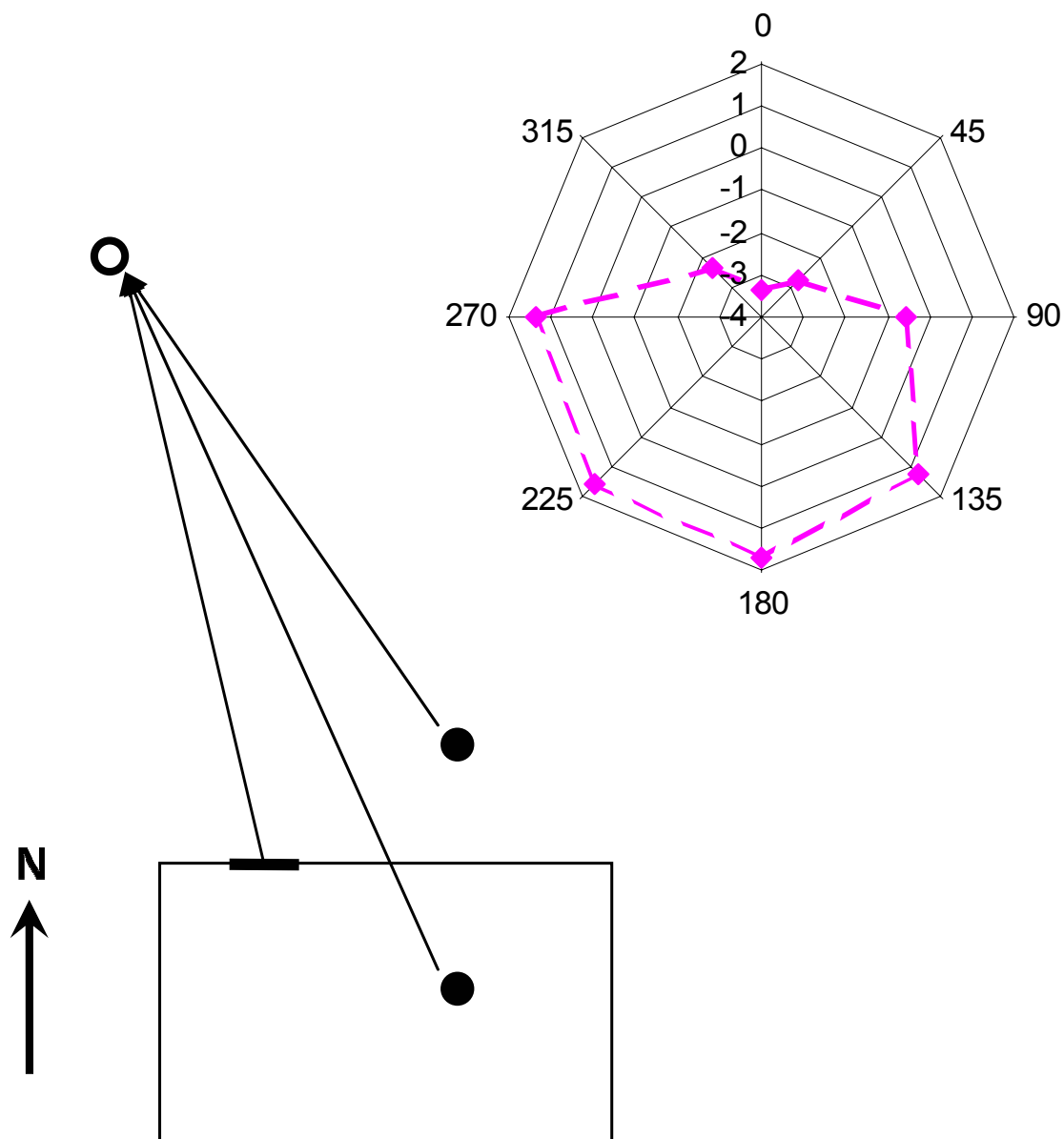


15. sammenlignende støjmåling



Rapport nr. 18 fra

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger

DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik

Udøvende institution:

DELTA

Dansk Elektronik, Lys & Akustik, ATV

Venlighedsvej 4

2970 Hørsholm

Telefon: +45 72 19 40 00

Telefax: +45 72 19 40 01

www.delta.dk

15. sammenlignende støjmåling

Rapport nr. 18 fra

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger

DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik

Skrivning: Lene Møller

Trykning: DTU-tryk

© DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik

ISBN 87-7716-034-7

**MILJØSTYRELSENS
REFERENCELABORATORIUM
FOR STØJMÅLINGER**

Udøvende institution:

DELTA

Dansk Elektronik, Lys & Akustik, ATV

Venlighedsvej 4

2970 Hørsholm

Telefon: +45 72 19 40 00

Telefax: +45 72 19 40 01

www.delta.dk

Titel 15. sammenlignende støjmåling

Vores ref.: ALE/CB/JK/THP/lm

Rekvirent Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

Resumé

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger afholdt i oktober - november 2004 den 15. sammenlignende støjmåling. Denne sammenlignende måling bestod af en beregningsopgave.

I alt indkom der 29 besvarelser. Deltagelse er obligatorisk for laboratorier, der er akkrediteret, og for personer, der er certificeret til ”Miljømåling – ekstern støj”. 28 laboratorier/certificerede personer deltog. Et dansk laboratorium deltog på frivillig basis.

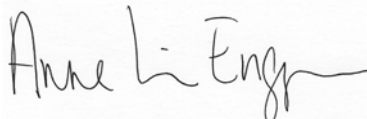
Beregningsopgaven bestod i beregning af støjbidragene fra to støjkilder i et punkt.

Beregningsresultater skulle afleveres i et Excel regneark, som var udsendt til deltagerne. Ved hjælp af et system til automatisk karaktergivning ud fra afvigelse fra foreløbigt fastsatte sande værdier fik deltagerne hurtig tilbagemelding om afvigelse. Referencelaboratoriets svartid på de indsendte resultater var i gennemsnit to arbejdsdage. Laboratorierne blev opfordret til at kontakte Referencelaboratoriet, hvilket en del benyttede sig af. Dette gav en afklaring af principielle forhold vedrørende opgaven.

Det viste sig ved den 15. sammenlignende støjmåling nødvendigt at ændre de sande værdier og karaktergivningen så meget, at de fleste endelige karakterer blev væsentligt ændret i forhold til de foreløbige værdier.

Alle samlede bedømmelser opnåede karakterer på 3 eller derover. Godkendte laboratorier/certificerede personer bør opnå en samlet karakter, der er større end 3 på en skala fra 1 til 5. Der blev ikke identificeret gennemgående systematiske fejl ved den 15. sammenlignende støjmåling. Generelt må laboratoriernes håndtering af opgaven betegnes som pålidelig og tilfredsstillende.

DELTA, 30. november 2004, revideret 21. januar 2005



Anne Lin Enggaard
Akustik & Vibration



Jørgen Kragh
Akustik & Vibration



Claus Backalarz
Akustik & Vibration

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	7
2. Metoden	7
2.1 Generelt.....	7
2.2 Opgaven.....	8
2.3 Kvalitetskontrol	8
2.4 Regler for deltagelse	8
2.5 Anonymitet	8
2.6 Fastsættelse af sande værdier.....	9
2.7 Karaktergivning	9
3. Afvikling	10
3.1 Forløb.....	10
3.2 Deltagere.....	10
3.3 Beregningsopgave.....	11
3.4 Kilde nr. 1: Portåbningen.....	12
3.4.1 Løsning til beregning af portåbningens støjbidrag	12
3.4.2 Resultater og sand værdi af portåbningens støjbidrag	14
3.5 Kilde nr. 2: Kompressor	15
3.5.1 Løsning til beregning af kompressorens støjbidrag.....	15
3.5.2 Resultater og sand værdi af kompressorens støjbidrag.....	19
3.6 Afvigelse fra de ”sande” værdier ved brug af forskellig software.....	20
4. Konklusion	21
5. Referencer	22
Appendix 1 Opgavebeskrivelse – RL 17/04	23
Appendix 2 Udskrift af regneark med resultater (de sande værdier)	27
Appendix 3 Afvigelser og karaktergivning	29
Appendix 4 Deltagerne i den 15. sammenlignende støjmåling	31
Appendix 5 Resultater	35
Appendix 6 Delresultater til beregningsopgaven	37

1. Indledning

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger skal på vegne af Miljøstyrelsen sikre, at kvaliteten af ”Miljømåling – ekstern støj” er tilstrækkelig hos de laboratorier, som er godkendt af Miljøstyrelsen. Som en del af aktiviteterne afholder Referencelaboratoriet sammenlignende støjmålinger.

Det primære formål med de sammenlignende målinger er at give deltagerne mulighed for at dokumentere laboratoriets kvalifikationer og analysekvalitet. Dette bruges af deltagerne bl.a. til intern kvalitetskontrol og som dokumentation over for de akkrediterende (DANAK, SWEDAC ...) og personcertificerende (DELTA) organer og af Referencelaboratoriet. Desuden er der et element af instrumentkontrol og oplæring samt evt. træning i nye eller sjældent brugte målemetoder.

De sammenlignende støjmålinger dokumenterer kvaliteten af det arbejde, der udføres af laboratorierne, og de bidrager til en ensartet kvalitet af de støjmålinger, der udføres i praksis. Desuden har de sammenlignende målinger medvirket til at afklare fortolkningsproblemer i vejledningernes tekst.

De sammenlignende støjmålinger foregår så vidt muligt efter fælles nordiske metoder. Nordiske laboratorier uden for Danmark kan derfor deltage i målingerne.

2. Metoden

2.1 Generelt

De sammenlignende støjmålinger udføres efter retningslinierne i:

ISO/IEC Guide 43

“Proficiency testing by interlaboratory comparisons” [1]

og

RL 20/96

”Kvalitetskrav til ”Miljømåling – ekstern støj””, Appendix 8 [2]

2.2 Opgaven

Den 15. sammenlignende støjmåling bestod af en beregningsopgave. Resultatet af den 14. sammenlignende måling [3], der bestod af såvel en analyse- som en beregningsopgave, var, at der i laboratorierne var omfattende problemer med beregning, hvorimod måleopgaven gennemgængende blev løst tilfredsstillende. Set i lyset af at beregning finder stadig større anvendelse ved sagsbehandling, besluttede Referencelaboratoriets styringsgruppe, at den 15. sammenlignende støjmåling skulle være en ren beregningsopgave.

Opgavebeskrivelsen fremgår af Appendix 1, og beregningsresultaterne skulle afleveres i et MS Excel regneark, se Appendix 2, som var udsendt til deltagerne.

Deltagerne skulle udføre beregninger af støjbidraget fra hver af en virksomheds to støjkilder i et punkt. Beregningerne skulle udføres, som om de indgik i ”Miljømåling – ekstern støj”. Beregningerne skulle udføres efter Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 [4].

2.3 Kvalitetskontrol

Inden opgaverne blev sendt ud, havde Referencelaboratoriet foretaget beregningerne med forskellige typer af software, ligesom opgaveformuleringen var testet ved at lade forskellige personer løse opgaven. Ud fra beregningerne fastlagde Referencelaboratoriet nogle foreløbigt sande værdier af beregningsresultaterne.

2.4 Regler for deltagelse

De sammenlignende målinger er ”åbne”, så alle, der tilmelder sig og betaler deltagergebyret, kan deltage. Deltagelse er obligatorisk for personer, som er certificerede (DELTA’s personcertificering), og for laboratorier, som er akkrediteret til ”Miljømåling – ekstern støj”.

For laboratorier, der er akkrediteret af DANAK, har DANAK fastsat, at det er tilstrækkeligt, at der indsendes én besvarelse for hvert akkrediteringsnummer uafhængigt af, hvor mange adresser der er optaget på Miljøstyrelsens liste over godkendte laboratorier.

Hver certificeret person og hvert akkrediteret laboratorium afleverer en navngiven besvarelse. På laboratorier, hvor der er flere certificerede personer, kan deltagerne vælge enten at indsende en fælles besvarelse eller at indsende individuelle besvarelser. Retningslinier for fælles besvarelser er angivet i RL 20/96 [2].

2.5 Anonymitet

Når en besvarelse indkom til Referencelaboratoriet, blev den tildelt et nummer. Dette nummer oplyses kun til deltageren selv og til dem, der skal følge op på resultaterne af den sammenlignende støjmåling, dvs. akkrediterende (DANAK, SWEDAC ...) og personcertificerende (DELTA) organer samt Referencelaboratoriets styringsgruppe.

2.6 Fastsættelse af sande værdier

De sande værdier blev fastlagt efter følgende metode:

- 1) Resultater med metodefejl eller åbenlyst forkerte resultater blev udeladt.
- 2) En middelværdi af de resterende resultater blev beregnet.
- 3) Resultater, der afveg mindre end 1 standardafvigelse fra den ovenfor beregnede middelværdi, blev betragtet som gode.
- 4) Den "sande værdi" blev fastsat som middelværdien med 1 decimal af de gode resultater.

De beregnede sande værdier afveg fra de af Referencelaboratoriet foreløbigt fastlagte sande værdier – jf. resultatfigurerne i Afsnit 3, hvor de foreløbigt fastlagte værdier har nr. 0.

De sande værdier er beregnet med udgangspunkt i de i alt 29 indkomne besvarelser. I nogle tilfælde har flere personer fra samme laboratorium udarbejdet en fælles besvarelse; denne besvarelse indgår kun én gang i resultatbehandlingen. I andre tilfælde har de certificerede personer fra ét laboratorium udarbejdet hver sin besvarelse; i disse tilfælde indgår de individuelle besvarelser i resultatbehandlingen hver for sig.

De sande værdier for den 15. sammenlignende støjmåling fremgår af Appendix 2.

2.7 Karaktergivning

Der blev udarbejdet et regneark, som kunne omregne besvarelsernes afvigelser fra de foreløbigt fastsatte sande værdier til en karakter, således at der kunne gives foreløbige tilbagemeldinger uden direkte at give oplysning om resultaterne, før alle deltagere havde afleveret deres besvarelser. Efter gennemgangen af alle de indsendte besvarelser viste det sig nødvendigt at revidere de foreløbigt fastsatte sande værdier, og de tolerancer, der lå til grund for de foreløbige karakterer, og næsten alle deltagere opnåede bedre karakterer ved den endelige karakterafgivning.

Karaktererne for den 15. sammenlignende støjmåling er afrundet til hele tal.

Fastsættelsen af de sande værdier er beskrevet efter gennemgangen af løsningen til opgaverne. Karakterintervallerne for de endelige karakterer samt princippet for karaktergivningen er beskrevet i Appendix 3.

3. Afvikling

3.1 Forløb

Den 18. oktober 2004 blev invitation og opgavebeskrivelse til den 15. sammenlignende støjmåling udsendt til danske og nordiske laboratorier. Den 20. oktober 2004 blev regneark til besvarelse (MS Excel) e-mailet til deltagerne. Som noget nyt skulle alle deltagere, også de certificerede og akkrediterede, betale gebyr for at deltage i den sammenlignende støjmåling. Gebyret var af Referencelaboratoriets styringsgruppe fastsat til kr. 1.500 for laboratorier med en certificeret/underskriftsberettiget person og til kr. 3.000 for laboratorier med to eller flere certificerede/underskriftsberettigede personer. Gebyret for frivillige deltagere var kr. 8.000.

Svarfristen var den 16. november 2004. Resultaterne afleveredes ved at udfylde regnearket og fremsende det til reflab@delta.dk pr. e-mail.

Der var ikke i opgaveteksten krav om, at der skulle fremsendes bilag til opgaverne, og der blev heller ikke modtaget nogen bilag.

Deltagerne fik hurtig tilbagemelding med en foreløbig vurdering af kvaliteten af de indsendte resultater. Svartiden var mellem 0 og 7 arbejdsdage med et gennemsnit på 2 arbejdsdage.

Det er planen at præsentere resultaterne af den 15. sammenlignende støjmåling på Referencelaboratoriets emnedag i 2005.

3.2 Deltagere

I alt har Referencelaboratoriet modtaget 29 besvarelser, som fordelte sig således:

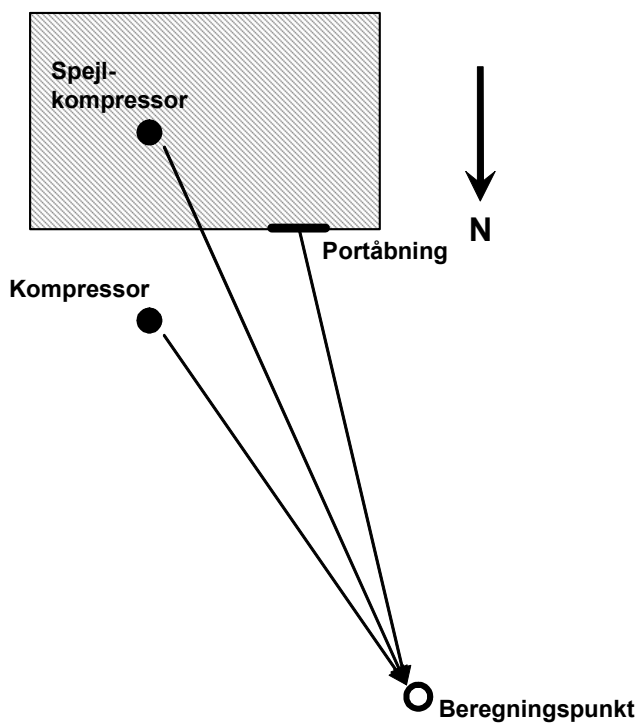
- 7 fra DANAK/SWEDAC-akkrediterede laboratorier
- 21 fra laboratorier, der beskæftiger DELTA-certificerede personer
- 1 fra et andet dansk laboratorium

Et laboratorium defineres som en afdeling, som er (geografisk) adskilt fra andre afdelinger i samme firma, og som for de godkendte laboratoriers vedkommende er optaget under sin egen adresse på Miljøstyrelsens liste over godkendte laboratorier. Deltagerne fremgår af Appendix 4, hvor de er nævnt alfabetisk efter laboratoriets navn.

3.3 Beregningsopgave

Opgaveteksten er gengivet i Appendix 1.

Figur 1 viser en plan af virksomheden med støjkilder, transmissionsveje og beregningspunkter. Der skal beregnes støjbidrag fra to kilder som vist: 1) Portåbning og 2) Kompressor. Kompressoren giver også et bidrag via refleksion fra fabriksbygningen.



Figur 1

Plan med kilder, beregningspunkt og transmissionsveje.

Referencelaboratoriet har gennemført beregningerne i Excel regneark uafhængigt af, men parallelt med beregninger med programmet ILYD, version: 7.0.1.3. Beregningsparametre og resultater er dokumenteret i Appendix 6 i form af redigerede dele af rapporter udskrevet ved hjælp af ILYD.

I det følgende er beregningerne kommenteret, og deltagernes resultater er angivet.

3.4 Kilde nr. 1: Portåbningen

3.4.1 Løsning til beregning af portåbningens støjbidrag

Det målte lydtrykkniveau i Pos. 1-5 i portåbningen er gengivet i Tabel 1 sammen med den energimæssige middelværdi pr. oktavbånd beregnet efter formel (6.3.1) i vejledning nr. 5/1993.

Pos.	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8k	A-vægtet
1	87,0	86,2	83,9	83,6	77,9	70,5	69,1	64,9	83,9
2	86,7	87,6	82,9	83,5	78,7	74,6	67,0	62,0	84,3
3	90,5	81,0	83,4	81,6	78,6	73,0	69,2	58,4	83,3
4	89,8	85,1	82,6	84,7	77,8	73,1	66,5	65,5	84,3
5	84,1	82,6	84,8	81,9	76,7	71,7	67,4	61,2	82,9
Energi- middel	88,2	85,1	83,6	83,2	78,0	72,8	68,0	63,1	83,8

Tabel 1

Det målte uvægtede lydtrykkniveau [dB re 20µPa] i Pos. 1-5 i portåbningen og den beregnede energimæssige middelværdi.

Ud fra disse middelværdier og arealet $S = b \cdot h = 6,0 \cdot 3,6 = 21,6 \text{ m}^2$ er kildestyrken L_W fastlagt efter formel (6.3.4) i vejledningen, med korrektionen $E = 3 \text{ dB}$ for nærfeltfejl. Resultatet er vist i Tabel 2. Tabellen viser også den varighedskorrigerede kildestyrke $L'_{W(\Phi)}$ i retningen mod beregningspunktet. Varighedskorrektionen ΔL_{var} er:

$$\Delta L_{\text{var}} = 10 \cdot \log(t_{\text{drift}}/T) = 10 \cdot \log(30/480) = -12,04 \text{ dB}$$

$t_{\text{drift}} = 30 \text{ min.}$ er driftstiden inden for referencetidsrummet $T = 8 \text{ timer} = 480 \text{ min.}$

Retningsvirkningen er i overensstemmelse med Formel (7.2.4) i vejledning nr. 5/1993 forudsat at være 4 dB, idet transmissionsvejens retning med normalen til portåbningen er mellem 13° og 14°, dvs. mindre end 45°.

	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
L_W	98,5	95,4	93,9	93,6	88,3	83,1	78,3	73,5	94,1
$L'_{W(\Phi)}$	90,5	87,4	85,9	85,5	80,3	75,1	70,3	65,4	86,1

Tabel 2

Portens kildestyrke L_W og kildestyrken $L'_{W(\Phi)}$ [dB re 1pW] i retning mod beregningspunktet.

De øvrige beregningsparametre og delresultaterne fremgår af rapporterne i Appendix 6 udskrevet ved hjælp af ILYD. Et resumé er givet i Tabel 3.

	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
L_{WA}	72,34	79,36	85,34	90,36	88,34	84,34	79,33	72,36	94,13
ΔL_Φ	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
ΔL_d	-45,22	-45,22	-45,22	-45,22	-45,22	-45,22	-45,22	-45,22	
ΔL_a	0,00	0,00	-0,05	-0,10	-0,21	-0,36	-0,87	-2,88	
ΔL_v	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΔL_r	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΔL_s	-1,00	-1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ΔL_g	3,00	2,16	0,90	1,65	2,33	2,42	2,42	2,42	
ΔL_{var}	-12,04	-12,04	-12,04	-12,04	-12,04	-12,04	-12,04	-12,04	
Bidrag	21,08	26,76	32,92	38,64	37,20	33,14	27,61	18,63	42,51

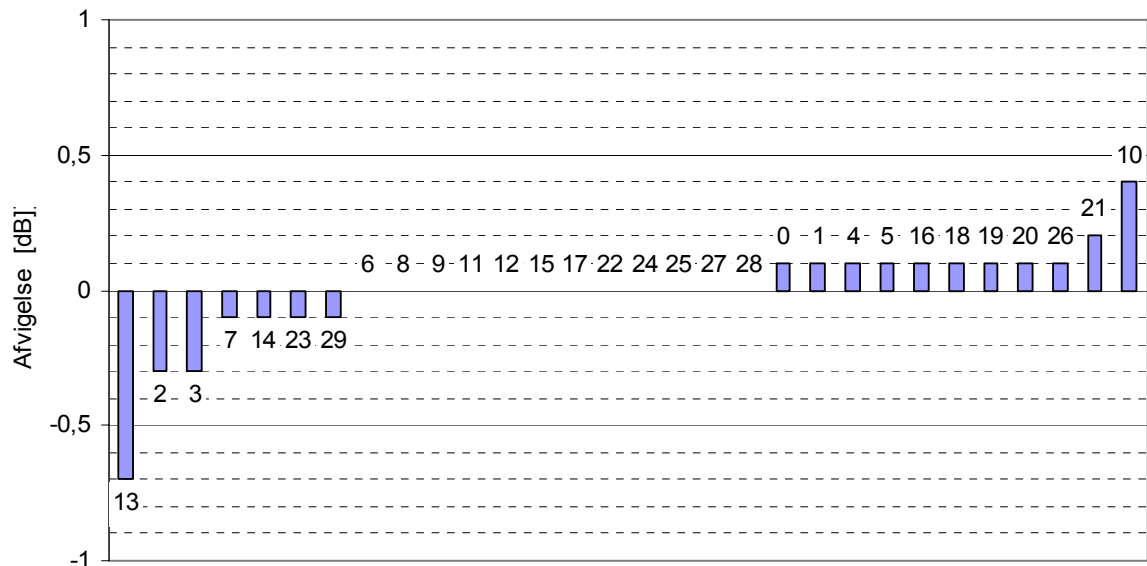
Tabel 3

Portåbningens A-vægtede kildestyrke [dB re 1 pW] og de beregnede korrektioner [dB] og bidrag [dB re 20 μ Pa]. ΔL_{var} er korrektionen for varigheden af kildens drift, de øvrige symboler er som i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993.

3.4.2 Resultater og sand værdi af portåbningens støjbidrag

Beregningsresultaternes afvigelse fra den sande værdi er vist i Figur 2. Den sande værdi af støjbidraget er beregnet til 42,5 dB. Referencelaboratoriets resultat (den foreløbigt fastsatte sande værdi) er nr. 0. Det er ved beregningen af den sande værdi forudsat, at resultaterne fra deltager nr. 13 indeholder metodiske fejl, og der er set bort fra dette ved beregningen af den sande værdi. Standardafvigelsen på de resterende resultater er 0,1 dB.

Det blev besluttet at tildele karakteren 5 for resultater i et interval omkring den sande værdi på $\pm 0,3$ dB. Sammenhængen mellem afvigelser og opnåede karakterer kan ses i Appendix 3. Deltagernes karakterer for beregning af portåbningens støjbidrag fremgår af Appendix 5.



Figur 2

Afvigelse mellem de beregnede støjbidrag fra portåbningen og den sande værdi.
Numrene på figuren er deltagerens numre.

3.5 Kilde nr. 2: Kompressor

3.5.1 Løsning til beregning af kompressorens støjbidrag

De målte lydtrykniveauer fra opgaveteksten er gengivet i Tabel 4.

Retning	Pos.	Frekvens [Hz]								
		63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
180°	1	75,1	76,9	74,4	71,1	69,3	65,5	60,8	60,6	74,3
270°	2	75,1	76,9	72,5	68,7	70,1	64,7	59,9	58,9	73,6
0°	3	73,1	74,9	70,8	67,9	60,9	57,1	52,1	50,0	68,8
90°	4	72,9	73,1	71,7	69,4	67,2	62,0	56,6	55,3	71,7
225°	5	75,6	77,3	72,2	69,4	69,6	65,7	61,1	60,5	74,0
315°	6	74,0	75,8	71,0	67,7	63,7	59,7	54,4	52,2	69,8
45°	7	72,6	74,0	71,3	68,7	62,0	57,6	52,9	51,3	69,4
135°	8	73,9	75,4	74,3	71,6	68,5	64,1	59,1	58,8	73,7

Tabel 4

De målte lydtrykniveauer i Pos. 1-8 fra opgaveteksten og den geografiske retning fra kompressoren til målepositionen.

De målte niveauer er i forskellig grad påvirket af lyd reflekteret fra bygningens facade. Korrektionen for virkningen af refleksion er beskrevet i Appendix 6.

Tabel 5 viser de målte lydtrykniveauer i Pos. 1-8 korrigeret for virkningen af refleksion fra bygningens facade.

Note 1: Forskellen mellem det største og det mindste A-vægtede lydtrykniveau målt i de primære målepositioner nr. 1-4 var 5,5 dB før korrektion for virkningen af facaden og 5,1 dB efter denne korrektion. Ifølge ordlyden i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 kræves det da ikke, at der måles i de supplerende målepositioner nr. 5-8.

Tabel 5 viser også energimiddelværdien L_p og kildestyrken L_w beregnet ved hjælp af udtrykket (1):

$$L_w = L_p + 10 \cdot \log(S) = L_p + 10 \cdot \log(2 \cdot \pi \cdot R^2) = L_p + 20,02 \text{ dB} \quad (1)$$

når $R = 4,0 \text{ m}$.

Retning	Pos. nr.	Frekvens [Hz]								
		63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
180°	1	74,40	76,20	73,70	70,40	68,60	64,80	60,10	59,90	73,60
270°	2	74,73	76,53	72,13	68,33	69,73	64,33	59,53	58,53	73,23
0°	3	72,84	74,64	70,54	67,64	60,64	56,84	51,84	49,74	68,54
90°	4	72,53	72,73	71,33	69,03	66,83	61,63	56,23	54,93	71,33
225°	5	75,04	76,74	72,64	68,84	69,04	65,14	60,54	59,94	73,44
315°	6	73,72	75,52	70,72	67,42	63,42	59,42	54,12	51,92	69,52
45°	7	72,32	73,72	71,02	68,42	61,72	57,32	52,62	51,02	69,12
135°	8	73,34	74,84	73,74	71,04	67,94	63,54	58,54	58,24	73,14
	L_p	73,72	75,31	72,15	69,06	67,05	62,61	57,76	57,02	71,92
	L_w	93,74	95,33	92,17	89,08	87,07	82,64	77,79	77,05	91,94

Tabel 5

De målte lydtrykniveauer [dB re 20 μ Pa] i Pos. 1-8 korrigeret for virkningen af refleksion fra bygningens facade samt energimiddelværdien L_p over alle 8 retninger og kompressorens kildestyrke L_w [dB re 1 pW].

Tabel 6 viser retningsvirkningen ΔL_Φ i vandret plan for hver af måleretningerne Φ i hvert oktavbånd og totalt A-vægtet. Retningsvirkningen er fastlagt som forskellen mellem det korrigerede lydtrykniveau i Tabel 2 og energimiddelværdien L_p i Tabel 2. Retningsvirkningen af den totale A-vægtede kildestyrke er vist grafisk på rapportens omslag. Udbredelsesretningen for den direkte lyd er 331° og for den reflekterede lyd 203°. Retningsvirkningen i udbredelsesretningerne angivet i Tabel 6 er fastlagt ved lineær interpolation mellem retningsvirkningen i retningerne 315° og 360° (direkte lyd) og i retningerne 180° og 225° (reflekteret lyd).

Note 2: Når forskellen – som her – er mindre end 6 dB mellem det største og det mindste A-vægtede lydtrykniveau, er det ifølge Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 ikke et krav, at retningsvirkningen fastlægges. Beregnes niveauet i immissionspunktet med kildestyrken L_w fra Tabel 2, fås et godt 0,5 dB højere niveau, end når der tages hensyn til retningsvirkningen.

Note 3: Referencelaboratoriet har overvejet, om det i stedet for lineær interpolation ville have været mere korrekt at bruge en udglatningsfunktion, der medtager information om værdierne i andre retninger end netop de to måleretninger, som den lineære interpolation er baseret på. Den mest korrekte fremgangsmåde afhænger af retningsvirkningens faktiske, men ukendte udseende. Jo finere opløsning man har i sine måledata, jo mere fornuftigt – men samtidigt uden praktisk betydning – vil det være at bruge udglatning. Orienterende beregninger indikerede, at der er forskelle på op til 0,3 dB i det totale A-vægtede niveau mellem værdien fundet ved lineær interpolation og ved udglatning.

Retning	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
0°	-0,88	-0,66	-1,60	-1,41	-6,40	-5,77	-5,92	-7,28	-3,38
45°	-1,40	-1,59	-1,13	-0,64	-5,33	-5,30	-5,15	-6,00	-2,80
90°	-1,20	-2,58	-0,82	-0,03	-0,22	-0,99	-1,54	-2,10	-0,59
135°	-0,38	-0,46	1,60	1,98	0,89	0,93	0,78	1,22	1,22
180°	0,68	0,90	1,55	1,34	1,55	2,19	2,34	2,88	1,68
225°	1,32	1,44	0,50	-0,22	1,99	2,53	2,78	2,92	1,52
270°	1,00	1,22	-0,02	-0,73	2,68	1,71	1,76	1,50	1,31
315°	0,00	0,21	-1,43	-1,64	-3,63	-3,20	-3,65	-5,10	-2,40
331°	-0,32	-0,10	-1,49	-1,56	-4,64	-4,13	-4,47	-5,90	-2,76
203°	1,01	1,17	1,01	0,54	1,78	2,36	2,56	2,90	1,60

Tabel 6

Kompressorens retningsvirkning ΔL_{ϕ} [dB] i vandret plan.

De øvrige beregningsparametre og delresultaterne fremgår af rapporterne i Appendix 6 udskrevet ved hjælp af ILYD. Et resumé er givet i Tabel 7, og de tilsvarende resultater for spejlkilden er gengivet i Tabel 8.

Varighedskorrektionen ΔL_{var} er:

$$\Delta L_{\text{var}} = 10 \log \left(\frac{t_{\text{drift}}}{T} \right) = 10 \log \left(\frac{10}{30} \right) = -4,77 \text{ dB}$$

$t_{\text{drift}} = 10$ min. er driftstiden inden for hver halve time $T = 30$ min. Eller $16 \cdot 10 = 160$ min. inden for referencetidsrummet $T = 480$ min.

Summen af bidragene i Tabel 7 og 8 fra kompressoren og dens spejlbillede er $L_{\text{Aeq},8\text{t}} = 45,25$ dB, hvilket afviger en smule fra den endeligt fastsatte sande værdi, jf. Afsnit 3.5.2.

	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
L_{WA}	67,54	79,23	83,57	85,88	87,07	83,84	78,79	75,95	91,96
ΔL_{ϕ}	-0,32	-0,10	-1,49	-1,56	-4,64	-4,13	-4,47	-5,90	
ΔL_d	-44,99	-44,99	-44,99	-44,99	-44,99	-44,99	-44,99	-44,99	
ΔL_a	0,00	0,00	-0,05	-0,10	-0,20	-0,35	-0,85	-2,81	
ΔL_v	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΔL_t	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΔL_s	-1,13	-2,09	-3,49	-1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	
ΔL_g	3,00	2,55	1,65	1,94	2,56	2,66	2,66	2,66	
ΔL_{var}	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	
Bidrag	19,33	29,82	30,42	34,72	35,03	32,25	26,36	20,14	40,22

Tabel 7

Kompressorens A-vægtede kildestyrke [dB re 1 pW] og de beregnede korrektioner og bidrag [dB]. ΔL_{var} er korrektionen for varigheden af kildens drift, de øvrige symboler er som i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993.

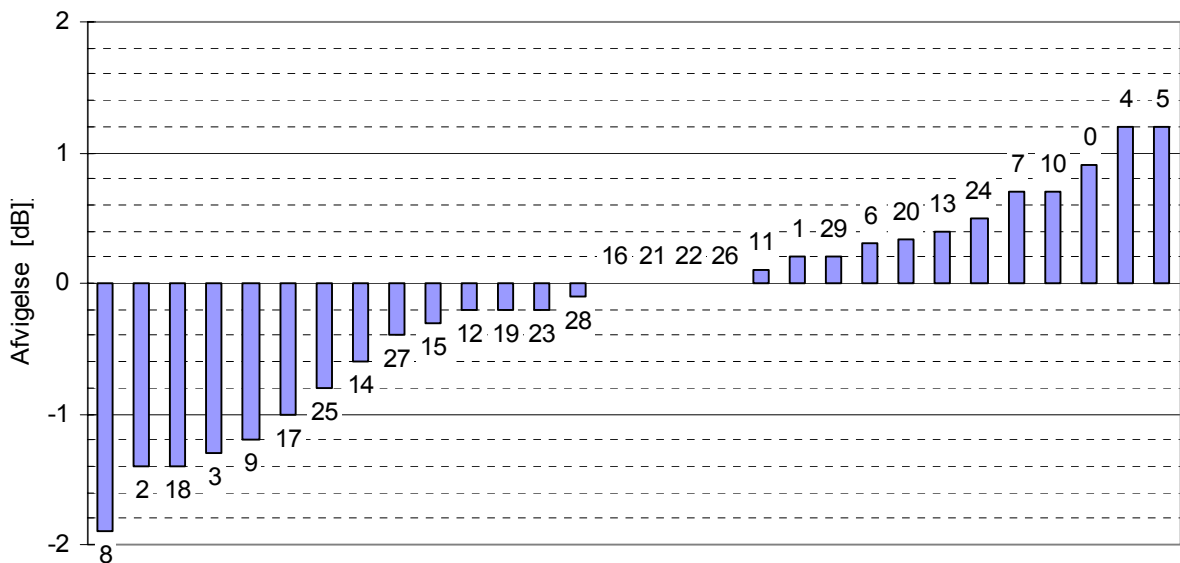
	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
L_{WA}	67,54	79,23	83,57	85,88	87,07	83,84	78,79	75,95	91,96
ΔL_{ϕ}	1,01	1,17	1,01	0,54	1,78	2,36	2,56	2,90	
ΔL_d	-46,69	-46,69	-46,69	-46,69	-46,69	-46,69	-46,69	-46,69	
ΔL_a	0,00	0,00	-0,06	-0,12	-0,24	-0,43	-1,04	-3,41	
ΔL_v	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΔL_g	0	0	0	0	0	0	0	0	
ΔL_s	-1,12	-2,07	-3,40	-1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	
ΔL_t	3,19	2,75	1,79	2,10	2,77	2,87	2,87	2,87	
ΔL_{var}	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	-4,77	
Bidrag	19,17	29,63	31,45	35,57	39,91	37,18	31,72	26,84	43,62

Tabel 8

Spejlkompressorens A-vægtede kildestyrke [dB re 1 pW] og de beregnede korrektioner og bidrag [dB]. ΔL_{var} er korrektionen for varigheden af kildens drift, de øvrige symboler er som i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993.

3.5.2 Resultater og sand værdi af kompressorens støjbidrag

Beregningsresultaternes afvigelse fra den sande værdi er vist i Figur 3. Den sande værdi af støjbelastningen er beregnet til 45,2 dB. Referencelaboratoriets resultat (den foreløbigt fastsatte sande værdi) er nr. 0. Det er ved beregningen af den sande værdi forudsat, at resultaterne fra deltagere nr. 8, 2, 18, 3 og 9 indeholder metodiske fejl, og der er set bort fra disse ved beregningen af den sande værdi. Standardafvigelsen på de resterende resultater er 0,5 dB.



Figur 3

Afvigelse mellem de beregnede støjbidrag fra kompressoren og den sande værdi. Numrene på figuren er deltagernes numre.

Der kan forekomme forskelle på op til 0,7 dB mellem de fastlagte kildestyrker som følge af forskelle i fremgangsmåden ved korrektion for refleksion i målepositionerne og ved interpolation til fastlæggelse af direktiviteten. Det blev besluttet at tildele karakteren 5 for et interval omkring den sande værdi på $\pm 0,7$ dB. Sammenhængen mellem afvigelser og opnåede karakterer kan ses i Appendix 3. Deltagernes karakterer for beregning af kompressorens støjbidrag fremgår af Appendix 5.

3.6 Afvigelse fra de "sande" værdier ved brug af forskellig software

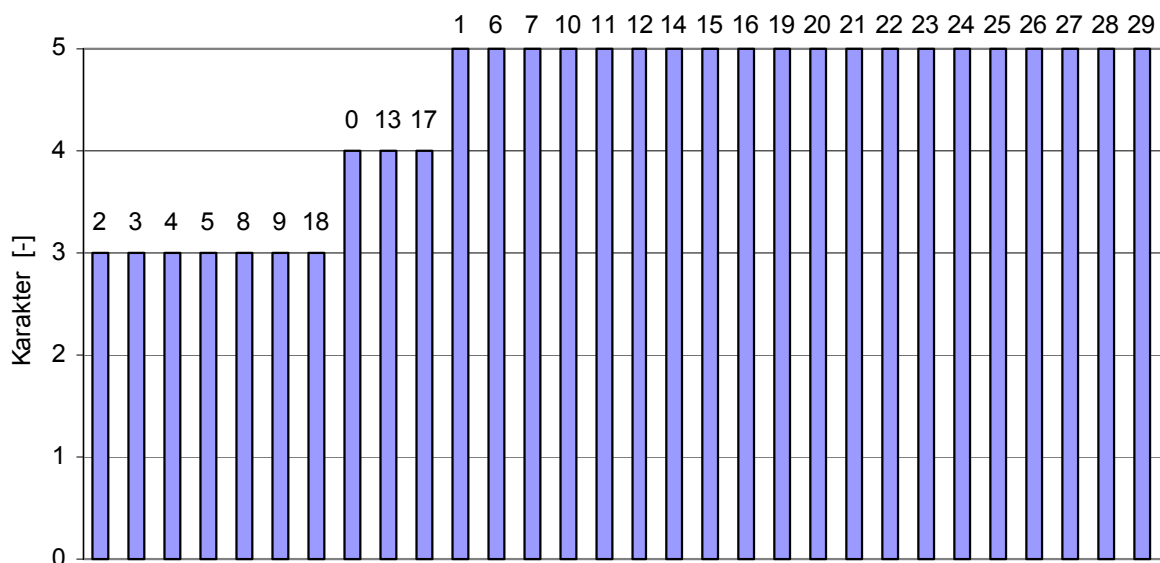
22 af deltagerne har anvendt SoundPLAN til beregningerne, 3 deltagere har anvendt ILYD, 3 har anvendt andre beregningsprogrammer, og 1 deltager anfører at have brugt flere af programmerne. Der er ikke ved den 15. sammenlignende støjmåling fundet sammenhænge, der indikerer, at forskellige typer korrekt anvendt software systematisk påvirker de beregnede resultater.

I forbindelse med fastlæggelse af den sande værdi har Referencelaboratoriet kontaktet 4 laboratorier/certificerede personer og klarlagt, at disse 4, der alle fik markant lavere resultater end den sande værdi, har sat tabet ved refleksion fra bygningens facade til 1 dB, der er SoundPLAN's standardværdi for denne størrelse. Som anført i Appendix 6 anser Referencelaboratoriet det korrekte refleksionstab for at være 0 dB. Der indgår ikke mellemresultater i besvarelsen af opgaven, og det er ikke muligt for Referencelaboratoriet at afgøre, om flere end disse 4 laboratorier har anvendt denne forudsætning ved anvendelse af SoundPLAN.

Visse typer software opdateres løbende, og da alle opdateringer kan indeholde elementer, der kan ændre et programs virkemåde, er det væsentligt at angive både versionsnr. og dato for sidste opdatering af en sådan type software. SoundPLAN er sådan en type software, og da 13 af deltagerne har angivet, at de har anvendt SoundPLAN uden at angive dato for sidste opdatering af programmet er de blevet gjort opmærksomme på, at denne dato for opdatering skal angives. Kun med dato for sidste opdatering er en beregning (eller måling) foretaget med software, der løbende opdateres, sporbar.

4. Konklusion

I oktober/november 2004 blev den 15. sammenlignende støjmåling gennemført. Af de 29 besvarelser fik alle en samlet karakter på 3 eller derover, som kræves for at bestå. 20 af deltagerne fik topkarakteren 5 for den samlede opgave. Delkaraktererne fremgår af Appendix 5.



Figur 4

De samlede karakterer for beregningsopgaven. Numrene på figuren er deltagerens numre.

Den 15. sammenlignende støjmåling omfatter 29 besvarelser, hvilket er færre end ved de seneste års sammenlignende støjmålinger. Det er Referencelaboratoriets skøn, at dette ikke indikerer, at der er færre aktive underskriftsberettigede/certificerede personer som helhed, men at aktiviteterne er samlet i færre og større laboratorier. Flere af de akkrediterede laboratorier har ikke ønsket at oplyse navnene på deres deltagere, og Referencelaboratoriet kan ikke ud fra den 15. sammenlignende støjmåling afgøre, hvor mange deltagere de 29 fremsendte besvarelser omfatter.

Den 14. sammenlignende støjmåling omfattede både analyse- og beregningsopgaver. Resultaterne af den 14. sammenlignende støjmåling viste, at afvigelser fra den sande værdi på mere end 2 dB forekom i en del af besvarelserne, og at over halvdelen af besvarelserne gav anledning til karakterer under 3 for beregningsopgaven. Den 14. sammenlignende støjmåling gav anledning til skærpet opmærksomhed omkring håndtering af software til støjberegninger.

Ved den 15. sammenlignende støjmåling var ingen afvigelser fra den sande værdi over 2 dB, og samtlige deltagere opnåede en samlet karakter på 3 eller derover.

Ved den 14. og den 15. sammenlignende støjmåling har det ikke været muligt for Referencelaboratoriet (og heller ikke ønsket) på grundlag af det modtagne materiale at identificere årsagerne til afvigelserne fra de sande værdier. Det hører til det enkelte laboratoriums kvalitetssikring at sammenholde sin besvarelse med nærværende rapport.

5. Referencer

- [1] *ISO/IEC Guide 43 (1997)*
“Proficiency testing by interlaboratory comparisons”
- [2] *Kvalitetskrav til ”Miljømåling – ekstern støj”*
Udredning fra Referencelaboratoriet, RL 20/96, december 1996, opdateret september 1998
- [3] *14. sammenlignende støjmåling*
Rapport nr. 17 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, DELTA, august 2003
- [4] *Beregning af ekstern støj fra virksomheder*
Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993
- [5] Nordtest Method NT ACOU 080
Industrial plants: Noise Emission
Esbo 1991, ISSN 0283-7145

Appendix 1

Opgavebeskrivelse – RL 17/04

Den 15. sammenlignende støjmåling er beregninger af støjmission.

Aflevering af resultater

Resultaterne afleveres ved at udfylde de hvide felter i det vedlagte Excel regneark: "15sml_svarskema.xls".

Besvarelserne skal være Referencelaboratoriet i hænde senest tirsdag den 16. november 2004. Regnearket skal returneres med e-mail til reflab@delta.dk.

Spørgsmål om opgavernes løsning

Spørgsmål om opgavernes løsning sendes som e-mail til reflab@delta.dk. Telefonisk kontakt bedes rettet til Jørgen Kragh eller Claus Backalarz angående beregningsopgaven. Svar af generel interesse vil blive meddelt deltagerne pr. e-mail.

Beregning af støjmission

Opgaven nedenfor skal løses, som om den indgik i en "Miljømåling – ekstern støj". Beregningerne skal udføres efter Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993. Referencelaboratoriet anbefaler at bruge IEC-kurve A korrektionerne¹⁾ (med 1 decimal) i stedet for de korrektioner, som er angivet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993.

Opgaven kan løses ved hjælp af programmer som ILYD, SoundPLAN eller andet, som kan beregne i henhold til den fælles nordiske beregningsmetode for ekstern støj fra virksomheder. Opgaven kan i praksis ikke løses uden brug af programmet.

Resultaterne skal angives A-vægtet med én decimal. Mål, der ikke fremgår af opgaveteksten, aflæses på tegningen i Figur 1.

Opgaven består i at beregne bidragene fra hver af to af en virksomheds støjkilder, en kompressor og en portåbning, til støjbelastningen i dagperioden i et beregningspunkt placeret ved skel til en genbo på den anden side af en vej.

Kildernes og beregningspunktets placering er vist i Figur 1, som også viser det asfalterede areal omkring virksomhedens bygning. Mellem virksomheden og fortovet langs vejen er der et græsbevokset areal. Terrænet på virksomheden er i kote 10,5 m. Ved virksomhedens skel mod

¹⁾ IEC-kurve A

Frekvens [Hz]	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
Korr. [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

vejen er der en skråning ned til kote 9,5 m, som er koten til vejen og til terrænet ved genboen. Mellem fliserne på fortovet og genboens skel er terrænet græsbevokset.

Fabriksbygningens facade er af teglsten og 6 m høj. I facaden er der en portåbning med dimensionerne $b \cdot h = 6,0 \cdot 3,6$ m. For at fastlægge kildestyrken er lydtrykniveauet målt i 5 positioner i portåbningen. Resultatet af frekvensanalysen af støjen er gengivet i Tabel 1.

Porten står ifølge virksomhedens leder åben i sammenlagt 30 min. i løbet af en travl arbejdsdag på 8 timer. I de resterende 7 timer og 30 min. er porten lukket, og den er så isolerende og tæt, at der kan ses bort fra støj transmitteret gennem den lukkede port ved beregning af støjniveauet i beregningspunktet. Det samme gælder støj transmitteret gennem bygningens tag og ydervægge.

Pos.	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
1	87,0	86,2	83,9	83,6	77,9	70,5	69,1	64,9	83,9
2	86,7	87,6	82,9	83,5	78,7	74,6	67,0	62,0	84,3
3	90,5	81,0	83,4	81,6	78,6	73,0	69,2	58,4	83,3
4	89,8	85,1	82,6	84,7	77,8	73,1	66,5	65,5	84,3
5	84,1	82,6	84,8	81,9	76,7	71,7	67,4	61,2	82,9

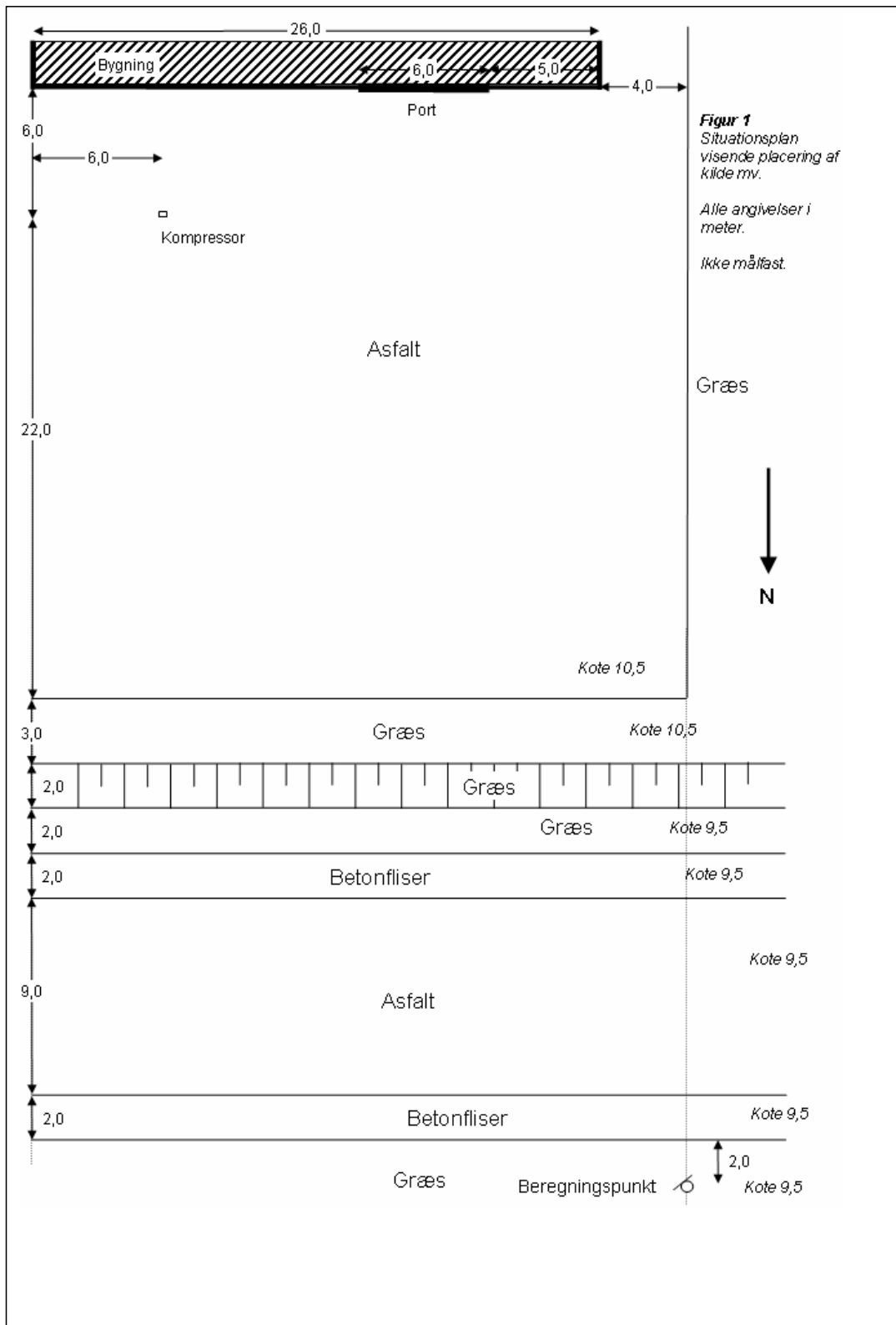
Tabel 1

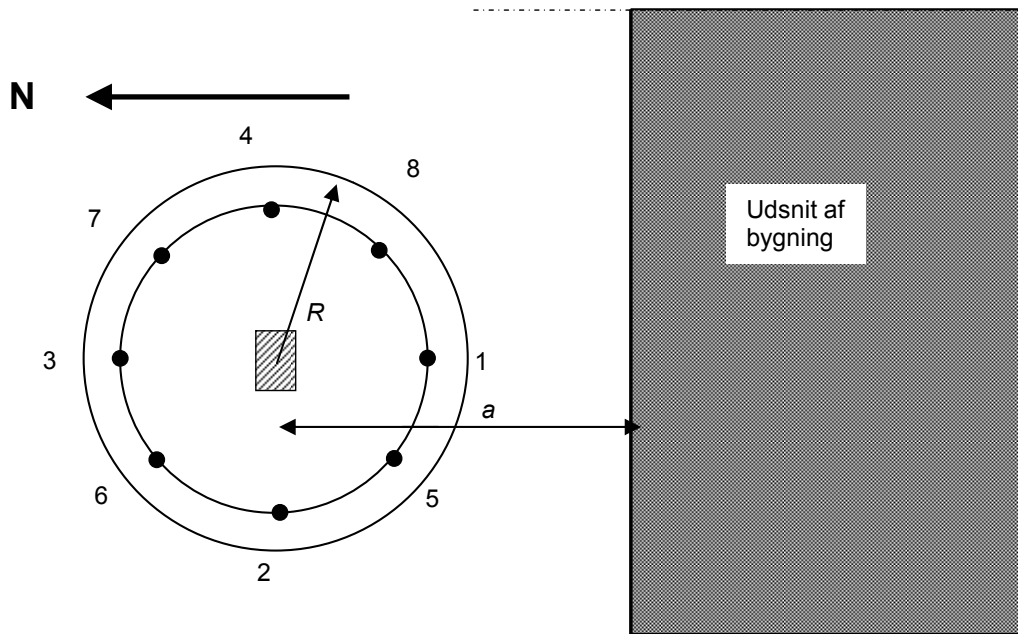
Målte lydtrykniveauer i portåbningen (dB re 20 μ Pa) pr. 1/1-oktav uden frekvensvægtning samt totalt A-vægtet lydtrykniveau.

Kompressoren står på den asfalterede plads og kan rummes i en referenceboks på $l \cdot b \cdot h = 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,8$ m. Kildens akustiske midtpunkt er 0,4 m over terræn, 6,0 m fra bygningens facade. På den side af kompressoren, der vender mod genboen, har virksomheden monteret en skærm på $1,2 \cdot 1,2$ m. Kildestyrken er retningsafhængig, og måleteknikererne valgte at bruge kuglemetoden med en måleradius $R = 4,0$ m, selv om hun var klar over, at målingerne ville være påvirket af lyd reflekteret fra fabriksbygningens facade, en påvirkning det ville være nødvendigt at korrigere måleresultaterne for.

Figur 2 viser en skitse af placeringen af kompressor, måleflade og målepositioner i forhold til bygningens facade. En orienterende måling viste, at det totale A-vægtede lydtrykniveau var højest i positionen mærket 1 i Figur 2, nærmest ved bygningens facade. De øvrige positioner mærket 2-8 i figuren er jævnt fordelt på en cirkel som foreskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993.

Resultatet af frekvensanalysen af støjen er gengivet i Tabel 2. Kompressoren er i drift i 10 min én gang hver halve time hele dagen igennem.





Figur 2
 Planskitse visende placeringen af kompressoren og målepositionerne i forhold til fabriksbygningens facade. $a = 6$ m. Ikke i mål.

Pos.	Frekvens [Hz]								
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k	A-vægtet
1	75,1	76,9	74,4	71,1	69,3	65,5	60,8	60,6	74,3
2	75,1	76,9	72,5	68,7	70,1	64,7	59,9	58,9	73,6
3	73,1	74,9	70,8	67,9	60,9	57,1	52,1	50,0	68,8
4	72,9	73,1	71,7	69,4	67,2	62,0	56,6	55,3	71,7
5	75,6	77,3	73,2	69,4	69,6	65,7	61,1	60,5	74,0
6	74,0	75,8	71,0	67,7	63,7	59,7	54,4	52,2	69,8
7	72,6	74,0	71,3	68,7	62,0	57,6	52,9	51,3	69,4
8	73,9	75,4	74,3	71,6	68,5	64,1	59,1	58,8	73,7

Tabel 2
 Målte lydtrykniveauer (dB re $20\mu\text{Pa}$) pr. 1/1-oktav uden frekvensvægtning samt totalt A-vægtet lydtrykniveau.

Appendix 2

Udskrift af regneark med resultater (de sande værdier)

Svarskema	15. sammenlignende støjmåling	
Deltager(e):	Sande værdier	Lab. navn: Alle deltagere , Adresse:
Resultater	Portåbning	Kompressor
	LAeq dB	LAeq dB
Foreløbigt sande værdier	42,5	45,2
	42,6	46,1
Generelt:	De hvide felter skal udfyldes. dB-værdier angives med én decimal.	
Anvendt software	div.	

Appendix 3 Afvigelser og karaktergivning

Sammenhængen mellem afvigelser fra de sande værdier og karaktererne afhænger ifølge RL 20/96, Appendix 8 [2] af eksemplernes sværhedsgrad. Sammenhængen anvendt i den 15. sammenlignende støjmåling fremgår af nedenstående tabel:

Karakter	Portåbning ΔL_{Aeq}	Kompressor ΔL_{Aeq}
5	0,0-0,3	0,0-0,7
4	0,4	0,8
3	0,5-0,6	0,9-1,0
2	0,7-0,9	1,1
1	$\geq 1,0$	$\geq 1,2$

Sammenhængen mellem enkeltkarakterer og afvigelser, ΔL_{Aeq} [dB] fra de sande værdier i den 15. sammenlignende støjmåling.

Den mindste acceptable karakter er ifølge RL 20/96 karakteren 3.

Den samlede karakter for beregningsopgaven er fastsat som gennemsnittet af de to karakterer.

Appendix 4

Deltagerne i den 15. sammenlignende støjmåling

Deltagerne er nævnt i alfabetisk rækkefølge efter laboratoriets navn. Rækkefølgen er ikke den samme som ved resultatbehandlingen, hvor hver deltager har et nummer.

Personer, der har afleveret fælles besvarelser, er angivet sammen i én rubrik ud for laboratorienavnet. For personer, der har afleveret individuelle besvarelser, er navnene angivet i hver sin rubrik ud for laboratorienavnet.

Acousafe Aps Håndværkervej 8 6710 Esbjerg V	Henrik Gliese
AkustikNet A/S Frederikssundsvej 179 B 2700 Brønshøj	Palle Voss Knud Skovgård Nielsen
AM-Gruppen Høgevej 21 6705 Esbjerg Ø	Aage Jørgensen Kim Baarsøe
Birch & Krogboe A/S Vestre Stationsvej 21 5000 Odense C	Jens Duch
Carl Bro – Acoustica Vævervej 7 8800 Viborg	Jens K. Nørgård
COWI A/S Parallelvej 2 2800 Kgs. Lyngby	Jørgen Vasehus Madsen
COWI A/S Odensevej 95 5260 Odense S	Lars Find Larsen

cp test a/s Grønlandsvej 96 7100 Vejle	Morten B. Christensen
DanAkustik Rådgivende Ingeniører Storetorv 9, 2. sal 6200 Aabenraa	Per A. Laursen Gerhard Schlicker Gustav Bruun
DELTA Kongsvangs Allé 33 8000 Århus	Bo Søndergaard
Elsam Engineering A/S Kraftværksvej 53 Skærbæk 7000 Fredericia	Henrik Sperling Torben Foged John Jørgensen Anders Rasmussen Paul B. Sørensen Kurt Christensen
FORCE Technology Støjgruppe Park Alle 345 2605 Brøndby	Peter Just
Esbjerg Kommune Miljø, Rådhuset Torvegade 74 6700 Esbjerg	Karsten Hjorth-Sørensen
Eurofins Danmark A/S Smedeskovvej 38 8464 Galten Ollerupvej 8 9220 Aalborg Ø Strandesplanaden 110 2665 Vallensbæk Strand Holbergsvej 10 6000 Kolding	Jens Vang Jesper Konnerup Henrik Larsen Carsten Villsen

Hedeselskabet Miljø og Energi as Jens Juuls Vej 18 8260 Viby J.	Hans Drejer
Ingemansson Technology AB Blegdamsvej 104 C 2100 København Ø	Ikke angivet
Miljøcenter Fyn/Trekantområdet I/S Niels Bohrs Allé 181 5220 Odense SØ	Vagn Brogaard
Miljøcenter Fyn/Trekantområdet I/S Niels Bohrs Allé 181 5220 Odense SØ	Jørgen Dam Christensen
Miljøcenter Østjylland I/S Hadsten Centret Østergade 9 8370 Hadsten	Michael Schytte
Miljøcenter Østjylland I/S Hadsten Centret Østergade 9 8370 Hadsten	Lars Svendsen
NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S Åboulevarden 80 8000 Århus C	Jan Christensen
Novo Nordisk Engineering A/S Gladsaxevej 372 2860 Søborg	Stig Martin Hansen
RAMBØLL Jernbanevej 65 5210 Odense NV	Ole Funk Knudsen

RAMBØLL Jernbanevej 65 5210 Odense NV	Karl Grove Sørensen
Riis Akustik Nørreled 22 4300 Holbæk	Claus Riis
Tornhøj Måleteknik Axel Juels Allé 90 2750 Ballerup	Jørgen Tornhøj Christensen
VM acoustics aps Skovgårdsgade 8 8000 Århus C	Ole Jacob Veiergang
WH - Rådgivende Ingeniører Kristiansvej 13 8660 Skanderborg	Hans Anker Pedersen
Ødegaard & Danneskiold-Samsøe A/S Titangade 15 2200 København N	Per Trøjgård Andersen

Appendix 5 Resultater

Deltager nr. henviser til de enkelte besvarelser. "0" er Referencelaboratoriets foreløbigt sande værdier

Deltager nr.	Rå data			Afvigelse			Karakterer		
	Portåbning LAeq dB	Kompressor LAeq dB	Portåbning LAeq dB	Portåbning LAeq dB	Kompressor LAeq dB	Portåbning LAeq dB	Kompressor LAeq dB	Portåbning LAeq dB	Samlet karakter
Sand værdi	42,5	45,2	0,0	0,0	0,0	5	5	5	5
0	42,6	46,1	0,1	0,1	0,9	5	3	3	4
1	42,6	45,4	0,1	0,1	0,2	5	5	5	5
2	42,2	43,8	0,3	0,3	1,4	5	1	1	3
3	42,2	43,9	0,3	0,3	1,3	5	1	1	3
4	42,6	46,4	0,1	0,1	1,2	5	1	1	3
5	42,6	46,4	0,1	0,1	1,2	5	1	1	3
6	42,5	45,5	0,0	0,0	0,3	5	5	5	5
7	42,4	45,9	0,1	0,1	0,7	5	5	5	5
8	42,5	43,3	0,0	0,0	1,9	5	1	1	3
9	42,5	44,0	0,0	0,0	1,2	5	1	1	3
10	42,9	45,9	0,4	0,4	0,7	4	5	5	5
11	42,5	45,3	0,0	0,0	0,1	5	5	5	5
12	42,5	45,0	0,0	0,0	0,2	5	5	5	5
13	41,8	45,6	0,7	0,4	0,4	2	5	5	4
14	42,4	44,6	0,1	0,1	0,6	5	5	5	5
15	42,5	44,9	0,0	0,0	0,3	5	5	5	5
16	42,6	45,2	0,1	0,1	0,0	5	5	5	5
17	42,5	44,2	0,0	0,0	1,0	5	3	3	4
18	42,6	43,8	0,1	0,1	1,4	5	1	1	3
19	42,6	45,0	0,1	0,1	0,2	5	5	5	5
20	42,6	45,5	0,1	0,1	0,3	5	5	5	5
21	42,7	45,2	0,2	0,2	0,0	5	5	5	5
22	42,5	45,2	0,0	0,0	0,0	5	5	5	5
23	42,4	45,0	0,1	0,1	0,2	5	5	5	5
24	42,5	45,7	0,0	0,0	0,5	5	5	5	5
25	42,5	44,4	0,0	0,0	0,8	5	4	4	5
26	42,6	45,2	0,1	0,1	0,0	5	5	5	5
27	42,5	44,8	0,0	0,0	0,4	5	5	5	5
28	42,5	45,1	0,0	0,0	0,1	5	5	5	5
29	42,4	45,4	0,1	0,1	0,2	5	5	5	5

Appendix 6 Delresultater til beregningsopgaven

DELTA Acoustics & Vibration - Environmental Noise from Industrial Plants. - Version: 7.0.1.3

Port alt. 1

25-11-2004

Kilde nr. 1 Portåbning

Kildehøjde: 12,9 m

Immissionspunktets højde: 11,0 m

Transmissionsvejens længde: 51,4 m

--- Antal skærme ---

Skærm nr.	1
Afstand fra kilde:	31,9 m
Højde til	
overkant	10,5 m
underkant	9,5 m
Vinkel:	77,0°
Vandret udstrækning:	
til venstre for tr.-vej:	200,0 m
til højre for tr.-vej:	200,0 m
Effektiv skærmhøjde:	-2,0 m

--- Terrænkorrektion ---

Kildehøjde relativt til terræn: 2,4 m

Højde af beregningspunkt relativt til terræn: 1,5 m

Terræn består af:

Kildedel:	51,4 mGs = 0,2
Ingen centraldel.	
Immissionsdel:	45,0 mGi = 0,2

Portåbning

Niveauer og korrektioner i dB

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	A-vægt.
Uds.effekt	72,3	79,3	85,3	90,3	88,3	84,3	79,3	72,3	94,1
Afstand	-45,2	-45,2	-45,2	-45,2	-45,2	-45,2	-45,2	-45,2	
Absorption	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,4	-0,9	-2,9	
Vegetation									
Refleksion									
Skærme	-1,0	-1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Terræn	3,0	2,2	0,9	1,6	2,3	2,4	2,4	2,4	
Andre	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	
Korr. i alt	-51,3	-52,6	-52,4	-51,7	-51,1	-51,2	-51,7	-53,7	
Res. niveau	21,0	26,7	32,9	38,6	37,2	33,1	27,6	18,6	42,5

Korrektion for refleksion i målepositionerne ved kompressoren

Koordinaterne til kilde, spejlkilde og målepositioner er angivet i et koordinatsystem med begyndelsespunkt i beregningspunktet, X-aksen mod syd og Y-aksen mod øst.

Alle målepositioner var ved kildestyrkemålingen placeret på en kugleflade med radius $R = 4$ m og centrum i midtpunktet af referenceboksen og dennes spejlbillede i terrænoverfladen. Alle positioner var $0,6 \cdot R = 2,4$ m over terræn og i vandret afstand $0,8 \cdot R = 3,2$ m fra kuglens centrum.

Kildens højde var 0,4 m over terræn, og afstanden fra kildens centrum til alle målepositionerne var:

$$R = \sqrt{(2,4 - 0,4)^2 + 3,2^2} = 3,77 \text{ m}$$

Kildens spejlbillede i facaden var 6 m bag facaden, og afstanden R' fra spejlbilledet af kilden til hver af målepositionerne var som angivet i tabellen på side 39. På grundlag af formlerne angivet i (2) – (5) er der beregnet en (negativ) korrektion ΔL_{refl} , som skal adderes til de målte lydtrykniveauer for at tage højde for, at en del af den målte lyd ved kildestyrkemålingen stammede fra refleksion fra bygningens akustisk hårde facade. Det totale lydtryk niveau L_{tot} i målepositionen består af direkte lyd L_{dir} og reflekteret lyd L_{refl} :

$$L_{\text{tot}} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{\text{dir}}}{10}} + 10^{\frac{L_{\text{refl}}}{10}} \right) \quad (2)$$

Den reflekterede lyd er dæmpet i forhold til den direkte lyd:

$$L_{\text{refl}} = L_{\text{dir}} - 20 \log \frac{R'}{R} \quad (3)$$

under en forudsætning af en refleksionskoefficient på 1.

Indsættes L_{refl} efter (3) i (2) fås efter omarrangering (4) og (5):

$$L_{\text{dir}} = L_{\text{tot}} + \Delta L_{\text{refl}} \quad (4)$$

$$\Delta L_{\text{refl}} = -10 \log \left(1 + \left(\frac{R}{R'} \right)^2 \right) \quad (5)$$

Note 1: Af Nordtest metode NT ACOU 080 [5], som er nyere end Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993, fremgår det, at hvis $R' > 2 \cdot R$, altså når den reflekterede lyds bane er længere end det dobbelte af den direkte lyds bane, da kan man med tilnærmelse se bort fra korrektionen. Referencelaboratoriet har dog ment det rigtigst i den sammenlignende måling at foretage korrektionen, der som det fremgår af tabellen på side 39, er på mellem -0,3 dB og -0,7 dB.

Note 2: Hvis man forudsætter, hvilket ikke var tilsigtet i opgaveteksten, at der sker et tab på 1 dB ved refleksionen, får man en ca. 0,1 dB højere kildestyrke.

Note 3: Beregningen af ΔL_{refl} i nedenstående tabel forudsætter, at kilden er rundstrålende, hvad den ikke er. Udstrålingen er mindst omkring retning 0° , mest udpræget ved høje frekvenser, og størst i retning af den reflekterende facade. Tages der hensyn til dette, ændres ”balancen” mellem den direkte og den reflekterede lyd, og det endelige resultat ændres med nogle få tiendedele dB.

		x [m]	y [m]	z [m]	R' [m]	ΔL_{refl} [dB]
	Kilde	44,00	24,00	10,90		
	Spejlkilde	56,00	24,00	10,90		
Retning	Pos. Nr.					
180°	1	47,20	24,00	12,90	9,02	-0,70
270°	2	44,00	20,80	12,90	12,58	-0,37
0°	3	40,80	24,00	12,90	15,33	-0,26
90°	4	44,00	27,20	12,90	12,58	-0,37
225°	5	46,26	21,74	12,90	10,19	-0,56
315°	6	41,74	21,74	12,90	14,58	-0,28
45°	7	41,74	26,26	12,90	14,58	-0,28
135°	8	46,26	26,26	12,90	10,19	-0,56

Koordinaterne (x,y,z) til kilden, kildens spejlbillede og Pos. 1-8 samt afstanden R' og korrektionen ΔL_{refl} , jf. teksten.

DELTA Acoustics & Vibration - Environmental Noise from Industrial Plants. - Version: 7.0.1.3
 Kompressor alt. 1

25-11-2004

Kilde nr. 1 Kompressor
 Kildehøjde: 10,9 m
 Immissionspunktets højde: 11,0 m
 Transmissionsvejens længde: 50,1 m

--- Antal skærme ---

Skærm nr. 1
 Afstand fra kilde: 28,5 m
 Højde til
 overkant 10,5 m
 underkant 9,5 m
 Vinkel: 68,0°
 Vandret udstrækning:
 til venstre for tr.-vej: 200,0 m
 til højre for tr.-vej: 200,0 m
 Effektiv skærmhøjde: -1,2 m

--- Terrænkorrektion ---

Kildehøjde relativt til terræn: 0,4 m
 Højde af beregningspunkt relativt til terræn: 1,5 m
 Terræn består af:
 Kildedel: 12,0 m Gs = 0,0
 Ingen centraldel
 Immissionsdel: 45,0 m Gi = 0,2

Kompressor

Niveauer og korrektioner i dB

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	A-vægt.
Uds. effekt	67,5	79,2	83,6	85,9	87,1	83,8	78,8	75,9	92,0
Afstand	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0	
Absorption	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,4	-0,9	-2,8	
Vegetation									
Refleksion									
Skærme	-1,1	-2,1	-3,5	-1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
Terræn	3,0	2,5	1,6	1,9	2,6	2,7	2,7	2,7	
Andre	-5,1	-4,9	-6,3	-6,3	-9,4	-8,9	-9,3	-10,7	
Korr. i alt	-48,2	-49,4	-53,1	-51,2	-52,0	-51,6	-52,4	-55,8	
Res. niveau	19,3	29,8	30,4	34,7	35,1	32,3	26,4	20,1	40,2

DELTA Acoustics & Vibration - Environmental Noise from Industrial Plants. - Version: 7.0.1.3

Spejl_Kompressor alt. 1

25-11-2004

Kilde nr. 1 Spejlkompressor

Kildehøjde: 10,9 m

Immissionspunktets højde: 11,0 m

Transmissionsvejens længde: 60,9 m

--- Antal skærme ---

Skærm nr.	1
Afstand fra kilde:	40,3 m
Højde til	
overkant	10,5 m
underkant	9,5 m
Vinkel:	67,0°
Vandret udstrækning:	
til venstre for tr.-vej:	200,0 m
til højre for tr.-vej:	200,0 m
Effektiv skærmhøjde:	-1,3 m

--- Terrænkorrektion ---

Kildehøjde relativt til terræn: 0,4 m

Højde af beregningspunkt relativt til terræn: 1,5 m

Terræn består af:

Kildedel:	12,0 m	Gs = 0,0
Centraldel:	3,9 m	Gc = 0,0
Immissionsdel:	45,0 m	Gi = 0,2

Spejlkompressor

Niveauer og korrektioner i dB

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	A-vægt.
Uds. effekt	67,5	79,2	83,6	85,9	87,1	83,8	78,8	76,0	92,0
Afstand	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7	
Absorption	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,4	-1,0	-3,4	
Vegetation									
Refleksion									
Skærme	-1,1	-2,1	-3,4	-1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
Terræn	3,2	2,7	1,8	2,1	2,8	2,9	2,9	2,9	
Andre	-3,8	-3,6	-3,8	-4,2	-3,0	-2,4	-2,2	-1,9	
Korr. i alt	-48,4	-49,6	-52,1	-50,3	-47,2	-46,7	-47,1	-49,1	
Res. niveau	19,2	29,7	31,5	35,6	39,9	37,2	31,7	26,8	43,6

