

# TEKNISK NOTAT

## Vurdering af ekstra gene fra impulsstøj – et litteraturstudie

---

### Udført for Miljøstyrelsen

Sagsnr.: 120-34131

TC-101702

Side 1 af 42

Hørsholm, 20. april 2021

### Akustik, støj og vibrationer

Assistance til litteratursøgning:

Jens Elgaard Laursen

Lars Sommer Søndergaard

Kvalitetssikret af Per Finne

Udfærdiget af Torben Holm Pedersen

# OVERSIGT

<b>Titel</b>	Vurdering af ekstra gene fra impulsstøj – et litteraturstudie
<b>Sagsnr.</b>	120-34131
<b>TC-nr.</b>	TC-101702
<b>Kunde</b>	Miljøstyrelsen Tolderlundsvej 5 5000 Odense C Journalnummer: 2020-57423 Tlf.: 72544000
<b>Kontaktperson</b>	Frank Pedersen E-mail: frape@mst.dk
<b>Resume</b>	Engelsk resume side 3
<b>Revisioner</b>	Originalrapport
<b>Vores ref.</b>	THP/PFi/ilk

Rapporten må kun gengives i sin helhed.

Gengivelse i uddrag kræver skriftlig accept fra FORCE Technology.

Rapporten er kun gyldig med to digitale signaturer fra FORCE Technology. Rapporten forefindes som original i FORCE Technologys database og sendes som elektronisk duplikat til kunden. Den hos FORCE Technology lagrede original har forrang som dokumentation for rapportens indhold og gyldighed.

## ENGLISH SUMMARY

A penalty for clearly audible impulses is to be added to the measured noise level to take into account the additional annoyance that the impulses give rise to. The guidelines for adding the penalty are not very specific and are administered on the basis of subjective assessments which can, however, be supported by an objective measurement method. There is a need for more detailed guidance for adding the penalty.

The purpose of this Phase 2 of the impulse project is, through a literature study, to investigate whether there is new knowledge partly about the size of the graduated penalty and partly about the administration of the penalty, e.g. based on the number of impulse events within a reference time interval.

The literature found shows that penalties of up to 8-11 dB are representative of the extra annoyance the impulses give rise to. This corresponds to the size of the penalty with which the objective measurement method for impulses also operates.

Field measurements and laboratory experiments in the literature describe almost exclusively how to quantify impulsivity and how large a penalty is to be given for impulse noise. No studies of the administrative practice have been found, i.e. how often or for how large a part of the reference time interval impulse events must occur for the penalty to be applied. The objective method's proposal to give the supplement per half hour based on the most prominent impulse within that period, has been adopted by the International Standardization Organization, ISO.

A re-analysis of a survey conducted at meeting "Store Støjdag" in 2018, across all noise types, shows that the tendency to give a penalty increased with the frequency of impulse occurrences. This is not in line with the current interpretation of the guidelines, but nevertheless appears reasonable from an annoyance viewpoint.

Overall, it is concluded:

- The objective measurement method for impulses, cf. "Orientering fra Referencelaboratoriet" No. 32 and Nordtest Acou 112 seems to be approved as an international standard before long.
- The penalties found by using the objective measuring method have a size that is in line with the penalties found during the literature review.
- No references have been found that shed light on the significance of the frequency of impulse events for the increased annoyance and which can thus give an indication of a reasonable administrative practice in this respect.
- If the calculated penalty is given per half hour on the basis of the most prominent impulse in this, this does not seem to contradict the results of the survey conducted at "Store Støjdag" in 2018 among environmental employees at authorities, municipalities and approved laboratories. The results are not detailed enough for a more positive wording.
- Suggestions have been made as to how phase 3 of the project can contribute to further clarification.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Indledning</b> .....	<b>5</b>
1.1	Baggrund .....	5
1.2	Hovedresultater fra fase 1: Administrativ praksis .....	5
1.3	Fase 2 og 3 .....	6
<b>2</b>	<b>Begreber</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Metode for litteraturstudiet</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Litteratur</b> .....	<b>11</b>
4.1	Feltstudier .....	12
4.2	Laboratorieforsøg .....	17
4.3	Generelle studier .....	26
<b>5</b>	<b>Andre landes regler</b> .....	<b>27</b>
5.1	Britisk standard UK BS 4142:2014, jf. [23] .....	27
5.2	Australsk standard AS1055:2018, jf. [24] .....	28
5.3	ISO/DPAS 1996-3, jf. [25] .....	28
<b>6</b>	<b>Resultater fra Store Støjdag 2018</b> .....	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>Hvad bør projektets fase 3 indeholde?</b> .....	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Sammenfatning og konklusion</b> .....	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Referencer</b> .....	<b>39</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografi</b> .....	<b>40</b>

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

I henhold til Miljøstyrelsens vejledninger om ekstern støj fra virksomheder skal der gives et 5 dB-tillæg til det målte støjniveau ( $L_{Aeq}$ ), hvis der forekommer tydeligt hørbare impulser i støjen. Mere specifikke retningslinjer om tildeling af impulstillæg har været efterspurgt fra rådgivere og myndigheder og på Referencelaboratoriets støj dage gennem en længere årrække.

Formålet med nærværende projekt er derfor at skabe grundlag for en forbedret administrativ og måleteknisk praksis for tildeling af tillæg for tydeligt hørbare impulser. En overvejelse er også at indføre den objektive målemetode (som nu er under ISO-standardisering) til bedømmelse af impulsers tydelighed. Referencelaboratoriets sammenlignende målinger har vist, at dette giver en mere ensartet behandling af impulser laboratorierne imellem.

Projektet omfatter 3 faser:

1. Gennemgang af administrativ praksis (er gennemført og rapporteret, jf. [1]).
2. Vurdering af den ekstra støjgene pga. impulser gennem et litteraturstudie (nærværende rapport).
3. Sammenhold af erfaringer med den objektive målemetode (endnu ikke igangsat).

## 1.2 Hovedresultater fra fase 1: Administrativ praksis

Formålet i fase 1 var at gennemgå den administrative praksis. Fase 1-rapporten, jf. [1], resumerer Miljøstyrelsens vejledninger, en arbejdsrapport, orienteringer fra Referencelaboratoriet og sammenlignende målinger samt en spørgeskemaundersøgelse på Store Støjdag i 2018. Den efterhånden (også internationalt) anerkendte objektive målemetode for impulsers tydelighed, jf. [2], er også resumeret. Endelig er der foretaget en gennemgang af 21 rapporter, "Miljømåling – ekstern støj", med stillingtagen til impulstillæg.

Med hensyn til impulsernes tydelighed konkluderes at:

- Der er grund til at stærkt anbefale brugen af den objektive målemetode til støtte for de subjektive vurderinger for tildeling af det nuværende 5 dB-tillæg.
- Det vil være relevant at indføre et graderet tillæg.
- Subjektive bedømmelser og objektive målinger af impulsernes tydelighed skal udføres under korrekte vejrforhold og repræsentative baggrundsstøjforhold i immissions-/beregningpunkterne. Driftstilstande, vejr- og baggrundsstøjforhold bør angives i målerapporten.

Rapporten konstaterer, at der ikke synes at være overensstemmelse mellem laboratoriernes opfattelse af, hvad der er rimelig administrativ praksis og den definerede praksis om, at impulstillægget bør gives for hele referencetidsrummet, også hvis der kun forekommer tydeligt hørbare impulser en enkelt gang i referencetidsrummet.

Det er ikke nævnt eksplicit i vejledningen for ekstern støj, at impulstillægget gives for hele referencetidsrummet. Derfor vil det det formodentlig være muligt at omdefinere den administrative praksis, fx som foreslået i den objektive målemetode ved tildeling af impulstillæg pr. halve time, hvis der forekommer impulser inden for denne. Dette bør dog ikke ændres, uden at det er undersøgt, om det er i overensstemmelse med de gennemæssige forhold omkring impulsers hyppighed.

Endeligt konkluderes, at der er behov for en mere detaljeret vejledning om tildeling af impulstillæg.

### 1.3 Fase 2 og 3

Nærværende fase 2 skal gennem et litteraturstudie forsøge at vurdere den ekstra gene pga. impulser. Den nuværende objektive metode, jf. [2], giver resultater, der er i overensstemmelse med gennemsnittet af subjektive vurderinger af, hvor tydeligt impulser høres. Dette litteraturstudie skal undersøge, om der er ny viden om størrelsen af det graduerede genetillæg og om indflydelsen af hyppigheden af impulsforekomster.

I fase 3 skal den fremherskende praksis, resultater fra sammenlignende målinger og ovennævnte litteraturstudie sammenholdes, og der skal udføres objektive analyser og lytteforsøg med nyere relevante lydseksempler med forskellige grader af impulsholdig støj. Resultaterne sammenfattes med henblik på at udarbejde en vejledning. Vejledningen skal medvirke til at skabe en mere ensartet praksis ved tildeling af et (evt. gradueret) impulstillæg, end tilfældet er i dag. Desuden skal vejledningen være i overensstemmelse med nyeste viden. Der udarbejdes en rapport med resultaterne. Hvis resultaterne berettiger til det, udarbejdes tillige en orientering fra Referencelaboratoriet med konkrete anvisninger.

## 2 Begreber

Dette afsnit forklarer de enheder og begreber, der er brugt i rapporten. Der er både de almindeligt brugte begreber, som den kyndige læser blot kan springe over, samt de lidt mere specielle og specifikke begreber.

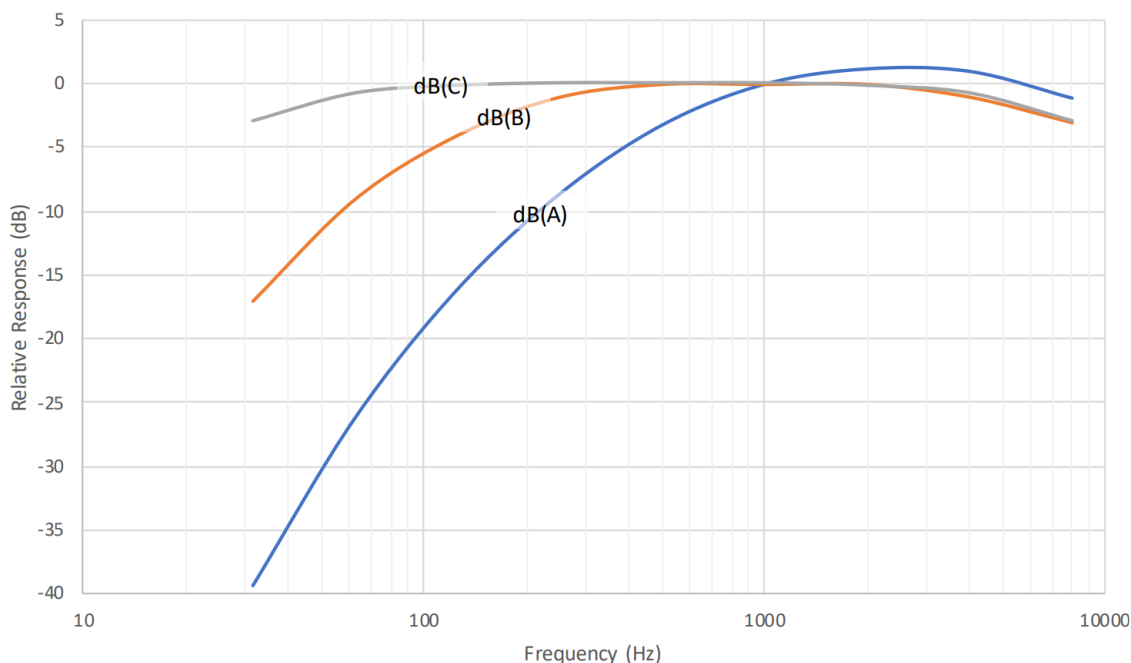
### **Frekvensvægtet lydtrykniveau, dB(A) og dB(C)**

Når man angiver styrken af en lyd, angives den sædvanligvis med betegnelsen dB(A).

”dB” er en logaritmisk måleenhed, der for lyd angiver lydtrykniveau. ”(A)” angiver, at der er foretaget en vægtning af de forskellige frekvenser nogenlunde svarende til ørets følsomhed. Øret er fx mindre følsomt for lave frekvenser (fx under 200 Hz) end for middelfrekvenser (omkring 1.000 Hz), så A-vægtningen undertrykker de lave frekvenser i overensstemmelse hermed.

Ørets følsomhed afhænger af lydtrykniveauet. Man har derfor defineret andre frekvensvægtninger, B og C, hvor C-vægtningen i sin tid var tænkt anvendt ved meget høje lydtrykniveauer. Måling med C-vægtningen betegnes kort med dB(C).

Efterhånden bruges næsten udelukkende A-vægtningen i forbindelse med støjmålinger i Danmark og internationalt.



**Figur 1** Frekvensvægtningskurver for lydtrykmålinger. Kurverne angiver, hvor meget lydsignalet skal forstærkes eller dæmpes (negative tal på y-aksen) ved forskellige frekvenser i forhold til referencfrekvensen 1.000 Hz.<sup>1</sup>

### Tidsvægtninger og maksimalværdier

Støjens lydtrykniveau kan måles med forskellige reaktionstider. Den tekniske betegnelse for disse er tidskonstanter eller tidsvægtninger. Jo kortere tidskonstant desto større udslag får man på korte hændelser som fx skud eller bankelyde. Ved længere hændelser (> 1 sekund) er forskellen lille. Den standardiserede tidskonstant F (*Fast, tidskonstant 125 ms*) er den, der er bedst i overensstemmelse med hørelsens opfattelse af kortvarige lyde. Der findes også en fire gange så langsomt reagerende tidsvægtning kaldet S (*Slow, tidskonstant 1000 ms*). Når der tales om støjens maksimalværdier, er det altså vigtigt at anføre tidsvægtningen. Maksimalværdier må ikke forveksles med støjens spidsværdier (*peak*), som måles uden tidsvægtning.

### Hørestyrke (loudness), son

En hørestyrke på én son svarer til opfattelsen af en 1000 Hz tone med et lydtrykniveau på 40 dB; En tone, der bedømmes af en lytter som "dobbelt så kraftig", har en hørestyrke på to son, tre gange så kraftigt er tre son osv. I frekvensområdet omkring 1000 Hz svarer en fordobling af hørestyrken til en stigning i lydtrykniveau på ca. 10 dB. Hørestyrken forveksles ofte med hørestyrkeniveauet (loudness level), der måles i phon, som ved 1000 Hz svarer til lydtrykniveauet i dB.

### Ækvivalent konstant lydtrykniveau, $L_{Aeq}$

Selvom støjen fra forskellige lydkilder ikke er konstant, har det vist sig, at der er god sammenhæng mellem menneskers oplevelse af støjen, fx genevirkningen, og støjen angivet som en energimæssig gennemsnitsværdi af det A-vægtede lydtrykniveau,  $L_{Aeq}$  i dB, over en nærmere defineret tidsperiode. Miljøstyrelsens grænseværdier for virksomhedsstøj gælder fx for  $L_{Aeq}$  over 8 timer i dagperioden (kl. 07-18), 1 time i aftenperioden (kl. 18-22) og en halv time i natperioden (kl. 22-07).

<sup>1</sup> Figur fra [https://www.engineeringtoolbox.com/decibel-d\\_59.html](https://www.engineeringtoolbox.com/decibel-d_59.html)

### Dag-aften-nat niveau, $L_{den}$

Støj er mere generende om aftenen og om natten end om dagen. For virksomhedsstøj i Danmark har vi således forskellige støjgrænser for dag, aften og nat.

Man kan også tage hensyn til den øgede genevirkning aften og nat ved at bruge støjindikatoren  $L_{den}$ . Det er en gennemsnitsværdi af det A-vægtede støjniveau over et døgn, hvor der lægges 5 dB til støjen om aftenen og 10 dB til støjen om natten, før gennemsnittet udregnes. For vejtrafikstøj svarer det til, at et køretøj om aftenen tæller lige så meget som støjen fra tre køretøjer om dagen, og støjen fra et køretøj om natten tæller 10 gange så meget som et køretøj om dagen.

### Dag-nat niveau, $L_{dn}$

$L_{dn}$  er sammenlignelig med  $L_{den}$ , som er en gennemsnitsværdi af det A-vægtede støjniveau over et døgn. Dog ses der bort fra tillægget om aftenen på de 5 dB, og der tillægges 10 dB til støjen om natten, før gennemsnittet udregnes.

### Procent stærkt generet – %HA

Støjgene måles i henhold til [3] ved, at man spørger et antal personer, hvor generede de er på en 5-punkts verbal skala, se Figur 2, eller en numerisk skala, se Figur 3.

Hvis du tænker på de seneste (ca. 12 måneder), hvor forstyrret eller generet er du så af støj fra (støjkilde), når du er herhjemme?

Sæt kun ét kryds

- Slet ikke generet
- Lettere generet
- Moderat generet
- Kraftigt generet
- Ekstremt generet

**Figur 2** Verbal svarskala for støjgene i henhold til ISO/TS 15666, jf. [4].

Normalt kaldes den procentdel, der svarer til kategorierne Kraftigt generet og Ekstremt generet, for Stærkt generet (på engelsk Highly Annoyed – %HA)

Hvis du tænker på de seneste (ca. 12 måneder), hvor meget føler du dig så generet af støj fra (kilde), når du er herhjemme?"

- |           |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Slet ikke |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          | Ekstremt                 |
|           | 0                        | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        | 8                        | 9                        | 10                       |
|           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Figur 3** Numerisk svarskala for støjgene i henhold til ISO/TS 15666, jf. [4].

Normalt kaldes den procentdel, der svarer i kategorierne 8, 9 og 10, stærkt generet (på engelsk Highly Annoyed – %HA).

I WHO-rapporten, jf. [4], er 10 % stærkt generet fastsat som den grænse, hvor der er en relevant risikoforøgelse. Denne grænse kan tages som udgangspunkt ved fastsættelsen af grænseværdier. Der er også defineret relevant risikoforøgelse for andre helbredseffekter som fx søvnforstyrrelser, forhøjet blodtryk og hjertekarsygdomme, men disse giver ifølge WHO-rapporten anledning til højere grænseværdier for støjen. Derfor er denne rapport koncentreret om grænseværdien for genevirkning.

### Cut-off punkt

Ofte bruges begge de ovennævnte skalaer og ofte med god overensstemmelse mellem skalaerne.

Man skal dog være opmærksom på det såkaldte "cut-off" punkt for stærkt generet. For den verbale skala regner man ofte med de to øverste kategorier, dvs. man afskærer de respondenter, der svarer på de nederste 60 % af skalaen.

For den numeriske skala regner man ofte med de tre øverste kategorier som stærkt generet, dvs. man afskærer de respondenter, der svarer på de nederste 73 % af skalaen.

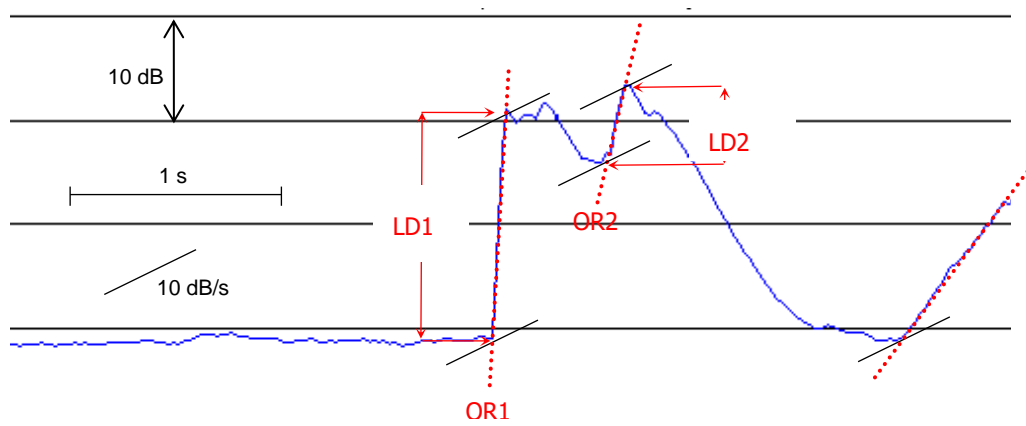
Selv om der er god overensstemmelse mellem svarene på de to skalaer, er opgørelsen af procentdelen af stærkt generet altså afhængig af, om man bruger den verbale eller den numeriske skala, ligesom afvigelser for de nævnte cut-off punkter forekommer i forskellige undersøgelser.

### Objektiv målemetode for impulser

I Orientering fra Referencelaboratoriet nr. 32 beskrives en objektiv målemetode for impulsstøj, jf. [2]. Metoden er senere blevet en NORDTEST-metode, jf. [5], og er p.t. under standardisering i ISO.

Metoden tager udgangspunkt i det A-vægtede lydtrykniveau målt med tidsvægtning F. En impuls karakteriseres ved (Se Figur 4):

- Niveaudifferencen LD (Level Difference), dvs. hvor meget niveauet stikker op over den kontinuerte støj, og
- støjheden, OR (Onset rate) af impulsens begyndelse, dvs. hvor hurtigt niveauet stiger.



**Figur 4** Illustration fra Nordtest-metoden. Figuren viser en niveauregistrering af det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F. Begrebernes støjhed (onset ratio, OR) og niveaudifferens (level difference, LD) er illustreret på figuren for de to mest fremtrædende impulser. Hældninger på 10 dB/s, hvor impulsmålingen begynder og slutter, er indikeret med korte linjestykker.

Ud fra niveaudifferens og stejlhed beregnes impulsens tydelighed (som korrelerer med tydeligheden fundet ved lytteforsøg, se fx [6]). Tydeligheden er givet ved:

$$P = 3 \cdot \log(\text{stejlhed}/[\text{dB/s}]) + 2 \cdot \log(\text{niveaudifferens}/[\text{dB}]) \quad (1)$$

For lyde med stejlheder over 10 dB/s bestemmes impulstillægget  $K_I$  til  $L_{Aeq}$  ud fra den beregnede tydelighed  $P$  som:

$$K_I = 1,8 \cdot (P - 5), \text{ for } P > 5, K_I = 0 \text{ for } P \leq 5 \quad (2)$$

Da Miljøstyrelsens vejledninger ikke giver mulighed for et gradueret tillæg, anbefales det at give 5 dB-tillægget, når  $K_I > 3$ , og når impulserne er karakteristiske for driften.

I metoden foreslås, at tillægget gives til  $L_{Aeq,30\text{min}}$  på basis af hændelsen med den højeste værdi af  $P$  inden for 30-minutters perioden.

### Impulshændelse

I denne rapport bruges begrebet impulshændelse om en støjforekomst med en eller flere impulser. Som det vil fremgå, viser lytteforsøg, at det ikke påvirker genevirkningen, om en impulshændelse består af en eller flere impulser. Når genevirkningen skal beskrives, er antallet af impulser i en hændelse åbenbart ikke vigtig. Det antages, at det er antallet af støjforekomster med impulser, der er den mest relevante parameter for hyppigheden i relation til genevirkningen.

## 3 Metode for litteraturstudiet

Der er søgt litteratur med udgangspunkt i litteratur efter år 2000 med søgeord som "impulse", "impulsive noise", "penalty", "annoyance", "socio-acoustic", "survey", "impulsive sound" og med kombinationer af disse samt ved at gennemgå papers fra relevante sessions på konferencer.

Der er søgt følgende steder:

- Mendeleys litteratursøgning<sup>2</sup>
- FORCEs litteraturlibrary indeholdende mere end 1200 referencer om støj, støjgener, helbredseffekter m.m., som er etableret (i Mendeley) siden 2016.
- "Ny Viden" 2006-2019 fra Referencelaboratoriet, som samler viden af relevans for miljøadministration af støjforhold.
- IC BEN konferencer 2011, 2014 og 2017.
- JASA, The Journal of the Acoustical Society of America .
- Euronoise conference 2015.
- International Journal of Environmental Research and Public Health.
- ICA 2019.
- Internoise 2013, 2014...2018 og 2019 m. fl.
- Dokumenter fra ISO-standardisering WG 45 om impulsstøj og tillæg.
- Desuden er referencerne i den fundne litteratur (både fra afsnit 8 Referencer og afsnit 9 Bibliografi) gennemset for yderligere artikler.

---

<sup>2</sup> Mendeley er et reference manager-program til organisering af litteratur, artikler, rapporter m.m. Det benyttes bl.a. af universiteter og forskningsbiblioteker. Ud over de lokale anvendelser giver det adgang til at søge i 300 millioner (tallet er fra mendeley.com) videnskabelige dokumenter og artikler i deres web-katalog.

Formålet er som nævnt at skabe grundlag for en forbedret administrativ og måleteknisk praksis for tildeling af tillæg for tydeligt hørbare impulser. Da tillægget gives for at tage hensyn til den ekstra gene ud over det målte støjniveau, som impulserne giver anledning til, er søgningen fokuseret på genevirkningen af impulsstøj generelt. En del af genevirkningen kan muligvis henføres til søvnforstyrrelser, hvorfor denne effekt ikke er udelukket.

Det antages, at støj fra skydning er mere påvirket af følelser og holdninger end støj fra virksomhedsstøj. Derfor er impulser fra skydning med tunge og lette våben kun medtaget i det omfang, der kan udledes generel viden om impulsstøj.

En del litteratur beskæftiger sig med impulser fra overlydsflyvning, dvs. overlydsbrag. Dette er ikke medtaget i nærværende undersøgelse.

Efter gennemførelsen af denne søgning viste især gennemgangen af referencer i de nyere artikler tilbage på mange af de artikler, der allerede var fundet. Det tages som et tegn på, at det meste af den relevante litteratur er fundet ved søgningen. En kort ekstra søgning i JASA, Mendeley og med Google gav kun de samme referencer, som var fundet i første runde.

## 4 Litteratur

I dette afsnit refereres den mest relevante litteratur. En oversigt over den litteratur der er refereret kan findes i afsnit 9 Referencer.

Ved vurderingen af relevansen er der taget udgangspunkt i følgende:

- Vi har en målemetode, jf. [2] og [5], som er ved at blive standardiseret i ISO-regi. Metoden giver god overensstemmelse mellem en gennemsnitlig bedømmelse af impulsers tydelighed og måleparameteren  $P$  (prominence). Litteratur, som kan underbygge metoden, vise svagheder eller forbedringsforslag til den eller evt. andre metoder til bedømmelse af impulser, vurderes at være væsentlige.
- Litteratur, der beskæftiger sig med den relevante størrelse af impulstillægget  $K_I$ , vurderes som væsentlige.
- Den store mangel i viden er en angivelse af, hvor ofte impulshændelser med en eller flere impulser skal forekomme for at give anledning til et tillæg. Der er derfor søgt specifikt efter dette.
- Ligeledes er det et væsentligt punkt, i hvilken tidsperiode tillægget skal gives. Der er også søgt specifikt efter dette.

Litteratur, som indeholder viden om impulsstøj generelt, men som ikke bidrager til ovenstående, er anført i afsnit 10 Bibliografi.

## 4.1 Feltstudier

### 4.1.1 CEC<sup>3</sup> Joint Research on Annoyance Due to Impulse Noise: Field Studies

*Fire lande, 1627 respondenter. Groeneveld and de Jong, 1987, jf. [7]. de Jong and Commins, 1983, jf. [8].*

I et europæisk samarbejde med deltagelse af Tyskland, Frankrig, Irland og Holland blev der foretaget undersøgelser, der sigtede mod at finde pålidelige dosis-effektforhold for impulsstøjklender.

Undersøgelsen udviklede et fælles spørgeskema på de fire sprog, og der blev foretaget støjmålinger (uden respondenternes viden) i de relevante områder. Der blev på timebasis målt  $L_{Aeq}$ ,  $L_{AI}$  (A-vægtet lydtrykkniveau med tidsvægtning Impuls) og de statistiske niveauer  $L_{A5}$ ,  $L_{A10}$ ,  $L_{A50}$ ,  $L_{A90}$ ,  $L_{A95}$ ,  $L_{A99}$  (tidsvægtning for disse er ikke oplyst).

Feltarbejdet i den sociale undersøgelse blev udført i 1982-1983. I hvert land blev der interviewet omkring 400 personer, hvilket tilsammen udgjorde i alt 1627 respondenter. Respondenterne var personer, som var hjemme mindst tre dage om ugen, når impulsstøjklender var i drift, og som var 18 år eller ældre.

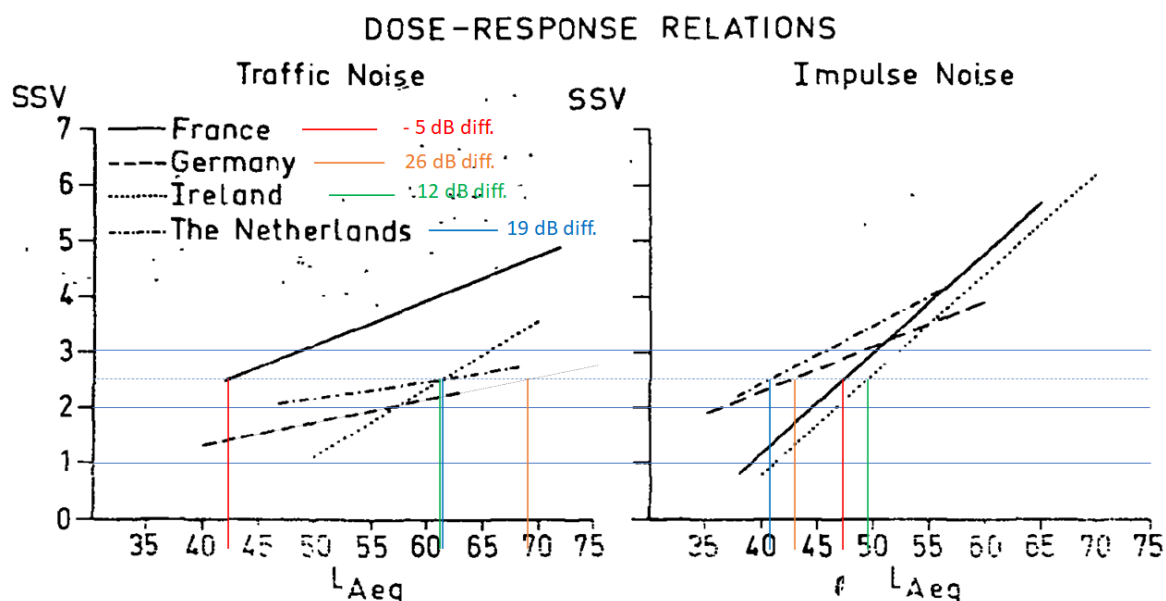
Støjklenderne var: Skydebaner og trafik som det dominerende aspekt af baggrundsstøj indgik for alle lande som en slags referenceklender. De skulle fungere som "ankre", som de andre klender skal vurderes imod. Støjklenderne var i øvrigt: Skrotvirksomheder, skibsværfter og andre metalbearbejdningsindustrier, et mejeri, en byggeplads og et rangér-terræn.

Den førstnævnte reference, jf. [7], er den grundlæggende rapport fra TNO i Holland, som meget grundigt beskriver baggrund, analyser m.m. Rapporten konkluderer, at et tillæg på 5 dB nok er for konservativt, og at det nok snarere bør være et tillæg på 10 dB til det målte  $L_{Aeq}$ . Rapporten indeholder mange detaljerede analyser, bl.a. en sammenligning af genen fra skudstøj sammenlignet med andre impulsstøjklender. Det fremgår, at genen stiger kraftigere med niveauet ved skudstøj end ved andre klender. Der er i rapporten ikke angivelser af varigheder og hyppigheder af impulsstøjklendernes drift.

Reference [8] beskriver undersøgelsen i en mere overskuelig form, de følgende figurer er fra denne reference.

---

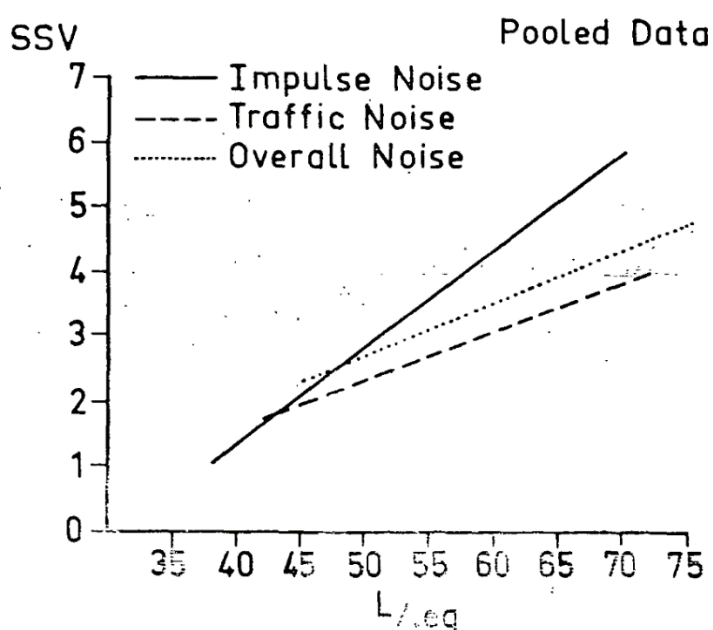
<sup>3</sup> Commission of the European Communities



**Figur 5** Resultaterne af lineære regressionslinjer for trafikstøj og impulsstøj. Den vandrette akse er lydtrykniveauet,  $L_{Aeq}$  og den lodrette akse er resultaterne med den 10-punkts svarskala for støjgene, der blev anvendt. De kulørte emner er tilføjet af denne rapports forfatter.

De farvede markeringer på Figur 5 markerer de lydtrykniveauer, der giver en respons på 2,5 på geneskalaen. Forskellen på niveauet for vejtrafikstøj og niveauet for impulsstøj er et udtryk for det impulstillæg, der skal til. Disse forskelle er noteret ud for de enkelte lande på figuren. Det mærkværdige resultat for Frankrig skyldes, at deres resultater fra vejstøj er stærkt afvigende, men ellers ligger værdierne på 12-26 dB, dvs. med temmelig stor spredning.

Artiklen giver også et resultat for de samlede data, se Figur 6.



**Figur 6** De samlede data fra undersøgelsen. X-aksen er  $L_{Aeq}$  af støjen og Y-aksen er svarene på 10-punkts geneskalaen.

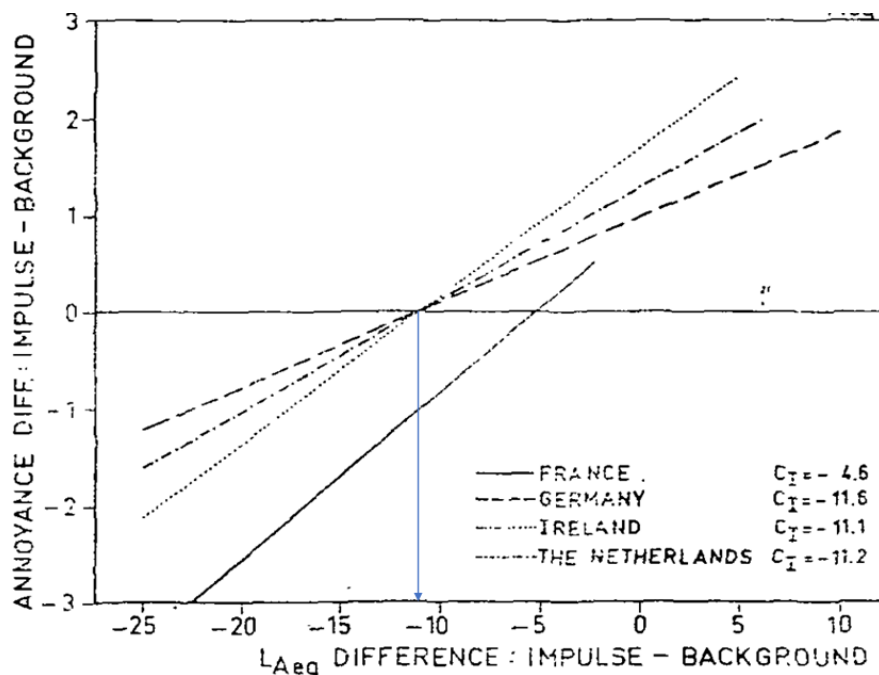
Fra omkring  $L_{Aeq} = 45$  dB ser impulsstøjen ud til at være mere generende end trafikstøj. Da regressionslinjerne ikke er parallelle, kan man fristes til at udlede, at forskellen i gene er niveauafhængig og stigende med niveauet, dvs. det omvendte af, hvad der er fundet i laboratorieundersøgelserne i afsnit 4.2.1 og 4.2.2.

Ovenstående resultater er et gennemsnit af responser, men det er ikke nødvendigvis de samme personer, som er udsat for trafikstøj og impulsstøj.

Hvis man for de samme personer ser på forskellen i genen fra impulsstøj og genen fra baggrundstøjen, som i dette tilfælde er trafikstøj, giver det et mere sofistikeret værktøj. Dette kan bruges til at fastlægge størrelsen af tillægget for impulsstøj sammenlignet med kontinuerlig støj. For samme personer blev forskellene i  $L_{Aeq}$  relateret til forskelle i generespons. Skærepunktet for de nye regressionslinjer med X-aksen (dvs. der hvor forskellen i gene er nul) er i gennemsnit -8,9 dB svarende til et tillæg på ca. 9 dB.

Af Figur 7 ses, at regressionslinjerne for hvert land alene viser en bemærkelsesværdig god lighed mellem de tyske, irske og hollandske data, mens de franske data afviger. Dette skyldes bedømmelsen af trafikstøj, som tidligere nævnt.

Den store lighed mellem de tyske, irske og hollandske data kunne endda pege på en større impulskorrektions end de 8,9 dB fra sammenlagte data. Af figuren aflæses en værdi på ca. 11 dB.



**Figur 7** Regressionslinjerne for hvert land for sig, for bedømmelser fra samme personer af hhv. impulsstøj og baggrundstøj (trafikstøj). Den blå pil er indsat af denne rapport's forfatter. Den peger på den niveauforskel mellem impuls- og baggrundstøj, hvor forskellen i gene er nul.

Det kan samlet konkluderes at:

- genen stiger kraftigere med niveauet for skudstøj end for andre kilder,
- impulstillægget synes at skulle være i størrelsen 9-11 dB,
- impulstillægget bør stige med stigende  $L_{Aeq}$ .

#### 4.1.2 Response functions for environmental noise in residential areas

*Sammenstilling af forskellige feltundersøgelser. Miedema, H.M.E., 1993, jf. [9].*

Denne rapport sammenligner genevirkningen af støjen fra en række kilder både for trafikstøj (fly-, jernbane- og vejstøj) og stationære kilder (virksomheds-/industriestøj). Den bemærker, at kilder med impulsstøj er mere generende end andre kilder, og at et tillæg på op til 15 dB kan være relevant ved sammenligning mellem trafikstøj og industriestøj med impulser.

Rapporten foreslår en opdeling af impulsive lydkilder efter onset rate (rise velocity):

- >1000 dB/s Impulslyde som fx hamren og skud
- Omkring 50 dB/s: lavt flyvende fly o.l. passager
- < 10 dB/s: stationær støj

Der refereres dosis-responskurver fra forskellige undersøgelser, men det er vanskeligt at konkludere på industriestøjen, fordi den er så forskelligartet med hensyn til niveauvariationer, tone- og impulsindhold, spektrum og tidspunkt på døgnet for forekomst. En graf i rapporten antyder dog, at impulstillæg på 3-10 dB er relevant for impulsholdig støj sammenlignet med støj fra ikke impulsholdige industrielle kilder. Rapporten beskæftiger sig med at opdele støjen i to kategorier: impulsiv og ikke impulsiv. Ud fra rapporten er det ikke muligt at udlede noget om, hvor ofte impulshændelser skal forekomme, for at støjen betegnes som impulsiv.

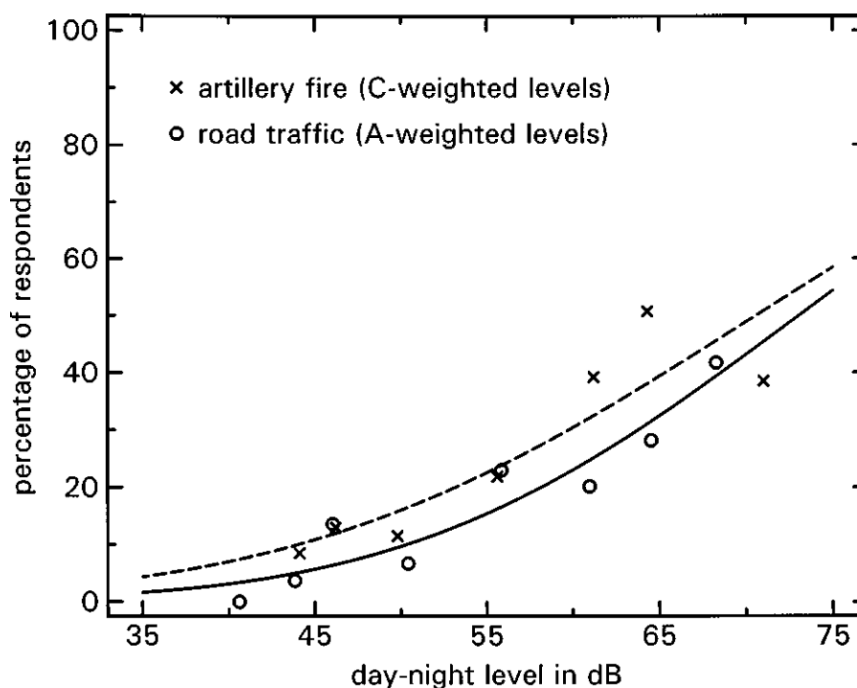
#### 4.1.3 A field survey on the annoyance caused by sounds from large firearms and road traffic

*400 respondenter. Buchta, Edmund and Joos Vos. 1998, jf. [4].*

Undersøgelsen sammenligner andelen af stærkt generet pga. skudstøj fra tunge våben som funktion af støjniveauet med de samme personers støjgener fra vejtrafikstøj.

Støjen fra de tunge våben (kaliber 20-155 mm) bestod af mundingsknald, chokbølger fra projektiler og eksplosioner af granater.

Der blev brugt ensartede spørgeskemaer for de to støjtyper. Skudstøjen blev karakteriseret ved det C-vægtede dag-nat niveau og vejtrafikstøjen blev karakteriseret ved det A-vægtede dag-nat niveau  $L_{dn}$ . Et af resultaterne er vist på Figur 8. Det fremgår af figuren, at når skudstøjen er angivet ved det C-vægtede niveau (som er højere end det A-vægtede), ligger dosis-responskurven 4-5 dB højere end den A-vægtede trafikstøj.



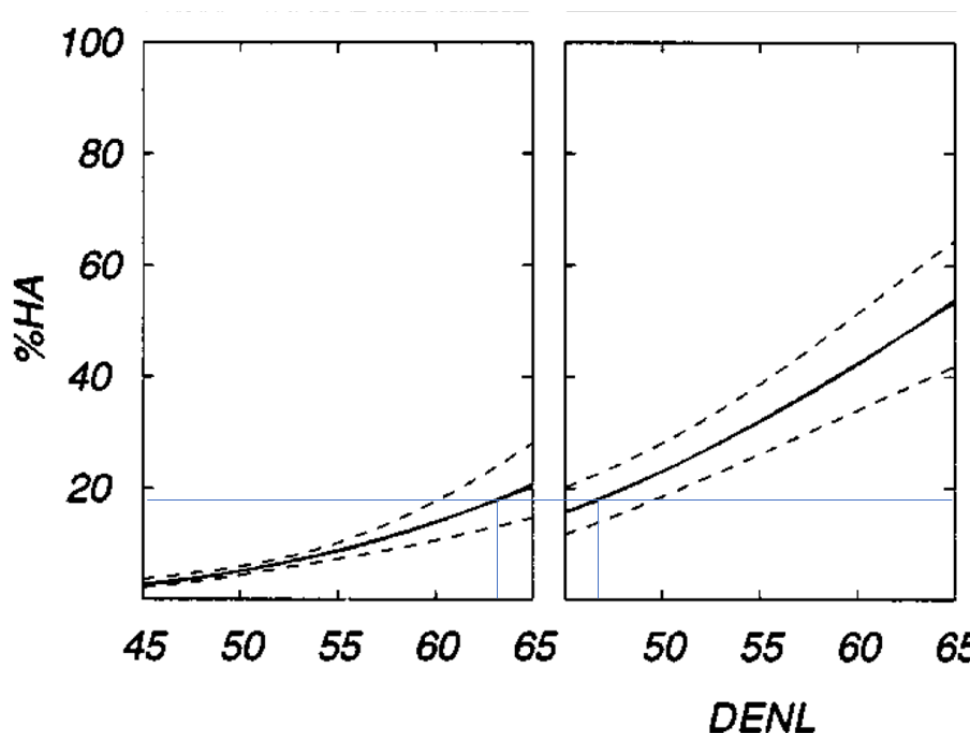
**Figur 8** Procentdel af respondenter der beskriver sig selv som " stærkt generet " som en funktion af det årlige, gennemsnitlige, C-vægtede dag-nat niveau for skudstøjen og som en funktion af det A-vægtede dag-nat niveau for vejtrafikstøj. De indsatte linjer er regressionsfunktioner.

Ud fra dette må det konkluderes, at impulstillægget skal være større end 4-5 dB.

#### 4.1.4 Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day-evening-night level (DENL) and their confidence intervals

1875 respondenter, 11 støjkloder, Miedema, H. M. E. og Vos, H., 2004, jf. [10].

Artiklen beskæftiger sig med genevirkningen af støj fra virksomheder. Der er konstrueret dosis-responskurver for skellige typer støj. Estimerne af parametrene for kurverne er baseret på data fra en feltundersøgelse med 1875 respondenter fra 11 lokationer med 2 rangerterræner, 1 sæsonindustri, 8 andre industrier i Holland. Et par af resultaterne er vist på Figur 9.



**Figur 9** Sammenhængen mellem  $L_{den}$  og støjgene (% stærkt generet, %HA) for industristøj generelt (venstre graf) og for støj fra rangerterræner (højre graf). Fra [10]. De blå linjer er indsat af denne rapport forfatter.

Det ses af Figur 9, at ca. 18 % er stærkt generet ved et niveau på  $L_{den} = 63$  dB for industristøj, medens den samme grad af gene for rangering nås allerede ved et niveau på  $L_{den} = 47$  dB, altså ved 16 dB lavere  $L_{den}$ . Det ser ud til, at gener forårsaget af impulser og vibrationer fra rangering er årsagen til den forhøjede gene.

Vi må konkludere, at selv om genen er væsentlig højere fra rangering end for industristøj kan hele forskellen svarende til  $L_{den}$  på 16 dB ikke tilskrives tilstedeværelsen af impulser.

## 4.2 Laboratorieforsøg

### 4.2.1 Penalty for impulse noise, derived from annoyance ratings for impulse and road-traffic sounds

4 støjtyper og baggrundsstøj. 64 forsøgspersoner. Joos Vos and Guido F. Smoorenburg, 1985, jf. [11].

Denne artikel nævner tre faktorer, som kan have indflydelse på genevirkningen:

1. Genens afhængighed af  $L_{Aeq}$  (niveauafhængighed).
2. Niveaue af baggrundsstøjen.
3. Om det er den totale gene (inkl. baggrundsstøj) eller den kilde-specifikke gene, der efterspørges.

Metoden er at sammenligne genevirkningen af impulsstøj med genevirkningen af konstant støj (vejtrafikstøj) for at se, hvor meget højere  $L_{Aeq}$  af sidstnævnte skal være, for at genen svarer til genen af impulsstøjen.

Der refereres til tidligere studier, som havde fundet en niveauafhængighed, således at tillægget skulle være 10 dB ved  $L_{Aeq} = 35$  dB og 0 dB ved  $L_{Aeq} = 70$  dB.

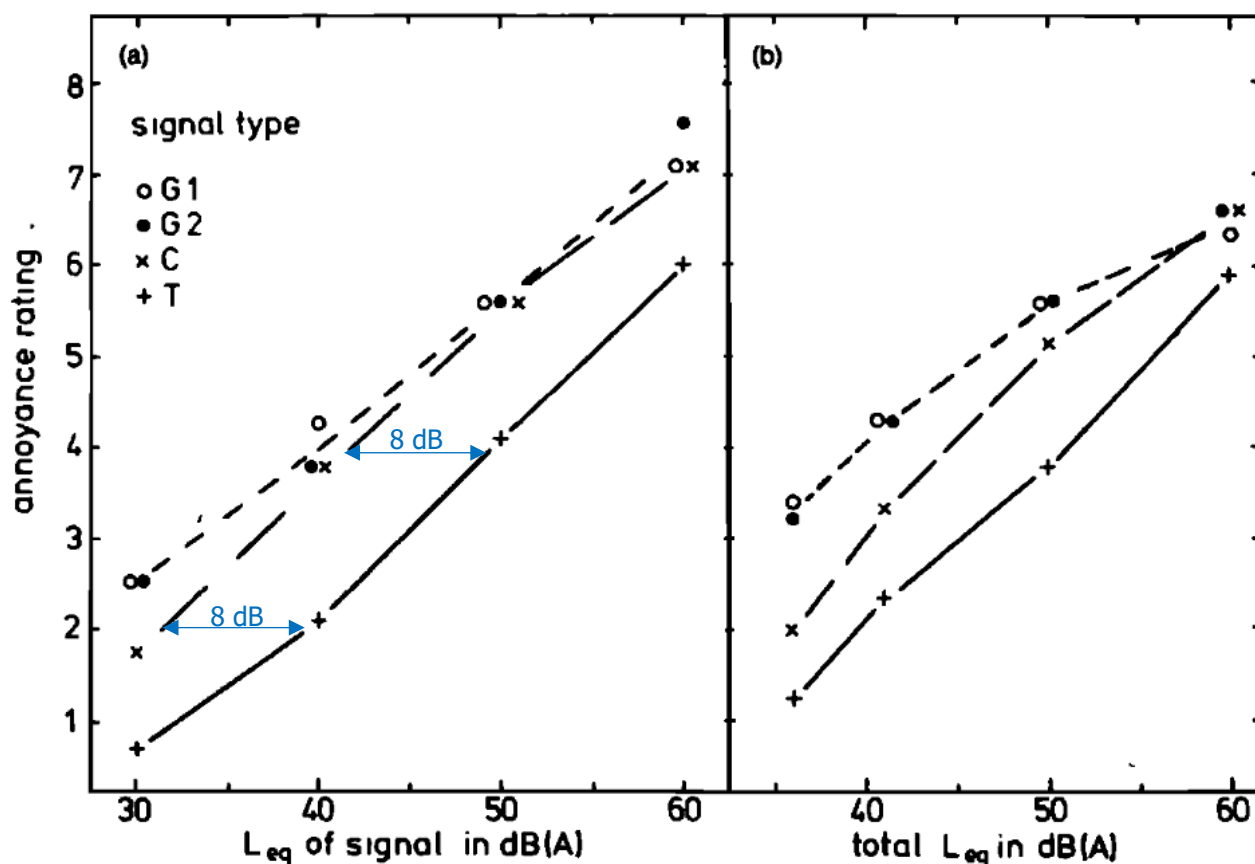
Støjtyperne, som indgik i forsøget, var 6 minutters optagelser af:

- G1: Skudstøj med lille variation af intervallerne mellem skuddene
- G2: Skudstøj med stor variation af intervallerne mellem skuddene
- C: Virksomhedsstøj. Støj fra metalarbejde på containere (hamring, boring og slibning)
- T: Vejtrafikstøj med forskellig trafikintensitet afhængigt af støjniveauet.

Desuden var der en 2-timers optagelse af fjern trafikstøj, som blev brugt som baggrundsstøj ( $L_{Aeq} = 35$  dB og 55 dB) under hele i forsøget. Lydene blev afspillet fra højttalere, og baggrundsstøjen var på fra før personerne kom ind i lytterummet.

64 personer (36 mænd og 28 kvinder) mellem 18 og 30 år deltog i forsøget. De skulle bedømme, hvor generende de mente støjen ville være, hvis de hørte den indendørs i deres stue hele tiden. Dels for den kilde-specifikke støj, og dels for den samlede støj, dvs. kilde og baggrundsstøj.

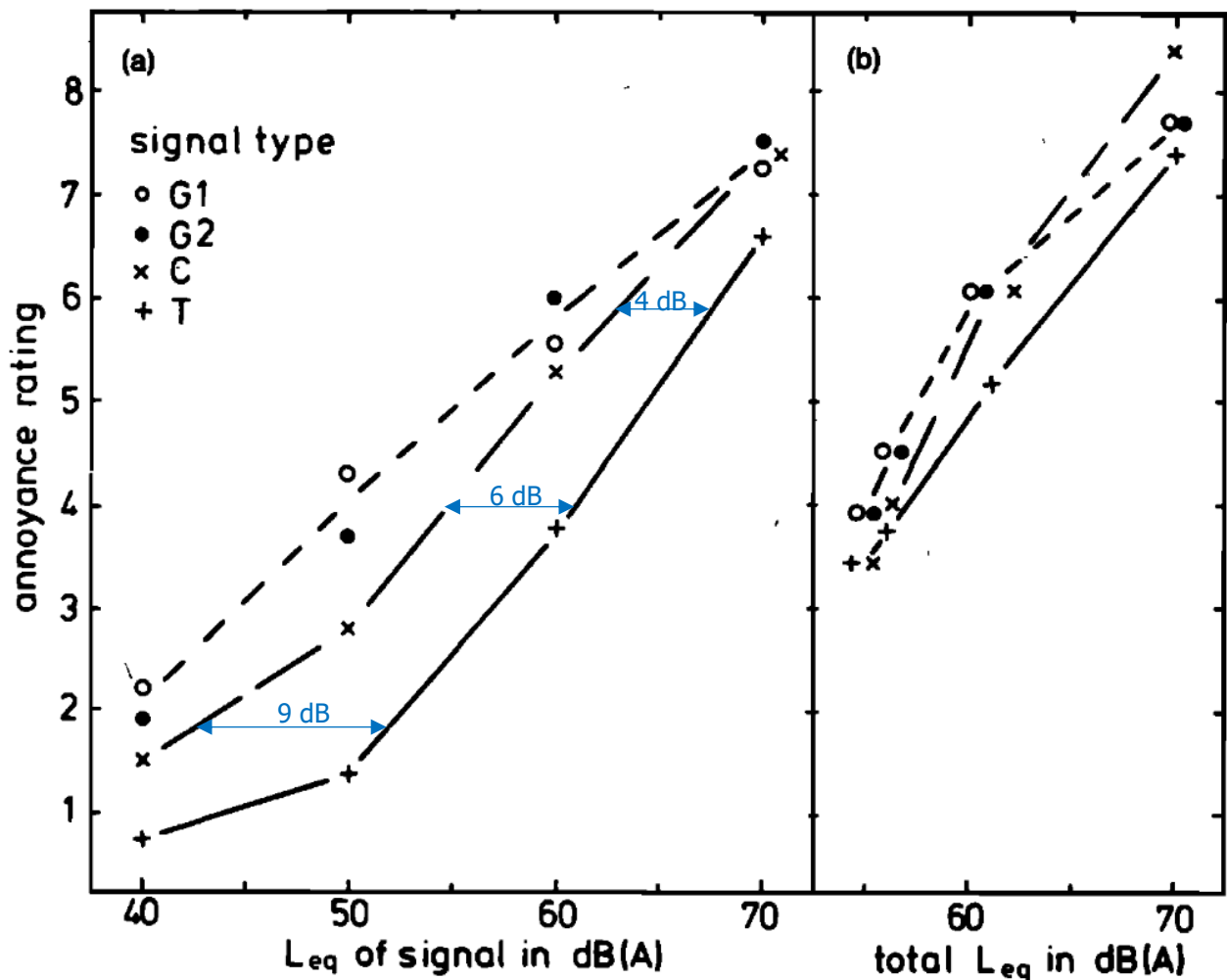
Deltagerne skulle angive genen på en skala fra nul til ni. Et uddrag af resultaterne er vist på Figur 10 til Figur 12.



**Figur 10** Kildespecifik støjgene afbildet som en funktion af det ækvivalente niveau af signalet [panel {a}] og total irritation afbildet som en funktion af det ækvivalente niveau for den samlede støj [panel {b}]. Bedømmelser gives for de fire signaltyper separat. Det ækvivalente niveau af baggrundsstøj var 35 dB (A). Fra [11]. De blå pile er indsat af denne rapport's forfatter.

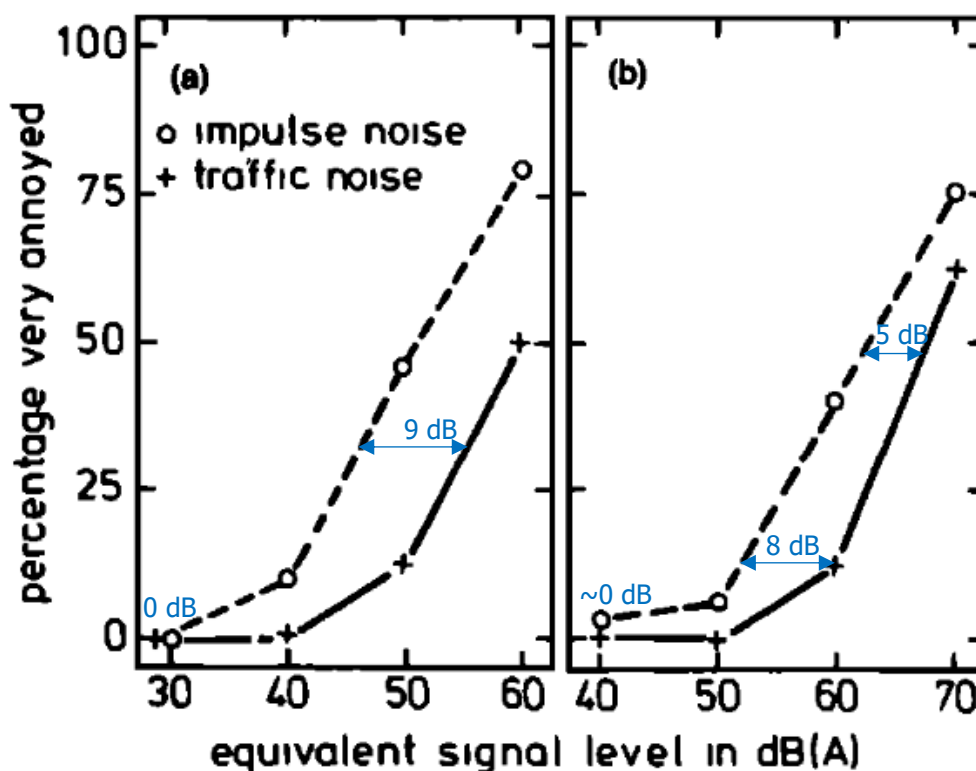
Vi vil her se på den kildespecifikke støj og sammenligne den impulsholdige virksomhedsstøj (C på figurerne) med impulser med vejtrafikstøjen (T).

Af Figur 10 ses, at for alle de viste niveauer (fra 5 dB under  $L_{Aeq}$  af baggrundsstøjen) er den kildespecifikke impulsstøj lige så generende som vejtrafikstøj ved et 8 dB højere niveau, hvilket peger på et impulstillæg på 8 dB.



**Figur 11** Kildespecifik støjgene afbildet som en funktion af signalets ækvivalente niveau [panel (a)] og total støjgene afbildet som en funktion af det ækvivalente niveau for total støj [panel (b)], for de fire signaltyper separat. Det ækvivalente niveau af baggrundsstøj var 55 dB (A). Fra [11]. De blå pile er indsat af denne rapport's forfatter.

Af Figur 11 ses, at med en baggrundsstøj på  $L_{Aeq} = 55$  dB svarer afstanden mellem kurverne for impulsholdig virksomhedsstøj og trafikstøjen til et tillæg på 9 dB ved  $L_{Aeq} = 40$ -50 dB (indendørs) og ca. 4 dB ved  $L_{Aeq} = 65$ -70 dB.



**Figur 12** Procentdel af "meget generet" givet som funktion af  $L_{Aeq}$  af signalerne i panelerne (a) og (b). Procentdelene er angivet for impulsstøj (gennemsnit af G 1, G2 og C) og for vejtrafikstøj separat. I panelerne (a) er  $L_{Aeq}$  af baggrundstøjen 35 dB, og i panel (b) 55 dB. Fra [11]. De blå emner er indsat af denne rapport's forfatter.

Den procentdel af svarene, der lå højere end 6,7 på geneskalaen, blev betegnet med "meget generet" (very annoyed). Det svarer til de øverste 26 % af geneskalaen. Ifølge [3] bruger man ofte i dag de øverste 27 %, så de 26 % er tæt på dagens standard.

Af begge paneler i Figur 12 ses, at når  $L_{Aeq}$  af støjen er meget lavere end baggrundstøjen, er tillægget (dvs. forskellen mellem trafikstøjniveauer og niveauet af impulsstøjen ved en bestemt procentdel meget generet) nul eller nær nul. Vi må antage, at det er tilfældet, når kildestøjen er maskeret af baggrundstøjen.

Når kildestøjen vokser op over baggrundstøjen, stiger tillægget op til 8-9 dB.

Det ses også, at for niveauer af kildestøj over 60 dB falder tillægget til 4 dB. Det er dog så høje niveauer af ekstern virksomhedsstøj indendørs, at det ikke er relevant efter danske forhold.

Artiklen konkluderer, at da genen af de to typer skuddstøj (med forskellig variation af tidsintervaller mellem skuddene) var ens, antyder det, at graden af uregelmæssighed af impulserne ikke er en vigtig variabel for impulslyde med omtrent samme karakter.

For baggrundstøjniveauer på  $L_{Aeq} = 35$  dB synes tillæg på op til 10 dB relevante for impulsholdig virksomhedsstøj. Dette aftager til omkring 5 dB ved høje kilde- og baggrundstøjniveauer.

Da der ikke er oplyst noget om impulsernes maksimalniveauer, tydelighed eller hyppighed, kan kun følgende konkluderes:

- Der blev fundet impulstillæg på op til 9 dB. Impulstillæg op til 10 dB er fundet relevante.
- Når  $L_{Aeq}$  af impulsstøj er 5-15 dB lavere end  $L_{Aeq}$  af baggrundsstøjen er tillægget 0 dB.
- Tidsintervallerne mellem impulser af samme karakter (skud) synes ikke at være en relevant variabel for de testede intervaller.

#### 4.2.2 On the Level-dependent Penalty for Impulse Sound

*4 støjtyper og baggrundsstøj. 8-24 forsøgspersoner. Vos, Joos. 1990, jf. [12].*

Forsøgene vedrører impulsstøj fra små skydevåben hørt indendørs. Stimuli blev præsenteret over højttalere. Artiklen tager udgangspunkt i tidligere konstateringer af, at ved relativt lave A-vægtede, ækvivalente niveauer ( $L_{Aeq}$ ) vurderes vejtrafikstøj at være mindre generende end impulslyde. Forskellene mindskes imidlertid med stigende  $L_{Aeq}$  af lydene, hvilket indikerer, at tillægget for impulslyd synes at være niveaafhængigt.

De gennemsnitlige resultater viste, at i det mindste for skudlyde (håndvåben) er impulstillægget niveaafhængigt. Tillæg på 10 dB kræves for lyde fra små skydevåben, hvis de præsenteres ved indendørs  $L_{Aeq}$ -værdier på ca. 25 til 35 dB (A) (svarende til udendørs  $L_{Aeq}$  på ca. 45 til 55 dB (A)); og tillæg, der er lavere end 5 dB, kan kun anvendes under forhold med temmelig høj lydeksponering.

Det konkluderes:

- at for niveauer, der er relevante for ekstern virksomhedsstøj, er impulstillæg op til 10 dB på tale,
- impulstillægget bør aftage med stigende  $L_{Aeq}$ ,
- der skal dog tages det forbehold, at impulslydene i dette tilfælde er skud fra håndvåben.

#### 4.2.3 Impulsstøj - Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og for tildeling af impulstillæg

*47 støjeksempler, 17 lyttere, Pedersen, T. H., 2001, jf. [6].*

Projektet havde bl.a. følgende delmål: 1. Definition af begrebet "impuls" i relation til genevirkningen af ekstern støj 2. Om muligt at udarbejde en enkel og objektiv målemetode.

Rapporten giver efter en litteraturgennemgang en beskrivelse af de lytteforsøg, der fører frem til den objektive målemetode for impulsers tydelighed, jf. [2] og [5].

Lytteforsøgene var hovedsageligt baseret på lyde fra virkelige støjkloder relateret til virksomhedsstøj. Lyden fra disse kilder blev præsenteret sammen med baggrundsstøj med to forskellige niveauer. Lytterne var 5 eksperter, som arbejder med støj og støjmålinger i det eksterne miljø og 12 ikke eksperter. Den objektive målemetode blev udformet, så den gav en god overensstemmelse mellem resultaterne af lytte testen og den med metoden beregnede tydelighed af impulserne.

Ved 14. sammenlignende støjmåling 2 år senere, jf. [13], bedømte 19 personer fra laboratorier godkendt til "Miljømåling – ekstern støj" tre af lydeksemplerne med et resultat, der lå helt på linje med de tidligere resultater. Det blev i rapporten over dette projekts første fase, jf. [1], konkluderet, at den gennemsnitlige vurdering af impulsernes tydelighed foretaget af kvalificerede personer, der arbejder med støjmålinger i praksis, stemmer overens med den tidligere undersøgelse, i hvert fald for disse tre eksempler.

Der blev ikke udført forsøg for at fastlægge impulstillæggets størrelse for at modsvare den ekstra gene, impulserne giver anledning til. Et sådant forsøg kunne fx udføres ved at finde det niveau ( $L_{Aeq}$ ) af stationær støj (fx trafikstøj fra en flersporet vej med tæt flydende trafik), der modsvarer genen af den impulsholdige støj med et givent  $L_{Aeq}$ .

Genetillæggets størrelse blev fastsat ud fra litteraturreferencer, og en figur i rapporten viser tillæg på op til 11 dB. Sammenhængen mellem den målte tydelighed og tildelingen af tillægget blev fastsat ud fra ekspertlytternes bedømmelse i lytteforsøget. Senere forsøg i Finland, se afsnit 4.2.7, synes at vise, at for syntetiske støjeksempler, der kunne ligne impulsstøj i praksis, ligger tillægget på det rigtige niveau.

Spørgsmålet om, hvor ofte impulser skulle forekomme for at udløse tillæg, blev overvejet: Lytteforsøgene viste, at for de 30 sekunder lange stimuli havde antallet af impulser ikke indflydelse på genen. Det førte til betragtninger om, at det mere var et spørgsmål om, hvornår og hvor ofte der forekom impulshændelser end antallet af impulser i den enkelte hændelse.

Tilsvarende som for tonetillægget kunne man overveje at give impulstillæg i de tidsrum, hvor der forekommer driftstilstande med (hyppigt?) forekommende impulser, men hvis situationen er den, at impulserne kommer spredt og usystematisk i løbet af dagen, hjælper denne betragtning ikke.

Det blev antaget, at genen ikke kun er til stede i det korte tidsrum, hvor impulsen forekommer, men at genen dels varer ved et stykke tid efter, og at den måske også er knyttet til erfaring for eller forventningen om, at impulser igen vil forekomme. Ud fra denne synsvinkel skal tillægget gives til en periode af en vis varighed. Ud fra en almindelig rimelighedsbetragtning må denne periode antages at være noget længere end nogle få minutter og noget kortere end en arbejdsdag.

Administrativt vil det være attraktivt med håndterbare perioder på mellem f.eks. 10 minutter og nogle timer.

Det var ikke muligt at finde belæg for den optimale periode for tildeling af tillæg, men det blev ud fra ovenstående betragtninger foreslået, at tillægget gives i perioder af ½ time.

#### **4.2.4 Trend Effects in Momentary and Retrospective Soundscape Judgments**

*17 lydtyper, 49 lyttere. J. Steffens, C. Guastavino, 2015, jf. [14].*

Denne artikel handler om, i hvilket omfang momentane hændelser har indflydelse på den efterfølgende (retrospektive) bedømmelse af en lydstimulus. Artiklen handler om bedømmelse af lyd mere generelt og er således ikke specifik for genevirkningen af impulslyd.

Lytterne skulle bedømme "behageligheden" (Pleasantness) af lydene, som var fra de tre kategorier: Naturlyde, urbane omgivelser og produktlyde. Lytterne blev udsat for 60-85 sekunder lange lydstimuli med en enkelt tydelig hændelse. Undervejs skulle de løbende angive behageligheden med en skyder og efterfølgende give en samlet bedømmelse.

Det overordnede resultat var, at den retrospektive bedømmelse var et gennemsnit af de bedømmelser, der blev foretaget undervejs, uanset hvor den tydelige hændelse forekom i forløbet. Dog havde udviklingen i forløbet (trenden) en indflydelse på den retrospektive bedømmelse. Dette udlægges som en forventningseffekt i artiklen.

Selv om artiklen ikke direkte angår genevirkning af impulser, viser den, at effekten af en lydhændelse indgår i den samlede bedømmelse af lydstimuli på op til 85 sekunders varighed. Hvis dette også gælder for genevirkning af impulser, betyder det, at genen varer længere end det tidsinterval, hvor impulserne forekommer.

#### **4.2.5 Overall Judgment of Loudness of Time-Varying Sounds**

*8 støjtyper. 11 lyttere. Schlittenlacher, J., Hashimoto, T., Kuwano, S., Namba, S. 2017, jf. [15].*

Der findes en række artikler, der beskæftiger sig med den opfattede styrke af lyde med tidvarierende niveauer. Dette er et eksempel på en sådan, men flere er nævnt i referencerne til denne og i Afsnit 10 Bibliografi. Denne artikel sammenligner 5 %-percentilen af hørestyrken,  $N_5$ , med energimiddelværdien af hørestyrken,  $LL_p$  for stimuli på op til 160 sekunder.

Den kommer frem til, at  $LL_p$  er et godt mål, som nogenlunde svarer til  $L_{Aeq}$ . Artiklen beskæftiger sig med hørestyrken, og selv om der forekommer lydeksempler med impulser, nævnes ikke noget om tillæg til kompenserende af ekstra støjgene.

#### **4.2.6 Subjective rating and assessing environmental sound of an industrial nature with tonal and impulsive characteristics**

*17 støjtyper. 16 forsøgspersoner. Redel-Macías M.D, Woodcock J.S., Waddington D.C. 2019, jf. [16].*

Artiklen begynder med en introduktion, der gennemgår de metoder, der vedrører tillæg for toner og impulser i ISO- og EU-systemet samt British Standards og konkluderer, at det på trods af det akustiske samfunds mange bestræbelser stadig er vanskeligt at definere tillæg på den måde, der harmonerer med den subjektive opfattelse.

Der blev gennemført lytteforsøg med stimuli af 100 sekunders varighed med toner og impulser. Der blev udledt forskellige konklusioner af forsøgene. Mest interessant for nærværende projekt var, at det blev konkluderet, at en (impuls-)hændelse ikke kun påvirker vurderingen af gene i den begrænsede periode, hvor den forekommer, men også den gennemsnitlige vurdering af hele lydklippet (100 sekunder).

#### **4.2.7 Annoyance Penalty of Impulsive Noise – The Effect of Impulse Onset**

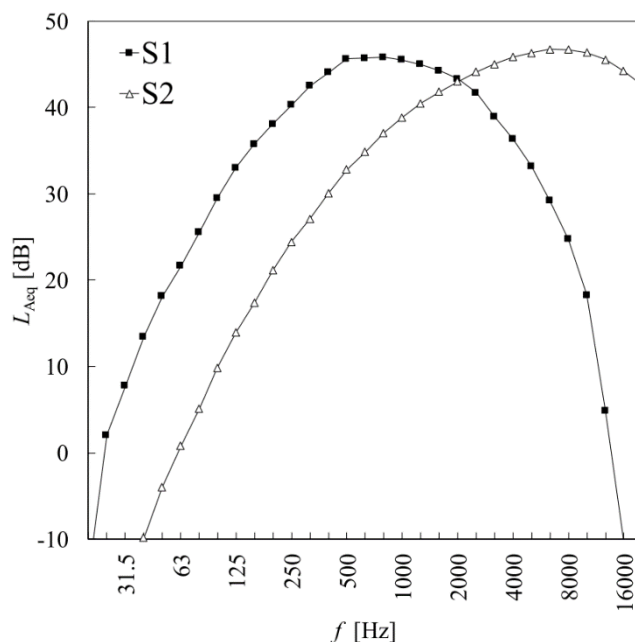
Samt: Annoyance of impulsive sounds – a psychoacoustic experiment involving synthetic sounds

*74 syntetiske støjtyper. 32 forsøgspersoner. Rajala, Ville og Hongisto, Valteri, 2019, jf. [17], og 2020, jf. [18].*

Metoden er også her at sammenligne genevirkningen af impulsstøj med genevirkningen af konstant støj for at se, hvor meget højere  $L_{Aeq}$  af sidstnævnte skal være, for at genen svarer til genen af impulsstøjen.

Eksperimentet bestod af 66 impulslyde og 8 referencelyde. De impulsive lyde blev afspillet over hovedtelefoner og blev præsenteret ved  $L_{Aeq}$  på 55 dB.  $L_{Aeq}$  for referencelydene varierede mellem 49 og 70 dB i 3 dB-trin.

Hver impulslyd bestod af to komponenter: steady-state bredbåndsbaggrundslyd og impulser. Baggrundslyden blev kontinuerligt præsenteret gennem den impulsive lyd. Spektret for baggrundslyden svarede til referencelydens spektrum. En impulsiv lyd bestod altid af syv impulser. Impulsfrekvensen var 2,5 sekunder. Der blev anvendt impulslyde med to forskellige spektre S1 og S2, se Figur 13.



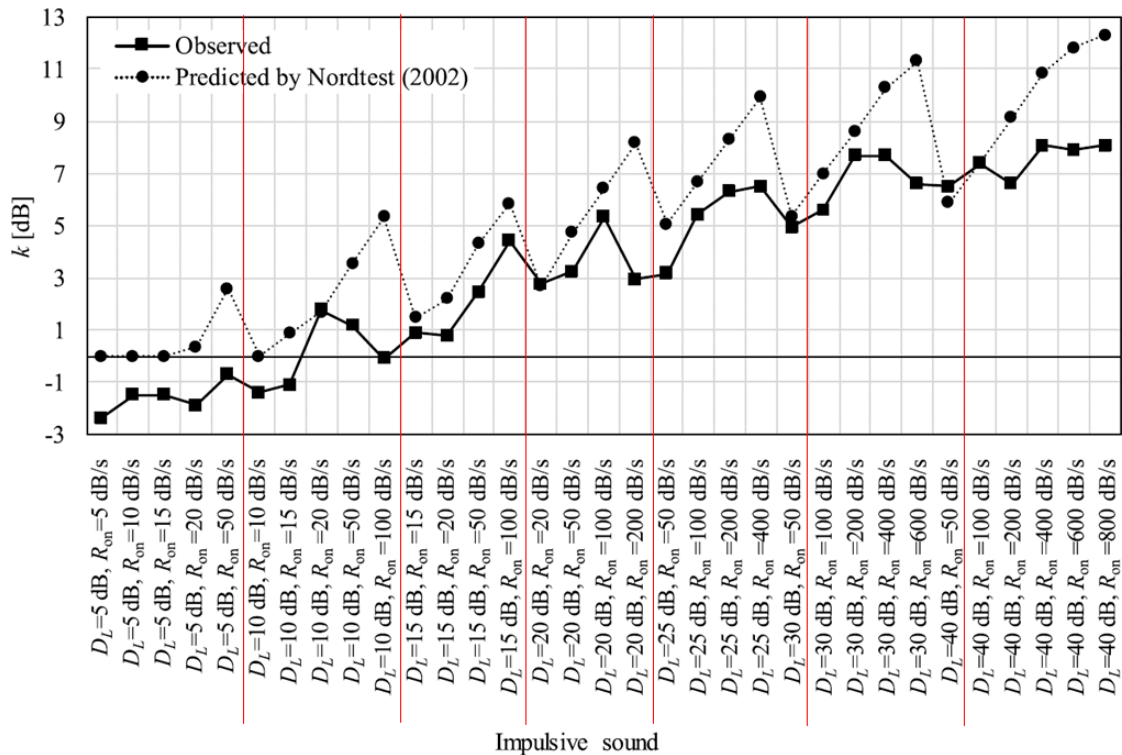
**Figur 13** Det A-vægtede ækvivalente lydtrykniveau,  $L_{Aeq}$ , som en funktion af frekvensen,  $f$ , for spektrene S1 og S2. Begge spektre er vist med niveau på  $L_{Aeq} \sim 55$  dB. Fra [18].

Det ses af figuren, at spektret for S1 måske godt kunne repræsentere en form for ekstern virksomhedsstøj, medens spektret S2 er væsentligt mere højfrekvent end normalt for ekstern virksomhedsstøj. Forfatterne vælger selv at koncentrere sig om spektrum S1.

Lydene blev genereret digitalt for at kunne variere niveaudifferensen  $D_L$  og  $R_{on}$  (se afsnit 2 for definitioner af disse). Referencydene blev dannet af pseudo-random-støj. Impulserne blev skabt ved at multiplicere pseudo-random-støj med en funktion. Ved begyndelsen af en impuls steg lydtrykket lineært. Efter at have nået maksimalværdien, blev lydtrykket indstillet til at henfalde eksponentielt.

Støjgenen blev målt i henhold til ISO/TS 15666, jf. [3]. Det spørgsmål, deltagerne skulle svare på, var: "Hvor meget generer, forstyrrer eller irriterer lyden dig?" Svorskalaen på elleve trin var fra 0 til 10, hvor 10 blev mærket som "Ekstremt" og 0 som "Slet ikke".

Tillægget for en impulslyd ( $L_{Aeq} = 55$  dB) er antallet af decibel, der skal føjes til lydtrykniveauet af referencyden ( $L_{Aeq} = 55$  dB), så referencyden opfattes lige så generende som impulslyden.



**Figur 14** De observerede og beregnede (med NT ACOU 112) tillæg for impulsløde med spektrum S1. (De røde skillelinjer angiver grupper med samme niveaudifferens og er indsat af denne rapport's forfatter.)

Figuren viser, at der er rimelig overensstemmelse mellem de opnåede resultater for impulstillægget og den objektive målemetode, NT ACOU 112, jf. [5], for støjheder op til ca. 100 dB/s. Herover giver den objektive større tillæg, end der er fundet ved dette forsøg med syntetiske lyde.

Artiklen konkluderer, at de målte impulstillæg steg med stigende  $D_L$  og  $R_{on}$  i overensstemmelse med Nordtest-metoden. Dette taler imod at bruge et fast (fx på 5 dB) impulstillæg.

For nogle lyde giver NT ACOU 112-beregningsmodellen større tillæg end lyttetestene. Det af NT ACOU 112 forudsagte tillæg overvurderede det observerede tillæg, når  $R_{on} \geq 200$  dB/s for begge de undersøgte spektrere.

NT ACOU 112 er i god overensstemmelse med vores resultater for impulsive lyde med spektrum S1 (dette er det mest realistiske spektrum i forhold til ekstern støj). For lydene med spektrum S2 blev tillægget opnået med lavere  $D_L$  og  $R_{on}$  end NT ACOU 112 beregner.

Artiklens forfattere gør opmærksom på, at man også burde studere virkeligt forekommende impulsløde.

Følgende kan konkluderes:

- Forsøget er udført med syntetiske lyde, man burde også forsøge med virkelige lyde.
- De højest fundne tillæg i forsøget (middelværdier) var 8 dB.
- Den objektive målemetode giver god overensstemmelse med forsøgsresultaterne for støjheder op til ca. 100 dB/s. Herover synes at indtræde en mætningseffekt, således at for større støjheder overestimerer den objektive metode tillæggets størrelse. Ved forsøg med virkelige lyde bør det undersøges, om betydningen af støjheden skal begrænses eller nedtones.

## 4.3 Generelle studier

### 4.3.1 Human response effects of impulse noise

*C.G. Rice, 1996, jf. [19].*

Artiklen beskæftiger sig med forskellige typer og effekter af impulsstøj, og der er også et afsnit om genevirkning af ekstern støj. En interessant ting er, at det nævnes, at 5 dB-tillægget for impulser stammer fra 1953, jf. [20], og ISO-standarder m.m. skulle have overtaget dette uden ændringer de næste mange år.

Rice refererer til de i afsnit 4.1.1 omtalte europæiske projekter, som omfattede både feltmålinger og laboratorieforsøg. Som nævnt kom man frem til nødvendige tillæg på op til 10 dB, men man så også på andre forhold.

Virkingen af regelmæssigheden af gentagne impulser blev systematisk undersøgt ved hjælp af et udvalg af syntetisk genererede skud. Der blev dels brugt regelmæssige skud med to skud pr. sekund og tilfældigt varieret mellem 0,2 s og 2 s mellem skuddene og skud med varierende amplituder. Disse blev sammenlignet med vejtrafikstøj, som blev præsenteret med fire niveauer, der varierede mellem  $L_{Aeq}$  på 35 og 65 dB.

Resultaterne viste ingen signifikant forskelle mellem genen af de impulslydene, som alle skulle have en korrektion på 10 dB sammenlignet med genen vejtrafikstøj.

Rice omtaler også forsøg udført af T. Poulsen på DTU i Danmark, om betydningen af varigheden af stimuli.

For at undersøge dette blev et eksperiment designet til at undersøge indflydelsen af præsentationsperioden på den relative gene af impulslyde og mere stationære lyde. Syntetisk skud og vejtrafikstøj blev præsenteret for fire grupper med 18 forsøgspersoner og med niveauer, der varierede mellem  $L_{Aeq}$ -værdier på 35 og 65 dB

Eksponeringstiden for de forskellige grupper var 1, 5, 15 eller 30 minutter. Variansanalyse af resultaterne viste ingen signifikant forskel på generesponsen for de forskellige perioder.

Artiklen omtaler også forskellige mål for lydets impulsivitet, men dette er allerede taget i betragtning ved udarbejdelse af den nuværende målemetode, se fx [6], og skal derfor ikke omtales nærmere her.

Det kan konkluderes, at der i lyttetests ikke er fundet belæg for, at regelmæssigheden og hyppigheden af impulser har betydning for tillæggets størrelse, når der er tale om intervaller på 0,2 til 2 sekunder.

Ved lytteforsøg er det ligeledes fundet, at eksponeringstider mellem 1-30 minutter ikke påvirker genebedømmelsen, men det må ikke fortolkes således, at varigheden af impulsforekomsterne ikke har betydning.

### 4.3.2 Review and analysis of published research into the adverse effects of industrial noise

*Berry, B. og Porter, N., 2004. [21]*

Formålet med projektet bag denne rapport var at gennemgå og analysere offentliggjort forskning i de negative virkninger af industristøj til støtte for en revision af planlægningsvejledningen i England. Rapporten gennemgår en omfattende mængde af litteratur og belyser mange aspekter af industristøj, og der er også noget om impulser. Nogle af de refererede rapporter er anført tidligere i nærværende rapport, så der er ikke så meget nyt at hente i denne omfattende undersøgelse. Der er heller ikke noget om, hvor ofte impulshændelser skal forekomme, for at støjen bliver ekstra generende.

### 4.3.3 A review of methods for quantifying tonal and impulsive features

*Berry, B., Porter, N. 2005, jf. [22].*

Artiklen beskriver et større projekt med det formål at forbedre kvaliteten og gyldigheden af miljøstøjmålinger og bidrage til forbedring af britiske og internationale standarder for miljøstøj.

Der blev gennemført en systematisk litteraturgennemgang og en omfattende konsultation med internationale nøglekontakter. Som et resultat blev der identificeret 29 metoder, der blev brugt til at beskrive tonale træk, og 16 metoder der blev brugt til at beskrive impulsive karakteristika. Undersøgelsen henviste også til en NASA-database efter J. M. Fields med data for feltundersøgelser indtil år 2000.

Arbejdet gik på at karakterisere toner og impulser på en objektiv måde. Heller ikke i denne artikel var der noget om, hvor hyppigt impulshændelser skulle forekomme for at give tillæg.

Der blev ikke givet nogen specifikke anvisninger, men det er dog interessant at bemærke en følgende anbefaling: "We would also recommend that a number of "loose ends" in our review could be followed up, subject to additional resources being available. One example would be to take note of the ongoing work on the Impulse Prominence method at the Delta organisation in Denmark. This involves new software for their noise analysis system Noiselab, to enable "automatic" classification of impulses by the Prominence method."

## 5 Andre landes regler

Den litteratur, det har været muligt at finde på området, beskæftiger sig med at afgøre, om en støj er impulsholdig, og hvilket genetillæg der skal gives for impulsholdig støj i forskellige kategorier eller med forskellig tydelighed.

Det er ikke lykkedes at finde litteratur, der tager stilling til, hvor mange gange eller hvor hyppigt impulshændelser skal forekomme inden for et referencetidsrum, for at det skal udløse et genetillæg.

Som omtalt i rapporten over fase 1, jf. [1], benyttes den objektive målemetode NT ACOU 112. jf. [5], i England og Australien samt snart også inden for ISO. Selv om det måske ligner en cirkelslutning, kunne det alligevel være relevant at se på, hvordan de har valgt at administrere det tidsmæssige aspekt.

### 5.1 Britisk standard UK BS 4142:2014, jf. [23]

Denne britiske standard vedrører industristøj og kan ikke anvendes til støj fra skydebaner. Der kan gives tillæg for impulser på et subjektivt grundlag. Tillæg på 9 dB gives, hvis lyden er stærkt impulsiv, når både stejlheden og niveauændringen tages i betragtning. Tillæg på 3 dB gives for impulser, som er netop hørbare i immissionspunkterne, tillæg på 6 dB gives for tydelige impulser, mens 9 dB er for de meget tydeligt hørbare.

Hvis den subjektive metode ikke er tilstrækkelig, henvises til den objektive metode beskrevet i et Annex E (normativt), som består af NT ACOU 112.

Hvis der forekommer tillæg for både toner, støjens særlige karakteristika og impulser adderes disse tillæg lineært.

Tillægget gives for hele referencetidsrummet, som er 1 time om dagen og 15 minutter om natten.

## 5.2 Australisk standard AS1055:2018, jf. [24]

Standarden vedrører måling af ekstern støj med impulsive komponenter, men er ikke egnet til støj, der udelukkende består af diskrete impulser (fx skydevåben). Impulsmetoden NT ACOU 112 indgår som et informativt appendiks.

Der er ikke specificeret bestemte referencetidsrum, men det nævnes, at typiske værdier ligger mellem 10 minutter og en time.

Efter denne standard bestemmes støjbelastningen som det målte  $L_{Aeq}$  plus tone- og impulstillæg samt et "intermittency adjustment". Det samlede tillæg kan højst udgøre 10 dB.

Støjbelastningen, dvs.  $L_{Aeq}$  plus tillægget, beregnes pr. måleperiode. Denne er relateret til kildens/modtagerens egenskaber og skal være tilstrækkelig lang til at dække mindst en typisk variationscyklus, hvis der er nogen.

## 5.3 ISO/DPAS 1996-3, jf. [25]

Forslaget til standard er nu ved at gå ind i sin sidste fase og er udsendt til høring med svarfrist 2021-03-19. Svarfrist over for ISO er 2021-04-07. Forslaget er udarbejdet af ISO/TC43/SC1/WG45.

Som i NT ACOU 112 foreslås det, at der gives et tillæg baseret på den højeste værdi af P i bedømmelsestidsintervaller af 30 minutter. Hvis referencetidsrummet er kortere end 30 minutter, foreslås det, at bedømmelsestidsintervallerne justeres tilsvarende.

Støjbelastningen i det samlede referencetidsrum bestemmes som en energimiddelværdi af støjbelastningerne i de indgående bedømmelsestidsintervaller. I øvrigt som det gælder for toner i Miljøstyrelsens vejledning for ekstern støj.

Der er en note om, at bedømmelsestidsintervallet for justering af  $L_{Aeq}$  bør være mindre end referencetidsintervallet, og at det kan være fordelagtigt at gøre bedømmelsestidsintervallet til en divisor af referencetidsintervallet.

## 6 Resultater fra Store Støjdag 2018

Som det fremgår af rapporten fra fase 1, jf. [1], blev der foretaget en rundspørge om impulstillæg blandt 135 deltagere på Store Støjdag i 2018. Deltagerne tæller bl.a. miljøsagsbehandlere fra kommuner, personer fra godkendte laboratorier og andre, som arbejder med ekstern støj. Deltagerne må anses for at være blandt dem i landet, der har størst praktisk indsigt i og viden om, hvad der giver mening for såvel naboer, evt. klagere, og virksomheder mht. til støjgener og støjbekæmpelse. Der blev afleveret 41 skemaer med svar. Antallet af svar var en smule forskelligt for de forskellige støjtyper, se nedenfor, men ca. 21 svar var fra kommuner, ca. 17 svar var fra støjlaboratorier og ca. 3 svar var fra andre. Resultaterne fra rundspørgen fremgår mere detaljeret af fase 1-rapporten, jf. [1].

Spørgeskemaet omhandlede følgende støjtyper (kategorier af støjkilder):

- Pæleramning
- Hamren og banken
- Håndtering af skrot
- Trykluftudløsning til rensning af posefiltre
- Hjulskift m. pneumatisk værktøj
- Varelevering m. skrumlende trådbure o.l.
- Gummihjulslæssere, skovl mod beton/asfalt
- Aflæsning af sten o.l.
- Gaffeltrucks m. løsegafler
- Udluftning fra trykluftbremser
- Dørsmæk på virksomheds P-pladser
- Boldspil
- Bump v. tankstation
- Start af bilmotorer
- Koncerter.

Deltagerne blev bedt om at se bort fra gældende regler og angive, hvilke hændelser de mente berettiger til et impulstillæg. Svarene er således et meget godt pejlemærke for, hvad deltagerne mener er en rimelig praksis, men ikke nødvendigvis udtryk for den administrative praksis i konkrete sager. Der var ikke angivet noget om tillæggets størrelse. Besvarelsene skulle tage udgangspunkt i den ekstra gene, impulserne giver hos nærmeste nabo ud over det målte  $L_{Aeq}$  for virksomheden eller aktiviteten. Der blev ikke spillet lydeksempler i forbindelse med besvarelsen.

Svarmulighederne tog udgangspunkt i, hvor tydeligt impulserne høres:

- Svagt hørbare
- Tydeligt hørbare
- Dominerende.

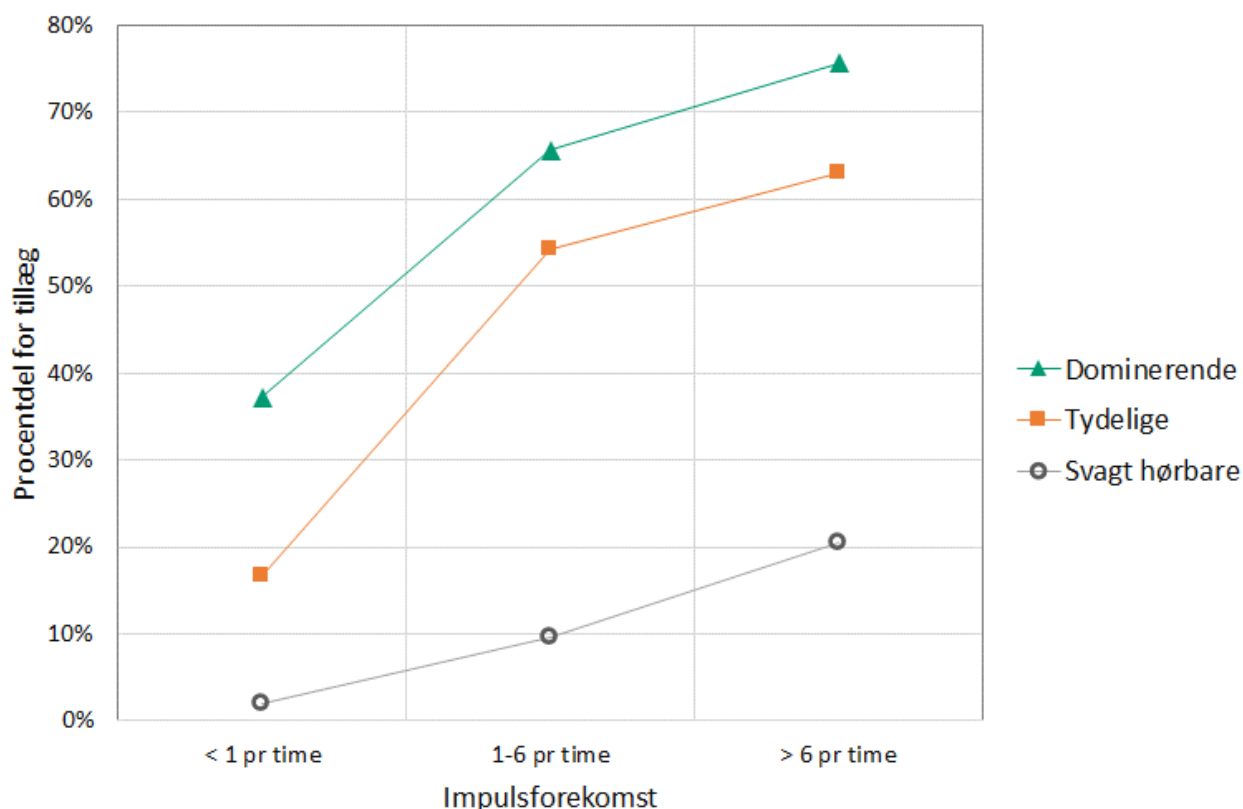
Og hvor ofte de forekommer:

- Sjældent: Højest en gang i timen
- Jævnligt: Højest 6 gange i timen
- Ofte: Mere end 6 gange i timen.

Det blev i rapporten fra fase 1, jf. [1], konkluderet, at:

- Miljøstyrelsens støjvejledning er ikke specifik mht. impulser. I mangel af andet er den definerede praksis, at impulstillægget gives for hele referencetidsrummet, hvis der forekommer tydeligt hørbare impulser. Der er ikke nævnt noget om hyppigheden af impulsholdig lyd.
- Rundspørgen viste, at tilbøjeligheden til at give et tillæg stiger med stigende tydelighed. Dette svarer til princippet i den objektive målemetode.
- At tilbøjeligheden til at give tillæg stiger med, hvor hyppigt impulserne forekommer. Dette er ikke i overensstemmelse med den nuværende tolkning af de gældende vejledninger. Dette forekommer dog rimeligt ud fra en gennemæssig vurdering: At mange/hyppige forekomster af impulser er mere generende end nogle få på en dag.
- At det har ofte været fremført, at det ikke er rimeligt at give et 5 dB-tillæg for en hel dag (referencetidsrum 8 timer), fordi der forekommer en enkelt impuls på et tidspunkt i løbet af dagen.
- Der var forslag om, at tillægget skulle til gives pr. halve eller hele time.

I rapporten var resultaterne opgjort for hver af de ovennævnte kategorier af støjkilder. På Figur 15 er givet en oversigt over svarene på tværs af alle de nævnte kategorier af støjkilder.



**Figur 15** Procentdel som mente, der skal gives tillæg for impulser i forhold til, hvor hyppigt impulshændelser forekommer. Hver kurve svarer til en given tydelighed af impulserne. Resultatet er det samlede resultat for alle kategorier af støjkilder baseret på 41 svarekemaer fra deltagere fra kommuner og støjlaboratorier på Store Støjdag, 2018.

Det ses, at mindre end 20 % mener, at der skal gives tillæg for impulser, der er svagt hørbare uanset hyppigheden. Det svarer fint til den objektive målemetode, hvor der først gives tillæg når impulsernes tydelighed overstiger 5 på 0-15 skalaen.

Tilbøjeligheden til at give tillæg for tydeligt hørbare impulser stiger med, hvor ofte impulshændelserne forekommer. Hvis der er mellem 1-6 tydeligt hørbare impulshændelser pr. time, er der flertal for at give tillæg.

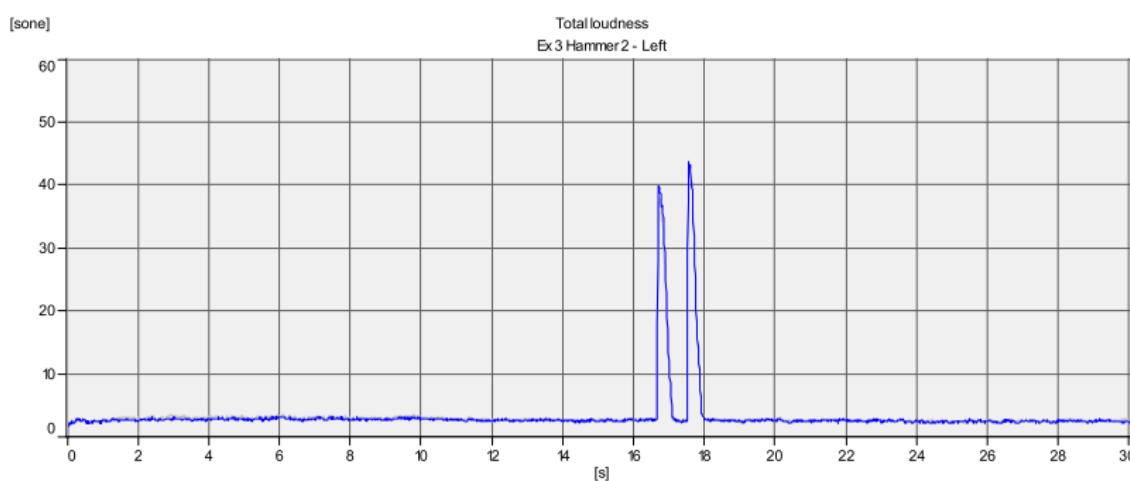
Endelig viser resultaterne, at hvis en impulshændelse er dominerende, vil 37 % give tillæg, selv med mindre end 1 impuls pr. time. Dvs. at selv om impulserne er dominerende, er der ikke flertal for tillæg, hvis antallet af impulser pr. dag er meget lille. Den øvre grænse for hyppigheden af dominerende impulser er her sat til én pr. time. Det må betyde, at der heller ikke er flertal for at give tillæg til tydelige impulser, der forekommer op til én gang i timen – eller at der skal mere end én tydelig impulshændelse til pr. time for at give tillæg.

Samlet kunne betragtningerne i de to foregående afsnit måske udlægges som, at én eller flere tydeligt hørbare impulshændelse pr. halve time bør give tillæg.

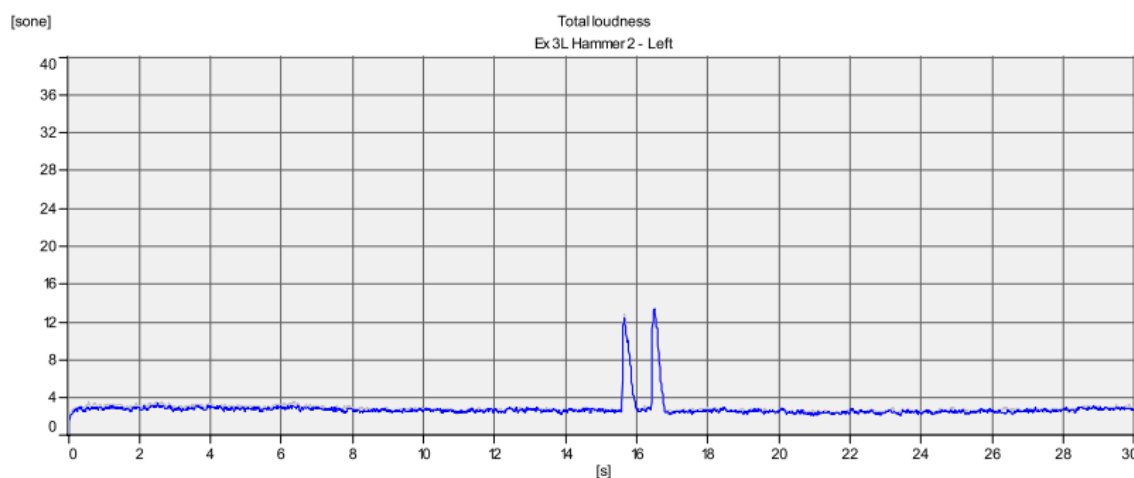
Ovenstående kan synes lidt for spekulativt, men i lyset af forsamlingens erfaring og ekspertise er det måske et godt udgangspunkt, især når der ikke er fundet litteratur, der belyser dette.

Konsekvenserne af, at et tillæg pr. halve time baseret på den tydeligste impuls i denne, beregnet efter den objektive målemetode, belyses i det følgende. Der er taget udgangspunkt i et referencetidsrum på 8 timer om dagen. (Om natten vil tillægget slå igennem med fuld styrke, da referencetidsrummet netop er en halv time).

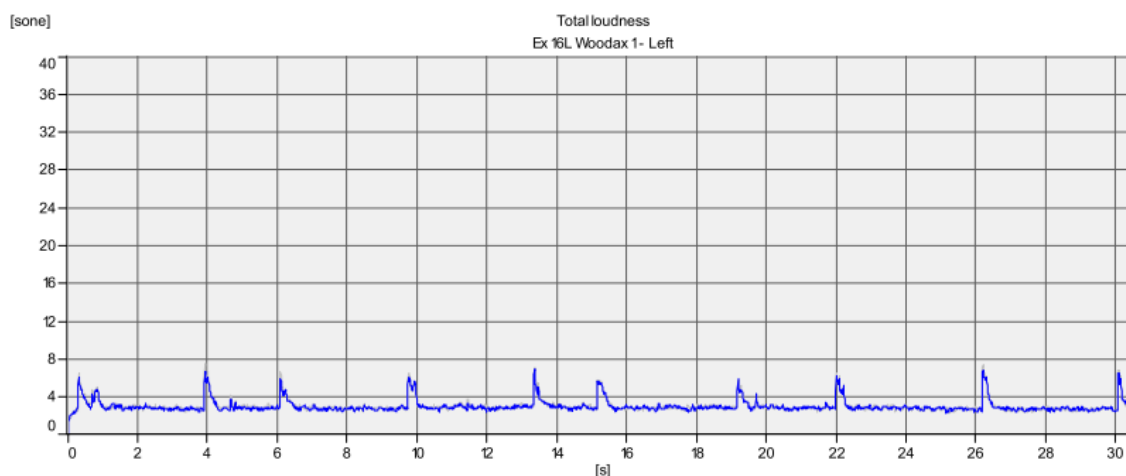
Der er anvendt 4 af de impulstyper, der blev brugt i reference [6]. Figur 16-Figur 19 stammer fra denne rapport og viser tidsforløbet af hørestyrken i son. Graferne minder meget om A-vægtede niveauregistreringer med tidsvægtning F, men impulserne træder måske en smule tydeligere frem. De angivne  $L_{Aeq}$ -værdier er for lydeksemplet uden baggrundsstøj.



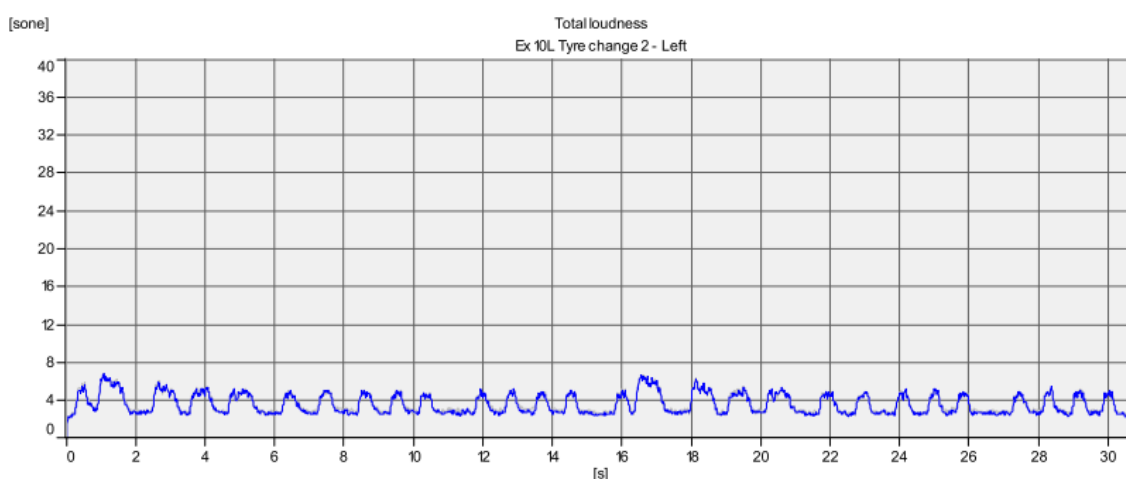
**Figur 16**  $P=11,1$ ,  $K_I= 11,0$ . Hørestyrke (loudness) af to hammerslag på metal,  $L_{Aeq} = 60$  dB. Baggrundsstøj 40 dB(A).



**Figur 17**  $P=9,4$ ,  $K_I= 7,8$ . Hørestyrke (loudness) af to hammerslag på metal,  $L_{Aeq} = 40$  dB. Baggrundsstøj 40 dB(A).

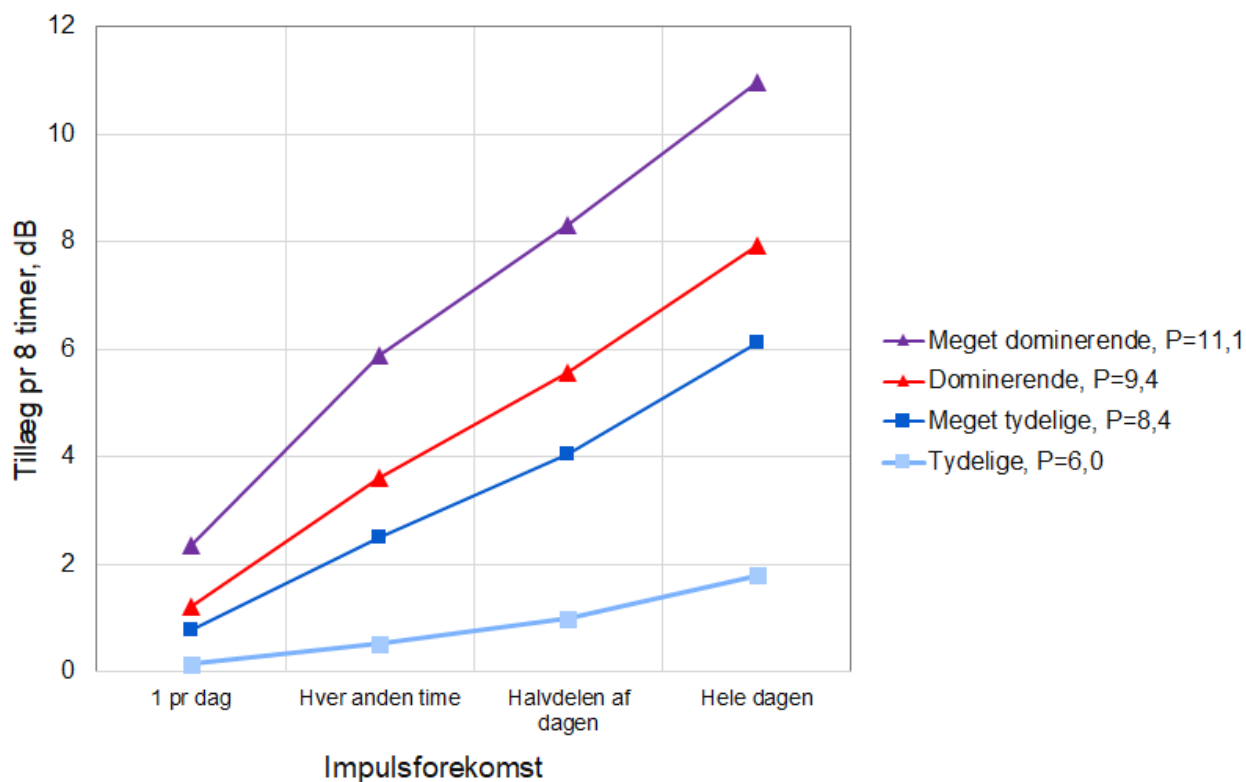


**Figur 18**  $P=8,4$ ,  $K_I=6,2$ . Hørestyrke (loudness) af øksehug i træ.  $L_{Aeq} = 40$  dB. Baggrundsstøj 40 dB(A).



**Figur 19**  $P = 6,0$ ,  $K_I = 1,9$ . Hørestyrke (loudness) af dækskift med trykløftværktøj, der arbejder intermitterende.  $L_{Aeq} = 40$  dB. Baggrundsstøj 40 dB(A).

Ud fra ovenstående fire eksempler viser Figur 20, hvor stort tillægget bliver for et 8-timers referencetidsrum, alt efter hvor ofte der er en halv time med impulshændelser.



**Figur 20** Tillæg for et 8-timers referencetidsrum for forskellige tydeligheder af impulserne (jævnfør de fire foregående figurer), alt efter hvor ofte der forekommer en halv time med impulser. "Hver anden time" svarer til mindre end en gang i timen. "Halvdelen af dagen" svarer til ca. en gang i timen, jævnfør Figur 15.

Det skal betones, at det ikke er antallet af enkeltimpulser, der tæller, men antallet af halve timer med en eller flere impulser.

Det ses, at netop tydelige impulser, der forekommer halvdelen af dagen, kun får et tillæg på 1 dB. Meget tydelige impulser, som forekommer hele dagen, får et tillæg på 6 dB, medens meget dominerende impulser, der forekommer halvdelen af dagen, får et tillæg på omkring 8 dB.

Det ses, at grafen over impulstillæggets størrelse, Figur 20, har en vis lighed med grafen over den procentdel af deltagerne på Store Støjdag, som mente, der skal gives tillæg for impulser (Figur 15).

## 7 Hvad bør projektets fase 3 indeholde?

Den oprindelige plan for fase 3 var:

- Sammenfatte den fremherskende praksis og resultater fra sammenlignende målinger.
- Sammenholde dette med resultaterne af nærværende litteraturstudie.
- Udføre objektive analyser og lytteforsøg med nyere relevante lydeksempler med forskellige grader af impulsholdig støj.

Resultaterne sammenfattes i en rapport med henblik på at udarbejde en vejledning, der er i overensstemmelse med den nyeste viden. Vejledningen skal medvirke til at skabe en mere ensartet praksis ved tildeling af et (evt. graderet) impulstillæg, end tilfældet er i dag. Hvis resultaterne berettiger til det, udarbejdes tillige en orientering fra Referencelaboratoriet med konkrete anvisninger.

Set i lyset af resultaterne fra projektets to første faser synes følgende elementer relevante for en afklaring af impulsproblematikken:

### **Kontrol af impulstillæggets størrelse ved lytteforsøg**

Den objektive målemetode synes i det store hele at give resultater for tillægget, der er i overensstemmelse med det, vi har fundet i litteraturen. Finske lytteforsøg med syntetiske lyde, jf. [18], indikerer dog, at ved stejlheder af impulsens onsets på over ca. 100 dB/s kan der indtræde en mætningseffekt, således at for større stejlheder overestimerer den objektive metode tillæggets størrelse. Ved lytteforsøg med virkeligt forekommende lyde, bør det undersøges, om betydningen af stejlheden skal begrænses eller nedtones.

Metoden kunne være at sammenligne genevirkningen af impulsstøj med forskellige grader af baggrundsstøj, med genevirkningen af konstant støj (vejtrafikstøj) for at se, hvor meget højere  $L_{Aeq}$  af sidstnævnte skal være, for at genen svarer til genen af impulsstøjen. Det er vigtigt, at lydeksemplerne er repræsentative for virksomhedsstøj og har en passende længde.

### **Impulshyppighedens betydning for genevirkningen**

Administrationen af tillægget bør ideelt set bygge på en undersøgelse af støjens effekter, dvs. i første omgang genevirkningen. Det er ønskeligt at få afklaret, hvilken indflydelse hyppigheden af impulsforekomsten har på genevirkningen. Dette vil give grundlag for at fastsætte en hensigtsmæssig administration af tillægget.

#### *Socio-akustisk undersøgelse*

Den fagligt set mest korrekte metode er at foretage en socio-akustisk undersøgelse i henhold til ISO 15 666, dvs. en interviewundersøgelse med personer, der bor i nærheden af virksomheder, hvor der forekommer impulsstøj. Naboer i forskellige afstande fra virksomheden vil opleve impulser med forskellig tydelighed, og det kan give data til dosis-responskurver med impulsernes tydelighed, fordeling over dagen og hyppighed som variable. Da både virksomhedstypen, impulsernes tydelighed og hyppighed har betydning for genen, kræver det formentlig et større antal virksomheder for at nå et resultat med en passende lille ubestemthed. Et umiddelbart skøn er, at der vil kræves omkring 30 virksomheder med 10 naboer eller mere i forskellige afstande fra virksomheden. Kontrolgrupper, der bor i nærheden af lignende virksomheder uden impulsstøj, vil være en fordel.

Impulsernes tydelighed i forskellige afstande kan til en vis grad beregnes, men det vil være nødvendigt at foretage målinger på de indgående virksomheder og deres støjkilder.

Dette er et større projekt, der må antages at have international interesse. Samarbejde med andre lande synes oplagt, men så kommer det til at trække ud.

### *Opinionsundersøgelse hos myndigheder, miljøforvaltninger og godkendte laboratorier*

I mangel af bedre kunne det give mening at basere administrationen af impulstillægget på resultatet af en opinionsundersøgelse blandt myndigheder, miljøforvaltninger og godkendte laboratorier. Som nævnt må miljøpersonalet herfra anses for at være blandt dem, der har den største praktiske erfaring med, hvad der er en passende balance mellem hensynet til borgere og virksomheder. Resultaterne fra rundspørgen på Store Støjdag 2018 gav gode indikationer, men der er brug for en mere specifik undersøgelse, hvis resultatet skal bruges til at udforme retningslinjer efter.

Tillæggets størrelse antages fastlagt ved den objektive målemetode, så undersøgelsens primære formål vil være at belyse administrationen af tillægget, dvs. fx hvor mange impulsforekomster der skal til i en given tidsperiode, hvor stor en del af referencetidsrummet tillægget skal gives til, og om der er kilder, der skal undtages for impulstillæg m.m.

Det kunne være en åben undersøgelse, eller den kunne udformes som en afstemning mellem forskellige alternative forslag. Undersøgelsens formål og indhold kunne evt. debatteres på Store Støjdag, inden den blev sat i værk. Undersøgelsen kunne underbygges med lydeksempler af impulser fra forskellige aktiviteter med forskellig tydelighed og baggrundstøj.

## **8 Sammenfatning og konklusion**

Tillæg til det målte støjniveau for impulser gives for at tage hensyn til den ekstra gene, som impulserne giver anledning til. Retningslinjerne for tildeling af tillægget er ikke særlig specifikke og administreres på baggrund af subjektive vurderinger, som dog kan støttes af en objektiv målemetode.

I dette projekts første fase, som er rapporteret separat, blev det konkluderet:

- Der grund til at stærkt anbefale brugen af den objektive målemetode til støtte for de subjektive vurderinger for tildeling af det nuværende 5 dB-tillæg.
- På længere sigt vil det være relevant at overveje et gradueret tillæg.
- Subjektive bedømmelser og objektive målinger af impulsernes tydelighed skal udføres under korrekte vejrforhold og repræsentative baggrundstøjforhold i immissions-/beregningsspunkterne. Dette bør angives i målerapporten.
- Der er behov for en mere detaljeret vejledning om tildeling af impulstillæg.

Formålet med nærværende fase 2 er gennem et litteraturstudie at undersøge, om der er ny viden om størrelsen af det graduerede genetillæg og om administration af dette bl.a. ud fra hyppigheden af impulsforekomster.

Der er foretaget en grundig litteratursøgning med relevante søgeord som "impulse", "impulsive noise", "penalty", "annoyance" m.fl. og kombinationer af disse i relevante tidsskrifter og proceedings fra konferencer.

Den store mangel i viden er en angivelse af, hvor ofte impulshændelser med én eller flere impulser skal forekomme for at give anledning til et tillæg, og i hvilken tidsperiode tillægget skal gives. Der er derfor søgt specifikt efter dette.

Den fundne litteratur både feltmålinger og laboratorieforsøg beskriver næsten udelukkende, hvordan man kvantificerer impulsiviteten, og hvor stort et tillæg der skal gives for impulsstøj. Hovedresultaterne af litteraturundersøgelsen er resumeret i Tabel 1.

Afsnit	Kilder	Tillæg	Administration af tillæg
<b>4.1</b>	<b>Feltstudier</b>		
4.1.1	CEC <sup>4</sup> Joint Research on Annoyance Due to Impulse Noise. 1627 respondenter, 1983	Op til 9-11 dB	Ingen angivelser
4.1.2	Response functions for environmental noise in residential areas. 1993	3-10 dB	Ingen angivelser
4.1.3	A field survey on the annoyance caused by sounds from large firearms and road traffic. 400 respondenter, 1998	>5 dB	Ingen angivelser
4.1.4	Noise annoyance from stationary sources 1875 respondenter. 2004	16 dB (impulser og vibrationer)	Ingen angivelser
<b>4.2</b>	<b>Laboratorieforsøg</b>		
4.2.1	Penalty for impulse noise, derived from annoyance ratings for impulse and road-traffic sounds. 64 lyttere, 1985.	Op til 10 dB	Tidsintervallerne mellem impulser synes ikke at være relevante
4.2.2	On the Level-dependent Penalty for Impulse Sound. 8-24 lyttere, 1990.	Op til 10 dB	Ingen angivelser
4.2.3	Impulsstøj – Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og for tildeling af impulstillæg. 17 lyttere, 2001.	Op til 11 dB	Forslag om tillæg pr. halve time. Antal impulser pr. hændelse uden betydning
4.2.7	Annoyance Penalty of Impulsive Noise – The Effect of Impulse Onset. 32 lyttere, 2020.	Op til 8 dB	Ingen angivelser

**Tabel 1** Oversigt over resultatet af litteraturundersøgelsen. Venstre kolonne henviser til de afsnit, hvor referencen er omtalt.

Det fremgår af tabellen, at tillæg på op til 8-11 dB er fundet repræsentative for den ekstra gene, impulserne giver anledning til. Det svarer til den størrelse af tillæg, som den objektive målemetode NT ACOU 112 opererer med.

En enkelt reference fra 2020 med syntetiske impulser indikerer, at betydningen af stejlehed (onset rate) synes at have en øvre grænse og således gå i mætning for de stejleste flanker. Dette bør der måske ses nærmere på i fase 3 i en lyttetest med praktisk forekommende impulser.

Bortset fra sidstnævnte reference kan man overordnet konkludere, at når der forekommer impulser, er der i store træk enighed om tillæggets størrelse.

<sup>4</sup> Commission of the European Communities

Det er bemærkelsesværdigt, at de fleste af de fundne undersøgelser er foretaget før 2004. Kun en enkelt er af nyere dato. På trods af en grundig litteratursøgning, se afsnit 3, er der ikke fundet væsentlige kilder i perioden 2004-2019, hvilket er overraskende.

Det er også bemærkelsesværdigt, at der ikke er fundet undersøgelser af den administrative praksis, dvs. hvor ofte eller i hvor stor en del af referencetidsrummet impulshændelser skal forekomme, for at de fundne tillæg skal tages i anvendelse.

Den objektive metodes forslag om at give tillægget pr. halve time på basis af den tydeligste impuls er adopteret af ISO i standardiseringen af den objektive målemetode, som ser ud til at blive vedtaget i nærmeste fremtid. Det er ikke et emne, der er taget op i den britiske og den australske standard, fordi de opererer med forholdsvis korte referencetidsrum.

Der er fundet et par undersøgelser, der beskæftiger sig med, i hvilket omfang momentane hændelser har indflydelse på den efterfølgende (retrospektive) bedømmelse af en lydstimulus. Man fandt, at effekten af en lydshændelse indgår i den samlede bedømmelse af lydstimuli på op til 85-100 sekunders varighed.

Hvis dette også gælder for genevirkning af impulser, betyder det, at genen varer længere end det tidsinterval, hvor impulserne forekommer. Fælles for disse og andre undersøgelser er dog, at de varigheder, der indgår i forsøgene, er korte i forhold til de tidsrum, der er interessante i forhold til en administrativ praksis.

Det seneste nye om den administrative praksis er dén rundspørge, der blev foretaget på Store Støjdag i oktober 2018. Resultaterne er indgående omtalt i rapporten over første fase af dette projekt, hvor tilbøjeligheden til at give tillæg alt efter impulsernes tydelighed og hyppighed blev opgjort pr støjkildekategori.

I nærværende fase to er der suppleret med en analyse på tværs af alle støjkildekategorier. Denne viste, at tilbøjeligheden til at give tillæg steg med hyppigheden af impulsforekomsterne, hvilket ikke er i overensstemmelse med den nuværende tolkning af de gældende vejledninger. Det forekommer dog rimeligt ud fra en gennemæssig vurdering at antage, at mange/hyppige forekomster af impulser er mere generende end nogle få på en dag.

Resultaterne blev tolket således, at én eller flere tydeligt hørbare impulshændelse pr. halve time bør give tillæg.

Med udgangspunkt i at tillægget skulle have en størrelse, som bestemmes med den objektive målemetode, blev det samlede tillæg for en 8-timers referenceperiode beregnet ud fra, at tillægget gives pr. halve time på basis af den tydeligste impuls i denne. Der blev beregnet en graf over det samlede tillægs størrelse med kurver for forskellige grader af tydelighed som funktion af impulsforekomsterne hyppighed.

Grafen over impulstillæggets størrelse, Figur 20, har en vis lighed med grafen, Figur 15, over den procentdel af deltagerne på Store Støjdag, som mente, der skal gives tillæg for impulser. Ud fra dette (ikke helt fyldestgørende) konkluderes, at den nævnte måde at administrere et tillæg på i hvert fald ikke er i modstrid med deltagerens opfattelse af, hvad der vil være en rimelig praksis.

Mht. projektets fase 3 er det forslået, at mere detaljerede retningslinjer udarbejdes på grundlag af:

- At indflydelsen på tydelighed og genevirkning af høje stigtider for impulsernes begyndelse efterprøves ved lytteforsøg med praktisk forekommende lyde.
- At administrationen af tillægget baseres på en socio-akustisk undersøgelse blandt naboer til virksomheder eller evt. ved en mere detaljeret opinionsundersøgelse blandt myndigheder, miljøforvaltninger og godkendte laboratorier.

Samlet konkluderes det:

- Den objektive målemetode for impulser, jævnfør Orientering fra Referencelaboratoriet nr. 32 og Nord-test Acou 112, ser ud til at blive godkendt som international standard inden længe.
- De tillæg, der beregnes med den objektive metode, har en størrelse, som er på linje med de genetillæg, som er fundet ved litteraturgennemgangen.
- Der er ikke fundet referencer, der belyser betydningen af impulshændelsers hyppighed for den øgede gene, og som dermed kan give en indikation af en rimelig administrativ praksis i den henseende.
- Hvis det beregnede tillæg gives pr. halve time på basis af den tydeligste impuls i denne, synes dette ikke at være i modstrid med resultaterne af den rundspørge, som blev foretaget på Store Støjdag i 2018 blandt miljømedarbejdere hos myndigheder, kommunerne og de godkendte laboratorier. (resultaterne er ikke detaljerede nok til en mere positiv formulering).
- Der er givet forslag til, hvorledes projektets fase 3 kan bidrage til yderligere afklaring.

## 9 Referencer

I dette afsnit er anført litteratur, som refereres i rapporten. Referencerne er nummereret i den rækkefølge, de optræder.

- [1] T. H. Pedersen and P. Finne, "Impulstillæg - Del 1: Baggrund og administrativ praksis," 2018.
- [2] T. H. Pedersen, "Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og forslag til bestemmelse af genetillæggets størrelse," *Orienter. fra Miljøstyrelsens Ref. støjmålinger*, no. 32, p. 12, 2001.
- [3] ISO, "DS/ISO/TS 15666:2003(E) Akustik – Vurdering af støjgener ved hjælp af sociologiske og socio-akustiske undersøgelser Acoustics," Charlottenlund, Denmark, 2003.
- [4] World Health Organization (WHO), *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. 2018, p. 160.
- [5] Nordtest, *NT ACOU 112 ACOUSTICS: Prominence of Impulsive Sounds and for Adjustment of LAeq*, vol. 1, no. 5. 2002, pp. 1–5.
- [6] T. H. Pedersen, "Impulsstøj - Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og for tildeling af impulstillæg. Arbejdsrapport nr. 1," 2001.
- [7] Y. Groeneveld and R. G. de Jong, "C.E.C. Joint Research Project 'Effects of Impulse Noise on Human Beings' - the field survey."
- [8] R. G. de Jong and D. Commins, "CEC Joint Research on Annoyance Due to Impulse Noise: Field Studies," in *Noise as a Public Health Problem*, 1983, pp. 1085–1093.
- [9] H. M. E. Miedema, "Response functions for environmental noise in residential areas," 1993.
- [10] H. M. E. Miedema and H. Vos, "Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day–evening–night level (DENL) and their confidence intervals," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 116, no. 1, pp. 334–343, 2004.
- [11] J. Vos and G. F. Smoorenburg, "Penalty for impulse noise, derived from annoyance ratings for impulse and road-traffic sounds," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 77, no. 1, pp. 193–201, 1985.
- [12] J. Vos, "On the level-dependent penalty for impulse sound," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 88, no. 2, pp. 883–893, 1990.
- [13] A. L. Enggaard, J. Kragh, and T. H. Pedersen, "14. sammenlignende støjmåling," 2003.
- [14] J. Steffens and C. Guastavino, "Trend effects in momentary and retrospective soundscape judgments," *Acta Acust. united with Acust.*, vol. 101, no. 4, pp. 713–722, 2015.
- [15] J. Schlittenlacher, T. Hashimoto, S. Kuwano, and S. Namba, "Overall judgment of loudness of time-varying sounds," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 142, no. 4, pp. 1841–1847, 2017.
- [16] G. A. Luz *et al.*, "Environmental noise pollution, Impulsive Noise," in *Environmental noise pollution*, 2014.
- [17] V. Rajala and V. Hongisto, "Annoyance of impulsive sounds – a psychoacoustic experiment involving synthetic sounds," in *International Congress on Acoustics*, 2019, no. September, pp. 1–7.
- [18] V. Rajala and V. Hongisto, "Annoyance penalty of impulsive noise – The effect of impulse onset," *Build. Environ.*, vol. 168, no. 106539, 2020.
- [19] C. G. Rice, "Human response effects of impulse noise," *J. Sound Vib.*, vol. 190, no. 3, pp. 525–543, 1996.
- [20] W. A. Rosenblith and K. N. Stevens, *Handbook of Acoustic Noise Control. Volume II. Noise and Man*, vol. II, no. June. 1953.

- [21] B. F. Berry and N. Porter, "DEFRA Ref . NANR 5 Review and analysis of published research into the adverse effects of industrial noise , in support of the revision of planning guidance . FINAL REPORT," 2004.
- [22] N. Porter and B. F. Berry, "A critical review and inter-comparison of methods for quantifying tonal and impulsive features in environmental noise," *Internoise 2005*, p. 21, 2005.
- [23] British Standard, *BS 4142:2014 Methods for rating and assessing industrial and commercial sound*. 2014, p. 80.
- [24] Standards Australia, *AS 1055:2018 Acoustics - Description and measurement of environmental noise*. 2018, p. 56.
- [25] ISO, *ISO/DPAS 1996-3: Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 3: Objective method for the measurement of prominence of impulsive sounds and for adjustment of LAeq*. 2021, p. 15.

## 10 Bibliografi

I dette afsnit er anført litteratur, som vi er stødt på, som ikke vurderes at være central, men som vi alligevel skønner kan have nogen relevans for emnet. Det er ikke nødvendigvis litteratur, vi har gennemgået. Referencerne står i alfabetisk orden efter forfatter.

1. Andersson H, Pedersen TH. *Round Robin Test of an Objective Method for the Determination of the Prominence of Impulsive Sounds and for the Impulse Adjustment of LAeq* Nordtest Project 1516-00.; 2000.
2. Atzler, Martin, Stefan Pischinger, Bernhard Lange, and Stefan Heuer. 2011. "Evaluating the Degree of Annoyance Caused by Impulsive Noise Types." MTZ Worldwide.
3. Berry BF, Flindell IH, Associates IF. *Estimating Dose-Response Relationships between Noise Exposure and Human Health Impacts in the UK*.; 2009.
4. Buchta E, Vos J. A field survey on the annoyance caused by sounds from large firearms and road traffic. *J Acoust Soc Am*. 1998;104(5):2890-2902. doi:10.1121/1.423911
5. De Roo, F., E. Gerretsen, and J. Borst. 2008. "Environmental Impact of Noise from Mobile Outdoor Equipment." in Proceedings - European Conference on Noise Control.
6. Fidell S, Pearsons KS, Grignetti M, Green DM. The Noisiness of Impulsive Sounds. *J Acoust Soc Am*. 1970;48(6A):1304-1310. doi:10.1121/1.1912277
7. Fidell S, Silvati L, Pearsons K. Relative rates of growth of annoyance of impulsive and non-impulsive noises. *J Acoust Soc Am*. 2002;111(1):576-585. doi:10.1121/1.1377630
8. Fiumicelli D, Waddington DC. Residential development near industrial noise emitters. In: *10th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2011, London, UK*. ; 2011:1122-1129.
9. Ghani, Rahiel and David Waddington. 2018. "Perceptual Testing of BS4142:2014 Character Corrections." in Proceedings of the Institute of Acoustics.
10. Hashimoto T, Sekiguchi K, Hatano S, Kuwano S, Namba S. *The loudness of double impulsive sounds*. In: 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTER-NOISE 2013: Noise Control for Quality of Life. Vol 7. 2013:5498-5505.
11. Hoare Lea Acoustics, Flindell IH, Berry B, Porter N. *National Measurement System Acoustics Programme: NMS Project 2 . 2: Environmental Noise*.; 2005.

12. Hoechstetter M, Sautter JM, Gabbert U, Verhey JL. *Predicting the perceived quality of impulsive vehicle sounds*. In: Euronoise 2015.
13. Hoechstetter, Marius, Jan Michael Sautter, Ulrich Gabbert, and Jesko L. Verhey. n.d. "Predicting the Perceived Quality of Impulsive Vehicle Sounds." in Euronoise 2015.
14. Kamp I Van, Poll R Van. *The role of noise events in noise research, policy and practice ( peaks , events or both ...)*. In: *Inter-Noise 2014*. ; 2014:1-10.
15. Kukulski B, Wszolek T, Mleczko D. *The impact of fireworks noise on the acoustic climate in urban areas*. *Arch Acoust*. 2018. doi:10.24425/aoa.2018.125163
16. Kukulski B. *The research on objective parameters dedicated to differentiate impulsive noise events*. In: INTER-NOISE 2017 - 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Taming Noise and Moving Quiet; 2017.
17. Makarewicz R, Kokowski P, Gołe R, et al. *Transportation noise composed of identifiable noise events*. *Noise Control Engr*. 2015;63(4).
18. Namba S, Kuwano S, Fastl H. *Loudness of non-steady-state sounds*. In: Japanese Psychological Research. ; 2008. doi:10.1111/j.1468-5884.2008.00372.x
19. Olofsson J, Jonasson HG. *Measurement of Impulse Noise - An Inter-Nordic Comparison*.; 1998.
20. Pedersen TH. Objective method for measuring the prominence of impulsive sounds and for adjustment of LAeq. In: *Internoise 2001*. ; 2001:1-4.
21. Pedersen TH. *Prominence of Impulsive Sounds – Latest Results and a Measuring Method*.; 2000.
22. Pedersen, Torben Holm; Finne, Per; Hansen MB. *Prominence of impulses from road bridge expansion joints*. In: Euronoise. 2018.
23. Pennig S, Quehl J, Mueller U, et al. *Annoyance and self-reported sleep disturbance due to night-time railway noise examined in the field*. *J Acoust Soc Am*. 2012;132(5):3109-3117. doi:10.1016/j.jtbi.2008.09.025
24. Poulsen T. Loudness of tone pulses in a free field. *J Acoust Soc Am*. 1981;69(6):1786-1790. doi:10.1121/1.385915
25. Redel-Macías MD, Woodcock JS, Waddington DC. Subjective rating and assessing environmental sound of an industrial nature with tonal and impulsive characteristics. In: *INTER-NOISE 2019 MADRID - 48th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*. ; 2019.
26. Schlittenlacher J, Hashimoto T, Kuwano S, Namba S. *Overall judgment of loudness of time-varying sounds*. *J Acoust Soc Am*. 2017;142(4):1841-1847. doi:10.1121/1.5003797
27. Schomer, Paul. 1997. "Technical Note: Evaluation of a Re-Analysis of the Relationship between the Results Obtained in Laboratory and Field Studies on the Annoyance Caused by High-Energy Impulsive Sounds." *Noise Control Engineering Journal*.
28. Søndergaard AGG, Søndergaard LS. *Loudness Perception of Impact Noise with Equal Energy - Evaluation of B-Duration, Peak SPL and Frequency Content*. *Acoustics*.; 2006.
29. Sottek R, Moll T. Loudness perception and modeling of impulsive sounds. In: *Euronoise 2015*.
30. Sutherland LC, Burke R. *Annoyance, Loudness, and Measurement of Repetitive Type Impulsive Noise Sources*.; 1979.
31. Swinbanks MA. Enhanced Perception of Infrasound in the Presence of Low-Level Uncorrelated Low-Frequency Noise. In: *Low Frequency 2012*. 2012:12-14.

32. Takada M, Suzuki S, Iwamiya SI, Matsuura K, Yamaguchi M, Yoshikawa S. *Evaluation of the perceived impulsiveness of operating noise emitted by office equipment with attachments installed*. In: 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTER-NOISE 2013: Noise Control for Quality of Life. Vol 7. 2013:5461-5470.
33. Tickell C. *Method for Objective Assessment of Impulsive Noise – Comparison of Results with Time Sample Intervals from 10 to 100 ms*. Standards Australia Technical Committee EV 010 Community Noise.; 2020.
34. Vos J, Houben MMJ. *Enhanced awakening probability of repetitive impulse sounds*. J Acoust Soc Am. 2013;134(3):2011-2025. doi:10.1121/1.4817923
35. Vos J. *On the annoyance caused by impulse sounds produced by small, medium-large, and large fire-arms*. J Acoust Soc Am. 2001;109(1):244-253. doi:10.1121/1.1327576
36. Vos, Joos. 2000. "Comments on a Procedure for Rating High-Energy Impulsive Sounds: Analyses of Previous and New Data Sets, and Suggestions for a Revision." Noise and Vibration Worldwide.
37. Vos, Joos. IC BEN 2008 Proceedings – "Sleep disturbance caused by impulse sounds." This is just a short summary of a TNO Report DV-2007 A331 published in August 2007.
38. Zechmann E, Murphy W, Russell D, Blood I. *Characterizing impulsive noise with A-weighted sound pressure, kurtosis, and higher order statistical moments*. In: INTER-NOISE 2015 - 44th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering. 2015.