB(A) e di conseguenza il valore di pianificazione verrebbe superato per 4 dB.

Poiché fino a questo momento non sono state messe in atto misure preventive di protezione fonica, occorre montare un silenziatore. Per mezzo dell'installazione di un silenziatore con un'efficacia di 10 dB, le immissioni foniche si riducono a circa 27 dB(A). Esse pertanto non si distaccano più in modo significativo dai restanti rumori ambientali in un quartiere residenziale.

1.3 Spiegazioni e indicazioni

Un silenziatore può essere montato tra impianto e camino, installato nel camino oppure applicato sopra il camino. I costi di un silenziatore possono ammontare grosso modo a 1'000 CHF. Secondo il tipo, un silenziatore può raggiungere un'efficacia da 10 fino a 25 dB.

Il montaggio di un silenziatore è considerato corrispondente allo stato della tecnica e rappresenta una misura che ai sensi della prevenzione è resa possibile dalle condizioni d'esercizio ed è economicamente sostenibile.

2. Ventilazione del fieno

2.1 Fattispecie

In un'azienda contadina viene messo in funzione durante il semestre estivo (da maggio a ottobre) un impianto di ventilazione del fieno, per la sua essiccazione e per impedire il verificarsi di un incendio nel deposito del fieno. L'impianto di ventilazione si trova all'esterno lungo la facciata del fienile.

Ogni volta dopo che un carico di fieno o guaine viene stoccato nel fienile, viene azionata la ventilazione per 2 giorni ininterrottamente e in seguito ad intervalli ancora per 2 - 4 giorni (a dipendenza dell'umidità dell'aria e della temperatura). Questo si verifica per 15 volte ogni estate.

	Durata	al giorno
Ventilazione continua	2 giorni	24 h
Ventilazione intervallata	2-4 giorni	4 h

Nella frazione di «Matten», in zona con grado di sensibilità al rumore (GS) III, molti nuovi residenti si sentono infastiditi dalle immissioni foniche. In conseguenza dei reclami si rende necessaria una valutazione ai sensi della normativa sul rumore.

2.2 Valutazione

Il livello di pressione sonora della ventilazione del fieno è stato misurato ad una distanza di 7 m dall'impianto e ammonta a 74 dB(A). La distanza dalla frazione di «Matten» è di 75 m. Sul luogo di accertamento si hanno una componente tonale chiaramente udibile e una componente impulsiva del suono non percepibile (caso normale). La valutazione viene effettuata per la notte.

Quale provvedimento di protezione fonica è stata eretta, come prova, una parete in legno provvisoria davanti all'impianto di ventilazione del fieno. Con questa parete è stata misurata una riduzione del livello di 10 dB.

	Valori
L_p a 7 m di distanza	74 dB(A)
s	75 m
K1 notte	10 dB
K2	4 dB
K3	0 dB
VP GS III notte	50 dB(A)
VLI GS III notte	55 dB(A)
Effetto parete legno	10 dB

La durata media giornaliera d'esercizio viene calcolata in base alla sua durata totale durante l'anno (T) e al numero dei giorni di funzionamento durante l'anno (B), con $t = T / B$. In analogia con la valutazione dell'esercizio stagionale degli impianti di innevamento artificiale⁷, dev'essere considerato un numero determinato di giorni d'esercizio. Nel caso dei ventilatori del fieno, per la determinazione della durata media giornaliera d'esercizio si deve in ogni caso assumere un valore $B = 100$ giorni.

$T = 15 \cdot (2 \text{ giorni} \cdot 24 \text{ h / giorno} + 3 \text{ giorni} \cdot 4 \text{ h / giorno}) = 900 \text{ h}$ o risp. 450 h per il giorno e per la notte

$t = 450 \text{ h} / 100 \text{ giorni} = 4.5 \text{ h}$ durante il giorno e durante la notte

Per il calcolo del livello di valutazione nelle situazioni semplici può essere utilizzato il formulario del Cercle Bruit.

$L_{eq} = L_{p,7m} - 20 \cdot \log(s / 7 \text{ m})$ – effetto della parete di legno

$L_{eq} = 74 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(75 \text{ m} / 7 \text{ m}) - 10 \text{ dB} = 74 \text{ dB(A)} - 20.6 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = 43.4 \text{ dB(A)}$

$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$

$L_r = 43.4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 4 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(270 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 57.4 \text{ dB(A)} - 4.3 \text{ dB} = 53.1 \text{ dB(A)}$

Se l'impianto di ventilazione del fieno è stato realizzato prima del 1985, il valore limite d'immissione può essere rispettato. Se invece l'impianto è stato realizzato dopo il 1985, il valore di pianificazione presso la frazione di «Matten» viene superato.

⁷ Leitfaden Lärmschutz bei Beschneiungsanlagen, Ufficio per l'ambiente dei Grigioni

I possibili provvedimenti di protezione dal rumore sono:

- Miglioramento della parete di protezione fonica
- Incapsulamento / campana insonorizzante del motore vicino alla sorgente sonora
- Assorbimento acustico sul punto di aspirazione dell'aria
- Preriscaldamento dell'aria, in modo tale che la durata della ventilazione continua possa essere ridotta e si possa inserire in anticipo la ventilazione intervallata
- Posizionamento dell'impianto sul lato in cui non sono presenti nelle vicinanze edifici abitati e zone edificabili non ancora costruite.

2.3 Spiegazioni e indicazioni

Essendo una sorgente sonora intensa e fortemente molesta, il ventilatore per il fieno dev'essere valutato singolarmente. Vengono presi in considerazione solo i giorni effettivi di messa in funzione della ventilazione del fieno. Gli altri giorni d'esercizio della fattoria senza attivazione del ventilatore per il fieno non possono essere presi in considerazione nella valutazione del rumore prodotto.

I livelli di pressione sonora degli impianti di ventilazione del fieno variano a 7 m di distanza tra 60 e 80 dB(A). Sul sito web di Agroscope è possibile trovare un'ampia lista di ventilatori (stato 2011). In internet non si trovano di fatto dati più recenti relativi ai livelli di pressione sonora dei ventilatori, risp. degli impianti per la ventilazione del fieno, ragione per cui si raccomanda di effettuare misurazioni nel caso di impianti già installati.

Nella prassi si riscontra che spesso sono in esercizio modelli d'occasione o vetusti. È opportuno verificare che essi funzionino in modo regolare e che vengano azionati correttamente.

3. Gruppo frigorifero di autocarro

3.1 Fattispecie

L'area aziendale di una impresa di logistica confina con un quartiere residenziale con grado di sensibilità al rumore (GS) III. La maggior parte delle sorgenti di rumore rilevanti si trova sul lato opposto a quello su cui confina il quartiere, e perciò non influiscono sulla valutazione. Viceversa, sono critici 5 posti di sosta per container frigorifero, con gruppi refrigeranti alimentati a diesel, che si trovano sul lato del quartiere residenziale ad una distanza di circa 120 m dall'edificio più vicino con utilizzo sensibile al rumore.

3.2 Valutazione

Il livello di potenza sonora dei gruppi frigorifero misura per ognuno 90 dB(A). Poiché i 5 posti di sosta si trovano direttamente a fianco uno dell'altro, e la distanza dal ricettore è relativamente grande, è possibile basarsi approssimativamente su un livello sonoro cumulativo di 90 dB(A) + $10 \cdot \log(5) = 97$ dB(A) e una distanza media.

I posti di sosta sono all'aperto. Sul luogo di accertamento sono presenti una componente tonale chiaramente udibile e una componente impulsiva non udibile. La valutazione viene effettuata per il periodo notturno. Vengono presi in considerazione solo i gruppi frigorifero alimentati a diesel, visto che le altre sorgenti di rumore sul luogo di accertamento in questo caso non sono rilevanti.

	Valori
Gruppi frigorifero	5 pz.
$L_{W,A}$	ognuno 90 dB(A)
$L_{W,A,tot}$	97 dB(A)
S	120 m
D_C	3 dB
K1 notte	10 dB
K2	4 dB
K3	0 dB
T	ognuno 180 minuti
VP GS III notte	50 dB(A)

$$L_{eq} = L_{W,A,tot} - 11 \text{ dB} + D_C - 20 \cdot \log(s / s_0)$$

$$L_{eq} = 97 \text{ dB(A)} - 11 \text{ dB} + 3 \text{ dB} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 1 \text{ m}) = 89 \text{ dB(A)} - 41.6 \text{ dB} = 47.4 \text{ dB(A)}$$

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$$

$$L_r = 47.4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 4 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(180 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 61.4 \text{ dB(A)} - 6.0 \text{ dB} = 55.4 \text{ dB(A)}$$

Il valore di pianificazione relativo al grado di sensibilità al rumore GS III viene durante la notte superato presso l'edificio maggiormente interessato.

Possibili provvedimenti di protezione dal rumore sono:

- Spostamento dei posti di sosta sul lato opposto dell'area aziendale
- Alimentazione elettrica dei gruppi frigorifero (riduzione fino a 10 dB)
- Costruzione di una parete di protezione fonica tra i posti di sosta e gli edifici abitativi.

3.3 Spiegazioni e indicazioni

Nelle aziende di logistica i gruppi frigorifero rappresentano spesso durante la notte la sorgente sonora determinante, in conseguenza della correzione di livello K1 di +10 dB. Di regola però in tali situazioni devono tenersi in considerazione anche le modalità di movimentazione dei container frigorifero e le procedure di trasbordo, carico, scarico, etc. La questione però non rientra nell'oggetto del presente aiuto all'esecuzione.

Qualora in casi diversi i singoli gruppi frigorifero dovessero trovarsi distribuiti a distanze maggiori tra loro, oppure la distanza dal ricettore dovesse essere significativamente inferiore, allora ogni singola sorgente sonora può essere calcolata separatamente e quindi i singoli livelli venir addizionati energeticamente. Per i casi più complessi è opportuno ricorrere a un programma di calcolo della propagazione sonora.

4. Raffreddatore

4.1 Fattispecie

In un centro di calcolo vengono impiegati per il raffreddamento dei locali d'esercizio raffreddatori posizionati sul tetto. Per tutte le componenti dell'impianto da raffreddare vengono impiegati sei raffreddatori collegati meccanicamente tra loro (modello standard di realizzazione). A pieno regime del centro di calcolo, e con temperature esterne elevate (estate), sono in funzione al massimo quattro raffreddatori a pieno regime e continuativamente. Gli altri raffreddatori hanno la funzione di riserva in caso di avarie.

Nel quadro della domanda di costruzione, per il centro di calcolo era stato formulato un onere secondo il quale doveva essere attestata la prova del rispetto nelle vicinanze del valore limite d'esposizione valutabile per i raffreddatori. I locali sensibili al rumore più vicini si trovano con un GS III a una distanza di 120 m.

4.2 Valutazione

Il livello di pressione sonora dei raffreddatori con ventilazione assiale, prodotti in serie con due regimi e potenza nominale da 100 fino a 400 kW ammonta secondo la norma EN 13487 ad una distanza di 10 m da 51 fino a 58 dB(A). Il livello cumulato di 4 raffreddatori misura a pieno carico 58 dB(A) + 10 · log(4) = 64 dB(A). Non sono previste misure di protezione fonica.

Si presuppongono una componente tonale debolmente udibile e una componente impulsiva non percepibile (caso normale). La valutazione viene effettuata per l'orario notturno.

	Valori
Raffreddatori	4 pz.
L_p a 10 m distanza	ognuno 58 dB(A)
$L_{p,tot}$ a 10 m distanza	64 dB(A)
s	120 m
K1 notte	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
t	ognuno 720 minuti
VP GS III notte	50 dB(A)

Per il calcolo del livello di valutazione può essere utilizzato il formulario del Cercle Bruit.

$$L_{eq} = L_{p,tot,10m} - 20 \cdot \log(s / 10 \text{ m})$$

$$L_{eq} = 64 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 10 \text{ m}) = 64 \text{ dB(A)} - 21.6 \text{ dB(A)} = 42.4 \text{ dB(A)}$$

$$L_r = L_{eq} + K1 + K2 + K3 + 10 \cdot \log(t / t_0)$$

$$L_r = 42.4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(720 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 54.4 \text{ dB(A)} - 0 \text{ dB} = 54.4 \text{ dB(A)}$$

Il livello di valutazione con il funzionamento dei 4 raffreddatori a pieno carico misura 54 dB(A). I raffreddatori superano pertanto il valore di pianificazione di 50 dB(A) durante la notte. Sono di conseguenza necessari per l'impianto provvedimenti per la riduzione dello sviluppo di rumore.

Affinché il valore di pianificazione possa essere rispettato durante le ore notturne sono possibili le seguenti misure:

- Limitazione del regime dei ventilatori (funzionamento a carico parziale), con in compenso più raffreddatori contemporaneamente attivati
- Sostituzione degli apparecchi del modello standard di realizzazione con altri più silenziosi e ottimizzati sotto il profilo acustico (raffreddatori con superfici maggiori, ventilatori a giri più lenti)
- Verifica del posizionamento dei raffreddatori ed eventuale schermatura tramite parete fonoassorbente collocata sul tetto sul lato rivolto al vicinato.

Quale misura di protezione dal rumore vengono scelti raffreddatori più silenziosi e viene ridotto il numero di giri dei ventilatori dalle ore 22 alle 6. Il livello di pressione sonora dei raffreddatori, a una distanza di 10 metri, misura da 43 fino a 55 dB(A). Il livello cumulato di 4 raffreddatori ammonta ad alto numero di giri $55 \text{ dB(A)} + 10 \cdot \log(4) = 61.0 \text{ dB(A)}$, e di 6 raffreddatori con basso numero di giri $43 \text{ dB(A)} + 10 \cdot \log(6) = 50.8 \text{ dB(A)}$.

Si presuppongono una componente tonale debolmente udibile e una componente impulsiva non percepibile (caso normale). La valutazione viene effettuata per l'orario notturno.

	Valori	
	4 pz.	6 pz.
Raffreddatori	4 pz.	6 pz.
Numero giri regime	II	I
Orario funzionamento	h 6 – h 22	h 22 – h 6
L_p a 10 m distanza	ognuno 55 dB(A)	ognuno 43 dB(A)
$L_{p,tot}$ a 10 m distanza	61 dB(A)	51 dB(A)
s	120 m	
K1 notte	10 dB	
K2	2 dB	
K3	0 dB	
VP GS III notte	50 dB(A)	

Fase di rumore 1 (h 19 – h 22 e h 06 – h 07): $t_1 = 4 \text{ ore} = 240 \text{ min.}$

Fase di rumore 2 (h 22 – h 06): $t_2 = 8 \text{ ore} = 480 \text{ min.}$

$$L_{eq,1} = 61 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 10 \text{ m}) = 61 \text{ dB(A)} - 21.6 \text{ dB(A)} = 39.4 \text{ dB(A)}$$

$$L_{r,1} = 39.4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(240 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 51.4 \text{ dB(A)} - 4.8 \text{ dB} = 46.6 \text{ dB(A)}$$

$$L_{eq,2} = 50.8 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 10 \text{ m}) = 50.8 \text{ dB(A)} - 21.6 \text{ dB(A)} = 29.2 \text{ dB(A)}$$

$$L_{r,2} = 29.2 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(480 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 41.4 \text{ dB(A)} - 1.8 \text{ dB} = 39.4 \text{ dB(A)}$$

$$L_r = 10 \cdot \log(10^{0.1 \cdot L_{r,1}} + 10^{0.1 \cdot L_{r,2}}) = 47.4 \text{ dB(A)}$$

Il livello di valutazione con i raffreddatori in funzione misura 47 dB(A). Il valore di pianificazione per l'orario notturno di 50 dB(A) può con le previste misure di protezione fonica essere rispettato.

4.3 Spiegazioni e indicazioni

Il calcolo dei due diversi regimi di funzionamento viene effettuato come per due fasi di rumore distinte. Per la valutazione delle immissioni prodotte dall'impianto, i livelli di valutazione delle due fasi di rumore vengono addizionate energeticamente.

5. Impianto con più sorgenti di rumore diverse

5.1 Fattispecie

In un edificio aziendale viene rinnovato l'impianto di ventilazione. Oltre al vero e proprio aggregato di ventilazione (monoblocco), è prevista ancora una macchina di raffreddamento. I due aggregati devono essere posizionati sul tetto piano, il monoblocco direttamente addossato alla facciata di una sovrastruttura, la macchina di raffreddamento da essa leggermente discosta in campo libero sul tetto piano.

L'edificio dotato dell'impianto di aerazione esistente è stato costruito dopo l'entrata in vigore della LPAmb e viene pertanto considerato quale impianto fisso nuovo. Di conseguenza, ai sensi dell'art. 7 OIF devono continuare a essere rispettati i valori di pianificazione.

Quale punto di accertamento determinate viene considerato un appartamento dell'edificio prospiciente, situato nella zona artigianale con uso residenziale e con grado di sensibilità al rumore GS III. Determinante è in particolare la valutazione per l'orario notturno.

5.2 Valutazione

I due aggregati possono venire calcolati singolarmente per mezzo dell'attestato semplice di protezione fonica per impianti HVACR.

Monoblocco:

Il monoblocco si trova a una distanza di 52 m dal punto di accertamento, appoggiato a una facciata ed è in funzione permanentemente durante la notte.

	Valori
L_p a 10 m distanza	46 dB(A)
L_{WA}	74 dB(A)
distanza s	52 m
Correzione coefficiente di direttività D_c	6 dB
K1 notte	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
Durata esercizio t	720 minuti
Livello parz. valutazione 1 $L_{r,1}$	46.7 dB(A)

Macchina di raffreddamento:

La macchina di raffreddamento si trova a 41 m dal punto di accertamento, in campo libero sul tetto piano, e non è in funzione di notte tra le ore 22 e le ore 06.

	Valori
L_p a 1 m distanza	68 dB(A)
L_{WA}	76 dB(A)
distanza s	41 m
Correzione coefficiente di direttività D_c	3 dB
K1 notte	10 dB
K2	2 dB
K3	0 dB
Durata esercizio t	240 minuti
Correzione livello	-4.8 dB
Livello parz. valutazione 2 $L_{r,2}$	43.0 dB(A)

Poiché i due aggregati fanno parte dello stesso impianto, occorre in seguito verificare che le emissioni congiunte di rumore di entrambi gli aggregati non superino il valore limite dell'impianto.

A tal fine vengono addizionati energeticamente i due livelli parziali di valutazione:

$$L_{r, \text{tot}} = 10 \cdot \log(10^{0.1 \cdot L_{r,1}} + 10^{0.1 \cdot L_{r,2}}) = 48.2 \text{ dB(A)}$$

Il valore di pianificazione del GS III di 50dB(A) per la notte può dunque essere rispettato.

1. Misurazione del rumore

1.1 In generale

In certi casi può essere necessario determinare il rumore prodotto da un impianto di riscaldamento, aerazione, ventilazione o refrigerazione per mezzo di una misurazione tecnica. L'inquinamento fonico (livello di valutazione) sui luoghi rilevanti d'immissione può venire accertato sulla base della misurazione del livello di pressione sonora.

Una misurazione effettuata su un impianto di riferimento può così diventare per esempio necessaria, se non sono disponibili i dati del produttore relativi al livello di potenza sonora del determinato impianto e di conseguenza non è possibile attestare preliminarmente il rispetto dei valori di pianificazione (per esempio in una procedura di domanda di costruzione). Misurazioni inoltre possono venire effettuate per l'esame di reclami contro il rumore, oppure in caso di dubbi riguardo alla correttezza dei dati forniti.

1.2 Requisiti per la misurazione

In caso di azioni legali per il rumore, la misurazione dev'essere eseguita se possibile presso l'attore al centro della finestra aperta (luogo della determinazione, art. 39 OIF), nella misura in cui ciò venga consentito dalla presenza di rumori di disturbo. Eventualmente il livello dei rumori di fondo dev'essere misurato separatamente e sottratto energeticamente dal valore di misurazione, o altrimenti il livello di pressione sonora viene misurato in un punto più vicino all'impianto e il relativo valore convertito in base alla distanza del luogo di valutazione (finestra).

Considerato che durante il giorno sono spesso presenti dei rumori di disturbo, e che per gli impianti modulanti (a regime regolato) è difficile porre l'impianto manualmente in un definito stato d'esercizio con massimo regime, si raccomanda di effettuare una misurazione di lungo periodo su più notti e con temperature esterne il più possibile rappresentative, per come usuali sul luogo durante il periodo d'esercizio. Il microfono può essere fissato conformemente all'aiuto all'esecuzione dell'UFAM⁸ direttamente all'esterno della finestra chiusa.

Il valore misurato sul vetro della finestra dev'essere ridotto di 5 dB affinché corrisponda a quello sulla finestra aperta.

- a) La disposizione della misurazione dev'essere il più semplice possibile e riproducibile
- b) La misurazione non dev'essere falsata da rumori di disturbo. Il livello sonoro di fondo dovrebbe essere sul luogo della misurazione significativamente inferiore rispetto al livello di pressione sonora prodotto dall'impianto. Eventualmente la misurazione dev'essere effettuata in un punto più vicino all'impianto, se ciò risulta possibile e ragionevole.
- c) L'apparecchio di misurazione deve corrispondere alla classe 1 ai sensi della norma IEC 61672, nonché disporre di una omologazione e di una taratura in corso di validità del METAS.

1.3 Contenuti del rapporto di misurazione

Nel verbale di misurazione devono figurare i seguenti dati:

- a) Apparecchio di misurazione (tipo, numero dell'apparecchio o di fabbricazione, numero del microfono, ultima taratura)
- b) Calibratura (data, calibratore utilizzato, livello di calibrazione, ultima taratura)
- c) Luogo della misurazione (posizionamento del microfono: pianta e fotografie, distanza dalla sorgente sonora, ostacoli)
- d) Sorgente sonora (se noti: tipo di impianto, fabbricante, numero di serie, anno di fabbricazione, livello di potenza sonora $L_{WA,ErP}$, $L_{WAmax,giorno}$ e $L_{WAmax,notte}$, ubicazione, orientamento, dimensioni, modalità d'esercizio, eventuali misure di riduzione del rumore, eventualmente fotografie)

⁸ Metodo per determinare le immissioni foniche esterne a finestre chiuse

- e) Momento e durata della misurazione (data e orario)
- f) Condizioni meteorologiche (temperatura, se disponibili: direzione e velocità del vento, grado di copertura nuvolosa)
- g) Rumori estranei (tipologia del rumore di disturbo, livello, durata)
- h) Incertezza di misurazione

Vengono documentati i singoli L_{eq} misurati, il valore energetico medio che ne viene determinato e le eventuali correzioni di livello accertate durante la misurazione per la componente tonale e quella impulsiva determinate sul posto oppure sulla base di registrazioni audio.

Il livello energetico medio ponderato A calcolato in base alla misurazione sul punto d'immissione costituisce, insieme alle correzioni di livello per la componente tonale e quella impulsiva, la base per la determinazione del livello di valutazione ai sensi del cap. 2.4 dell'aiuto all'esecuzione.