Bullerdämpning av externt industribuller från livsmedelsindustri och hamnar

Best Available Technique (BAT)

Bullerdämpning av externt industribuller från livsmedelsindustri och hamnar

Best Available Technique (BAT)

*Alf Andreasson, Anders Bengtsson, Per-Åke Nilsson,
Pär Wigholm och Örjan Johansson*

Bullerdämpning av externt industribuller från livsmedelsindustri och hamnar
Best Available Technique (BAT)

Alf Andreasson, Anders Bengtsson, Per-Åke Nilsson, Pär Wigholm och Örjan Johansson

ISBN 978-92-893-2822-7

ISBN 978-92-893-2823-4 (EPUB)

<http://dx.doi.org/10.6027/TN2014-548>

TemaNord 2014:548

ISSN 0908-6692

© Nordiska ministerrådet 2014

Layout: Hanne Lebech

Omslagsfoto: Pär Wigholm

Denna rapport är utgiven med finansiellt stöd från Nordiska ministerrådet. Innehållet i rapporten avspeglar inte nödvändigtvis Nordiska ministerrådets synpunkter, åsikter eller rekommendationer.

www.norden.org/sv/publikationer

Det nordiska samarbetet

Det nordiska samarbetet är ett av världens mest omfattande regionala samarbeten. Det omfattar Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige samt Färöarna, Grönland och Åland.

Det nordiska samarbetet är politiskt, ekonomiskt och kulturellt förankrat och är en viktig partner i europeiskt och internationellt samarbete. Den nordiska gemenskapen arbetar för ett starkt Norden i ett starkt Europa.

Det nordiska samarbetet ska stärka nordiska och regionala intressen och värderingar i en global omvärld. Gemensamma värderingar länderna emellan bidrar till att stärka Nordens ställning som en av världens mest innovativa och konkurrenskraftiga regioner.

Nordiska ministerrådet

Ved Stranden 18

DK-1061 København K

Telefon (+45) 3396 0200

www.norden.org

Innehåll

Sammanfattning.....	7
Inledning och syfte.....	9
1. Utförande.....	11
2. Bästa tillgängliga teknik(BAT)	13
3. Ordlista.....	15
4. Allmänt om ljud	17
4.1 Buller och toner.....	17
5. Livsmedelsindustrier och buller från deras ventilations- och kylanläggningar	21
6. Hamnverksamheter och deras bidrag av externt industribuller	23
7. Riktvärden för buller i de nordiska länderna	25
7.1 Riktvärden för externt industribuller i Sverige	25
7.2 Riktvärden för externt industribuller i Norge.....	26
7.3 Riktvärden för externt industribuller i Danmark	27
7.4 Riktvärden för externt industribuller på Färöarna.....	28
7.5 Riktvärden för externt industribuller i Finland.....	28
7.6 Riktvärden för externt industribuller på Åland.....	29
7.7 Riktvärden för externt industribuller på Island.....	30
7.8 Jämförelse av riktvärden för externt industribuller i de nordiska länderna.....	30
8. Bullerbekämpning allmänt.....	31
8.1 Minska buller vid källan.....	31
8.2 Förhindra bullerspridning längs utbredningsvägen.....	32
8.3 Minska buller vid mottagaren.....	33
9. Tekniker att beakta vid fastställande av BAT för dämpning av buller från fläktar och kylanläggningar inom livsmedelsindustrin	35
9.1 Nr 1: Byt ut gamla fläktar mot fläktar med modern tyst design.....	35
9.2 Nr 2: Optimal installation	37
9.3 Nr 3: Optimal dimensionering	40
9.4 Nr 4: Skärmning av kylarfläktar	44
9.5 Nr 5: Välj varvtalsreglering framför start/stoppreglering	47
9.6 Nr 6: Utnyttja ändreflektion. Minska kanaldimensioner.....	50
9.7 Nr 7: Strukturdämpa och vibrationsisolera	53
9.8 Nr 8: Tilläggsisolera fläktar och kanaler	57
9.9 Nr 9: Inbyggnad av fläktar.....	61
9.10 Nr 10: Ljuddämpare på fläktar	63

10. Tekniker att beakta vid fastställande av BAT för dämpning av buller inom hamnverksamhet.....	67
10.1 Nr 1: Hastighetsreducering vid ramper	67
10.2 Nr 2: Gummibeläggning på ramper	68
10.3 Nr 3: Anslutning ramp och kaj.....	70
10.4 Nr 4: Containerhantering, "soft landing"	71
10.5 Nr 5: Containerhantering, kameraövervakning	72
10.6 Nr 6: Akustisk övervakning.....	74
10.7 Nr 7: Transportband istället för fordonstransporter	76
10.8 Nr 8: Landström till fartyg	77
10.9 Nr 9: Fartygsventilation.....	79
10.10 Nr 10: Fartyg, lågfrekvent buller	80
10.11 Nr 11: Ljuddämpade lastbilsflak.....	82
11. Bästa tillgängliga teknik för dämpning av buller från fläktar och kylanläggningar inom livsmedelsindustrin	85
12. Bästa tillgängliga teknik för dämpning av buller inom hamnverksamhet.....	87
13. Referenser	89
14. Summary.....	91

Sammanfattning

ÅF Ljud & Vibrationer har på uppdrag av Nordiska ministerrådet, utfört en studie kring bästa tillgängliga teknik, s.k. BAT(Best Available Technique) avseende dämpning av externt industribuller från livsmedelsindustrier och hamnverksamheter.

Rapporten är framtagen i syfte att identifiera de tekniker, som ska beaktas när BAT ska bestämmas, för att begränsa bulleralstrande mekanismer och arbetsmoment inom externt industribuller från livsmedelsindustrier och hamnar. Tio respektive elva stycken tekniker presenteras avseende bästa tillgängliga teknik för bullerdämpning inom livsmedels- och hamnverksamhet

Resultaten redovisas i form av listade tekniker där fokus har varit att skapa en enhetlig beskrivning av varje utvald bullerkälla med bästa tillgängliga teknik för dämpning. Följande punkter/frågor diskuteras för varje utvald teknik:

- Beskrivning av bullerkälla.
- Hur uppkommer ljudet?
- Hur kan man dämpa bullret?
- Vilken bullerdämpning är möjlig?
- Tillämpningsområde.
- Begränsningar.
- Kostnad.
- Nordiskt perspektiv.

De redovisade teknikerna fokuserar på de ljudalstrande mekanismer som olika maskiner och verksamheter ger upphov till, samt vad som kan göras för att minimera deras påverkan till omgivningen, BAT.

Resultatet visar att en tillämpning av BAT medför att respektive bullerkällas bullerbidrag till omgivningen kan reduceras avsevärt. Detta påverkar i sin tur verksamhetens totala bullerbidrag till omgivningen, dock i varierande grad beroende på verksamhetens omfattning och förutsättningar.

Inledning och syfte

ÅF Ljud & Vibrationer har på uppdrag av Nordiska ministerrådet, utfört en studie kring BAT (Best Available Technique) om dämpning av externt industribuller från hamnverksamheter samt fläktar och kylanläggningar vid livsmedelsindustrier. Buller från livsmedelsindustri och hamnverksamhet är en gemensam och vanligt förekommande problematik i de nordiska länderna.

Rapporten är framtagen i syfte att beskriva ett antal tekniker, som anses vara BAT, för att begränsa utvalda bulleralstrande maskiner och arbetsmoment avseende externt industribuller. Tio respektive elva stycken så kallade tekniker presenteras för livsmedels- och hamnverksamhet avseende bästa tillgängliga teknik för bullerdämpning.

Projektet finansierades av Nordiska ministerrådets arbetsgrupp för hållbar konsumtion och produktion HKP, vars undergrupp för BAT frågor styrde projektet. Följande medlemmar i BAT-gruppen utgjorde styrgruppen:

Egil Strøm (Ordförande)	Miljødirektoratet	Norge
Kaj Forsius	Finlands miljöcentral SYKE	Finland
Lena Ziskason	Umhvørvisstovan	Færøylene
Sigurður Ingason	Umhverfisstofnun	Island
Susanne Særs	Ålands miljö- och hälsoskyddsmyndighet	Åland
Birgitte Holm Christensen	Miljøstyrelsen	Danmark
Annika Månsson	Naturvårdsverket	Sverige

1. Utförande

Resultaten redovisas i form av listade tekniker där fokus har varit att skapa en enhetlig beskrivning av varje utvald bullerkälla samt bästa tillgängliga teknik för dämpning. Följande punkter/frågor diskuteras för varje utvald BAT-lösning:

- Beskrivning av bullerkälla.
- Hur uppkommer ljudet?
- Hur kan man dämpa bullret?
- Vilken bullerdämpning är möjlig?
- Tillämpningsområde.
- Begränsningar.
- Kostnad.
- Nordiskt perspektiv.

De redovisade teknikerna fokuserar på de ljudalstrande mekanismer som olika maskiner och verksamheter ger upphov till, samt vad som kan göras för att minimera deras påverkan till omgivningen, BAT.

2. Bästa tillgängliga teknik (BAT)

BAT är definierat enligt industriutsläppsdirektivet som: Det mest effektiva och mest avancerade stadium vad gäller utveckling av verksamheten och tillverkningsmetoderna som anger en given tekniks praktiska lämplighet för att utgöra grunden för gränsvärden för utsläpp och andra tillståndsvillkor och som har till syfte att hindra och när detta inte är möjligt, minska utsläpp och påverkan på miljön som helhet.

3. Ordlista

Ordlista till nordisk BAT rapport om dämpning av externt industribuller från hamnverksamheter samt fläktar och kylanläggningar vid livsmedelsindustrier.

Tabell 1. Nordisk ordlista för vanligt förekommande ord i rapporten

Svensk	Finsk	Norsk	Islandsk	Dansk
Buller	Melu	Støy	Hávaði	Støj
Fläkt	Tuuletin	Vifte	Vifta	Ventilator
Hamn	Satama	Havn	Höfn	Havn
Syfte	Tavoite	Formål	Tilgangur	Formål
Kylanläggning	Jäähdytyslaittejäähdytyslaite	Kjøleanlegg	Kælibúnaður	Køleanlæg
Riktvärden	Ohjearvo	Grenseverdier	Mörk	Grænseværdier
Källan	Lähde	Kilden	Uppsprettan	Kilden
Utbredningsvägen	Leviämistie	Spredningsretningen	Dreifingarleið	Spredningsretningen
Varvtalsreglering	Kierroslukusaätely	Regulering av omdreiningstall	Hraðastýring	Regulering af omdrejningstal
Fordon	Ajoneuvo	Kjøretøy	Ökutæki	Køretøj
Lastbilsflak	Kuorma-auton lava	Lastebilplan	Vörubílsþallur	Lastbils-lad

4. Allmänt om ljud

Ljud definieras som tryckutbredning i ett elastiskt medium, vanligen luft, alstrad av en ljudkälla. För att tryckförändringen skall definieras som ljud krävs förutom ljudkälla och utbredningsmedium även en mottagare för ljudet, oftast i form av en levande varelse med ett aktivt hörselorgan.

Ljudet uppkommer genom att ljudkällan sätter de närmaste luftpartiklarna i rörelse. Rörelsen sprids efter hand till luftpartiklar längre bort från källan. Ljudet utbreder sig i luften med en hastighet av ca 340 m/s. I vätskor och fasta ämnen är utbredningshastigheten större, ca 1 500 m/s i vatten och ca 5 000 m/s i stål.

Figur 1. Ljudkällan svänger och påverkar luftpartiklarna, som träffar trumhinnan i örat

4.1 Buller och toner

Ett inte önskvärt ljud kallar man vanligen buller. Ljud kan bestå av en enstaka ren ton, men är för det mesta sammansatt av många toner med olika styrka. Ljudets störande inverkan beror inte bara på tonernas styrka. Frekvensen inverkar också så att högfrekventa toner stör mer än låga. Rena toner stör mer än ett sammansatt ljud.

Figur 2. Ren ton markeras som en stapel som anger frekvens och ljudnivå

Ljudvågens frekvens anger antalet svängningar per sekund med enheten Hertz, Hz. Ljud finns inom ett mycket stort frekvensområde, det hörbara ljudet ligger för unga personer mellan ca 20 Hz och 20 000 Hz. Vid låga toner svänger luftpartiklarna långsamt, man har då lågfrekvent ljud eller bastoner. Höga toner ger diskantljud. Gränsen mellan högfrekvent och lågfrekvent ljud brukar anges vid 500 Hz. Ljud med frekvenser under 20 Hz kallas infraljud. Ljud med frekvenser över 20 000 Hz kallas ultraljud.

Figur 3. Buller är en oordnad blandning av toner i alla frekvenser

Rapporten hanterar begrepp som ekvivalenta och maximala ljudnivåer. Med ekvivalenta ljudnivåer menas den genomsnittliga ljudnivån under en viss tidsperiod samt den maximala ljudnivån är den högsta ljudnivån under samma tidsperiod, se figur nedan.

Figur 4. Exempel på Ljudnivåer vid olika aktiviteter

En ökning eller minskning av ljudnivån med 8–10 dBA brukar uppfattas som en fördubbling respektive halvering av upplevd ljudstyrka (hörnivå). En förändring med 1 dBA är knappt uppfattbar.

5. Livsmedelsindustrier och buller från deras ventilations- och kylanläggningar

Livsmedelsindustrin i de nordiska länderna är en av de största industribranscherna i respektive land. I Sverige är livsmedelsindustrin den fjärde största industrinäringen och i Danmark är konsumtionen av livsmedel (och tobaksvaror) endast mindre än försäljning av maskiner och transportmedel. Inom EU är livsmedelsindustrin den största industrigrenen [1] [2]. De nordiska länderna är kända för att ha många livsmedelsföretag som levererar varor över gränserna. Livsmedelsindustrin sysselsätter många människor och fyller en viktig roll dels ur ett ekonomiskt men också ett miljömässigt perspektiv. Många företag använder råvaror som produceras i andra länder i och utanför Europa. Företagen har därför en viktig roll i att bidra till den lokala ekonomin i dessa länder och har dessutom ett ansvar att skapa hållbara förhållanden. Livsmedelsindustrin i Norden är kraftigt geografiskt spridd inom länderna.

Livsmedelsindustrin ökar med allt större globala företag men även med fler mindre, lokala företag som följer trenden av att erbjuda närproducerade och ofta ekologisk framställda livsmedel.

Livsmedelsindustrin påverkar sin omgivning med buller främst med ventilations- och kylanläggningar men även från transporter. Företagen har ventilations- och kylbehov med hänsyn till att produkter behöver beredas och lagras på olika sätt vilket ställer krav på bl.a. upphettning, kylning och infrysning.

Figur 5. Exempel ventilationsaggregat

6. Hamnverksamheter och deras bidrag av externt industribuller

Hamnar har en viktig roll i samhällets infrastruktur. En mycket hög andel av det transporterade godset till och ifrån de nordiska länderna passerar via hamnar. Hamnen är en nödvändig länk i de transportkedjor som krävs för att vår handel mellan de nordiska länderna och övriga länder ska fungera. Hamnarna hanterar inte enbart gods utan hanterar även passagerartrafik.

Hamnen är ett geografiskt område som skapats ur naturliga eller behovsstyrda förutsättningar för att kunna ge fartygen skydd och tillräckligt djup för att angöra land. Hamnverksamheten är knuten till övrig infrastruktur för att medge goda transportförbindelser till väg- och järnväg.

Hamnar påverkar sin omgivning med buller i huvudsak från:

- Fartygens hjälpmaskineri och ventilation.
- Lastning och lossning av gods.
- Lastmaskiner.
- Transporter.

Vid många hamnar förekommer externa bullerproblem som bl.a. beror på:

- Att de är belägna nära bostäder.
- Att de ligger vid vatten som ger en mycket god ljudutbredning.
- Hög trafikintensitet av godstransporter och personbilar till och från hamnarna.
- Verksamheten sker utomhus utan ljuddämpande byggnader och avskärmningar.

Figur 6. Vy över del av Göteborgs Hamn, Sverige

7. Riktvärden för buller i de nordiska länderna

7.1 Riktvärden för externt industribuller i Sverige

I Naturvårdsverkets riktlinjer för externt industribuller (SNV 1978:5 rev. 1983) anges riktvärden för befintlig respektive nyetablerad industri.

Naturvårdsverkets Riktlinjer för externt industribuller, Råd och riktlinjer, 1978:5 har gällt fram till och med juni 2013 då de upphävdes. Nedanstående tabell är en övergångsvägledning i avvaktan på den vägledning som planeras till 2014.

Tabell 2. Utomhusriktvärden för externt industribuller angivna som ekvivalent ljudnivå i dB(A). Tabellen avser frifältsvärden. Övergångsvägledning

Områdesanvändning	Ekvivalent ljudnivå i dBA			Högsta ljudnivå i dBA
	Dag kl. 07–18	Kväll kl. 18–22, samt lörsön- och helgdag kl. 07–18	Natt kl. 22–07	Momentana ljud nattetid kl. 22–07
Bostäder och rekreationsytor i bostäders grannskap samt vårdbyggnader[1]	50	45	40	55
Utbildningslokaler[2]	50	50	50	
Områden för fritidsbebyggelse och rörligt friluftsliv där naturupplevelsen är en viktig faktor[3]	40	35	35	50

[1] För vårdlokaler bör riktvärdet tillämpas då verksamhet pågår.

[2] Med utbildningslokaler avses även lokaler för förskoleverksamhet och liknande inklusive skol- och förskolegårdar. Riktvärdet bör tillämpas då verksamhet pågår.

[3] Avser områden som planlagts för fritidsbebyggelse och rörligt friluftsliv.

Om ljudet innehåller ofta återkommande impulser såsom vid nitningsarbete, slag i transportörer, lossning av järnskrot etc. eller innehåller hörbara tonkomponenter eller bådadera ska man använda ett riktvärde som är 5 dBA-enheter lägre än vad som anges i tabellen.

Övergångsvägledningen säger även att "Trafikbuller som uppstår på industritomten betraktas som industribuller och värderas och/eller beräknas in i ljudnivån från industrin. För trafik på angränsande vägar

utanför anläggningens område som förekommer på grund av verksamheten vid anläggningen, till exempel transporter till och från anläggningen, kan de bedömningsgrunder som normalt används för vägtrafikbuller vara vägledande. Vid bedömning bör hänsyn tas till hur stor andel av trafiken som alstras av industrin. För att begränsa olägenheterna från vägtrafik i kringliggande bostadsområden bör man beakta valet av in- och utfarter.”

Enligt Naturvårdsverkets allmänna råd om tillståndsprövning av hamnar, NFS 2003:18, bör riktvärden för externt industribuller tillämpas även för hamnverksamhet. För lågfrekvent buller från hamnverksamhet bör riktvärdena i Socialstyrelsens allmänna råd (SOSFS 2005:6) om buller inomhus tillämpas.

7.2 Riktvärden för externt industribuller i Norge

Riktvärden for bergtækter, asfaltverk og skipsverft återfinns i: ”FOR 2004-06-01 nr 931: Forskrift om begrensnings- og forurensningsforskriften)” [4]. Støy for pukkverk § 30–7, asfaltverk § 24–8 og skipsverft § 29–7. För samtliga delar gäller riktvärden enligt tabell 3, For annen industri blir riktværden i tabell 3 som oftest også lagt til grunn når det gis en tillatelse til forurensning hjemlet i forurensningsloven.

Bedriftens bidrag til utendørs støy ved omkringliggende boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, utdanningsinstitusjoner og barnehager skal ikke overskride følgende grenser, målt eller beregnet som frieffektverdi ved mest støyutsatte fasade:

Tabell 3. Riktvärden för externt industribuller i Norge

Mandag–fredag	Kveld mandag–fredag	Lördag	Søn–/helligdager	Natt (kl. 23–07)	Natt (kl. 23–07)
55 L_{den}	50 $L_{evening}$	50 L_{den}	45 L_{den}	45 L_{night}	60 L_{AFmax}

L_{den} er definert som døgnmiddel. Med impulsstøy eller rentonelyd er grensen 5 dBA lavere. Den strengeste grenseverdien legges til grunn når impulslyd opptrer med i gjennomsnitt mer enn 10 hendelser pr. time.

$L_{evening}$ er A-veiet ekvivalentnivå for 4 timers kveldsperiode fra kl. 19–23. L_{night} er A-veiet ekvivalentnivå for 8 timers nattperiode fra kl. 23–07.

L_{AFmax} er gjennomsnitt av de 5–10 høyeste forekommende støynivåene L_{AF} (A-veid støynivå med Fast respons) fra en industribedrift i nattperioden 23–07.

Med impulslyd menes kortvarige, støtvis lydtrykk med varighet på under 1 sekund og der impulslyden er av typen ”highly impulsive sound” som definert i Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging T-1442/2012 kapittel 6. Dersom impulslyd forekommer mer enn 10 hen-

delser per time er grenseverdier 5 dBA lavere enn de grenseverdier som er angitt i tabellen.

Støygrensene gjelder all støy fra bedriftens ordinære virksomhet, inkludert intern transport på bedriftsområdet og lossing/lasting av råvarer og produkter. Støy fra bygg- og anleggsvirksomhet og fra ordinær persontransport av virksomhetens ansatte er likevel ikke omfattet av grensene.

Støygrensene gjelder ikke for bebyggelse av forannevnte type som blir etablert etter at virksomheten har startet opp.

For anbefalte støygrenser ved planlegging av ny støyende virksomhet for eksempel havn vises det til T-1442/2012, se tabell 3.2 [5]. Det er utarbeidet en veileder til T-1442/2012. Den heter Veileder til Miljøverndepartementets retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging TA-2115. [6]

7.3 Riktvärden för externt industribuller i Danmark

Riktvärden för externt industribuller i Danmark beskrivs i "Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 Ekstern støj fra virksomheder." Tabell 4 neden viser riktvärden för olika områden för dag-, kväll och nattperioder.

Tabell 4. Riktvärden för externt industribuller i Danmark, ljudtrycksnivå i dBA

Område type	Tidsrum		
	Mandag–Fredag kl. 07–18, lørdag kl. 07–14	Mandag–Fredag kl. 18–22, lørdag kl. 14–22, søn- og helligdage kl. 07–22	Alle dage kl. 07–22
1 Erhvervs- og industriområde	70	70	70
2 Erhvervs- og industriområde med forbud mod generende virksomheder	60	60	60
3 Områder for blandet bolig- og erhvervsbebyggelse, centerområder (bykerne)	55	45	40
4 Etageboligområder	50	45	40
5 Boligområder for åben og lav bebyggelse	45	40	35
6 Sommerhusområder og offentligt tilgængelige rekreative områder	40	35	35

Riktvärden anges som A-vägda ekvivalenta korrigerade ljudnivåer. Den ekvivalenta ljudnivån är ljudets medelvärde över en längre tidsperiod (dagtid 8 timmar, kvällstid 1 timme och nattetid 0,5 timme). Om ljudet innehåller tydligt hörbara toner eller impulser skall man addera 5 dB till den ekvivalenta ljudnivån för att bestämma bullerbelastningen.

Bullergränserna i ett bullervillkor skall innehållas i alla punkter utomhus i det berörda området, alltså inte bara i närhet av byggnader.

För områden med bostäder finns ytterligare ett riktvärde avseende momentana maximala ljudnivåer nattetid L_{AFmax} . Riktvärdet för momentan maximal ljudnivå är 50 eller 55 dBA.

7.4 Riktvärden för externt industribuller på Färöarna

Färöarna har traditionellt använt sig av Danmarks bedömningsgrunder avseende externt industribuller.

Tabell 5. Riktvärden för externt industribuller på Färöarna, ljudtrycksnivå i dBA

Område type	Tidsrum		
	Mandag–Fredag kl. 07–18, lördag kl. 07–14	Mandag–Fredag kl. 18–22, lördag kl. 14–22, søn- og helligdage kl. 07–22	Alle dage kl. 0 –22
1 Erhvervs- og industri- område	70	70	70
2 Erhvervs- og industri- område med forbud mod generende virksomheder	60	60	60
3 Områder for blandet bolig- og erhvervsbyg- gelse, centerområder (bykerne)	55	45	40
5 Boligområder for åben og lav bebyggelse	45	40	35

7.5 Riktvärden för externt industribuller i Finland

I Finland finns regelverk för buller i Byggnadsbestämmelserna C1, stycke 4 och i handboken för hälsosamt boende (Social- och hälsovårdsministeriet). Beslut av statsrådet med stöd av 9 § bullerbekämpningslagen den 3 april 1987 (382/87) vid föredragning från miljöministeriet.

Tabell 6. Riktvärden för buller i Finland

Områdesanvändning	Ekvivalent ljudnivå i dBA	
	Dag kl. 07–22	Natt kl. 22–07
I bostadsområden, rekreationsområden i tätorter eller i deras omedelbara närhet och i områden avsedda för vårdinrättningar eller läroanstalter ¹⁾	55	50/45 ¹⁾
I områden med fritidshus ²⁾ , campingområden, rekreationsområden utanför tätorterna och i naturskyddsområden	45	40 ³⁾

¹⁾ I nya bostadsområden tillämpas emellertid riktvärdet 45 dB nattetid. Nattryktvärdena tillämpas ändå inte i områden avsedda för läroanstalter.

²⁾ I områden med fritidshus inom tätorterna kan dock de i 1 mom. avsedda riktvärdena tillämpas.

³⁾ Riktvärdet för nattetid tillämpas inte i sådana naturskyddsområden som under natten inte allmänt används för vistelse eller naturobservationer.

Om bullret till sin natur är slagartat eller smalbandigt, adderas 5 dBA till mättnings- eller beräkningsresultatet innan det jämförs med det riktvärdet enligt tabell 6.

Tabell 7. Riktvärden för buller inomhus i Finland

Områdesanvändning	Ekvivalent ljudnivå i dBA	
	Dagtid (kl 07–22) helgfri måndag till fredag	Nattetid (kl 22–07)
Bostads-, vårdinrättnings- och inkvarteringsrum	35 dB(A)	30 dB(A)
Butiks- och kontorsutrymmen (inne)	45 dB(A)	

7.6 Riktvärden för externt industribuller på Åland

Samtliga utomhusvärden avser frifältsvärde (opåverkade av reflexer i näraliggande fasad) om inget annat anges. Riktvärdena är en utgångspunkt och vägledning för den bedömning, som görs i varje enskilt fall. Särskilda skäl kan medföra att avsteg kan behöva göras, såväl uppåt som nedåt, från de angivna riktvärdena.

Tabell 8. Riktvärden för externt industribuller på Åland

Områdesanvändning	Ekvivalent ljudnivå i dBA		
	Dagtid (kl 07–18) helgfri måndag till fredag	Kvällstid (kl 18–22) samt lördag, söndag och helgdag (kl. 07–18)	Nattetid (kl 22–07)
Permanent- eller fritidsbostad, samlingslokal, vårdinrättningar eller liknande verksamhet	50	45	40

7.7 Riktvärden för externt industribuller på Island

Tabell 9. Riktvärden för externt industribuller på Island, ljudtrycksnivå i dBA

Typ av fastighet	Gränser för företagsverksamhet						
	L _{Aeq} (07–19)		L _{Aeq} (19–23)		L _{Aeq} (23–07)		L _{Afmax} natt
	Vid fasad	Inomhus	Vid fasad	Inomhus	Vid fasad	Inomhus	Inomhus
Privata bostäder i bostadsområde	50	30	45	30	40	25	40
Bostäder i butiksområden	55	30	55	30	40	30	45
Samlingsutrymmen hos vård och äldreomsorg där boende/intagna vistas under längre perioder	60*	35	50*	35	50*	30	45
Industriområden och hamnar	70		70		70		
Fritidsbebyggelser	35		35		35		35
För- och Grundskola	50*	30					
Undervisningslokaler i Gymnasieskola		30					
Ej bullriga arbetsplatser. Kontor och liknande		30					

*Bullernivåer vid fasad får vara högre om bullerdämpade friskluftsintag i fasad används.

7.8 Jämförelse av riktvärden för externt industribuller i de nordiska länderna

Sverige, Åland och Island har mycket liknande riktvärden, (L_{Aeq} dag/kväll/natt 50/45/40). Norge har genomgående 5 dBA högre riktvärden men använder A-vägd L_{den} istället för A-vägd L_{eq}. Finland har också genomgående 5 dBA högre riktvärden än Sverige m.fl. och har förlängt dagtiden till kl. 07–22.

Danmark har upp till fyra olika kategorier för bostäder där riktvärdena varierar från (L_{Aeq} dag/kväll/natt 55/50/45) till (L_{Aeq} dag/kväll/natt 40/35/35). Färöarnas riktvärden överensstämmer i stort med Danmarks. Krav på maximal ljudnivå finns i de svenska och norska riktvärdena.

Norge har en tydligt beskriven förklaring av vad man avser med ofta återkommande impulsljud, vilket t.ex. de svenska riktvärdena saknar.

I Svenska riktlinjer beskrivs speciellt att man bör tillämpa lågfrekvent buller från hamnverksamhet i enlighet med riktvärdena i Socialstyrelsens allmänna råd (SOSFS 2005:6) om buller inomhus.

8. Bullerbekämpning allmänt

Generellt kan man indela bullerbekämpning av industribullerkällor i tre delar:

- Minska bullret vid källan.
- Förhindra bullerspridning längs utbredningsvägen.
- Minska bullret vid mottagaren.

Valet av tillämpbara åtgärder beror oftast på vilket stadie den bullrande verksamheten är i, samt vilket behov av bullerdämpning som finns. Allmänt kan sägas att de tre punkterna ovan är redovisade i prioritetsordning. Bullerutbredning från livsmedelsindustrier och hamnar är mest aktuellt att åtgärdas vid källan samt att förhindra bullerspridning längs utbredningsvägen. Att minska bullret enbart till mottagaren är sällan ett rimligt alternativ.

8.1 Minska buller vid källan

Figur 7. Byte av arbetsmetod kan vara positivt ur bullersynpunkt

Att bulleråtgärda källan ger effekt för samtliga utbredningsriktningar och speciellt rörliga bullerkällor som lastfordon m.fl. får en större frihet i sitt arbete och man behöver inte fokusera på att arbeta bakom bullerskärmar etc. för att innehålla bullervillkor till omgivningen. Att åtgärda vid källan skapar bättre ljudmiljö vid arbetsplatserna för personal som hanterar bl.a. lastmaskiner och utför underhåll.

Typiska principåtgärder för att dämpa buller vid källan är:

- Val av tystare arbetsmetod.
- Val av tystare maskin.
- Minimera störkrafter, göra processen "mjukare" med kortare fallhöjder, undvika slagljud etc.
- Inkapsling av vissa delar.
- Ljuddämpare på inlopp och utlopp.
- Minska vibrerande ytors strålningseffektivitet.
- Kontinuerligt underhåll.

8.2 Förhindra bullerspridning längs utbredningsvägen

Fiur 8. Principskiss bullerskärming

Att minska bullerutbredningen mellan källa och mottagare är mest tillämpbar på stationära bullerkällor som t.ex. ventilations- och kylanläggningar.

Typiska principåtgärder är:

- Inbyggnad av maskiner.
- Avskärmning med skärmar, jordvallar, huskroppar, etc.
- Förhindra stomljudsutbredning.

8.3 Minska buller vid mottagaren

Figur 9. Minskat buller vid mottagare med hörselskydd eller inbyggnad

Bullervillkor anges i de nordiska länderna som kravnivåer utomhus vid bostad, vårdlokaler, friluftsområden etc. Att reducera ljudet enbart vid mottagare kan ofta bli kostsamt då det i regel är flera mottagare som berörs av denna typ av åtgärd kring en livsmedelsindustri eller hamn. I många fall är det omöjligt att utföra bullerreducerande åtgärder vid en mottagare utan att inskränka på andra värden hos fastigheten som utsikt mot omgivningen t.ex.

9. Tekniker att beakta vid fastställande av BAT för dämpning av buller från fläktar och kylanläggningar inom livsmedelsindustrin

9.1 Nr 1: Byt ut gamla fläktar mot fläktar med modern tyst design

9.1.1 *Beskrivning av bullerkälla/Hur uppkommer ljudet?*

En vanlig typ av fläktar är de som sitter monterade tillsammans med en värmeväxlare/kylare. Fläkten drar luft genom ett paket med genomströmmade rör. På dessa rör sitter värmeledande flänsar i ett tätt mönster. Genom att luften omströmmar lamellerna avges eller upptas värmeenergi av luften till vätskan. Ofta hamnar denna typ av fläktar nära människor som kan bli störda av buller. Inom livsmedelsindustrin finns kylare i mängder för kylning/värmning i processer, i system för värmeåtervinning, i uppvärmningssystem, till kyldiskar osv.

9.1.2 *Hur kan man dämpa bullret?*

Många av fläktarna är gamla och är konstruerade under en tid då buller inte var lika prioriterat. Genom att byta till ett modernt fläkthjul kan ljudnivån sänkas med bibehållen eller förbättrad funktion.

Design som utmärker ett modernt tyst fläkthjul konstruerat för kylare:

- Skovlarna har vingprofil och är skevade i motsats till enkla skovlar tillverkade av enkelkrökt eller plan plåt.
- Lågt varvtal: Låg hastighet genererar mindre ljud än hög hastighet.

- Få skovlar. Genom att hålla nere antalet skovlar fås färre ljudkällor samt förflyttas bladpassfrekvensen nedåt och uppfattas därför inte som lika störande då dBA-nivån sjunker.
- Skovlarna har en framåtsvept form vilket ger lägre ljud av flera orsaker. Mekanismerna påverkar både bredbandigt buller och buller vid bladpassfrekvensen.
- Ljudalstringen i spalten mellan skovlar och hölje är adresserad. Typlösningar finns för att antingen minska läckageflödet eller effekten av det. Patenterade och icke patenterade lösningar finns. Typiskt är någon typ av utbyggnad på sugsidan med en radie på trycksidan. Det förekommer också heltäckande ringar som verkar som en roterande kanal inuti fläktväggen.

9.1.3 Vilken bullerdämpning är möjlig?

En dämpning på upp till 10 dBA är oftast möjlig, dock beroende på hur bullrig existerande fläkt är:

- Typisk specifik ljudnivå för modernt fläkthjul i kylarinstallation:
Lws = 22–28 dB(A).
- Typisk specifik ljudnivå för gammalt fläkthjul i kylarinstallation:
Lws = 30–40 dB(A).

$$L_{ws} = L_w - 10 \cdot \log(Q \cdot P_t^2)$$

9.1.4 Begränsningar

Trots att moderna fläktar finns i en mängd storlekar och varianter kan det vara så att storleken på fläkten som skall ersättas är mycket ovanlig eller att fläkten på annat sätt avviker kraftigt från standard. I så fall måste en viss omkonstruktion av kylaren ske vilket naturligtvis är svårare/dyrare.

9.1.5 Kostnad

Fläktar finns från några 100 DKK till >10 000 DKK. Eftersom nya fläktar inte bara är tystare utan också mer energisnåla kan denna utgift i slutändan mycket väl bli ekonomiskt fördelaktig. Det är inte ovanligt att en fläkts inköpspris är 5–10 % av priset för den energi som kommer driva fläkten under dess livstid.

Figur 10. Till vänster, kylare med fläkt. Till höger, modernt designat fläkthjul

9.1.6 Nordiskt perspektiv

Denna BAT-lösning är applicerbar i alla de nordiska länderna.

9.2 Nr 2: Optimal installation.

9.2.1 Beskrivning av bullerkälla/Hur uppkommer ljudet?

En vanlig typ av fläktar är de som sitter monterade tillsammans med en värmeväxlare/kylare. Fläkten drar luft genom ett paket med genomströmmade rör. På dessa rör sitter värmeledande flänsar i ett tätt mönster. Genom att luften omströmmar lamellerna avges eller upptas värmeenergi av luften till vätskan. Ofta hamnar denna typ av fläktar nära människor som kan bli störda av buller. Inom livsmedelsindustrin finns kylare i mängder för kylning/värmning i processer, i system för värmeåtervinning, i uppvärmningssystem, till kyldiskar osv.

Det buller som alstras i och nedströms fläkthjulet beror inte enbart av fläkthjulets design. Om fläkthjulet är monterad på ett aerodynamiskt och ljudmässigt ogynnsamt sätt påverkas också ljudnivån. Vid stora fysiska hinder i luftflödet, ex.vis stor motorhylla och kraftiga stag genereras störningar i luftströmmen och virvlar bildas. Dessa virvlar skapar ljud som ytterligare ökas då virvlarna kommer i kontakt med det roterande fläkthjulet. Även dåligt utformade kanaler på fläktens inlopp och

utlopp kan skapa förhöjd ljudnivå. En dålig installation kan således ge ökat buller oavsett hur bra fläkthjulet är designat.

9.2.2 *Hur kan man dämpa bullret?*

Design som utmärker en bra installation av fläktar för kylare:

- Störning av strömningen på inloppet skapar mycket buller. Undvik helst alla typer av stag, konsoler, ventiler etc. som obstruerar strömningen. Av detta skäl är det bra att ha strömningsriktningen hjul => motor. Ett mycket fint flöde till fläkten kan fås om fläkten suger luften ur kylaren.

Figur 11. Störningar i strömningen på inloppet skapar mycket buller

- Konstruera så att det finns en radie i inloppet. Detta gör att fläkten arbetar som tänkt i toppen och att onödigt buller alstras.
- Sätt inte en stor motor bakom ett litet fläktnav. Välj större fläkt och/eller mindre motor. Motorn hindrar strömningen efter fläkthjulet.
- Välj en motor där terminalboxen sitter på utsidan av flätkåpan och inte på motorn inne i luftströmmen.
- Undvik runda stag eftersom det kan skapas toner i dessa (von Karmans virvelgata).

Figur 12. Bilden visar periodiska strömningsvirvlar efter ett cylindriskt stag omströmmat av luft

- Konstruera stag och konsoler så att de stör så lite som möjligt nedströms fläkten.
- Undvik kombinationer av jämn delning mellan antalet stag och antalet skovlar. Obs – detta kan också åstadkommas genom att variera delningen på stagen. Exempel: Fyra stag håller upp en konsol i vilken motorn fästs in. Rotorn har 8 skovlar. Sätt stagen så att det är 85° / 95° / 100° / 80°. Efter skovlarna finns ett roterande "rippel" med låg hastighet "vakar". Undvik att vakar samtidigt träffar stag vilket kan ge upphov till en ton vid fläkthjulets bladpassfrekvens.

Figur 13. Stålstag påverkar luftströmningen och skapar buller

9.2.3 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

Typiska försämringar vid icke optimal installation.

- Stag före fläkten: + 2 till 5 dB(A) + risk för ton vid bladpassfrekvens.
- Skarpt inlopp till fläkten: + 2 till 5 dB(A).
- Jämna multiplar av ledskenor/skovlar: + 1 dB(A), risk för ton och därmed skärpt krav.

9.2.4 *Kostnad*

Kostnaden för att rätta till en befintlig konstruktion kan bli stor beroende på att arbetet kan vara svårt att utföra när fläkten redan är monterad i systemet. Kostnaden blir mycket lägre om man gör rätt från början. Genom att granska installationen, ställa frågor till fläkt- resp kylarleverantören blir merkostnaden praktiskt taget ingen. Ett alternativ kan vara att ta in en akustikkonsult vilket kan kosta från 10 000 DKK.

Nordiskt perspektiv

Denna BAT-lösning är applicerbar i alla de nordiska länderna.

9.3 Nr 3: Optimal dimensionering

9.3.1 *Beskrivning av bullerkälla/Hur uppkommer ljudet?*

Fläktars uppgift är att upprätthålla ett flöde där det inte strömmar naturligt. Fläkten dimensioneras för att klara ett visst flöde vid ett visst tryckfall. Detta kallas arbetspunkt. En fläkt kan väljas för att klara fler än en arbetspunkt och bör noga analyseras så att fläkten är väl dimensionerad för alla tänkta arbetspunkter.

Fläkttillverkaren tillhandahåller prestandauppgifter för fläktarna ofta i diagramform. Fläkten har ett bästa arbetsområde i vilket den drar minst energi samt alstrar minst buller. Dessutom finns för axialfläktar kombinationer av tryck och flöde som gör att fläkten blir instabil. Detta alstrar både vibrationer och buller samt kan på sikt förstöra fläkten.

9.3.2 *Hur kan man dämpa bullret?*

Om fläkten är varvtalsstyrd. Se till så att fläkten klarar alla arbetspunkter. I en kylarfläktinstallation har tryckfallet som funktion av flöde en annan kurvform än fläktens prestanda som funktion av varvtalet. Arbetspunkter vid lägre varvtal än det högsta riskerar att generera mer buller och i värsta fall kan fläkten bli instabil. Denna instabilitet kallas pumpning. Gränsen för när pumpning inträder kallas pumpgräns.

I diagram 1 ses fläktprestanda för en fläkt vid fyra olika varvtal 100 % / 80 % / 60 % / 40 %. För en fläkts prestanda gäller:

$$Q_2 = N_2/N_1 * Q_1 \quad P_{t2} = (N_2/N_1)^2 * P_{t1}$$

Fläktens flöde är proportionellt mot varvtalet och fläktens tryckökning är proportionell mot kvadraten på varvtalet. Arbetspunkten bestäms av systemet och fläkten tillsammans.

I kylare finns det ofta inslag av laminär strömning. i lamellpaketen och tryckfallet som funktion av flöde följer t ex:

$$P_{t2} = (Q_2/Q_1)^{1.5} * P_{t1}$$

Tryckfallet är proportionellt mot flödet upphöjt till 1.5. Vid en sänkning av varvtalet sjunker fläktens tryckkapacitet snabbare än vad tryckfallet genom kylaren gör. Detta får som konsekvens att arbetspunkten vandrar uppåt på fläktkurvan, Vid fullt varvtal hamnar arbetspunkten i punkt A. Vid 60 % varvtal har punkten förflyttat sig till B och ligger betydligt närmre fläktens pumpgräns. Såväl verkningsgraden som den specifika ljudnivån är sämre än i punkten A. Ytterligare varvtalssänkning gör att fläkten riskerar att bli instabil.

Figur 14. Förändring av arbetspunkt

Dimensionera fläkten så att den klarar kalkylerad igensättning av kylaren. Kylaren kan av olika anledningar få förhöjt tryckfall och arbetspunkten för fläkten ändras därmed. Anledningen till det högre tryckfallet kan vara isbildning, damm eller annat som förhindrar strömningen genom lamellerna.

Dimensionera fläkten så att den jobbar stabilt i alla punkter och så att dess arbetspunkter ligger i fläktens bästa arbetsområde med låg effekt-

åtgång och lågt buller. Tag alltid fram mer än ett alternativ, gärna 3–5 stycken för att kunna bedöma lämplig fläkt.

9.3.3 Vilken bullerdämpning är möjlig?

Fläkttdiagram, exempel. Ljudtrycksnivån stiger kraftigt när man närmar sig fläktens pumpgräns.

Figur 15. Exempel fläkttdiagram

En optimalt dimensionerad fläkt kan vara 5 dBA tystare än en icke optimalt dimensionerad fläkt. Observera att denna jämförelse avser två väl-designade fläktar.

9.3.4 Kostnad

Kostnaden för att dimensionera fläkten rätt blir inte större. Själva fläkten kan dock bli något dyrare om optimeringen innebär att man väljer en större fläkt. Genom att ta fram olika alternativ kan man väga merkost-

naden mot de fördelar man får pga. lägre buller samt eventuellt lägre energikostnad.

9.3.5 Nordiskt perspektiv

Denna BAT-lösning är applicerbar i alla de nordiska länderna.

9.4 Nr 4: Skärmning av kylarfläktar

Beskrivning av bullerkälla/Hur uppkommer ljudet?

Vid bullersanering är ofta det effektivaste sättet att ta bort ljudkällan eller reducera ljudkällans ljudeffekt. En annan attraktiv lösning kan vara avskärmning:

- Om fläktarna redan är väl designade, optimalt valda och väl installerade.
- Om byte av fläktar medför orimliga kostnader eller lång väntan.

9.4.1 Hur kan man dämpa bullret?

Man kan då överväga avskärmning av fläktarna. Vid avskärmning påverkas inte ljudeffektnivån från fläktarna utan man hindrar ljudet att ta sig till åhöraren. I exempel 1 nedan visas avskärmning bestående av absorptionsljuddämpare och skärm uppbyggd med absorberande insida.

Fläktens alstrade ljud har två vägar att ta sig ut till omgivningen: Mot inloppet och mot utloppet. Kanalburet ljud för kylare förekommer inte alls i samma utsträckning som för ventilationsaggregat. Både ljudet mot inlopp och utlopp måste åtgärdas om man vill få större effekt än någon enstaka dB.

Figur 16. Exempel 1

Fläktarna är skärnade på utloppet genom att ljuddämpare med kvadratisk tvärsnitt placerats ovanpå kylaren. Mot ljudet som försvinner via inloppet, nedåt i bilden, har en större vertikal skärm monterats. Skärmen ger effektiv absorption av ljudet från inloppet.

Figur 17. Exempel 2.

I exempel 2 har man använt ljustdämpare med cirkulärt tvärsnitt för fläktutloppet och kompletterat med en skärm för inloppet. Skärmen har ett absorberande skikt vänt mot kylarna.

Gemensamt för ljustdämparna och skärmarna är att de har ett yttre skal av aluminium eller rostfri plåt, en 50–100 mm tjock absorbent och därefter en perforerad (65–70% öppen) plåt på insidan mot fläktarna, se figur 18.

Figur 18. Genomskärning av ljustdämpare: Från vänster Plåt, absorbent, perforerad plåt

9.4.2 Begränsningar

Det går oftast att hitta något sätt att skärma av fläktarna.

9.4.3 Vilken bullerdämpning är möjlig?

Bra avskärmning ger ca 10 dBA lägre ljudnivå.

9.4.4 Kostnad

Ett exempel från södra Sverige. Avskärmning av en stor kylare med 8 st. 1m stora fläktar. Måttbeställda skärmar och ljustdämpare monterat på plats kostade ca 25 000 DKK och sänkte kylarens ljudnivå med 10 dBA.

9.4.5 Nordiskt perspektiv

Denna BAT-lösning är applicerbar i alla de nordiska länderna.

9.5 Nr 5: Välj varvtalsreglering framför start/stoppreglering

9.5.1 *Beskrivning av bullerkälla*

Ljudeffektnivån för en fläkt ökar med varvtalet.

9.5.2 *Hur uppkommer ljudet?*

Fläkthjulets skovlar utför ett arbete som skapar turbulens i luften. Desto högre hastighet skovlarna har, desto kraftigare blir turbulensen, vilket medför högre utstrålad ljudeffekt.

9.5.3 *Hur kan man dämpa bullret?*

För samma fläkt innebär lägre varvtal lägre ljudeffektnivå. Ofta kan man med större fläkt uppnå önskad flödeskapacitet och vid ett lägre varvtal än med en mindre fläkt. Detta resulterar i lägre ljudeffektnivå för ett givet flöde.

Figur 19. Större fläkt ger lägre varvtal och mindre buller till samma flöde

Om vi exempelvis studerar en kondensor eller köldmediekylare, så har dessa ofta en eller flera kylfläktar, som ofta regleras enligt start/stopp-principen, vilket ger begränsad ljudnivåsänkning vid dellast.

Figur 20. Exempel köldmediekylare

9.5.4 Vilken bullerdämpning är möjlig?

Skillnaden i ljudeffektnivå vid varvtal 2 och varvtal 1 ges av formeln

$$50 * \log_{10} \left(\frac{\text{varvtal2}}{\text{varvtal1}} \right)$$

En halvering av varvtalet sänker ljudeffektnivån med ca 15 dBA.

Tillämpningsområde

Varvtalsreglering kan ske på befintlig fläkt via drift med frekvensomriktare. Studera tiderna då fläktarna körs. Under natten sjunker temperaturen samtidigt utomhus, vilket minskar behovet av mycket forcerad kylning och därmed högt fläktvarvtal. Ställs exempelvis lägre krav på luftflöde under natten kan man anpassa varvtalsregleringen därefter. För en kylkondensor eller en köldmediekylare (se bild ovan) kan det alltså vara möjligt att sänka varvtalet under natten då ofta en 10 dBA lägre ljudnivå ska klaras jämfört med kravet under dagtid.

För att möjliggöra kylprestanda med varvtalreglering krävs utrustning för detta, exempelvis elmotorer med frekvensomriktare eller likvärdigt. Alternativt kan elmotorer användas som i standardutförande kan opereras med olika varvtal (likströmsmotorer el. likvärdigt).

Om varvtalsregleringen medför en optimering av prestanda, så sparas också elkostnader, vilket är positivt ur energisynpunkt.

9.5.5 Begränsningar

I de flesta fall räknar man med att fläkten måste leverera ett visst luftflöde. Varvtalsreglering kan användas i driftsituationer där en fläkt eller kylare körs med reducerat luftflöde.

Om man varvtalsreglerar fläkten till en nivå där detta luftflöde inte kan garanteras, riskerar man överhettning, övertryck, dålig luft etc.

9.5.6 Kostnad

Kostnaden för frekvensomriktare för en elmotor på 1 kW är ca 5 000 DKK och för en 15 kW motor ca 20 000 DKK.

I första fall utgör frekvensomriktarens pris ca 70 % av elmotorns pris. I andra fallet utgör priset 55 % av elmotorns pris.

9.5.7 Nordiskt perspektiv

Användning av varvtalsstyrning som ett sätt att sänka ljudnivån gäller generellt och styrs inte av i vilket nordiskt land metoden diskuteras. Eftersom metoden ofta innebär besparing av elenergi bör varvtalsreglering vara mest intressant i länder med högt elpris.

9.6 Nr 6: Utnyttja ändreflektion. Minska kanaldimensioner

9.6.1 Beskrivning av bullerkälla

Luftburet in- och utloppsljud i kanal från fläkt.

9.6.2 Hur uppkommer ljudet?

Ljudet från fläkten sprids som luftburet ljud tillsammans med strömningssljud i ventilationskanalerna.

Buller alstras i fläkten och sprids dels som utstrålat ljud från kanalerna (noise break out) och i öppningarna där luften blåser ut eller sugas in. På detta sätt kan fläktbuller ta sig in i kontor, kontrollrum, arbetslokaler m.m. även om man byggt in eller skärmat av fläkten.

Om bullret från fläkten innehåller stor andel lågfrekvent buller, så ökar problemen vid stora kanaldimensioner. Stora kanaler strålar ut mer ljud än kanaler med mindre dimensioner. Samma gäller för det buller som avges i öppningarna.

Figur 21. Kanalburet ljud sprids till rum

9.6.3 Hur kan man dämpa bullret?

Vid areasprång i kanaler kommer en viss del av ljudet att reflekteras tillbaka i kanalen, medan en viss del fortsätter (transmitteras). Skillnaden i tvärsnittsarea mellan två delar i kanalen avgör ration reflektion/transmission; desto större areasprång, desto större del reflektion. Ett areasprång sker också i slutet av kanalen, s.k. ändreflektion.

Denna egenskap kan medvetet utnyttjas för luddämpning. Denna princip kan även nyttjas för att tillgodoräkna sig en högre ändreflektion (även kallat mynningsdämpning) om kanalen delas upp i ett antal mindre kanaler. Se principförslag i exempel nedan.

Figur 22. Principförslag utnyttjande av ändreflektion

9.6.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

Detta sätt att ljuddämpa lämpar sig väldigt väl för lågfrekvent buller då mycket få eller inga alternativa metoder står till buds.

9.6.5 *Begränsningar*

Tryckfall. Vid stor andel reflekterat ljud blir också tryckfallet stort.

Kvartsvågsresonator dämpar effektivt i ett smalt frekvensintervall, men utanför detta intervall är dämpningen låg.

9.6.6 *Kostnad*

Ventilationssystemet, med flera tillufts – och frånluftsdon, blir mer omfattande och inte så enkel som med en stor kanal, vilket framgår av bilden ovan. Både materialkostnad och arbetskostnad för kanaler ökar, kanske 200–400 %. Å andra sidan medför detta förslag:

- lösning på ett lågfrekvent ljudproblem som varit svårt/omöjligt att klara på annat sätt
- ljuddämpare kan eventuellt elimineras alternativt väljas mindre och effektivare
- mindre ljudutstrålning från kanalerna.

9.6.7 *Nordiskt perspektiv*

Användning av denna metod som ett sätt att sänka ljudnivån gäller generellt i alla länder och styrs inte av i vilket nordiskt land metoden diskuterar.

9.7 Nr 7: Strukturdämpa och vibrationsisolera.

9.7.1 *Beskrivning av bullerkälla*

Fläkt stumt monterad i golv, tak, vägg eller annan yta benägen att vibrera. Fläkt med stora vibrerande plåtytor.

Figur 23. Exempel på dålig och bra fläktuppställning

9.7.2 Hur uppkommer ljudet?

Fläktar avger buller till omgivningen via inloppet (1), via utloppet (2) samt från själva höljet (3). Elmotorn ger också ett ljudbidrag. Men fläktarna, liksom andra roterande maskiner, avger även ljud till strukturen den står på eller är i kontakt med på annat sätt. Stomljudet kan orsaka högre ljudnivåer än det ljud som går direkt från fläkten. Stomljud kan vara extra problematiskt då fläkten är monterad på lätta/flexibla ytor.

Figur 24. Ljudkällor hos en fläkt

På samma sätt kan fläkten ge upphov till vibrationer i själv höljet. Plåt- ytor som sätts i vibration kan orsaka högre ljudnivåer än det ljud som går direkt från fläkten.

9.7.3 Hur kan man dämpa bullret?

Med elastiska fjädrande mellanlägg mellan fläkten och byggnadsstommen kan utbredning av struktur- eller stomljud minskas. Dessa vibrationsdämpare måste dimensioneras utifrån fläktens massa, vilken kraft som överförs samt vilka frekvenser som måste dämpas. Mellanläggen kan utgöras av separata vibrationsisolatorer för varje fot eller kontaktyta, eller av en matta som hela konstruktionen är fäst på.

Stomljudsstörningar från ett fläktrum till andra rum i samma hus kan minskas genom att fläkten vibrationsisolerar eller det störda rummet isoleras från byggnadsstommen (princip "rum i rummet").

Bra dimensionerad vibrationsisolering hindrar ljud (och vibrationer) att överföras till byggnadsstommen. Både ljud- och vibrationsisolering kontrolleras.

När vi undersöker möjlighet till vibrationsisolering, måste vi vara uppmärksam på "egenfrekvensen" för uppställningen. Om underlaget är mycket tungt eller mycket styvt, bestäms egenfrekvensen enbart av fläktens och underlagets vikt samt isolatorernas mjukhet.

Vibrationer under resonansfrekvensen dämpas inte och vibrationer vid egenfrekvensen förstärks kraftigt. Över resonansfrekvensen kan mycket god isolering/ljuddämpning erhållas, se $fr=1$ i diagram nedan.

Figur 25. Resonansfrekvens hos fjädersystem

Fläktar som roterar mycket långsamt, exempelvis stora kyltornsfläktar skapar en mycket låg störfrekvens och blir svår att vibrationsisolera. Detta kräver mycket mjuka vibrationsisolatorer och stabilt underlag, exempelvis berggrund. Alternativt måste underlaget göras tyngre genom pågjutning av betong, alternativt stöttas upp med pålar.

Vibrationsisolering på marknivå på helt frilagt underlag ger bästa stomljusspärren horisontellt, exempelvis genom att bottenplattan avskiljs från övrig byggnadsstomme med en mjuk fog.

Uppställning på betongbjälklag:

- Kraftiga betongkonstruktioner > 200 mm föreskrivs, även fundament.
- Platta på mark på underliggande värmeisolering är ofta för tunn.
- Undvik s.k. flytande golv- liten effekt låga frekvenser, svåra att utföra och att korrekt dimensionera.

Uppställning på lätta konstruktioner:

- Bör undvikas då vibrationsdämpare ej hjälper.
- Kraftiga stålbalkar läggs upp på bärande tegelväggar.
- Kraftiga stålbalkar dikt an och väl förankrade i golv.

Om det istället är vibrerande ytor på fläkthöljet som måste dämpas, finns följande alternativ:

- Byta till perforerad plåt.
- Byta till plåt med högre interna förluster, ex mpm (metall-plast-metall) plåt.
- Öka massan och styvheten på plåten, exempelvis genom att montera tunga balkar på plåten. Detta ökar både massan och styvheten på den vibrerande ytan, kan dock ge upphov till ökad strålningseffektivitet.

9.7.4 Vilken bullerdämpning är möjlig?

Med bra förutsättningar, exempelvis ett tjockt och stabilt underlag, samt en korrekt dimensionering alt val av vibrationsisolatorer kan det strukturburna ljudet (stomljudet) reduceras 20–30 dB över ett brett frekvensområde.

Genom att införa väl anpassade förstärkningar, ökning av massa eller användning av mpm-plåt kan ljuddämpa det utstrålade ljudet med 5–15 dBA.

Önskas ytterligare ljuddämpning kan tilläggsisolering med mineralull + yttäckning av plåt (exempelvis al, fe) tillämpas.

9.7.5 Begränsningar

Dimensionering och val av vibrationsisolatorer kräver således ett tillfredsställande underlag för att ge önskad dämpning. I några fall kan underlaget vara helt felaktigt och i stället ger ökade vibrationer och ljud. Det kan ske då underlagets egenfrekvens är samma som uppställningsfrekvensen.

9.7.6 Kostnad

Vanligen monteras fläktar med 4 st. s.k. maskinfötter. När man väljer att vibrationsisolera så byter man maskinfötterna till valda isolatorer. Merkostnaden för att byta ut maskinfötter mot vibrationsisolatorer är storleksberoende och kostar normalt mellan 200 och 2 000 DKK per styck.

9.7.7 Nordiskt perspektiv

Användning av denna metod som ett sätt att sänka ljudnivån gäller generellt i alla länder och styrs inte av i vilket nordiskt land metoden diskuteras.

9.8 Nr 8: Tilläggsisolera fläktar och kanaler

9.8.1 Beskrivning av bullerkälla

Buller strålar från ventilationskanal.

9.8.2 Hur uppkommer ljudet?

Hur mycket buller som strålar ut beror på kanalens material (järn, aluminium, plast), tjocklek (mm) och yta (m²) men beror också på formen. Rektangulära kanaler strålar ut mer lågfrekvent ljud i jämförelse med en rund kanal.

Figur 26. Kanals styvhet påverkar bullerutstrålningen.

9.8.3 Hur kan man dämpa bullret?

Vill man dämpa ljudet som strålar ut från en flätkåpa eller en kanal men inte kan dämpa ljudet som går in i/genom kanalen, är tilläggsisolering ett mycket bra alternativ. Ljud som sprider sig i kanalen sprider sig utåt genom vibrationer i kanalens väggar. Väggarna i en rektangulär kanal är känsligare för detta. För att dämpa dessa vibrationer kan man öka massan och styvheten på dessa väggar. Vid cirkulär kanal är det effektivare att tilläggsisolera kanalen. Detta innebär att man klär kanalen med lager av luddämpande material.

Tilläggsisolering av kanaler kan vara ett alternativ till luddämpare på kanaler om kanalerna inte är så långa eller där luddämpare inte går att använda (miljö/stoft).

9.8.4 Vilken bullerdämpning är möjlig?

Hur stor luddämpning blir beror av hur tjock isoleringen, typ av isoler-material samt ytavtäckningens transmissionsdämpning. Vanligen uppnås mellan 5–30 dB ljudreduktion.

9.8.5 Tillämpningsområde

Tilläggsisolering av fläktar och kanaler för luddämpning är en mycket användbar metod. Den kan exempelvis i många fall genomföras utan att stoppa driften, vilket gör den lämplig vid ombyggnadsarbete i pågående produktion. Lämpar sig på installationer inomhus och utomhus.

9.8.6 Begränsningar

Åtgärden kan vara skrymmande och svår att genomföra där rörledning- ar ligger tätt inpå varandra. Källan till ljudet dämpas inte, så där det inte

tilläggsisolerar kommer det fortfarande stråla ljud. Det är viktigt att det yttre höljet inte är stumt kopplat med kanalväggen, dvs inga fasta genomföringar mellan de två lagren kan finnas, eftersom vibrationer då kan sprida sig till det yttre höljet.

Figur 27. Isolering av kanal

Ibland ger inte isolering tillräcklig sänkning av ljudnivån, exempelvis då ljudet från kanalen är väldigt lågfrekvent. I sådana fall måste kanalerna styvas upp, se bilder nedan.

Figur 28. Förstyvning av kanal.

Figur 29. Isolering av kanal

9.8.7 Kostnad

Kostsamt om det skall utföras på långa/många kanaler. Denna åtgärd är den vanligaste när det gäller ljuddämpning av kanalanslutna fläktar och inte så kostsam. En stor fläkt eller kanal kan tilläggsisoleras till en kostnad av ca 1 000 DKK/m².

9.8.8 Nordiskt perspektiv

Användning av denna metod som ett sätt att sänka ljudnivån gäller generellt i alla länder och styrs inte av i vilket nordiskt land metoden diskuteras.

9.9 Nr 9: Inbyggnad av fläktar

9.9.1 Beskrivning av bullerkälla

På många byggnader (industri, kontor, bostad) finns det utloppsfläktar på taken. Buller från dessa fläktar kan obehindrat utbreda sig i flera riktningar och då hjälper det inte alltid att skärma bullret från vissa riktningar utan man måste helt bygga in fläkten.

Fläktar som står inomhus, speciellt i mindre lokaler med hårda ytor, kan ge ett kraftigt bidrag till ljudtrycksnivån i lokalen. För att dämpa måste det ljud som lämnar fläkten dämpas i alla riktningar. Om fläkten i sig inte kan ljuddämpas är inbyggnad det bästa alternativet.

9.9.2 Hur uppkommer ljudet?

Se BAT-lösning 8–7 "Strukturdämpa och vibrationsisolera."

Figur 30. Inbyggnad av fläkt

9.9.3 *Hur kan man dämpa bullret?*

Vill man sänka den utstrålade ljudeffekten från en given bullerkälla är inbyggnad ett alternativ. Istället för att dämpa källan, ex med varvtalsreglering, hindrar man ljudet från att ta sig vidare. Om man inte kan utföra bullerdämpande åtgärder på själva fläkten kan man istället bygga in den.

Inbyggnad sker vanligtvis med väggar av ett lager aluminiumplåt (1–3 mm tjock, alt stålplåt) på utsidan som är helt tätt och på insida mot fläkten ett lager aluminiumplåt (1–3 mm tjock, alt stålplåt) som är perforerad. Mellan plåtarna appliceras mineralull (50–300 mm). Ofta krävs också någon form av bärande struktur (i trä eller stål) på vilken inbyggnadselementen monteras, så att alltsammans kommer att utgöra en låda eller ett hus, som man kan gå in i. Insidan (sidan mot fläkten) är ljudabsorberande och utsidan är tät vilket hindrar ljudet att komma ut.

9.9.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

Korrekt genomförd inbyggnad kan dämpa den utstrålade ljudeffektnivån med upp till 20–30 dB i frekvensområden där fläkten avger mest buller.

9.9.5 *Begränsningar*

Luftflöde in och ut ur inbyggnaden måste vara tillräckligt. Även små öppningar kan försämra inbyggnadens prestanda, därför är det viktigt att öppningar för luftflöde in och ut är ljuddämpade. Buller kan sprida sig via rörledningar och kanaler, s.k. flanktransmission.

9.9.6 *Kostnad*

Inbyggnad är en förhållandevis dyr åtgärd, eftersom den oftast bli stor. Ibland följer krav på att man ska kunna serva fläkten eller av andra skäl behöva kunna vara nära den, vilket medför att den måste vara så stor att man kan komma in i den.

En inbyggnad kostar 1 000–2 000 DKK/m².

9.9.7 *Nordiskt perspektiv*

Användning av denna metod som ett sätt att sänka ljudnivån gäller generellt i alla länder och styrs inte av i vilket nordiskt land metoden diskuteras.

9.10 Nr 10: Ljuddämpare på fläktar

9.10.1 Beskrivning av bullerkälla

Fläktar avger buller till omgivningen via inloppet, via utloppet samt från själva höljet. Luft måste kunna passera inloppet och utloppet, varför där blir öppningar där ljud potentiellt kan ta sig ut. Ljud kan även ta sig ut genom rörledningar/kanaler.

Figur 31. Inbyggnad av fläkt

9.10.2 Hur uppkommer ljudet?

Ljudet från fläkten sprids från fläkten, längs med rörledningar/kanaler. På detta sätt kan fläktbuller ta sig in i kontor, kontrollrum m.m. även om man byggt in eller skärmat av fläkten.

Hur kan man dämpa bullret?

Ljuddämpare kan installeras på kanalen/rörledningen. Ljuddämpare installeras med fördel nära bullerkällan, d.v.s. i början av utlopp och inlopp, så undviker man att ljud strålar ut via kanaler innan det når ljud-dämparen.

Olika typer av kanalljuddämpare finns:

- Reaktiva(exempelvis billjuddämpare).
- Absorberande.
- Samt kombinationer av dessa.

9.10.3 Vilken bullerdämpning är möjlig?

- En reaktiv ljuddämpare är ofta avstämd att dämpa ljud vid en viss frekvens, exempelvis skovelfrekvensen. Dämparen är förhållandevis dyr och ovanlig i ventilationssammanhang.
- En absorptionsljuddämpare dämpar ett brett spektrum av ljud. Den är förhållandevis billig. Vanlig i ventilations-sammanhang.

Figur 32. Uppdelning av absorptionsljuddämpare avseende på form

9.10.4 Begränsningar

Det sker alltid ett visst tryckfall över ljuddämparen, hur stort beror på typ av ljuddämpare, storlek och hur effektiv ljuddämpningen är.

Ljuddämpare har ofta större tvärsnitt än kanalen i övrigt, vilket ibland kan försvåra installation i trånga utrymmen.

Om ljuddämparen ska ljuddämpa lågfrekvent ljud så blir den tjockare. Tunn mineralull dämpar i princip inget vid låga frekvenser, se skiss nedan.

Figur 33. Ljuddämpning vid olika frekvenser

För kanaler där luft eller gas med mycket partiklar eller ånga flödar, är vissa typer av ljuddämpare olämpliga då de kan stoppas igen och därmed tappa mycket av sin ljuddämpande funktion. I vissa fall kan ljuddämparen bli helt verkningslös pga igensättning av stoft.

9.10.5 Kostnad

Absorptionsljuddämpare är enkel i sin konstruktion och kan produceras effektivt. Priset för en absorptionsljuddämpare, exempelvis cylinderljuddämpare, blir därför inte så högt, ca 500 – 10 000 DKK.

Stora absorptionsljuddämpare, baffelljuddämpare eller cylinderljuddämpare med mittkropp, som ofta används vid stora eller mycket stora flöden tillverkas ofta mot order och kan utgöra en stor del av totalkostnaden för hela ventilations-anläggningen.

Ofta kan det vara kostnadsoptimalt att välja en dyrare men mindre bullrig fläkt för att kravet på ljuddämparen minskar eller inte behövs.

9.10.6 Nordiskt perspektiv

Användning av denna metod som ett sätt att sänka ljudnivån gäller generellt i alla länder och styrs inte av i vilket nordiskt land metoden diskuteras.

10. Tekniker att beakta vid fastställande av BAT för dämpning av buller inom hamnverksamhet

10.1 Nr 1: Hastighetsreducering vid ramper

10.1.1 *Beskrivning av bullerkälla*

Höga momentana ljud kan uppkomma när speciellt tunga fordon kör över ramper.

10.1.2 *Hur uppkommer ljudet?*

Slagljud alstras när fordonens hjul stöter emot rampen. Höga hastigheter, ojämnheter och veka ramper ökar bullret.

10.1.3 *Hur kan man dämpa bullret?*

Den effektivaste åtgärden vid befintliga ramper är att minska hastigheten vid körning på rampen. Som hjälpmedel kan snabba vägbommar användas vilka tvingar förarna att stanna upp kortvarigt innan påkörning på rampen.

Figur 34. Hastighetsbegränsning av trafik på ramper med hjälp av vägbom

10.1.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

Fältmätningar har visat att de momentana ljudnivåerna kan minskas med upp till 10–20 dBA om hastigheten kan sänkas till ett minimum.

10.1.5 *Tillämpningsområde*

Åtgärden tillämpas lämpligen vid ro/ro fartyg i samband med lastning/lossning av tyngre fordon, t.ex. lastbilar eller terminaltraktorer.

10.1.6 *Begränsningar*

Hastighetsminskning och vägbommar ökar tiden för lastning och lossning något vilket kan skapa motstånd för att genomföra dessa åtgärder.

10.1.7 *Kostnad*

Kostnaden för en vägbom uppgår till ca 50 000 DKK. Kostnaden för eventuellt längre liggetider varierar från fall till fall.

10.1.8 *Nordiskt perspektiv*

Åtgärderna är generella för hela norden.

10.2 Nr 2: Gummibeläggning på ramper

10.2.1 *Beskrivning av bullerkälla*

När tunga fordon, t.ex. grävmaskiner, borrhjappar, etc. på larvfötter kör över ramper alstras ett kraftigt buller.

10.2.2 *Hur uppkommer ljudet?*

Det är fråga om metall mot metall vilket genererar ett högfrekvent ljud. Stålplåt har dessutom en mycket låg förlustfaktor och hög strålningseffektivitet, vilket ökar ljudutstrålningen.

Figur 35. Bullerdämpning av ramper med gummimattor

10.2.3 Hur kan man dämpa bullret?

I Göteborgs hamn läggs gummimattor ut när tunga fordon med larvfötter ska lastas eller lossas.

10.2.4 Vilken bullerdämpning är möjlig?

En bullerminskning på 10 dBA har uppmätts i samband med att fordon kör över rampen.

10.2.5 Tillämpningsområde

Åtgärden tillämpas enbart vid lastning och lossning av fordon med larvfötter för att undvika metall mot metallkontakt.

10.2.6 Begränsningar

Det tar tid att lägga ut mattorna och de slits ut rätt fort.

Kostnad

Kostnaden för att bekläda en ramp uppgår till ca 40 000 DKK.

Nordiskt perspektiv

Åtgärden kan användas i hela Norden.

10.3 Nr 3: Anslutning ramp och kaj

10.3.1 *Beskrivning av bullerkälla*

Höga momentana ljud uppkommer i samband med att fordon kör över ojämnheter. Skeva rampplåtar ökar också bullret.

10.3.2 *Hur uppkommer ljudet?*

När fordon kör på ramper alstras slagljud som kan ge upphov till skrammel från plåtrampen eller fordonen.

Hur kan man dämpa bullret?

Genom att se till att minimera ojämnheterna, t.ex. att "mjuka upp" övergången mellan ram och kaj, och se till att plåtrampen är plan minskar slagljuden. Om dessutom kajen är i betong istället för stål minskas bullret ytterligare. Mellanlägg av gummi i kontaktyta mellan ramp och kaj minskar störkrafter ytterligare mellan ramp och kaj.

Figur 36. Övergång mellan ramp och kaj i stålplåt respektive betong, "kantig" resp. "mjuk" övergång

10.3.3 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

Åtgärderna bedöms minska den momentana ljudnivån med mellan 5 och 10 dBA vid konstanta hastigheter.

10.3.4 *Tillämpningsområde*

Åtgärderna är generella.

10.3.5 Begränsningar

Det krävs regelbundna underhållsinsatser för att hålla plåtarna plana.

10.3.6 Kostnad

Det ökade underhållsarbetet medför ökade kostnader som är svåra att uppskatta.

10.3.7 Nordiskt perspektiv

Åtgärden kan användas i hela Norden.

10.4 Nr 4: Containerhantering, "soft landing"

10.4.1 Beskrivning av bullerkälla

Momentana ljud i samband med containerhantering med kranar och grensletruckar.

10.4.2 Hur uppkommer ljudet?

En del av bullret uppkommer när lyftoken slår emot containrarna.

10.4.3 Hur kan man dämpa bullret?

Genom att montera givare under lyftoken känner den av när den närmar sig containern varvid hastigheten automatiskt reduceras i anslagsögonblicket.

Figur 37. Övergång mellan ramp och kaj i stålplåt respektive betong

10.4.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

En ljuddämpning av de momentana ljudnivåerna med 10 dBA vid grensletruckar har uppmätts.

10.4.5 *Tillämpningsområde*

Kan användas på lyftok vid kranar och grensletruckar.

10.4.6 *Begränsningar*

Åtgärden minskar inte det metalliska bullret när lyftokens gripklor griper tag i containrarna.

10.4.7 *Kostnad*

Ca 40 000 DKK per lyftok.

10.4.8 *Nordiskt perspektiv*

Åtgärden kan användas i hela Norden.

10.5 Nr 5: Containerhantering, kameraövervakning

10.5.1 *Beskrivning av bullerkälla*

Höga momentana ljud uppkommer i samband med lastning och lossning av containrar på fartyg.

10.5.2 *Hur uppkommer ljudet?*

Onödigt höga slagljud kan alstras när containrar slår emot varandra på grund av att kranförarens sikt är skymd.

Figur 38. Hantering av containers

10.5.3 *Hur kan man dämpa bullret?*

Som hjälpmedel för kranförare kan kameraövervakning användas. Om alla lyftpunkter kan ses kan onödiga smällar undvikas mellan kranarnas lyftok och containers.

10.5.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

En dämpning av de momentana ljudnivåerna på ca 10 dBA bedöms kunna uppnås när sikten är skymd.

10.5.5 *Tillämpningsområde*

Åtgärden används lämpligen vid stora containerfartyg där kranföraren har svårt att se alla lyftpunkter.

10.5.6 *Begränsningar*

Kameraövervakning är endast ett hjälpmedel som inte automatiskt minskar bullret. Kranförarnas arbetssätt är avgörande för denna typ av buller.

10.5.7 *Kostnad*

Ca 50 000 DKK per kran.

10.5.8 *Nordiskt perspektiv*

Åtgärden kan användas i hela Norden.

10.6 Nr 6: Akustisk övervakning

10.6.1 *Beskrivning av bullerkälla*

En del av bullret i hamnar orsakas av hamnpersonalen.

10.6.2 *Hur uppkommer ljudet?*

Buller kan uppkomma genom ovarsamt arbete i samband med lastning och lossning, körning med truckar etc.

10.6.3 *Hur kan man dämpa bullret?*

Genom att informera och utbilda hamnpersonalen i att arbeta så tyst som möjligt. Exempel på detta är tyst materialhantering, "eco driving", etc. Som hjälpmedel kan ett akustiskt övervakningssystem användas. Ett sådant system registrerar ljudnivån kontinuerligt och varnar truck- och kranförare när ljudnivån överstiger larmgränser.

Figur 39. Hantering av containers

10.6.4 Vilken bullerdämpning är möjlig?

En ljuddämpning av de momentana ljudnivåerna med 5–10 dBA är rimligt att räkna med.

10.6.5 Tillämpningsområde

Kan användas vid all typ av utomhusverksamhet där personalen kan påverka bullret.

10.6.6 Begränsningar

Metoden kräver att personalen är motiverad att arbeta tyst och att larmnivåerna ställs in på rätt nivå.

10.6.7 Kostnad

Ca 400 000 DKK för ett system med 5 mätstationer. Dessutom tillkommer interna kostnader för att utvärdera resultatet mm.

10.6.8 Nordiskt perspektiv

Denna typ av mätningar utförs i hamnen i Oslo. I Sverige används metoden bl.a. vid ett par stålverk med materialhantering utomhus.

10.7 Nr 7: Transportband istället för fordonstransporter

10.7.1 *Beskrivning av bullerkälla*

Buller från fordon i samband med materialtransporter inne på hamnområdet.

10.7.2 *Hur uppkommer ljudet?*

Motorljud från t.ex. lastmaskiner och dumprar.

10.7.3 *Hur kan man dämpa bullret?*

I vissa fall kan materialtransporter med fordon utföras med transportband. Bilden nedan visar ett höj och sänkbart transportband för malm i hamnen i Luleå.

Figur 40. Höj och sänkbart transportband för malm i Luleå malmhamn

10.7.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

En luddämpning 30 dBA bör vara möjlig i de flesta fall.

10.7.5 Tillämpningsområde

Metoden kan användas främst vid transporter av bulkmaterial.

10.7.6 Begränsningar

Metoden minskar flexibiliteten. Det som kan alstra buller är drivningen och eventuella fallhöjder som därför måste minimeras.

10.7.7 Kostnad

Varierar från fall till fall. Kan dock vara lönsam på sikt.

10.7.8 Nordiskt perspektiv

Kan användas i hela Norden.

10.8 Nr 8: Landström till fartyg

10.8.1 Beskrivning av bullerkälla

Fartygen kan ge upphov till högt buller. Variationen är stor mellan olika fartyg.

10.8.2 Hur uppkommer ljudet?

De vanligaste bullerkällorna på fartyg i hamn är avgasbuller från hjälpmaskineriet och maskinrumsventilationen.

10.8.3 Hur kan man dämpa bullret?

Den effektivaste åtgärden är att ansluta fartygen till landström, vilket innebär att hjälpmaskineriet och tillhörande ventilation kan stängas av.

Figur 41. Landström minskar buller från fartyg i hamn

10.8.4 Vilken bullerdämpning är möjlig?

Fartyget blir vanligtvis nästan helt tyst eftersom hjälpmaskineriet och maskinrumsventilationen vanligtvis är de helt dominerande bullerkällorna.

10.8.5 Tillämpningsområde

Metoden kan användas för alla fartyg men är vanligast på fartyg med "fasta rutter" t.ex. färjor. Landström minskar dessutom stoftutsläppen.

10.8.6 Begränsningar

Det är dyrt att installera landström både i hamnar och på fartyg. Dessutom är kontakterna och strömfrekvensen ofta olika på olika fartyg. Dessa faktorer begränsar användandet av landström.

10.8.7 Kostnad

Ca 8–10 DKK MILL. per kajplats. Dessutom måste fartygen utrustas för detta.

Nordiskt perspektiv

I flera hamnar finns kajplatser med landström. Det finns dock hamnar som inte kan erbjuda landström i alla nordiska länder. I Norge ställs ljudkrav för nya LNG fartyg, se lösning nr 9.

10.9 Nr 9: Fartygsventilation

10.9.1 *Beskrivning av bullerkälla*

Ventilationsbuller som vanligtvis utstrålas från ventilationsgaller. Speciellt maskinrumsventilationen kan ge de högsta ljudnivåerna från ett fartyg.

10.9.2 *Hur uppkommer ljudet?*

Bullret alstras av högvarviga fläktar och leds via kanaler till luftintag eller utlopp i skrovet.

10.9.3 *Hur kan man dämpa bullret?*

Ventilationsbuller dämpas vanligen med ljuddämpare av absorptionstyp som monteras i kanaler. Det finns runda dämpare och rektangulära ljuddämpare med s.k. bafflar i mineralull.

Figur 42. Exempel på ventilationsgaller på fartyg och olika typer av ljuddämpare

10.9.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

Ljuddämpningen brukar uppgå till mellan 10 och 20 dBA för rätt dimensionerade ljuddämpare.

10.9.5 *Tillämpningsområde*

Åtgärderna kan användas för alla typer av ventilationsbuller.

10.9.6 Begränsningar

För att kunna montera in ljuddämpare i befintliga fartyg krävs tillräckligt med plats. Förutom tillräcklig ljuddämpning får dämparna inte ge för stort tryckfall.

10.9.7 Kostnad

Vanligtvis ca 50–300 000 DKK beroende på storlek och typ.

10.9.8 Nordiskt perspektiv

Rent generellt är fartygsbuller svårt att hantera för hamnbolagen och tillståndsmyndigheterna. I Norge har dock upprättats ljudkrav för nya LNG fartyg (*Liquified Natural Gas*, kyld kondenserad naturgas). som anger totala ljudeffektnivåer nattetid på maximalt 90 dBA för stillaliggande fartyg och 100 dBA i samband med lastning och lossning.

10.10 Nr 10: Fartyg, lågfrekvent buller

10.10.1 Beskrivning av bullerkälla

Lågfrekvent buller.

10.10.2 Hur uppkommer ljudet?

Det lågfrekventa bullret alstras av hjälpmaskineriet som producerar el i hamnen. Det är fråga om dieselmotorer vars buller utstrålas från skorstensmyningen.

10.10.3 Hur kan man dämpa bullret?

Lågfrekvent buller kan dämpas med ljuddämpare av s.k. reaktiv typ. Konventionella ljuddämpare av absorptionstyp ger bristfällig dämpning av det lågfrekventa bullret. En effektivare åtgärd är att ansluta fartyget till landström.

Figur 43. Reaktiva ljuddämpare kan ge effektiv lågfrekvensdämpning.

10.10.4 Vilken bullerdämpning är möjlig?

Ljuddämpningen brukar uppgå till mellan 10 och 20 dBA för rätt dimensionerade ljuddämpare.

10.10.5 Tillämpningsområde

Åtgärderna kan användas för alla typer avgasbuller.

10.10.6 Begränsningar

För att kunna montera in ljuddämpare i befintliga fartyg krävs tillräckligt med plats. Förutom tillräcklig ljuddämpning får dämparna inte ge för stort tryckfall.

10.10.7 Kostnad

Vanligtvis ca 200–500 000 DKK beroende på storlek.

10.10.8 Nordiskt perspektiv

I Sverige brukar det ingå i bullervillkoret i nyare miljötillstånd att Socialstyrelsens föreskrifter om lågfrekvent buller ska innehållas. Dessa gäller inomhus. De lågfrekventa ljudnivåerna inomhus är då förutom bullrets styrka beroende av vilken fasadisolering husen har.

10.11 Nr 11: Ljuddämpade lastbilsflak.

10.11.1 Beskrivning av bullerkälla

Lastning och lossning av material i hamnar sker ofta med lastbil. Vid lossning av hårt material genom tippning skapas friktionsljud när det lastade materialet rör sig utmed lastbilsflaket. Lastbilsflaket utgörs i regel av stålplåt som har en mycket låg inre dämpning och därmed strålar mycket ljud.

10.11.2 Hur uppkommer ljudet?

Vid lastning med hjälp av lastfordon t.ex. hjullastare uppstår ljud, speciellt i början av lastningen då flaket är tomt och strålar mycket ljud. När flaket är delvis fullt genereras inte lika mycket ljud på grund av ökad dämpning då flaket inte så lätt kan sättas i svängning på grund av ökad totalvikt och att påverkanskrafter dämpas av det pålastade materialet på flaket.

Bullernivån påverkas av fallhöjd, tyngd och hårdhet hos lastmaterialet. Lätta, mjuka föremål och små hastigheter ger minst stötbuller. Buller påverkas mycket av operatörens hantering.

Figur 44. Lätt föremål och liten hastighet ger minst stötbuller

10.11.3 Hur kan man dämpa bullret?

Buller dämpas bäst genom att påverka operatörers beteende samt genom att förbättra lastbilsflakets dämpning. Lastbilsflakets dämpning kan förbättras avsevärt genom att stålytan kompletteras med en beläggning med stor inre dämpning, t.ex. gummi.

Det dämpade skiktet bör vara elastiskt och dämpar påverkan av t.ex. ett fallande objekt eller en kontakt med lastfordon genom att tryckas ihop av belastningen med minskad hastighet och kraftöverföring hos det fallande objektet till stålplåten. Det dämpade skiktet hindrar även stålplåten att svänga i lika hög grad som om en odämpad plåt vilket minskar bullerutstrålningen ytterligare.

Dämpning av lastbilsflak minskar buller till omgivningen men reducerar även arbetsmiljöbuller till både lastbilschaufför och operatörer av kran/hjullastare. Exempel på leverantörer av gummibeklädnader är Trelleborg, Metso och Sandvik.

Figur 45. En dämpad yta ger mindre ljud

10.11.4 *Vilken bullerdämpning är möjlig?*

En dämpning på minst 10 dBA beroende på typ av last. Skillnaden i dämpning, med och utan dämpskikt, är störst när lastbilsflaket är relativt tomt.

10.11.5 *Tillämpningsområde*

Lastbilsflak samt övriga utrymmen där material lastas. Det dämpade skiktet ökar livslängden hos lastbilsflaket och minskar bullerutstrålningen. Viktiga parametrar vid val av dämpskikt är tjocklek, densitet, hårdhet och ytstruktur. Dessa kan variera beroende på optimal dämpning för olika lastmaterial.

10.11.6 *Begränsningar*

För de verksamheter där lastbilstransporter utförs av ett åkeriföretag är det ofta upp till åkeriet att besluta om man ska satsa på bullerdämpande flak. Det kan finnas andra aspekter än bullerskäl som påverkar ett åkeri om att tillföra bullerdämpning, dessa aspekter kan vara viktökning, ökade bränslekostnader samt möjligheter att lossa materialet då låg friktion eftersträvas hos ett flak för effektiv lossning/tippning.

10.11.7 *Kostnad*

En inklädnad av ett lastbilsflak kostar mellan 30.000–60 000 DKK. Priset avgörs främst av erforderlig tjocklek hos slitgummilagret.

10.11.8 *Nordiskt perspektiv*

Bullerdämpande lastbilsflak har använts bland annat i samband med byggandet av Akershus Universitetssykehus i Oslo mellan 2004–2008. Metoden är tillämpbar i hela Norden.

11. Bästa tillgängliga teknik för dämpning av buller från fläktar och kylanläggningar inom livsmedelsindustrin

För att minska/minimera buller vid livsmedelsindustrin är det BAT att använda en eller en kombination av följande tekniker:

Teknik	
Nr 1	Byt ut gamla fläktar mot fläktar med modern tyst design
Nr 2	Optimal installation
Nr 3	Optimal dimensionering
Nr 4	Skärmning av kylar
Nr 5	Välj varvtalsreglering framför start/stoppreglering
Nr 6	Utnyttja ändreflektion. Minska kanaldimensioner
Nr 7	Strukturdämpa och vibrationsisolera
Nr 8	Tilläggsisolera fläktar och kanaler
Nr 9	Inbyggnad av fläktar
Nr 10	Ljuddämpare på fläktar

12. Bästa tillgängliga teknik för dämpning av buller inom hamnverksamhet

För att minska/minimera buller vid hamnverksamhet är det BAT att använda en eller en kombination av följande tekniker:

Teknik	
Nr 1	Hastighetsreducering vid ramper
Nr 2	Gummibeläggning på ramper
Nr 3	Anslutning ramp och kaj
Nr 4	Containerhantering, "soft landing"
Nr 5	Containerhantering, kameraövervakning
Nr 6	Akustisk övervakning
Nr 7	Transportband istället för fordonstransporter
Nr 8	Landström till fartyg
Nr 9	Fartygsventilation
Nr 10	Fartyg, lågfrekvent buller
Nr 11	Ljuddämpade lastbilsflak

13. Referenser

- [1] Marknadsöversikt – *Livsmedelsindustrin, Rapport 2012:42*, Jordbruksverket, Sverige.
- [2] Reference: *Nyt fra Danmarks Statistik Nr. 132, 14. Marts 2013*, <http://www.dst.dk/pukora/epub/Nyt/2013/NR132.pdf>
- [3] Externt industribuller – *Allmänna råd, RR 78:5 rev, 1983*, Naturvårdsverket,
- [4] FOR 2004-06-01 nr 931: *Forskrift om begrensnig av forurensning* (forurensningsforskriften), (Norge).
- [5] Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging T-1442/2012
- [6] Veileder til Miljøverndepartementets retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging TA-2115
- [7] *Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 Ekstern støj fra virksomheder*, (Danmark och Färöarna)
- [8] *Stadsrådets beslut om riktvärden för bullernivå den 3 april 1987 (382/87)* vid föredragning från miljöministeriet, Finlands författningssamling.
- [9] 24 § Miljöskyddslagen, (Åland)
- [10] *Förordning om Buller nr. 724/2008 §5 och §6* (Reglugerð um hávaða nr.724/2008 gr.5 og gr.6),(Island)

14. Summary

ÅF Sound & Vibration has been commissioned by the Nordic Council of Ministers to study the BAT (Best Available Technique) to minimize external industry noise from food industries and ports.

Noise is one of the greatest environmental concerns for these lines of industry. Concerning food industries, focus are based on noise from ventilation and cooling installations. Important noise sources within ports are noise from ships, ramps (Ro/Ro), transportation vehicles, container handling and noise from loading and landing of products. Industrial operations within food industries and ports require permits and an approved environmental impact assessment by the relevant authority.

The aim of the study is to show how noise levels can be reduced depending on the choice of machinery and the application of best available technology. Ten “BAT-solutions” are presented for attenuating noise sources in food industry and eleven “BAT-solutions” are presented for attenuating noise sources in at ports.

The results in the report are presented as listed “BAT-solutions” focusing on to describe each noise source with the best available technique to attenuate the associated noise. The following issues are discussed for each “BAT-solution”:

- Description of the noise source.
- How does the noise arise?
- How can you attenuate the noise?
- How much noise attenuation is possible?
- Field of application.
- Limitations.
- Cost.
- Nordic perspective.

The results show that application of “Best Available Technique” reduces the environmental impact regarding noise significantly from these specific sources but will also reduce the overall noise impact in the surroundings of the industry depending on the conditions and extent of each industrial plant.

Bulldämpning av externt industribuller från livsmedelsindustri och hamnar

ÅF Ljud & Vibrationer har på uppdrag av Nordiska ministerrådets BAT-grupp, som är en undergrupp till arbetsgruppen för hållbar konsumtion och produktion, utfört en studie kring bästa tillgängliga teknik, s.k. BAT (Best Available Technique) avseende dämpning av externt industribuller från livsmedelsindustrier och hamnverksamheter. Rapporten är framtagen i syfte att identifiera de tekniker, som ska beaktas när BAT ska bestämmas, för att begränsa bulleralstrande mekanismer och arbetsmoment inom externt industribuller. Tio respektive elva stycken tekniker presenteras och de fokuserar på de ljudalstrande mekanismer som olika maskiner och verksamheter ger upphov till, samt vad som kan göras för att minimera buller till omgivningen, BAT. Resultatet visar att en tillämpning av BAT medför att respektive bullerkällas bullerbidrag till omgivningen kan reduceras avsevärt.