

ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

Beregning af skudstøj

Orientering nr. 41

BSG/CB/JJ/ilk

31. juli 2009

- Miljøstyrelsens forskellige vejledninger
- Forskellige beregningsmetoder
- Hvordan udføres beregninger i praksis?

Indhold

1. Indledning.....	2
2. Gældende vejledninger og dokumenter angående skydebaner og skudstøj	2
Miljøstyrelsens vejledning nr. 1/1995: ”Skydebaner”, marts 1995 [1]	2
Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1995: ”Beregning og måling af støj fra skydebaner”, marts 1995 [2]	2
3. Andre dokumenter om beregning af skudstøj.....	3
4. Sammenligning af beregningsmodeller	6
Sammenligning af metoderne	6
Sammenfatning af sammenligningen	8
5. Støjberegninger ved anvendelse af nye støjberegningsprogrammer	11
Fastlæggelse af kildestyrke på baggrund af udgangsværdien.....	11
Direktivitet.....	11
Hvor finder man udgangsværdierne i frekvensbånd?.....	13
Vegetationsdæmpning	13
Skærmvirkning	13
Skydeblændere	13
6. Opsummering	14
7. Referencer	15
Appendix 1 - Udgangsværdier i 1/1-oktavbånd.....	16

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger
c/o DELTA – Venlighedsvej 4 – 2970 Hørsholm
Tlf.: 72 19 40 00 – Fax: 72 19 40 01 – www.delta.dk/reflab

1. Indledning

Administration af støj fra skydebaner håndteres efter Miljøstyrelsens vejledninger 1/1995 [1] og 2/1995 [2]. I [2] er der anvist en metode til beregning af støj fra skydebaner, nomogrammetoden samt henvist til beregningsprogrammet SKUDD udviklet af det norske konsulentfirma Kilde Akustikk A/S. Beregningsprogrammet beregner støj fra skydebaner i 1/1-oktavbånd efter principperne i [2]. Vejledningen og beregningsprogrammet er fra 1995, og det er ikke længere muligt at købe SKUDD.

Da der nu i højere grad ønskes optegnet detaljerede støjkonsekvensområder om skydebanerne, ser denne orientering på andre og mere tidssvarende muligheder for at udføre støjberegningerne.

2. Gældende vejledninger og dokumenter angående skydebaner og skudstøj

Miljøstyrelsens vejledning nr. 1/1995: "Skydebaner", marts 1995 [1]

Skydebanevejledningen beskriver både, hvordan støjkonsekvensområdet omkring skydebaner bestemmes i forbindelse med støjkortlægning/planlægning, og hvordan miljøgodkendelse af skydebaner håndteres. I vejledningen er der opstillet støjgrænser, der afhænger af antallet af dage/aftener, hvor der skydes. Desuden prioriteres beregning af støjbelastninger fra skydebaner over støjmålinger på grund af den store usikkerhed på målingerne og det omfattende arbejde, der skal til for at nedbringe usikkerheden. Vejledningen beskriver også muligheder for dæmpning af skudstøj.

Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1995: "Beregning og måling af støj fra skydebaner", marts 1995 [2]

Vejledningen indeholder en bearbejdet oversættelse af den fælles nordiske beregningsmetode samt data for kildestyrken af i alt 125 håndvåben. Af overskuelighedsgrunde benyttes dog sædvanligvis ét af 10 typiske, udvalgte våben (våbenklasser) ved beregninger. Desuden beskriver vejledningen principperne for måling af skudstøj.

Beregningsmetoden er udelukkende gældende for skudstøj og har nogle forudsætninger, som er anderledes end ved beregning af industristøj:

- Kombinationen af skærmning og vegetationsdæmpning må ikke overskride 20 dB.
- Der kan kun indregnes virkningen af én skærm. Ved flere skærme indregnes den mest effektive skærm.
- Vegetationsdæmpningen er højere for skudstøj, hvilket skyldes, at det er et maksimalniveau, der beregnes.

Med henblik på måling af kildestyrker for håndvåben er der i Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1995 [2] anført: ”Måling og databehandling ved bestemmelse af udgangsværdi (kildestyrke) og frekvensklasse for sådanne nye/ukendte våben eller ammunitionstyper kræver særlig akustisk ekspertise, hvorfor målinger og det udførende laboratorium/institut skal godkendes af Miljøstyrelsen i hvert enkelt tilfælde”.

Brev fra Miljøstyrelsen til kommuner m.v. J.nr. M 171/185-0001 af 3. juni 1998 [3]

Brevet omhandler, hvorledes skydebaners aktivitetsomfang opgøres, om rammegodkendelse af skydebaner kan opnås, om en skydebane er ny eller eksisterende m.v. Brevet kan findes på Miljøstyrelsens hjemmeside under støj/regler og vejledninger.

Beregning af støj fra skydebaner med flere standpladser

Det har ved fortolkningen af [2] været diskuteret, hvad middelskudretningen er for flugtskydningsbaner. I Spørgsmål og Svar på Referencelaboratoriets hjemmeside er dette uddybet:

Uanset typen af skydebane (trap, skeet, jagt eller andet) skal der i beregningerne benyttes middelskudretningen for den standplads, der giver det højeste bidrag. Er der tale om flere immissionspunkter, gælder denne betragtning for hvert af immissionspunkterne. Med fx 6 standpladser og 5 immissionspunkter kan det altså være nødvendigt at vurdere op til 30 kombinationer af standplads og immissionspunkt for at vælge den standplads, der giver det højeste bidrag i hvert immissionspunkt.

Forsvarets øvelsesområder

For Forsvarets øvelsesområder er der på grund af de specielle aktiviteter udarbejdet særskilte retningslinjer. Miljøstyrelsens vejledning 8/1997: ”Beregning af støjkonsekvensområder omkring forsvarets øvelsesområder” beskriver den anbefalede fremgangsmåde. I Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 21/1999: ”Støj fra tunge våben og håndvåben på øvelsesområder” gives baggrunden for anbefalingerne og en række kildedata til brug for beregningerne. Disse områder er ikke omtalt i denne orientering.

3. Andre dokumenter om beregning af skudstøj

”Noise from Shooting Ranges. A nordic prediction Method for small-bore Weapons”. Kilde Rapport nr. 73 a, maj 1984 [4]

Denne rapport danner grundlag for nomogrammetode i Vejledning 2/1995 [2] og også for 1/1-oktavmetoden i beregningsprogrammet SKUDD.

"Noise from Shooting Ranges, Revision of Joint Nordic Prediction Method. Nordtest project 1151-94". DELTA Rapport AV 412/95, juni 1995 [5]

Denne rapport danner grundlag for NT ACOU 099 [7].

"Beregning af støj fra skydebaner. Undersøgelse af forskellige beregningsmetoder" DELTA Rapport AV 295/94 for Forsvarets Bygningstjeneste, april 1994 [6]

I rapporten sammenlignes nomogrammetode, 1/1-oktavmetoden fra SKUDD og Industristøjmetoden fra ILYD (General Prediction Method (GPM)). I den forbindelse blev det konstateret at:

Både SKUDD og industristøjsmetoden blev udviklet i starten af 1980'erne inden for en række fælles nordiske projekter. Udviklingen foregik for en stor dels vedkommende parallelt. Det har været hensigten, at den lydudbredelsesmodel, som indgik i GPM, med tiden skulle være grundlaget for samtlige øvrige nordiske beregningsmetoder, og den indgår ud over i SKUDD også i beregningsmetoderne for togstøj og for støj fra motorsportsbaner.

Imidlertid er der opstået mindre afvigelser mellem SKUDD og GPM som en følge af det parallelt fortløbende arbejde. Efter at udviklingen af SKUDD blev standset for at undgå yderligere modifikationer af de nomogrammer, som benyttes til beregninger i enkle situationer, og som er den offentliggjorte udgave af SKUDD, er der indført følgende ændringer i GPM:

- Beregning af terrænkorrektionen er modificeret i 63 Hz-oktavbåndet, hvorved den bliver 3 dB lavere. Dette er sket for at opnå overensstemmelse med metoderne for kildestyrkemåling og har kun undtagelsesvist betydning for beregningsresultater.
- Beregning af luftabsorption udføres ikke ved 1/1-oktavcenterfrekvensen, men ved centerfrekvensen for det laveste 1/3-oktavbånd. Ændringen er sket, for at beregningsresultaterne skal ligge til den miljømæssigt "sikre" side for almindelig industristøj, som sædvanligvis er overvejende lavfrekvent.
- Beregning af skærmmkorrektionen udføres ikke ved 1/1-oktavcenterfrekvensen, men ved centerfrekvensen for det laveste 1/3-oktavbånd, jf. ovenfor.

Konsekvensen er, at for simple situationer giver programmet ILYD konsekvent højere niveauer, end der opnås med SKUDD. Afvigelserne mellem SKUDD og ILYD er dog ikke større end de afvigelser, der kan optræde mellem SKUDD og nomogrammetoden. Det konkluderes dog, at afvigelserne mellem SKUDD og ILYD (forudsat at vegetationsdæmpningen tages fra nomogrammetoden) ligger mellem -1,5 dB og +0,3 dB. Dette medfører, at der i [2] er anført, at Miljøstyrelsen finder, at de to PC-baserede metoder (SKUDD og ILYD med modificeret vegetationsdæmpning) begge kan anvendes til beregning af støj fra skydebaner.

Nordtest-metode NT ACOU 099 Shooting Ranges: Prediction of Noise 1997-05 [7]

Nordtest-metoden anviser en 1/1-oktav beregningsmetode for skudstøj for håndvåben. Metoden er i alt væsentlighed bygget op som den fælles nordiske beregningsmetode for industristøj, som den er beskrevet i Vejledning 5/1993 [8]. Der er dog mindre afvigelser for luftabsorption, vegetationsdæmpning og skærmvirkning. Ud over den almindeligt benyttede beregningsmetode, der gælder for våbnes mundingsstøj, er der anført en overslagsmæssig beregningsmetode for overlydsstøj fra håndvåben, hvor projektilerne har overlydshastighed. Denne metode kan anvendes til at forudsige, i hvilke områder omkring en skydebane der kan være risiko for overlydsstøj.

Beregningen af overlydsstøj bør dog i kritiske situationer følges op med en kontrolmåling, da metoden er meget følsom i yderkanterne af de områder, hvor overlydsstøjen kan forventes at optræde. Modellen for beregning af overlydsstøj er sammen med modellen for mundingsstøj så vidt vides kun implementeret i beregningsprogrammet NoMeS, der udvikles og forhandles af Kilde Akustikk.

Vegetationsdæmpning: I NT ACOU 099 er der indført et ekstra dæmpningsled svarende til, at skudstøj vurderes med tidskonstant "T", mens industristøj vurderes som en middelværdi over et givet tidsinterval. I forhold til koefficienterne i Tabel 5.3.4 i [8], der gælder for en trægruppe (ugennemsigtig) med en dybde på 50 m, adderes et led på 1,25 dB ved alle frekvenser. Hvis industristøjsmodellen anvendes, undervurderes vegetationsdæmpningen med op til 5 dB ved en vegetationsdybde på 200 m. Der er en øvre grænse for vegetationsdybden på 200 m i NT ACOU 099, ligesom i industristøjsmodellen GPM. I enkelte beregningsprogrammer indsættes vegetationsdæmpningen som en værdi, der gælder ved alle frekvenser; dette er ikke i overensstemmelse med GPM.

Skærmvirkning: Skærmvirkning for enkeltskærme er ens i Nordtest-metoden og i GPM. Når der er tale om dobbeltskærme, regnes virkningen af begge skærme kun med i Nordtest-metoden, når den ene skærm ligger tæt på kilden, fx sidevolden på en skiveskydningsbane, en ekstra støjskærm, der ikke er en del af skydehuset eller en lokal skærmning omkring standpladsen på en flugtskydningsbane. Den anden skærm kan så være en del af terrænet og skal ligge længere væk. Det anføres, at 2 skærme, som begge udgøres af terrænet, ikke kan regnes som 2 skærme, men at den mest effektive skærm anvendes. Dette kan være vanskeligt at kontrollere i praksis i nogle af de store beregningsprogrammer.

I Appendix B af NT ACOU 099 findes indsætningsdæmpningen for forskellige typer af skydehuse og frembygninger. I Appendix C er der anført en metode til bestemmelse af kildestyrke af håndvåben.

I et brev af 2. juli 1997 fra Miljøstyrelsen til De Danske Skytteforeninger [9] anføres, at det er Miljøstyrelsens opfattelse, at Nordtest-metoden er udtryk for den nyeste viden på området, og at den tillades anvendt som alternativ til metoden i Vejledning 2/1995. Det anføres endvidere,

at i de fleste praktiske tilfælde vil der ikke være betydende forskel mellem resultater beregnet ved brug af den nye og den hidtidige metode, men i situationer, hvor der forekommer

- betydende støjbidrag fra projektiler med overlydshastighed,
- mere end ét betydende skærmende objekt under lydets udbredelse,
- skydehuse med bedre lyddæmpende egenskaber end type Z i Vejledning 2/1995, eller
- betydende bidrag af reflekteret skudstøj,

vil den nye metode efter Miljøstyrelsens mening give mere nøjagtige og retvisende resultater end beregningsmetoden i Vejledning 2/1995.

4. Sammenligning af beregningsmodeller

De tilgængelige beregningsmodeller, der findes for skudstøj, er:

1. Nomogrammetoden beskrevet i [2] (og [4])
2. 1/1-oktav metoden baseret på metoderne i [2] og [4] og implementeret i SKUDD
3. Industristøjsmetoden GPM, beskrevet i [8] og implementeret i ILYD, SoundPLAN m.fl.
4. Nordtest-metoden NT ACOU 099, beskrevet i [5] og [7] og implementeret i NoMeS.

Sammenligning af metoderne

Der er foretaget sammenligning af nomogrammetoden, SKUDD 3.5, ILYD ver. 7.0.0.0 og SoundPLAN ver. 6.5. Det har ikke været muligt at afprøve NoMeS. Sammenligningen er foretaget for flere situationer, der er illustreret i Figur 1 og Figur 2. Disse situationer illustrerer typiske situationer, men er ikke udtømmende. Resultatet af sammenligningen er vist i Tabel 1.

Den anvendte udgangsværdi er for type 3 våben, som angivet i SKUDD 3.5, i retningen 0°. A-vægtningen i programmet SKUDD er afrundet til hele dB; samme korrektion er anvendt her for at sikre at sammenligningen kun beskriver forskelle i metoderne.

Beregningspunkt	R1	R2	R3	R3	R4	R4	R5
Situation	Simpel. Porøst terræn	Delvist hårdt terræn	Skov	Skov og skærm	Terræn- skærm	Terræn- skærm og lokal- skærm	Sidevold
SKUDD 3.5	76,4	72,5	73,8	63,9	71,3	66,3	61,3
Nomogram	75,5	72,0	73,0	64,0	70,5	65,5	62,0
ILYD	77,1	72,5	79,2	70,0	72,1	62,8	62,6
SoundPLAN	77,1	72,5	58,3	49,4	72,1	62,8	62,8
Max	77,1	72,5	79,2	70,0	72,1	66,3	62,8
Min	75,5	72,0	58,3	49,4	70,5	62,8	61,3
Max-Min	1,6	0,5	20,9	20,6	1,6	3,5	1,5

Tabel 1

Beregnete værdier for $L_{pA,I}$ for forskellige situationer og med forskellige metoder. Beregningerne er baseret på type 3-våben med frekvensfordeling fra SKUDD 3.5 for retningen 0 grader.

Beregningspunkterne R1 og R2 beskriver simple lydudbredelsesforhold med blødt og delvist hårdt terræn, illustreret som en sø i Figur 1. R3 beskriver virkningen af skov med en effektiv højde på 20 m med og uden lokal skærm. R4 beskriver en situation, hvor terrænet netop skærmer (kotehøjde af bakken er 10 m, $h_{\text{eff}} = 0$) kombineret med en lokal skærm. De lokale skærme har en højde på 3 m og er i SKUDD indsat som sideskærm.

Skærmene er dimensioneret med en længde, så der ikke forekommer væsentlig sidediffraktion. I nomogrammetoden og SKUDD er det en forudsætning for, at skærmen kan indregnes. I både ILYD og SoundPLAN kan sidediffraktion indgå, og det er muligt at indregne virkningen af kortere skærme.

Resultaterne i Tabel 1 viser i de fleste situationer en god overensstemmelse mellem metoderne. Spektrene af de beregnede støjniveauer viser, at luftabsorptionen for de valgte situationer er ca. 1 dB lavere i industristøjsmetoderne end i skudstøjsmetoderne. De store afvigelser optræder i eksemplerne med vegetationsdæmpning. Her benytter ILYD-korrektionerne for industristøj, hvorved støjniveauet beregnes ca. 5 dB for højt, og SoundPLAN benytter en fast korrektion pr. meter uden en maksimal grænse for vegetationsdæmpningen. I SoundPLAN-beregningerne er vegetationsdæmpningen sat til 0.05 dB/m, som er en middelværdi af værdierne fra nomogrammodellerne for dæmpning af skudstøj i skov. Vegetationsdæmpningen i eksemplet er i SoundPLAN beregnet til 25 dB. Den maksimale tilladte virkning er ca. 10 dB, og hvis der korrigeres for dette, kommer SoundPLAN i overensstemmelse med SKUDD og nomogrammetoden.

For tilfældet R4 med dobbeltskærmning fra terrænskærm og lokal skærm er princippet i nomogrammetode og SKUDD, at kun den mest effektive skærm vælges, mens ILYD og SoundPLAN er i overensstemmelse med NT ACOU 099, der giver mulighed for at beregne den kombinerede effekt af flere skærme i stor indbyrdes afstand.

Sammenfatning af sammenligningen

Grundlæggende er der god overensstemmelse mellem metoderne, bortset fra de problemområder der er identificeret: vegetation og dobbeltskærmning.

Nomogrammetoden fungerer uden problemer, men giver ikke mulighed for beregning af dobbeltskærmning, hvilket kan tillades ved brug af NT ACOU 099. Den effektive udstrækning af vegetation skal beregnes manuelt ud fra lydbanehøjder, hvilket er kompliceret. Lydbanehøjden er påvirket af skærme.

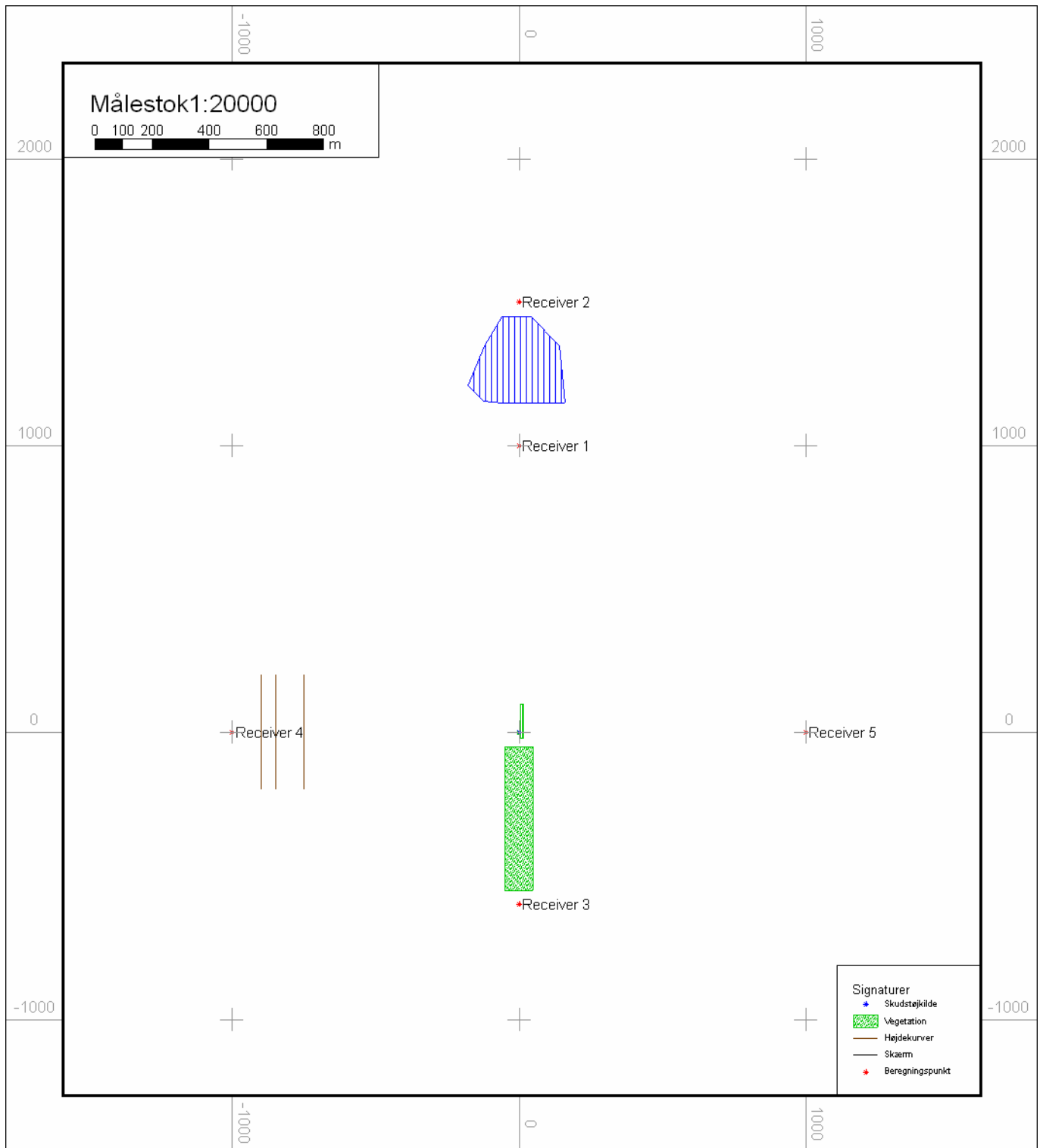
SKUDD, som indeholder en 1/1-oktavmetode, fungerer uden problemer, men indeholder ikke muligheden for dobbeltskærmning. Den effektive udstrækning af vegetationen beregnes automatisk i programmet.

ILYD (GPM) er en 1/1-oktavmodel og fungerer for de fleste situationer, men vegetationsdæmpningen skal beregnes separat evt. fra nomogrammetoden eller Nordtest-metoden. Beregning af dobbeltskærmning i henhold til NT ACOU 099 er inkluderet.

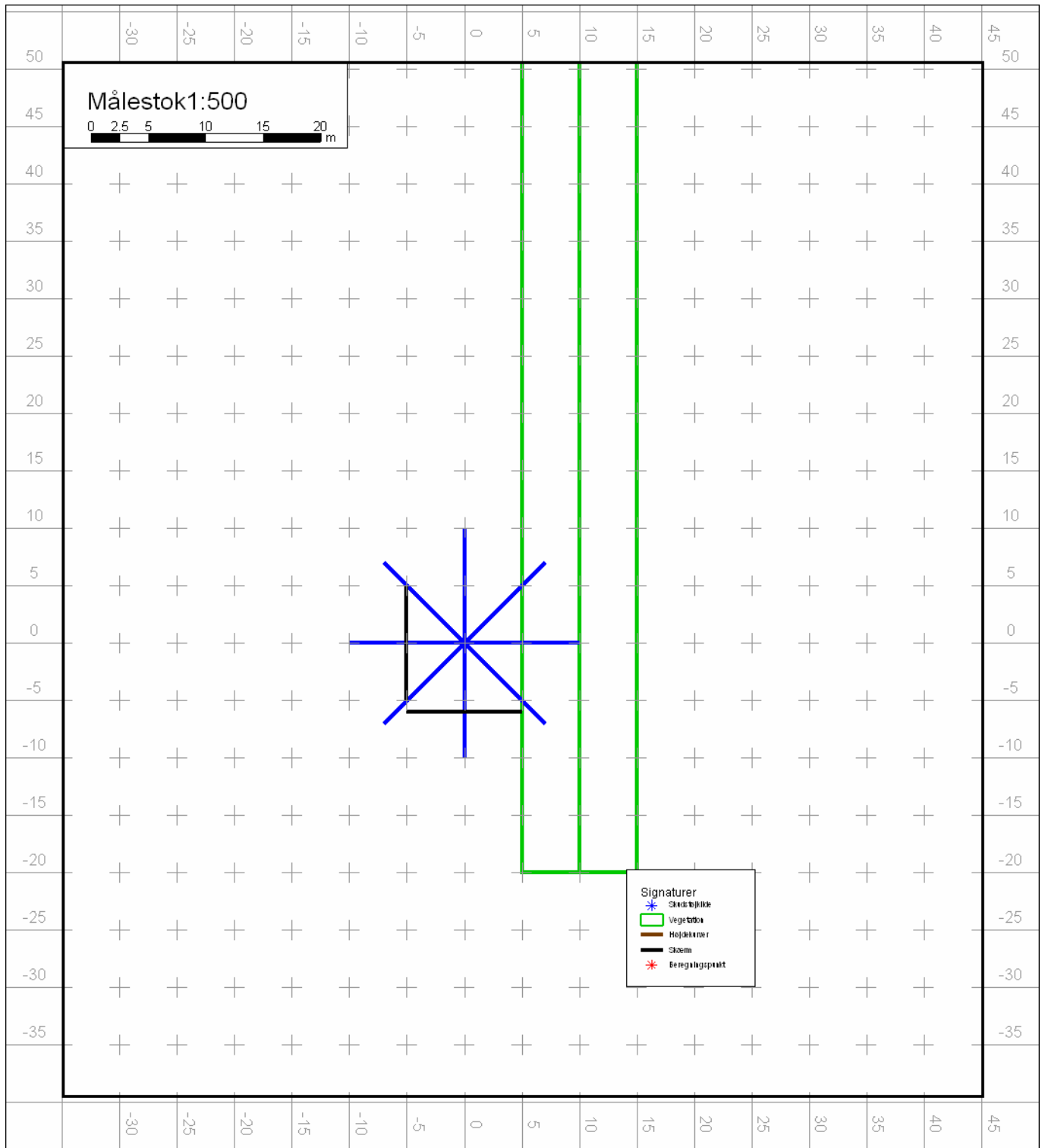
SoundPLAN (GPM) er en 1/1-oktavmodel og fungerer for de fleste situationer. Vegetationsdæmpningen håndteres som en fast dæmpning pr meter ved alle frekvenser (hvilket ikke er i overensstemmelse med GPM). Dæmpningen kan vælges, så den i gennemsnit stemmer med modellen for skudstøj. Den effektive udstrækning af vegetationen bestemmes automatisk. Problemet er, at der ikke kan fastsættes en øvre grænse for vegetationens udstrækning (200 m), og den samlede vegetationsdæmpning kan blive meget højere end tilladt.

Som det kan ses af ovenstående, er ingen af modellerne/programmerne velfungerende for alle situationer. Specielt hvis der er tale om støjkonsekvensområder. Der har ikke været mulighed for at teste NoMeS, men det forventes, at dette program vil beregne problemfrit i henhold til NT ACOU 099, men programmet indeholder ikke kildedata for de danske våben, der indgår i SKUDD og i [2]. Når det drejer sig om punktregninger kan alle programmerne anvendes, og det er muligt at kontrollere om vegetationsdæmpning og skærmning er i overensstemmelse med NT ACOU 099. Når der beregnes støjkonsekvensområder, er det ønskeligt at anvende større beregningsprogrammer som SoundPLAN o. lign.

Det er så nødvendigt at supplere med punktregninger i udvalgte områder for at sikre, at vegetationsdæmpningen ikke overstiger virkningen af 200 m effektiv skov, og at der ikke optræder dobbeltskærmning fra terrænet.



Figur 1
Setup af beregningseksempler.



Figur 2
Nærbillede af standpladsen med sideskærme og vegetationsbælte.

5. Støjberegninger ved anvendelse af nye støjberegningsprogrammer

Fastlæggelse af kildestyrke på baggrund af udgangsværdien

I Miljøstyrelsens vejledninger 1 [1] og 2 [2] fra 1995 er støjen fra håndvåben givet som udgangsniveauet i 10 m afstand fra munden i 5 forskellige retninger. For at kunne anvende ILYD og andre programmer, der regner efter GPM, er det nødvendigt at omregne til en praktisk anvendelig kildestyrke. Da både udgangsværdien og kildestyrken er fritfeltværdier, kan kildestyrken beregnes ved at addere 31 dB til udgangsværdien.

Direktivitet

Skudstøj er stærkt retningsafhængig. Måling af udgangsværdier foretages i 5 retninger, der repræsenterer retningerne 0°, 45°, 90°, 135° og 180° grader i forhold til skudretningen. I retninger mellem disse hovedretninger interpoleres lineært.

Det kan være et ganske omfattende arbejde at fremstille direktivetsdata for de mange typer af skydevåben. For skiveskydningsvåben, som kan benyttes i forskellige typer af skydehuse, der både virker skærmende i visse retninger og reflekterende i andre, bliver det yderligere kompliceret.

Der kan naturligvis i regneark laves simple rutiner, hvor man indtaster en vinkel, og der automatisk beregnes en kildestyrke, som så kan overføres til ILYD.

I de større beregningsprogrammer kan der tages udgangspunkt i kildestyrken i skudretningen. Der knyttes så en frekvensafhængig direktivitet til kilden. Dermed er det muligt at gennemføre beregningerne uden ekstra arbejde. Blot skal skudretningen knyttes til kilden som hovedretningen for direktiviteten. Eksempel på direktiviteten for Type 3-våben uden skydehus er vist i Tabel 2.

Retnings- virkning	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	-0,4	-0,7	-0,9	-0,1	-0,5	-0,4	-0,4	-0,2
20	-0,8	-1,3	-1,7	-0,2	-1,1	-0,8	-0,7	-0,5
30	-1,3	-2,0	-2,6	-0,3	-1,6	-1,1	-1,1	-0,7
40	-1,7	-2,7	-3,5	-0,4	-2,1	-1,5	-1,4	-1,0
50	-2,8	-3,8	-4,6	-1,1	-2,7	-1,9	-1,7	-1,0
60	-4,7	-5,5	-6,1	-2,2	-3,3	-2,2	-2,0	-0,9
70	-6,6	-7,1	-7,5	-3,3	-3,8	-2,6	-2,3	-0,8
80	-8,4	-8,8	-9,0	-4,4	-4,4	-2,9	-2,6	-0,6
90	-10,3	-10,4	-10,4	-5,5	-5,0	-3,3	-2,9	-0,5
100	-10,2	-11,1	-11,7	-7,4	-6,6	-4,6	-3,3	-1,0
110	-10,2	-11,8	-12,9	-9,2	-8,1	-5,9	-3,8	-1,6
120	-10,1	-12,5	-14,2	-11,1	-9,7	-7,2	-4,2	-2,1
130	-10,0	-13,2	-15,5	-13,0	-11,2	-8,5	-4,7	-2,6
140	-10,6	-13,6	-15,9	-13,7	-12,3	-9,8	-5,7	-3,7
150	-11,9	-13,9	-15,6	-13,4	-12,9	-11,0	-7,3	-5,4
160	-13,2	-14,2	-15,3	-13,1	-13,4	-12,1	-9,0	-7,0
170	-14,5	-14,4	-15,0	-12,7	-14,0	-13,3	-10,6	-8,7
180	-15,8	-14,7	-14,7	-12,4	-14,6	-14,5	-12,2	-10,3
190	-14,5	-14,4	-15,0	-12,7	-14,0	-13,3	-10,6	-8,7
200	-13,2	-14,2	-15,3	-13,1	-13,4	-12,1	-9,0	-7,0
210	-11,9	-13,9	-15,6	-13,4	-12,9	-11,0	-7,3	-5,4
220	-10,6	-13,6	-15,9	-13,7	-12,3	-9,8	-5,7	-3,7
230	-10,0	-13,2	-15,5	-13,0	-11,2	-8,5	-4,7	-2,6
240	-10,1	-12,5	-14,2	-11,1	-9,7	-7,2	-4,2	-2,1
250	-10,2	-11,8	-12,9	-9,2	-8,1	-5,9	-3,8	-1,6
260	-10,2	-11,1	-11,7	-7,4	-6,6	-4,6	-3,3	-1,0
270	-10,3	-10,4	-10,4	-5,5	-5,0	-3,3	-2,9	-0,5
280	-8,4	-8,8	-9,0	-4,4	-4,4	-2,9	-2,6	-0,6
290	-6,6	-7,1	-7,5	-3,3	-3,8	-2,6	-2,3	-0,8
300	-4,7	-5,5	-6,1	-2,2	-3,3	-2,2	-2,0	-0,9
310	-2,8	-3,8	-4,6	-1,1	-2,7	-1,9	-1,7	-1,0
320	-1,7	-2,7	-3,5	-0,4	-2,1	-1,5	-1,4	-1,0
330	-1,3	-2,0	-2,6	-0,3	-1,6	-1,1	-1,1	-0,7
340	-0,8	-1,3	-1,7	-0,2	-1,1	-0,8	-0,7	-0,5
350	-0,4	-0,7	-0,9	-0,1	-0,5	-0,4	-0,4	-0,2
360	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 2

Direktivitet i 1/1-oktavbånd for Type 3-våben uden skydehus.

Hvor finder man udgangsværdierne i frekvensbånd?

DELTA har foretaget måling på en lang række håndvåben for Forsvaret og Miljøstyrelsen. Rapporterne over disse data er ikke umiddelbart tilgængelige. Udgangsværdierne for de 11 våbenklasser, som indgår i SKUDD, er inkluderet i Bilag 1 til denne orientering

Vegetationsdæmpning

Vegetationsdæmpningen er den væsentligste forskel på skudstøjmetoderne som beskrevet i [2] og [7] og industristøjmetoden GPM beskrevet i [8]. Ved beregning af støjen i enkelte punkter er det muligt at tage vegetationsdæmpningen fra [2] eller [7] og i øvrigt beregne de øvrige forhold med ILYD eller tilsvarende programmer. I nogle programmer er det muligt at ændre vegetationsdæmpningen. I så fald kan man tage værdierne fra [7] i 1/1-oktavbånd og beregne støjniveauet direkte. Hvis programmet kun tillader at indtaste en værdi, der gælder ved alle frekvenser, kan man bruge værdierne fra Figur 14 i [2]. Hvis man udregner hældningen på de 3 kurver fås vegetationsdæmpningen til ca. 0,045, 0,05 og 0,055 dB pr. m afhængigt af våbentyper. Som et enkelt kompromis kan man vælge 0,05 som gældende for alle våbentyper.

Det gælder dog stadig, at der er en begrænsning på, hvor meget skovdæmpning der må indregnes. Man kan naturligvis indsætte, så meget skov man vil, men der må kun indregnes virkningen af 200 m. Det vil sige maksimalt 9-11 dB for de enkelte våbentyper.

Skærmvirkning

Ved beregning af støjbelastningen er det som tidligere nævnt vigtigt at sikre, at der ikke optræder dobbeltskærmning fra terrænet. Derudover er det vigtigt, at virkningen af en sideskærm ikke indgår både i direktiviteten af kilden og som en selvstændig støjskærm.

Skydeblændere

På skiveskydningsbaner, især langdistancebaner, er der af sikkerhedsmæssige årsager opstillet skydeblændere, der populært sagt er en skærm, som ikke når ned til terræn. Skydeblænderne skal sikre, at vildfarne projektiler ikke kommer ud i omgivelserne. Det er ikke muligt i de tilgængelige beregningsmodeller at indregne virkningen af skydeblændere eksakt. Modeller som Nord2000 vil kunne beregne virkningen, men de eksisterende implementeringer af Nord2000 indeholder dog ikke denne mulighed. Bemærk at blænderne giver anledning både til en vis skærmning i retninger tæt på skudretningen og refleksion af lyden i retninger modsat skudretningen. En enkelt skydeblænder giver dog kun sjældent anledning til væsentlig skærmning, mens refleksionsbidraget kan være betydende.

Det er således ikke muligt at indregne virkningen præcist. Hvis der er behov for at vurdere virkningen af skydeblænderne både mht. refleksioner og skærmvirkning, kan man indsætte en støjskærm på den første blænders position (hvorved der sandsynligvis sker en overvurdering af blændersens skærmvirkning). Der skal desuden tages hensyn til absorberende beklædning på

blænderen samt eventuel skærmende virkning af et skydehus. Det er af afgørende betydning, at man dokumenterer, hvorledes dette er gjort, så det er muligt at vurdere rimeligheden i disse modelleringer.

6. Opsummering

Nordtest-metoden NT ACOU 099 Edition 2 er den mest udviklede beregningsmodel for skudstøj. Den eneste kendte software implementering af modellen er NoMeS, der udvikles og forhandles af Kilde Akustikk i Norge.

For de fleste simple situationer er det muligt at opnå sammenlignelige resultater både ved anvendelse af nomogrammetoden, SKUDD og Industristøjmetoden (GPM) i forskellige implementeringer med de forbehold for vegetationsdæmpning og dobbeltskærmning, der er nævnt ovenfor.

Det er derfor nødvendigt også at dokumentere de overvejelser man har gjort sig i denne forbindelse, når der beregnes støj fra skydebaner.

7. Referencer

- [1] Miljøstyrelsens vejledning nr. 1/1995: "*Skydebaner*", marts 1995.
- [2] Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1995: "*Beregning og måling af støj fra skydebaner*", marts 1995.
- [3] Brev fra Miljøstyrelsen til kommuner m.v. J.nr. M 171/185-0001 af 3. juni 1998.
- [4] "*Noise from Shooting Ranges. A Nordic prediction Method for small-bore Weapons*". Kilde Rapport nr 73 a, maj 1984.
- [5] "*Noise from Shooting Ranges, Revision of Joint Nordic Prediction Method. Nordtest project 1151-94*", DELTA Rapport AV 412/95, juni 1995.
- [6] "*Beregning af støj fra skydebaner. Undersøgelse af forskellige beregningsmetoder*" DELTA Rapport AV 295/94 for Forsvarets Bygningstjeneste, april 1994.
- [7] NT ACOU 099 Edition 2: "*Shooting Ranges: Prediction of Noise*", 2002-11.
- [8] Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993: "*Beregning af ekstern støj fra virksomheder*", januar 1993.
- [9] Brev af 2. juli 1997 fra Miljøstyrelsen til De Danske Skytteforeninger: "*Vedr. støj fra skydebaner*", Ref. JJ/TVA/9.

Appendix 1 - Udgangsværdier i 1/1-oktavbånd

Værdierne er lineære (u-vægtede) og med tidskonstant "I" af lydtrykniveauet i frit felt 10 m fra våbenmunden.

Tabel A1: Våbenklasse 1. Militærriffel (som M/75) og jagtrifler

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	107,9	117,3	123,1	123,4	119,4	116,8	113,5	110,6
45	106,2	115,5	121,2	124,0	118,2	115,6	113,1	110,6
90	100,1	109,1	114,1	116,9	117,1	114,3	112,1	111,9
135	103,8	105,0	108,8	109,4	110,4	108,9	108,2	107,4
180	91,6	102,8	105,6	107,7	110,1	106,7	104,8	103,3

Tabel A2: Våbenklasse 2. Let maskingevær (som M/62)

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	107,3	116,6	123,7	126,7	120,4	118,4	115,4	111,8
45	105,2	114,5	120,9	125,3	119,9	116,7	114,7	111,1
90	98,3	107,9	112,0	113,7	115,1	112,2	111,0	110,9
135	94,7	101,0	108,5	109,5	108,2	108,8	109,9	107,3
180	92,4	101,6	103,2	106,4	104,3	108,7	105,9	104,5

Tabel A3: Våbenklasse 3. Skytteforeningsgeværer (7,62 mm og 6,5 mm)

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	107,3	116,5	121,3	119,5	119,0	115,7	112,8	109,9
45	105,4	113,5	117,4	119,0	116,6	114,0	111,2	108,8
90	97,0	106,1	110,9	114,0	114,0	112,4	109,9	109,4
135	97,3	103,0	105,2	105,6	107,0	106,5	107,9	107,0
180	91,5	101,8	106,6	107,1	104,4	101,2	100,6	99,6

Tabel A4: Våbenklasse 4. Haglgeværer

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	103,3	108,5	112,2	112,4	104,3	109,0	108,2	106,1
45	99,0	105,1	108,5	105,5	103,7	106,8	107,1	104,7
90	92,0	97,7	99,2	100,6	100,7	102,3	102,9	102,6
135	89,6	92,4	96,2	96,2	97,7	100,1	101,9	96,7
180	91,4	90,9	94,2	93,4	95,6	104,4	103,2	97,6

Tabel A5: Våbenklasse 5. Maskinpistol (som 9 mm M/49)

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	87,4	97,6	106,9	113,2	110,6	106,4	105,4	97,1
45	88,3	97,4	105,7	111,0	107,9	109,1	107,7	104,2
90	81,3	90,9	97,3	102,5	103,0	107,2	104,9	103,4
135	74,9	85,3	91,8	95,8	95,6	101,6	100,7	101,4
180	74,8	86,4	92,5	97,0	92,1	96,8	93,3	89,5

Tabel A6: Våbenklasse 6. 9 mm pistol (som M/49)

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	90,9	99,9	109,1	115,5	114,1	108,2	103,8	100,2
45	89,5	98,9	108,0	113,9	115,2	110,0	106,2	103,5
90	85,6	92,7	100,6	107,5	108,5	105,0	101,1	103,4
135	79,6	90,3	95,3	101,3	101,1	101,0	101,4	99,8
180	76,4	87,4	93,8	98,7	101,8	95,0	96,9	98,2

Tabel A7: Våbenklasse 7. Skytteforeningspistol cal .32 og cal .38

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	93,3	92,7	101,8	108,5	109,7	105,7	98,7	98,1
45	79,2	91,4	98,6	105,5	107,4	102,8	99,8	98,8
90	72,4	81,9	90,8	97,5	99,7	99,1	100,5	96,1
135	71,7	77,3	85,8	92,5	94,5	92,3	92,9	92,2
180	67,4	75,6	82,5	89,1	93,0	87,4	94,8	86,6

Tabel A8: Våbenklasse 8. Revolver cal .357 Magnum

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	99,4	107,8	117,1	120,3	115,0	109,2	105,4	104,3
45	97,8	106,2	114,5	118,2	115,7	107,1	103,1	101,3
90	93,5	101,7	107,9	109,1	107,7	110,3	104,8	101,2
135	91,5	97,9	103,6	102,8	106,5	104,5	99,3	98,8
180	89,3	97,5	102,5	103,4	107,1	100,3	96,4	91,6

Tabel A9: Våbenklasse 9. Salongevær

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	89,4	85,6	87,3	91,9	97,5	102,5	98,6	95,6
45	75,3	78,9	80,4	82,3	85,9	91,7	91,2	93,1
90	71,0	70,3	71,7	71,0	70,7	74,9	79,7	81,2
135	66,5	65,1	64,9	64,8	65,7	71,0	71,5	76,9
180	59,0	58,1	58,3	58,0	65,0	66,4	69,9	74,6

Tabel A10: Våbenklasse 10. Salonpistol

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	99,2	94,5	99,4	106,1	108,2	104,1	98,9	97,2
45	76,7	85,6	96,0	103,2	105,7	102,4	98,5	97,7
90	76,4	80,6	87,9	94,5	98,3	96,5	98,3	93,5
135	71,6	75,0	82,3	87,8	92,4	91,7	88,8	92,1
180	67,1	73,0	79,3	87,2	91,2	87,9	90,7	84,3

Tabel A11: Våbenklasse 11. Sortkrudtsvåben

Retning [°]	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
0	114,9	120,3	121,1	114,7	110,0	107,1	108,7	110,7
45	107,7	111,9	111,9	106,2	104,7	105,7	106,0	109,3
90	107,3	108,7	109,9	105,7	102,8	102,0	101,8	100,8
135	102,2	104,1	108,1	102,0	101,1	100,5	101,2	101,8
180	100,5	104,1	107,2	101,2	101,3	102,3	103,7	107,7