



## 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 nel concetto generico di impianti HVACR. Tali impianti possono assolvere ad 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. Centrali termoelettriche a blocco fino a 1 MW di potenza elettrica e impianti a combustione alimentati con cippato e pellet sono equiparati agli impianti di riscaldamento. Gli impianti di aerazione sono dispositivi per la ventilazione e l'evacuazione dell'aria di edifici e locali, senza raffreddamento e senza umidificazione o 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 oppure 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 capoverso 1 lettera e dell'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF). In particolare, essa 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 per il fieno, impianti di aerazione e deflusso dell'aria delle stalle
- Ventilatori dell'aria di scarico
- Apparecchi di climatizzazione
- Impianti di raffreddamento
- Impianti di refrigerazione

*L'aiuto all'esecuzione è disponibile in più lingue. In caso di incongruenze tra le diverse versioni linguistiche, fa testo la redazione originale in tedesco. Le altre versioni linguistiche sono una traduzione della versione in tedesco.*

- Gruppi frigorifero su autocarri
- Container frigoriferi di treni ricoverati
- Impianti di ventilazione e climatizzazione di treni passeggeri ricoverati

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 valuta il 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 a partire dalla biomassa, utilizzato per l'esercizio di centrali termoelettriche a blocco, esulano dal campo d'applicazione del presente aiuto all'esecuzione, ragione per cui esso non concerne le centrali termoelettriche a blocco alimentate con biogas e la stessa produzione del gas.

In caso di impianti di produzione di energia con potenza elettrica superiore a 1 MW, i singoli impianti componenti devono essere inquadrati secondo il tipo d'impianto ai sensi dell'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. a rispettivamente 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» menzionati all'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. a OIF, vengono di seguito elencati alcuni tipi di impianto secondo la lett. a:

- Impianti ad aria compressa
- Generatori elettrici 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 inquinante 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. 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. 37a cpv. 1 e 2 OIF Definizione delle immissioni foniche e controllo

*Nella sua decisione concernente la costruzione, la modifica o il risanamento di un impianto, l'autorità esecutiva definisce le immissioni foniche consentite. Nel caso in cui risulti accertato o sia lecito attendersi che le immissioni foniche di un impianto divergano sensibilmente e durevolmente dalle immissioni definite nella decisione, l'autorità esecutiva adotta le misure necessarie.*

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

*I valori limiti 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 pari importanza. Nel quadro della valutazione, essi devono essere tenuti entrambi in considerazione.

#### Giurisprudenza

L'attuale giurisprudenza in materia può essere consultata sul sito web [rumore.ch](http://www.rumore.ch)<sup>1</sup> del Cercle Bruit.

<sup>1</sup> [www.rumore.ch](http://www.rumore.ch) > Problemi di rumore > Diritto e legge > Giurisprudenza > Rumore dell'industria e dell'artigianato

## 1.4 Obiettivi dell'esecuzione unitaria

Occorre assicurare già nel quadro della procedura di autorizzazione che l'esercizio degli impianti HVACR rispetti le prescrizioni di legge federali in materia di protezione fonica (prevenzione e valore di pianificazione), e che esso non condurrà ad alcun problema legale in materia di rumore. L'esecuzione unitaria della valutazione degli impianti HVACR consente ai produttori degli impianti, ai progettisti, ai committenti, ai confinanti, agli installatori e alle autorità esecutive una maggiore sicurezza nella pianificazione, nell'inoltro e nel trattamento delle domande e in caso di azioni legali in materia di rumore.

## 1.5 Valenza giuridica dell'aiuto all'esecuzione

Questo aiuto all'esecuzione del Cercle Bruit è in primo luogo destinato alle autorità esecutive. Esso concretizza concetti giuridici generici espressi da leggi e ordinanze e promuove una prassi d'esecuzione

uniforme. Attenendosi al presente 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, purché siano conformi al diritto vigente.

## 1.6 Strumenti di esecuzione

I seguenti strumenti agevolano la valutazione uniforme sotto il profilo della normativa sul rumore degli impianti di riscaldamento, aerazione, climatizzazione e refrigerazione:

- Verifica del principio di prevenzione (capitolo 2.1)
- Elenco dei provvedimenti possibili di protezione dal rumore (capitolo 2.2)
- Direttive per l'accertamento del livello di valutazione (capitolo 2.3)
- Formulario «Attestato di protezione fonica per impianti HVACR in situazioni semplici» (allegato 1)
- Casi esemplificativi (allegato 2)

## 2. Valutazione

---

### 2.1 Presupposti per la presa in considerazione del principio di prevenzione

Indipendentemente dal carico fonico esistente e se i valori di pianificazione possano essere rispettati, dev'essere tenuto in debita considerazione il principio di prevenzione. Impianti HVACR di nuova installazione ottemperano a questo principio se le emissioni foniche corrispondono allo stato della tecnica, il luogo di installazione è stato scelto in modo appropriato e se gli orari di funzionamento vengono limitati nella misura del possibile per l'esercizio.

Occorre chiarire caso per caso se le emissioni sono limitate nella misura massima consentita dal progresso tecnico, dalle condizioni d'esercizio nonché dalla sostenibilità economica.

In caso di rispetto dei valori di pianificazione, misure ulteriori di prevenzione sono considerate, secondo la giurisprudenza, economicamente sostenibili solo se permettono di ottenere una riduzione considerevole delle emissioni con un dispendio esiguo (cfr. DTF 124 II 517 E. 5a).

Misure supplementari di protezione fonica dovranno essere previste nel caso in cui, sebbene i valori limite d'esposizione determinanti vengano rispettati, le immissioni di rumore siano tuttavia udibili nel vicinato ed è possibile ottenere una riduzione considerevole delle emissioni con un dispendio esiguo.

Nel quadro dell'applicazione del principio di prevenzione devono essere esaminate le seguenti misure finalizzate alla riduzione delle emissioni:

- Scelta di un impianto con basso livello di potenza sonora: l'impianto HVACR corrisponde allo stato della tecnica oppure il livello di potenza sonora è eccessivamente elevato?
- Luogo d'installazione delle componenti rumorose dell'impianto: è stato scelto un luogo d'installazione tale che nelle vicinanze ne derivino immissioni il più possibile ridotte?
- Assorbimento acustico o 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 possibile per l'esercizio?

### **2.11 Lo stato della tecnica quale elemento del principio di prevenzione**

Lo stato della tecnica di protezione dal rumore corrisponde allo stato attuale dello sviluppo di processi avanzati, dispositivi o modalità d'esercizio, che raggiungono un alto livello di protezione dell'ambiente. Si tratta di provvedimenti che permettono di contenere efficacemente le emissioni foniche, sono disponibili sul mercato e che – nel rispetto della proporzionalità tra oneri ed efficacia – hanno già dimostrato la loro validità nella pratica.

## **2.2 Provvedimenti di protezione fonica per gli impianti HVACR**

### **2.2.1 Impianti di riscaldamento**

#### **Impianti di riscaldamento alimentati 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 essere minimizzati tramite un allineamento ottimale tra bruciatore e caldaia
- scelta corretta della dimensione della caldaia

#### **Impianti di riscaldamento a pellet e cippato**

Provvedimenti di protezione fonica:

- calotta insonorizzante sopra il motore della coclea 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 a diesel, ad iniezione interna, ad accensione comandata o altri tipi di motori a quattro tempi, perché essi non si differenziano significativamente dal punto di vista sonoro. 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 presen-

tano picchi di livello nell'ordine di 60 - 80 Hz, che spesso vengono 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. Questo fattore dev'essere considerato nella valutazione.

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

- blocco motore, incluso il generatore elettrico (gruppo elettrogeno o modulo)
- 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 per impedire la trasmissione del rumore per via solida

### **2.2.2 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

### **2.2.3 Impianti di climatizzazione**

#### **Impianti monoblocco o split**

Gli impianti di climatizzazione monoblocco o split sono di principio da equipararsi alle termopompe, tuttavia con flusso termico invertito. Di conseguenza i provvedimenti di protezione dal rumore relativi alle pompe di calore (v. Aiuto all'esecuzione 6.21) possono essere assunti anche per gli impianti di climatizzazione.

## 2.24 Impianti di refrigerazione

### Compressori

Provvedimenti di protezione fonica:

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

### Condensatori raffreddati ad aria (raffreddatore ad aria)

Provvedimenti di protezione fonica:

- direzionamento delle aperture di entrata e uscita dell'aria
- apparecchio poco rumoroso: ventilatori a rotazione lenta con conseguente maggiore superficie di condensazione (in posizioni esposte il numero dei giri non deve superare i 500 min<sup>-1</sup> [6])
- silenziatore

### Torri di raffreddamento

Provvedimenti di protezione fonica:

- ventilatore poco rumoroso
- riduzione del rumore prodotto dall'acqua sulla superficie d'impatto

## 2.3 Attestato di protezione fonica

I valori limite d'esposizione determinanti ai sensi dell'OIF non possono essere superati. Occorre dimostrare tramite un attestato di protezione fonica che tali valori vengono rispettati.

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 per 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 dell'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 d'esercizio in minuti per la fase di rumore $i$
$t_0$	720 minuti

<sup>2</sup> Art. 39 OIF

<sup>3</sup> Art. 7 cpv. 1 lett. b OIF

<sup>4</sup> Art. 42 OIF

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

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

Ulteriori delucidazioni in merito alle correzioni dei livelli K1 - K3 ed alla correzione del periodo d'esercizio  $10 \cdot \log(t_i/t_0)$  sono esposte nel capitolo 2.4.

Il livello di valutazione  $L_r$  dev'essere determinato al centro delle finestre aperte di locali sensibili al rumore o, in caso di particelle non ancora edificate, sul limite di costruzione (confine della particella più distanza di arretramento legale di edificabilità)<sup>2</sup>. Le immissioni foniche prodotte singolarmente da un impianto nuovo – dopo che i requisiti e l'attuazione delle misure conformi al principio di prevenzione saranno garantiti – non possono superare i valori di pianificazione prescritti dall'allegato 6 OIF<sup>3</sup>.

Per gli impianti di case plurifamiliari, i valori limite valgono anche presso il proprio edificio. Fanno eccezione locali aziendali e abitazioni situati nella propria area aziendale.

Occorre tener presente che per i locali di aziende che si trovano in zone con grado di sensibilità I, II e III si applicano valori di pianificazione e valori limite d'immissione superiori di 5 dB<sup>4</sup>.

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:

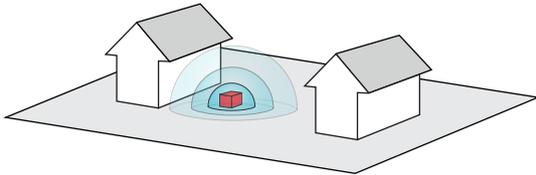
$$L_{eq} = L_{WA} - 11 \text{ dB} + D_C - 20 \cdot \log(s / s_0)$$

$L_{eq}$	livello energetico medio ponderato A al centro delle finestre aperte di 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 l'impianto e la finestra determinante o, in caso di particelle non ancora edificate, il limite di costruzione legale arretrato rispetto al confine della particella
$s_0$	1 metro

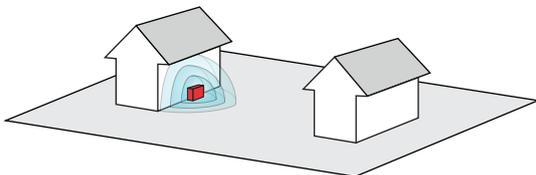
Il livello di potenza sonora  $L_{WA}$  dell'impianto dev'essere desunto dai dati forniti dal fabbricante. Se sono disponibili dati dettagliati, come ad esempio la distribuzione del livello di pressione

sonora in campo libero (caratteristica di direttività), e se l'orientamento dell'impianto è noto, allora questo potrà essere preso in considerazione per il calcolo.

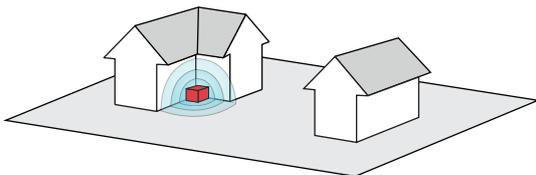
Il coefficiente di direttività  $D_c$  misura:



in campo libero +3 dB  
(almeno a 5 metri di distanza dalla parete)



addossata alla parete +6 dB



in un angolo rientrante +9 dB

## 2.4 Correzioni di livello e correzione del periodo d'esercizio

### 2.4.1 Correzioni di livello

#### 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 di notte.

Se tuttavia le immissioni di 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 avvenire eccezionalmente in riferimento all'allegato 6 cifra 1 cpv. 1 lett. a OIF. Viene loro in tal caso applicata tanto per il periodo diurno che quello notturno una correzione di livello K1 di 5 dB.

#### Correzione di livello K2

La «determinazione» della componente tonale viene eseguita da uno specialista, che stabilirà la correzione di livello in base alla propria esperienza. È possibile anche avvalersi di strumenti ausiliari individuati in studi specialistici [9], [10]. Occorre inoltre considerare il capitolo 2.5.

#### Correzione di livello K3

La «determinazione» della componente impulsiva viene eseguita da uno specialista, che stabilirà 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 di impianti HVACR non provocano normalmente picchi di livello. Nella previsione del rumore prodotto è perciò da fissare la correzione di livello  $K3 = 0$ . Una componente impulsiva effettivamente presente in modo chiaro o fortemente udibile manifesta la presenza di un difetto. La componente impulsiva di tali impianti – a prescindere se i valori limite siano rispettati – dev'essere in ogni caso eliminata da parte del proprietario dell'impianto in forza del principio di prevenzione.

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

Per impianti HVACR fatti funzionare singolarmente, ai fini della valutazione generale non si esegue una correzione del periodo d'esercizio.

Per impianti HVACR la cui durata di funzionamento viene tecnicamente limitata tramite orari di accensione e spegnimento regolati in modo fisso (timer), per la 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 diversi impianti, che sono in funzione in parte contemporaneamente oppure anche in orari diversi, il periodo di funzionamento effettivo di ogni singolo impianto può essere tenuto in considerazione con una correzione del periodo d'esercizio.

## 2.5 Impianti con componenti sonore a bassa frequenza

Nel caso degli impianti HVACR le emissioni foniche vengono percepite come un disturbo principalmente se è presente un ronzio. Il fastidio si manifesta soprattutto durante gli orari notturni in ambienti residenziali tranquilli.

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

Rumori a bassa frequenza possono insorgere ad esempio dalle CTEB, dai bruciatori, dai compressori e dai ventilatori. Se anche i valori limite d'esposizione venissero rispettati da tali rumori a bassa frequenza, e ciononostante si arrivasse a provocare disturbo, in virtù dell'art. 11 cpv. 2 LPAmb possono essere stabilite delle misure per la limitazione delle emissioni. Per la valutazione del grado di disturbo può essere fatto riferimento alla norma DIN 45680 [14]. Questa include il criterio di valutazione  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$ , che dev'essere superiore a 20 dB perché sia presente un effetto del rumore a bassa frequenza<sup>5</sup>. In tal caso, viene effettuata un'analisi della banda di frequenza in terzi di ottava, nella quale vengono prese in considerazione le relative soglie uditive. L'esame indica quali frequenze si presentano e devono essere attutate. Di conseguenza possono essere stabilite le relative misure.

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

Per gli impianti HVACR con più livelli operativi e gli impianti a regime pilotato viene valutato l'esercizio medio. Se i vari livelli operativi si verificano in spazi temporali chiaramente definiti, essi vengono presi in considerazione per il periodo di valutazione come fasi di rumore.

Nel caso degli impianti HVACR dell'industria, delle arti e mestieri e dell'agricoltura costituiti da più impianti parziali, si valuta il carico fonico medio dell'esercizio rappresentativo. Se il carico d'esercizio dell'impianto è limitato con un temporizzatore, oppure si verificano fasi di rumore determinate che si elevano significativamente rispetto allo stato medio d'esercizio, tali fattori devono essere presi specificamente in considerazione.

## 2.7 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» (allegato 1).

Impianti di grandi dimensioni, costituiti da diversi componenti, e impianti con una situazione complessa di propagazione, devono essere valutati con una perizia fonometrica esaustiva. A tal fine possono essere utilizzati programmi di misurazione del rumore in uso corrente.

## 2.8 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 per il rumore, la verifica delle immissioni foniche tramite misurazioni è uno strumento indicato. Se possibile, la misurazione viene effettuata presso la finestra aperta del locale sensibile al rumore maggiormente esposto. La misurazione effettuata è determinante per la valutazione.

### Avvertenza:

- Le correzioni di livello K2 (componente tonale) e K3 (componente impulsiva) vanno determinate sul luogo d'immissione da uno specialista.

<sup>5</sup> La bozza DIN 45680:2020-06 prevede ora per la differenza di livello  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$  un valore soglia di 15 dB.

### 3. Documentazione di approfondimento

---

#### 3.1 Letteratura

- [1] UFAM (ed.) 2016: Determinazione e valutazione dei rumori dell'industria e dell'artigianato. Aiuto all'esecuzione per gli impianti industriali e artigianali. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Numero UV 1636
- [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 ["Misurazione delle emissioni foniche prodotte da 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 Nusshof
- [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 Schalleistungspegels; versione tedesca EN 12102:2013
- [14] DIN 45680: Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschmissionen in der Nachbarschaft; DIN 45680:1997-03<sup>6</sup>
- [15] EMPA rapporto d'inchiesta n. 460'395-2a: Beurteilung und Begrenzung des Lärms von abgestellten Zügen

<sup>6</sup> Norma in corso di revisione: E DIN 45680:2020-06

### Lärmschutznachweis für HLKK Anlagen bei einfachen Situationen

Beurteilung der Lärmimmissionen von Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Kühlanlagen

#### Generelle Angaben / Standort der Anlage

Adresse  Parzelle Nr.   
 PLZ / Ort  Baugesuchs-Nr.

Angaben zur Anlage (techn. Datenblatt + Situationsplan mit eingezeichneter Anlage beilegen)

Art der Anlage:  Lüftung  Klimatisierung  Rückkühler  andere Angabe des Herstellers:  
 Hersteller  Schalleistung  $L_{WA}$   dBA  LwA  
 Modell / Typ  Schalldruckpegel  $L_{pA}$   dBA  LpA  
 Leistung  kW bei  $s_1$  m

Schalleistungspegel aussen  $L_{WA}$   0 dBA

Distanz (s) Quelle - Empfänger:  
 (Nachbargebäude; wenn unbebaute Nachbarparzelle: Baulinie, resp. Grenzabstand; MFH: im Gebäude selber)  m

Planungswert gemäss Anhang 6 LSV  ES II (Wohnzone)  ES III (z.B. Mischzone)  ES IV 50 dBA Nacht  
60 dBA Tag

Betroffener Raum ist Betriebsraum gemäss Art. 42 LSV?  Ja

#### Berechnung des Beurteilungspegels $L_r$ am Empfangsort

##### Korrekturfaktoren

Richtwirkungs-   Anlage im Gebäude, Schacht an der Fassade (+ 6 dB)  
 korrektur  $D_c$    Anlage im Gebäude, Schacht in einspringender Fassadenecke (+ 9 dB)  
  Anlage aussen an der Fassade (+ 6 dB)  
  Anlage aussen in einspringender Fassadenecke (+ 9 dB)  
  Anlage freistehend, auf Dach (+ 3 dB) 6 dB

Schalldruckpegel  $L_{pA}$  am Empfangsort ( $L_{pA} = L_{WA} - 11 + D_c - 20 \cdot \log(s/s_0)$ )  dBA

Pegelkorrektur K1 Betrieb während der Nacht (19:00 - 07:00 Uhr)  10 dB  
 Betrieb am Tag (07:00 - 19:00 Uhr)  5 dB

Pegelkorrektur K2 Hörbarkeit der Tonhaltigkeit  
 nicht hörbar  
 schwach hörbar + 2 dB (Normalfall)  
 deutlich hörbar + 4 dB  
 stark hörbar + 6 dB 2 dB

Pegelkorrektur K3 Hörbarkeit der Impulshaltigkeit  
 nicht hörbar (Normalfall: 1-stufiger monovalenter Betrieb)  
 schwach hörbar + 2 dB (2-stufiger Betrieb od. Doppelanlage)  
 deutlich hörbar + 4 dB  
 stark hörbar + 6 dB 0 dB

Pegelkorrektur durch Betriebsdauer t:  720 Min. in der Nacht  0.0 dB  
 (In der Regel: t = 720 Min, Abweichungen sind zu begründen)  720 Min. am Tag  0.0 dB

Lärmschutzmassnahmen  Schalldämpfer  
 Andere:  dB  
 Andere:  dB 0 dB

Beurteilungspegel  $L_r$  Nacht dBA  
Tag dBA

Der Planungswert von  50 dBA wird in der Nacht  
 60 dBA wird am Tag

Wurde das Vorsorgeprinzip berücksichtigt?  Ja  Nein

Verfasser

Ort, Datum

Unterschrift

## 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 ad olio, rispettivamente a gas. Questo impianto è stato installato senza adottare particolari misure di protezione dal rumore. L'impianto di riscaldamento viene utilizzato per la produzione di acqua calda e per il riscaldamento dell'edificio. L'impianto si accende e spegne sull'arco delle 24 ore in base al fabbisogno di calore.

Il periodo medio di funzionamento misura:

	Giorno (h 7–h 19)	Notte (h 19–h 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 immissioni originato dal riscaldamento misura 36,8 dB(A). Sono presenti una componente tonale debolmente udibile, e una componente impulsiva non udibile. La valutazione viene effettuata per la notte.

La durata media giornaliera d'esercizio ammonta a  $(3\text{ h} + 7\text{ h}) / 2 = 5\text{ h}$  per il periodo diurno e  $(3\text{ h} + 5\text{ h}) / 2 = 4\text{ h}$  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) e il valore di pianificazione pertanto viene di poco rispettato. Se non si tenesse in considerazione la correzione per il tempo di funzionamento, o se il riscaldamento fosse sempre in funzione, il livello di valutazione misurerebbe 49 dB(A) e di conseguenza il valore di pianificazione sarebbe superato per 4 dB.

Poiché fino a questo momento non sono state messe in atto misure preventive di protezione fonica, occorre montare un silenziatore. Tramite l'installazione di un silenziatore con un'efficacia di 10 dB, le immissioni di rumore 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 a 500 fino a 1 000 CHF circa. Un silenziatore può raggiungere secondo il genere un'efficienza da 10 fino a 25 dB.

L'installazione di un silenziatore è considerata corrispondente allo stato della tecnica e rappresenta un provvedimento opportuno ai sensi della prevenzione, reso possibile dal progresso tecnico e dalle condizioni d'esercizio ed economicamente sostenibile.

## 2. Ventilazione del fieno

### 2.1 Fattispecie

In un'azienda contadina viene messo in esercizio 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 del deposito di fieno. L'impianto di ventilazione del fieno è collocato all'esterno lungo la facciata del fienile.

Ogni volta dopo che il carico di fieno o guaine sono stati stoccati nel fienile, viene rispettivamente azionata la ventilazione per due giorni ininterrottamente e in seguito con ventilazioni intervallate ancora per 2-4 giorni (a dipendenza dell'umidità dell'aria e della temperatura). Ciò si verifica 15 volte ogni estate.

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

Nella frazione di «Matten», zona con grado di sensibilità al rumore (GS) III, diversi 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 derivante dalla 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 d'immissione sono presenti una componente tonale chiaramente udibile e una componente impulsiva del suono non udibile (caso normale). La valutazione viene eseguita per la notte.

Quale provvedimento di protezione dal rumore è stata eretta, come prova, una parete provvisoria di legno 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 annuale (T) e al numero annuale dei giorni di funzionamento dell'impianto (B), con  $t = T / B$ . In analogia con la valutazione dell'esercizio stagionale degli impianti di innevamento<sup>7</sup>, dev'essere considerato un numero determinato di giorni d'esercizio. Nel caso dei ventilatori per il fieno, per la determinazione della durata media giornaliera d'esercizio si assume in ogni caso un valore  $B = 100$  giorni.

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

$$t = 450 \text{ h} / 100 \text{ giorni} = 4,5 \text{ h durante il giorno e durante la notte}$$

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

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

$$L_{eq} = 74 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(75 \text{ m} / 7 \text{ m}) - 10 \text{ dB} = 74 \text{ dB(A)} - 20,6 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = 43,4 \text{ dB(A)}$$

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

$$L_r = 43,4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 4 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(270 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 57,4 \text{ dB(A)} - 4,3 \text{ dB} = 53,1 \text{ dB(A)}$$

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 «Matten» viene superato.

Le possibili misure di protezione dal rumore sono:

- Migliore parete di protezione fonica
- Incapsulamento/campana insonorizzante del motore vicino alla sorgente sonora
- Assorbimento acustico nel punto di aspirazione dell'aria
- Preriscaldamento dell'aria, in modo tale da ridurre i tempi di ventilazione continua e da poter inserire in anticipo la ventilazione intervallata
- Posizionamento dell'impianto sul lato dove 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 deve essere valutato singolarmente. Vengono considerati solo i giorni effettivi di messa in funzione della ventilazione del fieno. Gli altri giorni d'esercizio della fattoria senza attivazione della ventilazione del fieno non possono essere presi in considerazione nella valutazione del rumore prodotto.

Il livello di pressione sonora di impianti di ventilazione del fieno varia a 7 m di distanza tra 60 e 80 dB(A). Sul sito internet di Agroscope è possibile trovare una lista esaustiva di ventilatori (stato 2011). In internet non si trovano di fatto nuove indicazioni in merito al livello di potenza sonora dei ventilatori, rispettivamente degli impianti di ventilazione per il fieno. Raccomandiamo perciò per gli impianti già installati di far eseguire misurazioni.

In pratica, sono spesso in funzione modelli di impianti d'occasione e vetusti. È opportuno verificare che essi funzionino regolarmente e vengano correttamente azionati.

<sup>7</sup> Leitfaden Lärmschutz bei Beschneigungsanlagen, Amt für Umwelt Graubünden

## 3. Gruppo frigorifero di autocarro

### 3.1 Fattispecie

L'area aziendale di una nuova 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 trovano sul lato opposto a quello su cui confina il quartiere, e perciò non influiscono nella 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 ognuno 90 dB(A). Poiché i 5 posti di sosta si trovano uno accanto all'altro e la distanza dal ricettore è relativamente elevata, è possibile basarsi approssimativamente su un livello sonoro cumulativo di  $90 \text{ dB(A)} + 10 \cdot \log(5) = 97 \text{ dB(A)}$  e una distanza media.

I posti di sosta sono all'aperto. Sul luogo d'immissione è presente una componente tonale chiaramente udibile e una componente impulsiva non udibile. La valutazione viene eseguita durante la notte. Vengono presi in considerazione solo i gruppi frigorifero alimentati a diesel, considerato che altre sorgenti di rumore non sono rilevanti in questo caso sul luogo d'immissione.

	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 GS III viene di notte superato presso l'edificio maggiormente interessato.

Possibili provvedimenti di protezione dal rumore:

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

### 3.3 Spiegazioni e indicazioni

Nelle aziende di logistica sono spesso i gruppi frigorifero a rappresentare durante la notte la sorgente sonora determinante in conseguenza della correzione di livello K1 di +10 dB. Di regola però in queste situazioni devono anche essere tenute in considerazione le modalità di movimentazione dei container frigorifero e le procedure di trasbordo, carico, scarico, etc. La questione però non è oggetto di questo aiuto all'esecuzione.

Qualora in casi diversi i singoli gruppi frigorifero dovessero trovarsi distribuiti a distanza maggiore l'uno dall'altro, oppure la distanza dal ricettore dovesse essere significativamente inferiore, allora ogni singola sorgente sonora può essere misurata individualmente e quindi i singoli livelli venire energeticamente sommati. 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 l'insieme delle 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 alte temperature esterne (estate), sono in funzione al massimo quattro raffreddatori a pieno regime e continuativamente. I raffreddatori rimanenti hanno la funzione di riserva in caso di avarie.

Nel quadro della domanda di costruzione per il centro di calcolo era stato formulato l'onere di attestazione del rispetto nelle vicinanze del valore limite di esposizione valevole per i raffreddatori. I locali sensibili al rumore più vicini si trovano con un GS III ad una distanza di 120 m.

### 4.2 Valutazione

Il livello di pressione sonora dei raffreddatori con ventilatori assiali, prodotti di serie con due regimi e una potenza nominale da 100 fino a 400 kW, ammonta secondo la norma EN 13487 a 10 m di distanza da 51 fino a 58 dB(A). Il livello cumulato di 4 raffreddatori misura a pieno carico 58 dB(A) +  $10 \cdot \log(4) = 64$  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 eseguita 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.

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

$$L_{eq} = 64 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log(120 \text{ m} / 10 \text{ m}) = 64 \text{ dB(A)} - 21,6 \text{ dB(A)} = 42,4 \text{ dB(A)}$$

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

$$L_r = 42,4 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB} + 2 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 10 \cdot \log(720 \text{ min.} / 720 \text{ min.}) = 54,4 \text{ dB(A)} - 0 \text{ dB} = 54,4 \text{ dB(A)}$$

Con il funzionamento dei 4 raffreddatori a pieno carico il livello di valutazione misura 54 dB(A). In tal modo, i raffreddatori superano il valore di pianificazione di 50 dB(A) durante la notte. Per l'impianto sono perciò necessari provvedimenti per la riduzione dello sviluppo di rumore.

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

- 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 (superfici dei raffreddatori maggiori, ventilatori a giri più lenti)
- Verifica del posizionamento dei raffreddatori, ed eventualmente schermatura tramite una parete fonoassorbente collocata sul tetto verso la vicinanza.

Quali provvedimenti di protezione dal rumore vengono scelti raffreddatori più silenziosi con la riduzione del numero di giri dei ventilatori dalle h22 alle h06. Il livello di pressione sonora dei raffreddatori ammonta a 10 m di distanza da 43 fino 55 dB(A). Il livello cumulato di 4 raffreddatori ammonta ad alto numero di giri 55 dB(A) +  $10 \cdot \log(4) = 61.0$  dB(A), mentre di 6 raffreddatori a basso numero di giri 43 dB(A) +  $10 \cdot \log(6) = 50.8$  dB(A).

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

	Valori	
	4 pz.	6 pz.
Raffreddatori	4 pz.	6 pz.
Numero giri regime	II	I
Orario funzionamento	h6–h22	h22–h6
$L_p$ 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 rumore 1 (h 19–h 22 e h 06–h 07):  $t_1 = 4$  ore = 240 min.

Fase rumore 2 (h 22–h 06):  $t_2 = 8$  ore = 480 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 di 50 dB(A) per l'orario notturno può con le previste misure di protezione dal rumore 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 energeticamente addizionate.