



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Undersøgelse af støj fra haglvåben Del 1

Miljøprojekt nr. 1961

Oktober 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Claus Backalarz, Referencelaboratorium for Støjmålinger
Bo Søndergaard, Sweco Danmark A/S

ISBN: 978-87-93614-29-1

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

1.	Baggrund	4
2.	Projektplan	5
2.1	Litteraturundersøgelse	5
2.2	Opgørelse vedr. ammunition og våben	5
2.3	Nye målinger på aktuelle haglpatroner og -våben	5
2.4	Rapportering	6
3.	Litteraturundersøgelse	7
3.1	Kildedata for haglvåben	7
3.1.1	Reproducerbarhed af målemetode	7
3.1.2	Løbslængder m.m.	8
3.1.3	Elevationens betydning	8
3.1.4	Målemetoden	9
3.1.5	Andre målinger af udgangsværdier	9
3.2	Sammenligninger mellem målinger og beregninger	10
3.2.1	Elevationens betydning for haglvåben	10
3.2.2	Odense Skydecenter	10
3.2.3	Karlebo og Langstrup Flugtskydningsbaner	11
4.	Meteorologisk ramme for måling af støj fra skydebaner	12
4.1	Hvorfor en meteorologisk ramme?	12
4.2	Meteorologiske forhold, der påvirker lydudbredelsen	12
4.3	Vejledningens meteorologiske ramme	13
4.4	Metode for vurdering af den meteorologiske ramme i skydebanevejledningen	13
4.5	Konklusion om skydebanevejledningens krav til meteorologi	13
4.6	Konklusion om brug af den udvidede meteorologiske ramme	14
4.7	Kan meteorologiske rammer for industristøj benyttes for skudstøj?	14
4.8	Aritmetisk eller energimæssig midling?	14
5.	Nye målinger af udgangsværdier for haglvåben	15
5.1	Sammenligning af forskellige våben med samme ammunition	15
5.2	Forskellen på støjen fra de mest benyttede typer haglpatroner	16
5.3	Elevationens indflydelse på de målte udgangsværdier	17
5.4	Indflydelse af porøsiteten på terrænet mellem våben og mikrofon	18
5.5	Målte udgangsværdier sammenholdt med målinger i større afstand	19
6.	Sammenfatning	20
6.1	Litteraturstudie	20
6.2	Udgangsværdier målt i 1996 og 2017	20
6.3	Målemetode	21
6.4	Meteorologisk ramme	22
7.	Konklusion	23
8.	Referencer	24
	Bilag 1 Meteorologi	25

1. Baggrund

Miljøstyrelsen og Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger (Referencelaboratoriet) har over en periode modtaget henvendelser, der indikerer, at der kan være store forskelle mellem målte og beregnede støjniveauer for skudstøj, når der skydes med haglvåben. Ligeledes har DELTA for nyligt i en konkret sag målt støj fra haglvåben, der ligeledes indikerer sådanne forskelle. Henvendelserne og den konkrete sag indikerer, at der beregnes 4-7 dB for lave værdier af $L_{pA,I}$.

Miljøstyrelsen har derfor besluttet at igangsætte en undersøgelse af støj fra haglvåben. Undersøgelsen er gennemført i 2017 og er forestået af SWECO i samarbejde med Referencelaboratoriet.

Bo Søndergaard og Bo Lithén Madsen fra SWECO samt Birger Plovsing og Claus Backalarz fra Referencelaboratoriet har medvirket i undersøgelsen.

Denne rapport har undertitlen "Del 1" da der er planlagt en udvidelse af undersøgelsen ultimo 2017, som forventes rapporteret i en rapport med undertitlen "Del 2".

2. Projektplan

Referencelaboratoriet og SWECO's lydafdeling Acoustica har udarbejdet følgende plan for undersøgelsen:

2.1 Litteraturundersøgelse

Der tages udgangspunkt i undersøgelserne af emissionsværdier fra 1996 og 1998 samt det tilhørende baggrundsmateriale. Resultater fra målinger og undersøgelser før og efter skydebanevejledningerne fra 1995 i form af rapporter vil, i det omfang de er tilgængelige, kunne give vigtige informationer, hvis de bliver gennemgået set i lyset af de senere års erfaringer. Det undersøges endvidere, om den såkaldte "nye meteorologiske ramme" fra 1991 benyttes ved skudstøjmålinger, og om den er egnet til netop skudstøj. Litteraturundersøgelsen vil give et overblik over, hvor der mangler viden, således at et måleprogram kan planlægges.

2.2 Opgørelse vedr. ammunition og våben

I samarbejde med Danmarks Jægerforbund, skydebaner, ammunitionsimportører og andre kyndige indhentes data for de mest benyttede ammunitionstyper, der benyttes i dag. Med denne opgørelse kan der udvælges et antal patronstyper, der dækker de allerflest afgivne skud på flugtskydebaner. I opgørelsen indgår fabrikat, type, kaliber, krudtladning og haglmængde og -type. I undersøgelsen kan også indgå eksperternes vurdering af udbredelsen og brug af alternative våben fx halvautomatiske haglgeværer, som muligvis kan have en væsentlig anderledes udgangsværdi.

2.3 Nye målinger på aktuelle haglpatroner og -våben

På grundlag af resultaterne fra litteraturstudiet og ammunitionsopgørelsen planlægges et måleprogram. Målingerne foretages på et af militærets øvelsesarealer, fx i Jægerspris. Der udvælges en P-plads eller udlægges køreplader, således at der kan foretages målinger over både hårdt og porøst terræn samtidigt. Derved kan det afgøres, om målinger efter NT ACOU 099 giver væsentlige andre resultater, end hvis der måles over terræn, der overalt er akustisk hårdt mellem våbenmunding og målemikrofon.

Placeringen af målestedet udvælges, så det er muligt at foretage målinger i afstande op til ca. 1 km over nogenlunde simpelt terræn i alle afstande, uden at disse forstyrres af vejtrafik eller lignende. Dermed kan målingerne på lange afstande foregå uanset vindretningen. Der måles som udgangspunkt på de ammunitionstyper, der i ammunitionsopgørelsen bliver solgt flest af. Med mindre opgørelsen viser, at der skydes med et væsentligt antal patroner, der ikke er kaliber 12, vil målingerne alene foregå med denne (formodentlig) altdominerende kaliber.

Der måles indledningsvist på tre udbredte haglbøssetyper/fabrikater for at få en indikation af våbnets eventuelle betydning for spredningen på resultaterne. Til de videre målinger benyttes ét og samme våben. Hvis litteraturstudiet viser, at trangboringen har en væsentlig betydning for støjemissionen, kan denne evt. varieres over målingerne, men som udgangspunkt vælges et våben, der (som normalt er) har forskellige trangboringer i de 2 løb. Hvis ammunitionsundersøgelsen indikerer, at et alternativt våben er vidt udbredt, foretages der også målinger på et sådant. Der foretages analyser på de dele af målingerne, hvor dette kræves (fx harddiskoptagelser på længere afstande). Der foretages statistiske analyser på resultaterne, og disse organiseres i overskuelige regneark og gengives i kurveform.

Som dokumentation for målingerne udarbejdes en selvstændig akkrediteret målerapport under Acoustica's akkreditering på denne del af opgaven.

2.4 Rapportering

Resultaterne fra litteraturstudie, ammunitionsundersøgelsen og målingerne samles, og der drages konklusioner og udpeges eventuelle forhold, som undersøgelsen ikke har kunnet afklare. Der skrives et notat, der beskriver undersøgelsen og konklusionen af denne. Om muligt formuleres anbefalinger til fx ændrede udgangsværdier, krav til meteorologi under målinger hos naboerne og måle-setup ved måling af udgangsværdier. Notatet foreslås også at opsummere forskellige forhold, man bør være opmærksom på, fx at beregningerne bygger på udgangsværdier inddelt i klasser, og at der derfor kan forekomme en vis afvigelse fra klassens middelværdi.

3. Litteraturundersøgelse

I forbindelse med litteraturundersøgelsen er der udover en gennemgang af de tidligere målinger på haglvåben fra 1996 [8] samt elevationens betydning for haglvåben 1998 [10] set på tilgængelige resultater for målinger forskellige fra andre kilder [15] samt på sammenligninger af målinger og beregninger [10], [13] og [16].

3.1 Kildedata for haglvåben

I Miljøstyrelsens vejledning 2/1995: "Beregning af støj fra skydebaner" [6] er der anført udgangsværdier for forskellige våbentyper inddelt i våbenklasser. Våbenklasse 4 er for haglgevær kaliber 12. I vejledningen refereres til serie af målinger udført af DELTA Akustik & Vibration DANAK 100/381, AV 984/93 i 1993 [4]. Der er dog ikke i rapporten anført resultater for skydning med haglvåben. I rapporten FOFT M-7/1990 [3] fra Forsvarets Forskningstjeneste er der data, der kunne være baggrund for vejledningens kildedata. Det er anført, at målingerne er udført på et hårdt, plant område i Jægerspris Skydeterræn (Krøblinge Bakke) med mikrofonerne anbragt på spånplader.

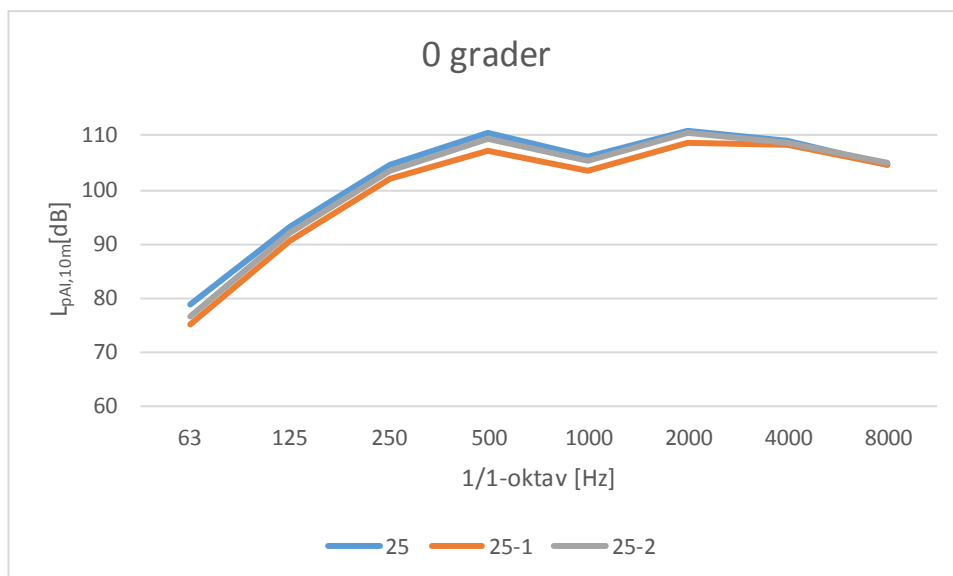
Elevationen under målingerne var ca. 30°. Det er lidt uklart, om terrænet var jord, stabilgrus eller lignende eller reelt akustisk hårdt terræn.

I forbindelse med udfasning af blyhagl blev der i 1996 gennemført en stor målekampagne på haglvåben og haglpatroner. Målemetoden var baseret på Nordtest ACOU 099 Appendix C [12]. På baggrund af disse målinger blev der foreslået et nyt sæt af kildedata for haglvåben til brug for beregning af støj fra flugtskydnings- og jagtbaner. Det er disse data, der er udgangspunktet for Miljøstyrelsens brev af 29. oktober 1996 [7] samt 3. juni 1998 [11]. Disse målinger blev foretaget på Skydeanlæg Kalvebod Brygge over porøst terræn med mikrofonerne placeret på en træplade, som beskrevet i NT ACOU 099.

Der er foretaget en ny gennemgang af disse data for at vurdere, om der kan være forhold, der ikke har været afklaret ved de tidligere analyser. Hovedresultaterne er opsummeret nedenfor.

3.1.1 Reproducerbarhed af målemetode

I forbindelse med målingerne i 1996 blev den samme kombination af våben og ammunitionstype testet tre gange fordelt over målekampagnen for at undersøge reproducerbarheden af målingerne. Udgangsværdien i 0 grader blev bestemt til 116,2 dB(A)l, 114,3 dB(A)l og 115,6 dB(A)l. Middelværdi 115,4 dB(A)l, spredning 1,0 dB. Dette kan anvendes som et estimat på måleusikkerheden. Variationen er mindre i de øvrige retninger.



Figur 1. Udgangsværdi for måleserie 25 i [8]. Måleserien er gentaget tre gange fordelt over målekampagnen.

3.1.2 Løbslængder m.m.

Andre parametre, der blev varieret i forbindelse med målekampagnen i 1996, var løbslængder 700 mm og 760 mm samt borer (1/2, 3/4, 1/1 og skeet). Borerne gav en spredning på 0,5 dB, mens løbslængderne gav en spredning på 0,6 dB. Disse variationer er væsentligt lavere end den generelle måleusikkerhed og tages ikke med i betragtning ved vurdering af måleusikkerheden.

3.1.3 Elevationens betydning

Generelt varierer elevationen (vinkel af våbnet i forhold til vandret) under skydning afhængigt af, hvilken type af skydning der er tale om. Højre/Venstre Sideduer, Spidsduer og Bagduer, Skeet og Trap. For rutinerede skytter ligger elevationen nogenlunde fast, idet duerne skydes tidligt, mens mindre øvede skytter lader duerne flyve længere, inden der bliver skudt. Det er ikke klart, hvilke konsekvenser dette har i forhold til den standardiserede elevation og middelskudretning.

På grund af haglvåbnets retningskarakteristik vil støjemissionen afhænge af elevationen. Dette vil have indvirkning på målinger af støjbelastningen fra flugtskydebanerne, hvis der ved målingerne ikke benyttes samme elevation som ved emissionsmålingerne. I forbindelse med planlagte/anmeldte målinger vil det dog ofte være tilstræbt, at elevationen er tæt på 30°.

Under målingerne i 1996 [8] blev det konstateret, at udgangsværdierne er stærkt afhængige af elevationen. Dette er i overensstemmelse med, at støjen fra haglvåben og våben generelt har en udpræget direktivitet, både i det vandrette og det lodrette plan. Lave elevationer giver høje udgangsværdier, mens høje elevationer giver lave udgangsværdier. I en opfølgende undersøgelse [10] (se afsnit 3.2.1) blev det vurderet, at disse høje niveauer kunne tillægges, at haglsværmen bevæger sig med overlydshastighed umiddelbart efter, at den forlader løbet, men hurtigt taber hastighed herefter. Dette er muligvis ikke den rigtige forklaring. Det virker sandsynligt, at den højere udgangsværdi ved lave elevationer er et udtryk for våbnets direktivitet, som reelt er tredimensionelt. Ved lave elevationer er geværets vinkel i forhold til den direkte linje mellem skytte og immissionspunkt mindre (hvorved der fås en reel udgangsværdi, som er højere), mens højere elevationer giver en større vinkel i forhold til den direkte linje mellem skytte og immissionspunkt (som medfører en reel udgangsværdi, der er lavere).

3.1.4 Målemetoden

Nordtestmetoden foreskriver, at mikrofonen lægges på et akustisk hårdt underlag med en størrelse på mindst 1 m x 1,5 m. Der er ikke i metoden stillet krav til terrænet mellem våbnet og mikrofonpladen. Der har været overvejelser, om det mellemliggende terræns beskaffenhed kan have indflydelse på måleresultaterne. I 2005 foretog Referencelaboratoriet [14] målinger på to forskellige ammunitionstyper, og ved samme lejlighed blev det undersøgt, om resultaterne ændres ved måling over akustisk hårdt terræn og kombineret blødt/hårdt terræn, som er anvendt i forbindelse med målingerne i 1996 [8], og som er tilladt i henhold til Nordtest-metoden.

Det fremgik af 2005-undersøgelsen [14], at ved at måle over udelukkende akustisk hårdt terræn fandt man udgangsværdier, der var ca. 3 dB højere end ved at måle over kombineret porøst og hårdt terræn.

Hvis man forsøger at modellere de to situationer og beregne konsekvenserne med Nord2000, får man en vurdering af forskellen, som kan tilskrives forskellen i underlaget. Der er modelleret en situation med akustisk hårdt terræn og en situation med 9,5 m blødt terræn med skift til hårdt terræn 0,5 m fra mikrofonen.

Den beregnede forskel er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Forøgelse af udgangsværdi ved hårdt terræn i forhold til kombineret blødt/hårdt terræn modelleret med Nord2000.

	1/1-oktav [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Forskel ved hårdt terræn [dB]	0,2	0,5	1,3	2,7	4,0	4,3	3,3	1,0

Hvis denne forskel anvendes på udgangsværdierne fra 1996, fås en forøgelse af $L_{pAI,10m}$ på ca. 3 dB. Omsættes det til en afstand på 550 m svarende til ca. 75 dB(A), bliver forskellen ca. 4 dB på grund af den ændrede frekvenssammensætning med afstanden.

3.1.5 Andre målinger af udgangsværdier

Der findes ikke megen dokumentation af måling af udgangsværdierne for haglvåben, men firmaet WSP Akustik har i 2008 gennemført et sæt målinger [15] for to typer af haglpatroner. Målingerne er gennemført i henhold til Naturvårdsverkets almäna råd NFS 2005:15. Dette dokument indeholder dog ingen informationer om måling af udgangsværdier for skydevåben, men kun en generel anvisning på måling af skudstøj ved naboer.

Det fremgår ikke, om målingerne er foretaget på en plade på terræn eller i en anden højde, ligesom det ikke fremgår, om terrænet mellem våben og mikrofon er hårdt eller porøst. Der er målt i 20 m afstand, men hvis det er udført på en plade på jorden, vil problemet med lav indfaldsvinkel være endnu mere udpræget end for målinger i 10 m afstand, også selvom terrænet skulle have været hårdt. Resultaterne i 20 m afstand er omregnet til 10 m ved addition af 6 dB. Dette vil formentligt ikke være korrekt, hvis målingerne er foretaget over porøst terræn. I enkelte tabeller er der byttet om på, hvilke målinger der er lavet i 20 m afstand, og hvilke der er lavet i 10 m afstand. Der er ikke anført frekvensspektre i rapporten, hvilket kunne have givet mulighed for at sammenligne med andre målinger.

Generelt er der stor usikkerhed om kvaliteten af data med udgangspunkt i den foreliggende rapport. Det kan dog ses, at tendensen til høje niveauer i skudretningen ved lave elevationer også fremkommer i forbindelse med disse målinger.

3.2 Sammenligninger mellem målinger og beregninger

Baggrunden for nærværende undersøgelse er, at der er indikationer på, at beregnede støjniveauer ligger under målte værdier for den samme skydebane. Der foreligger kun få dokumenterede tilfælde, der kan inddrages i undersøgelsen. Det drejer sig om følgende:

- Elevationens betydning for haglvåben. Teknisk Notat udarbejdet af DELTA i 1998 [10].
- Odense Skydecenter. Teknisk rapport udarbejdet af Miljøcenter Fyn/Trekantområdet i 2005 [13].
- Karlebo og Langstrup flugtskydningsbaner. Akkrediteret testrapport udarbejdet af DELTA i 2015 [16].

3.2.1 Elevationens betydning for haglvåben

I forbindelse med udarbejdelse af katedata for haglvåben i 1996 blev det konstateret, at elevationen af våbnet havde betydning for den målte udgangsværdi. I den forbindelse blev der foretaget målinger i to afstande på 450 m og 900 m og modtagerhøjde 2 m og 5 m over terræn ved forskellige elevationer. Målingerne i fjernfeltet blev også anvendt til sammenligning med beregnede støjbelastninger, og der blev konstateret god overensstemmelse indenfor et par dB. Beregningerne af støjbelastningerne fra 1996 er kontrolleret og gentaget i forbindelse med denne rapport med samme gode overensstemmelse. Det blev dengang konkluderet, at der ikke var en tydelig sammenhæng mellem elevation og støjniveau.

Når resultaterne vurderes i dag, er der nok tendenser i retning af, at lave elevationer giver højere niveauer. Når konklusionen ikke er helt entydig, kan det skyldes, at vejforholdene har en betydelig indflydelse på støjbidraget, når afstandene bliver store (jf. afsnit 4 om meteorologi). Der bør således måles over mange skud, og/eller registreres meteorologiske parametre som vindhastighedsgradient og temperaturgradient i forbindelse med denne type af undersøgelser.

3.2.2 Odense Skydecenter

Ved Odense Skydecenter er der foretaget et omfattende måleprogram med 4 målekampagner i efteråret 2004. Målingerne er udført i en afstand på ca. 1200 m omtrent i skudretningen. Lydudbredelsen foregik over simpelt terræn uden skærmning eller vegetation. De 3 af målekampagnerne overholder den udvidede meteorologiske ramme, mens den 4. ligger lige udenfor med en værdi for krumningsradius på 0,04-0,06 mod et krav på $k > 0,1$. Da krumningsradius er mindre end kravet er forventningen, at måleresultaterne skal ligge lavt. Måleresultatet for denne måling ligger dog tæt på det samlede gennemsnit og har ingen afgørende betydning.

Målingerne blev foretaget uanmeldt og repræsenterer aktiviteter fra flere af standpladserne. Skudretningen er næsten ens for disse standpladser, og resultaterne vurderes at være repræsentative. Det var i forbindelse med disse målinger ikke muligt at registrere elevationen af våbnene under skydningen, og der vil være en bred repræsentation af elevationer bag ved disse målinger. Beregningerne er i 2017 kontrolleret med samme resultat som i 2005.

Resultater af måling og beregning er sammenlignet i nedenstående tabel.

Tabel 2. Sammenligning af målt og beregnet støjbelastning for skudstøj med haglvåben, Odense.

Odense	Målt værdi	Beregnet værdi	Forskel
$L_{pA,I}$ (dB(A)I)	71,9 ± 2,6	65,0	7 dB

3.2.3 Karlebo og Langstrup Flugtskydningsbaner

I sommeren 2015 udførte DELTA målinger på 2 skydebaner beliggende i Fredensborg Kommune. Målingerne blev foretaget i forhold til jagtbane standplads J4 på Karlebo Flugtskydningsbane og jagtbane standplads J2 på Langstrup Flugtskydningsbane. I begge tilfælde var afstande omkring 850 m og terrænforholdene simple uden skærmning eller væsentlig vegetation. Vinklen mellem skudretning og lydretning var 15 grader for Karlebo og 6 grader for Langstrup. Der er foretaget 3 målekampagner for hver bane. I et enkelt tilfælde var den udvidede meteorologiske ramme ikke overholdt, men det vurderes ikke at have betydning for resultaterne. Det blev sikret at elevationen var 30 grader under målingerne.

Tabel 3. Sammenligning af målt og beregnet støjbelastning for skudstøj med haglvåben, Karlebo.

Karlebo	Målt værdi	Beregnet værdi	Forskel
$L_{pA,I}$ (dB(A)I)	73,9 ± 1,9	67,1	7 dB

Tabel 4. Sammenligning af målt og beregnet støjbelastning for skudstøj med haglvåben, Langstrup.

Langstrup	Målt værdi	Beregnet værdi	Forskel
$L_{pA,I}$ (dB(A)I)	73,0 ± 2,0	69,2	4 dB

Det er overraskende, at de målte støjniveauer er næsten ens for de 2 situationer, mens de beregnede resultater varierer 2 dB. En kontrolberegning med helt simple forhold (fladt terræn) viser et støjniveau omkring 69 dB(A)I for begge situationer. Lokale variationer i terrænet kan have påvirket støjberegningerne, men målingerne indikerer, at denne forskel ikke er tilstede. Alternativt kan forskellen skyldes at direktiviteten tæt på skudretningen er anderledes end forudsat i beregningerne. Direktiviteten er bestemt i 45 grader spring og dermed relativt groft.

4. Meteorologisk ramme for måling af støj fra skydebaner

4.1 Hvorfor en meteorologisk ramme?

De meteorologiske forhold under udbredelse af lyd fra en støjkilde til et målepunkt kan have en endog meget betydende indflydelse på det målte støjniveau. Hvis der ikke opstilles krav til de meteorologiske forhold under målingerne, vil variationsområdet for de målte støjniveauer let kunne udgøre i størrelsesordenen 20 dB, hvilket i praksis gør måleresultaterne uanvendelige.

Måden at løse problemet på er, at definere en såkaldt meteorologisk ramme, som kan reducere variationsområdet til et acceptabelt niveau. En meget snæver meteorologisk ramme vil mindske variationsområdet, men kan gøre det meget svært at finde egnede måleperioder. Den meteorologiske ramme vil derfor i praksis være et kompromis mellem at få et så lille variationsområde som muligt og samtidig sikre, at tilladte meteorologiske situationer forekommer passende hyppigt.

4.2 Meteorologiske forhold, der påvirker lydudbredelsen

De primære meteorologiske parametre, som bestemmer den meteorologiske ramme, er normalt vindhastigheden og vindretningen samt atmosfærens stabilitet. Atmosfærens stabilitet påvirker temperaturens ændring med højden over terrænet. Om dagen med solindstråling er atmosfæren ustabil, og temperaturen falder med højden (negativ temperaturgradient). Jo mere ustabil atmosfæren er, jo mindre bliver den negative temperaturgradient. Graden af ustabilitet afhænger af solindstrålingen, som bestemmes af solvinklen, der afhænger af tidspunkt på året og døgnet samt af skydækket og vindhastigheden. Den almindelige tendens er, at støjniveauerne falder med stigende ustabilitet.

Om natten uden solindstråling er atmosfæren stabil, og temperaturen stiger med højden, fordi jordoverfladen afgiver sin varme til atmosfæren. Jo mere stabil atmosfæren er, jo større bliver den positive temperaturgradient. Graden af stabilitet afhænger af skydækket og vindhastigheden. Den almindelige tendens er, at støjniveauerne stiger med stigende stabilitet. Hvis temperaturen stort set ikke ændrer sig med højden, kaldes den atmosfæriske stabilitet for neutral. Dette kan forekomme omkring solopgang og solnedgang. Ved overskyet og kraftige vinde kan stabiliteten både om dagen og om natten komme tæt på neutral.

Den almindelige tendens er, at støjniveauerne for en neutral atmosfære er større end for en ustabil atmosfære, men mindre end for en stabil atmosfære. Atmosfærens samlede indflydelse på lydudbredelsen bestemmes af vindkomponenten i udbredelsesretningen (som bestemmes på baggrund af vindhastigheden og vindretningen) og af temperaturgradienten (som bestemmes af atmosfærens stabilitet).

4.3 Vejledningens meteorologiske ramme

Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2/1995: "Beregning og måling af støj fra skydebaner" [6] indeholder følgende meteorologiske ramme:

- Vindhastigheden skal ligge i intervallet 2-5 m/s, målt som 10-minutters middelværdi i 10 m højde et repræsentativt, frit beliggende sted mellem skydebanen og støjmålepunktet.
- Vindretningen, målt på samme måde som vindhastigheden, må ikke afvige mere end 45° fra retningen fra standpladsen til støjmålepunktet.
- Ved måling i større afstand end ca. 1500 m fra standpladsen (våbnet) bør temperaturgradienten ikke være for negativ. Skydækket må derfor være mindst halvskyet, dog helt overskyet i sommerperioden.

Denne meteorologiske ramme minder med hensyn til vindhastighed og vindretning meget om den gamle meteorologiske ramme for dagsituationen (situation I) i Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6/1984: "Måling af ekstern støj fra virksomheder" [1], men lægger væsentlig mindre vægt på atmosfærens stabilitet. Hvor industristøjvejledningen har et krav til temperaturgradienten i afstande over 25 m, stilles der i skydebanevejledningen først krav til atmosfærens stabilitet (i form af krav til temperaturgradient og dermed graden af skydække) i afstande over 1500 m.

4.4 Metode for vurdering af den meteorologiske ramme i skydebanevejledningen

Den primære opgave har været at vurdere, om den meteorologiske ramme i skydebanevejledningen er tilstrækkelig og hensigtsmæssig. Det er imidlertid også fundet interessant at vurdere, om den nye meteorologiske ramme for måling af ekstern støj fra virksomheder (beskrevet i Rapport nr. 148 fra Lydteknisk Institut, 1990) kunne benyttes i forbindelse med måling af skudstøj. Sidstnævnte repræsenterer en udvidelse af den meteorologiske ramme i forhold til rammen i industristøjvejledningen fra 1984.

For undersøge om den nye meteorologiske ramme for måling af virksomhedsstøj kunne være egnet som meteorologisk ramme for måling af støj fra skydebaner, er der i Bilag 1 lavet en analyse af støjniveauer beregnet med Nord2000 fra de to flugtskydebaner i Fredensborg samt et supplerende udbredelsestilfælde med fladt terræn, når de meteorologiske forhold er indenfor den nye meteorologiske ramme for industristøj. Udbredelsesafstanden er i alle tre tilfælde mellem 800 og 900 m.

I analysen ses, at antallet af relevante meteorologiske tilfælde til at belyse variationerne i støjniveauer indenfor den nye meteorologiske ramme kan reduceres til 13, hvor de 10 vedrører dagsituationen med en ustabil eller neutral atmosfære, mens de resterende 3 vedrører natsituationen med en stabil eller neutral atmosfære. De 13 tilfælde er også tilstrækkelige til at vurdere, om den nuværende meteorologiske ramme for skudstøj er fyldestgørende.

4.5 Konklusion om skydebanevejledningens krav til meteorologi

Konklusionen vedrørende den eksisterende meteorologiske ramme for måling af støj fra skydebaner er, at kravene til vind (hastighed og retning) er tilstrækkelige for de undersøgte udbredelsesafstande (800-900 m). Det anbefales dog, at der stilles et supplerende krav om, at også vindkomponenten (den resulterende vindhastighed i retningen fra skydebane mod målepunkt hos naboen) aldrig bør være mindre end 2 m/s. Analysen i Bilag 1 viser, at en komponent på 1,4 m/s (svarende til en vindhastighed på 2 m/s og en retningsafvigelse på 45°) er på grænsen af det tilladelige.

Derimod er det helt utilstrækkeligt, at der ikke stilles krav til atmosfærens stabilitet og temperaturgradienten i afstande under 1500 m. Generelt bør der i sommerperioden midt på dagen i alle afstande kun måles, når skydækket er 8/8 (overskyet). Denne periode kan passende defineres som tidsrum A i den nye meteorologiske ramme for

industri­støj (er beskrevet i Bilag 1). Om dagen er der udenfor tidsrum A ikke behov for noget krav til skydækket, men det anbefales at nævne, at det vil være god praksis at vælge tidspunkter med et så tæt skydække som muligt.

Det er ikke muligt på basis af analysen i Bilag 1 at vurdere, om der vil være behov for yderligere stramninger af den meteorologiske ramme i afstande over 800-900 m. I det hele taget kunne det være ønskeligt, før den meteorologiske ramme fastlægges endeligt, at dens egnethed undersøges for både større og mindre afstande, end der har været mulighed for i nærværende arbejde.

4.6 Konklusion om brug af den udvidede meteorologiske ramme

Konklusionen vedrørende anvendelse af den udvidede meteorologiske ramme for industri­støj er, at den ikke er anvendelig for de undersøgte udbredelsesafstande. Der stilles generelt for lave krav til den mindste medvindskomponent i dagsituationen.

Det betyder, at 5 ud af de 10 meteorologiske tilfælde, som dækker dagsituationen, giver for lave eller meget for lave værdier. Årsagen skønnes at være, at der ved udarbejdelsen af den nye meteorologiske ramme har været fokuseret på væsentlig kortere udbredelsesafstande end 800 m. Denne vurdering støttes af, at der i forbindelse med udarbejdelsen af Bilag 1 blev udført supplerende beregninger for afstanden 200 m, som viste et acceptabelt lille variationsområde for de valgte 13 meteorologiske tilfælde.

4.7 Kan meteorologiske rammer for industri­støj benyttes for skudstøj?

Erfaringerne med meteorologiske rammer stammer hovedsageligt fra industri- og trafikstøj. Det er derfor naturligt at overveje, om forskelle i de tidsmæssige forløb mellem skudstøj og andre typer støj kan have en indflydelse på den meteorologiske ramme for skudstøj.

På grund af kortvarige fluktuationer i de meteorologiske forhold vil der kunne ses store variationer i støjniveauet for de enkelte skud inden for den påkrævede serie på 20 skud, men den samlede varighed af serien vil svare nogenlunde til den 10-minutters midlingsperiode, der er grundlag for de meteorologiske parametre i meteo-rammen for industri­støj, og det forventes derfor ikke, at meteo-rammen for skudstøj skal være anderledes end for anden støj. Som nævnt ovenfor vil den udvidede meteorologiske ramme dog ikke være anvendelig for skudstøj.

4.8 Aritmetisk eller energimæssig midling?

I henhold til skydebanevejledningen bestemmes støjbelastningen som den aritmetiske middelværdi af støjen fra de enkelte skud. Måleparameteren er en maksimalværdi og ikke et ækvivalentniveau. Den er dermed en statistisk uafhængig testparameter for hvert skud. Det er derfor korrekt ud fra almindelige statistiske principper at anvende aritmetisk midling.

5. Nye målinger af udgangsværdier for haglvåben

I forbindelse med denne undersøgelse er der foretaget en række målinger på de ammunitionstyper, der ifølge importørerne benyttes mest for øjeblikket (2017) i forbindelse med skydning på flugtskydebaner. Selvom om det langt overvejende er kaliber 12, der benyttes, er der også foretaget målinger på andre kalibre. Målingerne er foretaget på Flyvestation Tirstrup med hårdt terræn (beton) mellem våben og mikrofoner. Der er foretaget målinger i fjernfeltet op til 390 m for enkelte af målingerne.

Målingerne er planlagt, så følgende hovedemner kan belyses:

1. Forskellen på støjen fra to "ens" våben med samme kaliber, løbslængde og trangboring.
2. Forskellen/spredningen på støjen fra de mest benyttede typer haglpatroner.
3. Elevationens indflydelse på de målte udgangsværdier.
4. Indflydelse af porøsiteten på terrænet mellem våben og mikrofon. Metoden beskrevet i NT ACOU 099 [12] stiller kun krav til, at mikrofonen placeres på en hård/reflekterende overflade på minimum 1 m x 1,5 m.
5. Sammenhængen mellem målte udgangsværdier og samtidigt målte immissionsværdier i afstandene 225 m og 390 m svarende til typiske afstande til naboer tæt på en skydebane.

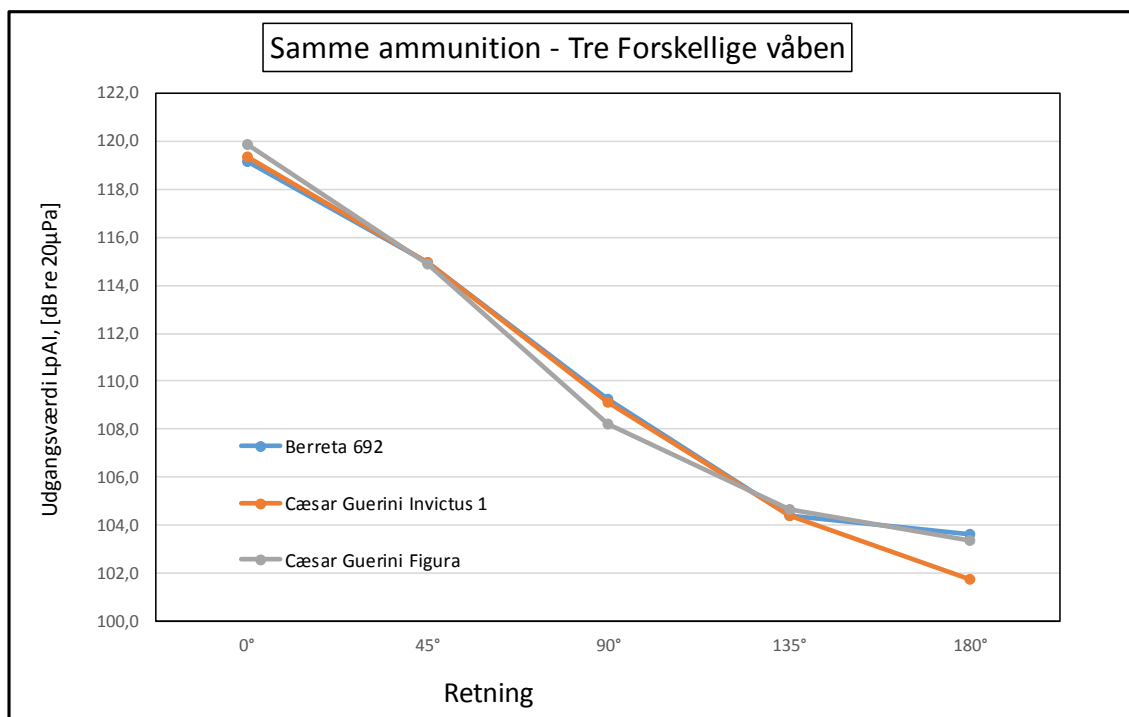
Herudover er der foretaget enkelte supplerende målinger, bl.a. til belysning af støjen fra sjældent benyttede kaliber.

Selve målingerne, der følger retningslinjerne i NT ACOU 099, findes i en selvstændig målerapport P6.019.17: Undersøgelse af haglvåben. Miljømåling – Ekstern støj fra Acoustica[17], hvori målemetoden og de enkelte resultater er detaljeret beskrevet.

Ved alle målinger til bestemmelse af udgangsværdi blev der målt med mikrofoner placeret på hårdt terræn (såkaldte +6 dB-målinger) med geværmundingen placeret 2,0 m over terræn og vinklet til en elevation på +30° i forhold til vandret. Disse målinger blev suppleret med målinger med geværløbet i en elevation på henholdsvis 15°, 45° og 60° over vandret.

5.1 Sammenligning af forskellige våben med samme ammunition

I måleserie 1, 2 og 3 er der målt på samme ammunition, men skudt fra tre forskellige våben (se Tabel 2 i bilag 2 i målerapporten [17]). Den eneste væsentlige forskel på de tre våben er, at løbet på Cæsar Guerini Figura er 71 cm, mod 76 cm for de to andre. Som det fremgår af Figur 2, er forskellen på de tre våben ikke signifikant med hensyn til niveau. Det samme gælder for frekvensfordelingen. Dette indikerer, at variation i støjniveauet ikke relaterer sig til at der anvendes forskellige våben på skydebanerne.

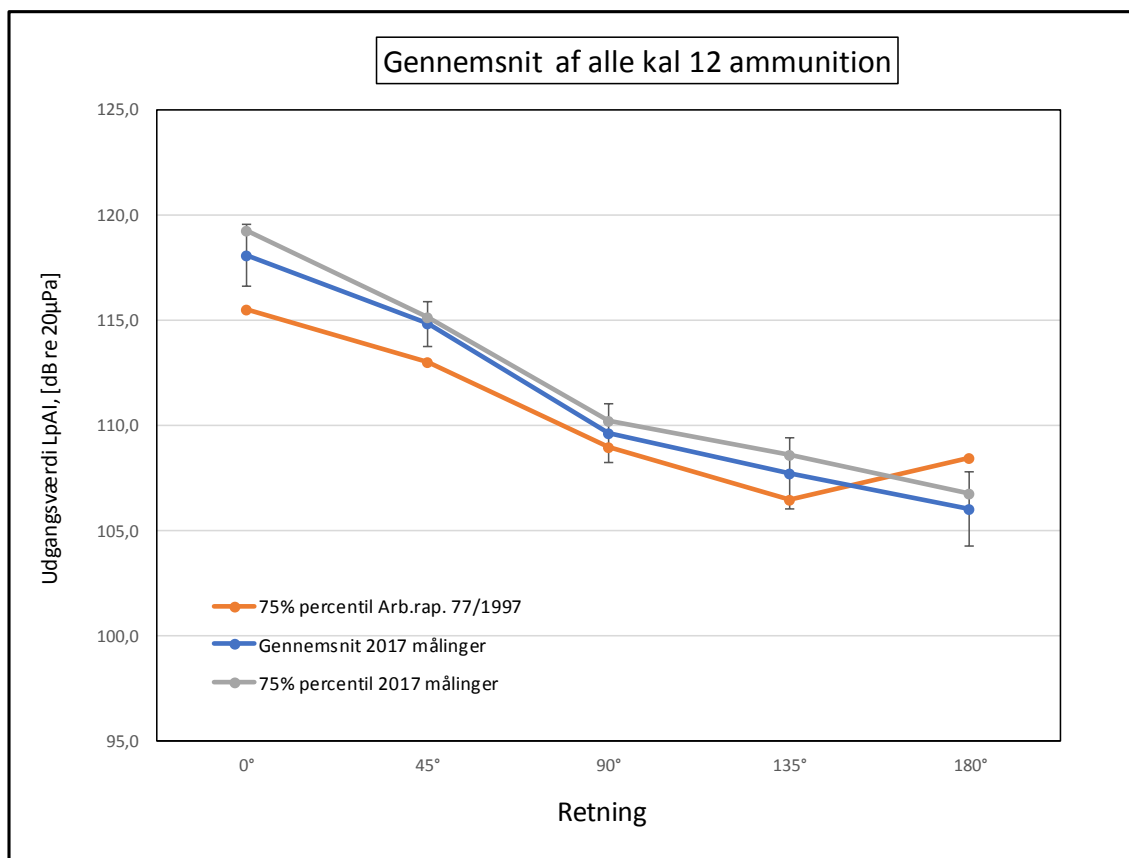


Figur 2. Forskel på udgangsværdien for forskellige våben med samme ammunition.

5.2 Forskellen på støjen fra de mest benyttede typer haglpatroner

Den gennemsnitlige udgangsværdi for de testede haglpatroner kaliber 12 i 2017 ligger 1-3 dB over målingerne fra 1996, for retningerne 0° til 135° relativt til skudretningen. Modsat skudretningen (retning 180°) er den gennemsnitlige udgangsværdi ca. 2,5 dB under målingerne fra 1996. Den gennemsnitlige udgangsværdi i 2017 er vist i Figur 3, sammen med målingerne fra 1996 (arbejdsrapport 77 [8]) og sammen med 75 %-percentilen¹ for de nye målinger.

¹ 75 %-percentilen er i denne sammenhæng den udgangsværdi, som 75 % af de målte udgangsværdier er mindre end eller lig med. Når resultaterne er normalfordelte (som gælder for de målte udgangsværdierne) er 75 %-percentilen højere end gennemsnittet, og det er således et konservativt estimat af "den sande" udgangsværdi.



Figur 3. Forskel på udgangsværdien for 2017- og 1996-målingerne. 75 %-percentilen gælder 2017-målingerne.

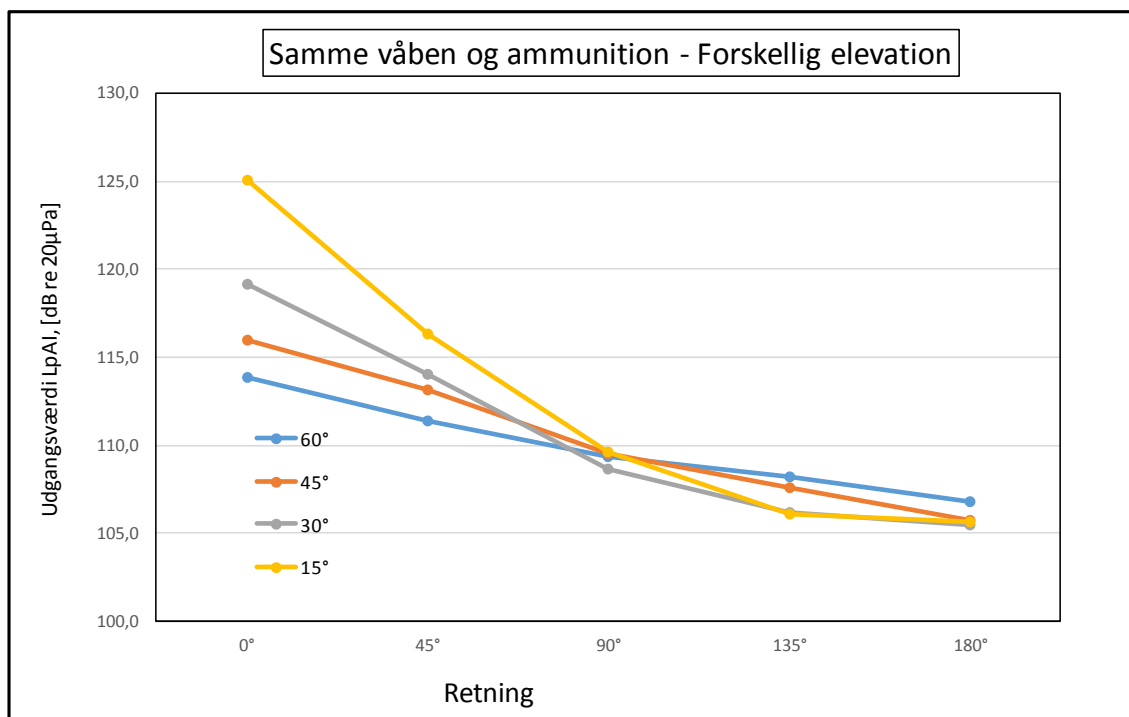
Spredningen i udgangsværdien for kaliber 12 ammunitionen er relativ stor. Forskellen mellem den mest støjende og den mindst støjende ammunition er fra 3,9 dB til 7,2 dB afhængigt af retningen. 2017-målingernes maksimum- og minimumværdier er markeret med lodrette streger på Figur 3. Forskellen er større, end den var i 1996. Det kan føre til, at hvis en bestemt patron type foretrækkes på en skydebane vil der være en systematisk afvigelse fra støjberegningerne. Med anvendelse af 75% percentilen vil det dog oftest være i retning af lavere niveauer.

5.3 Elevationens indflydelse på de målte udgangsværdier

Som følge af haglgværernes generelle retningskarakteristik må det forventes, at udgangsværdien, specielt i retningerne 0° og 45°, er afhængig af elevationen.

I Figur 4 er den målte udgangsværdi vist for en elevation på 15°, 30°, 45° og 60°.

På grund af den store forskel er det vigtigt, at det sikres, at våbnets elevation ved immissionsmålinger er den samme som ved målingerne af udgangsværdierne. Specielt i skudretningen (0°) er dette afgørende, da forskellen i udgangsværdien mellem 15° og 30° er 6 dB.



Figur 4. Forskel på udgangsværdien for forskellige elevationer af våbnet.

5.4 Indflydelse af porøsiteten på terrænet mellem våben og mikrofon

Der er udført to måleserier med mikrofonen placeret i en vandret afstand på 10 meter fra munden svarende til anvisningerne i NT ACOU 099 [12], hvor den eneste forskel er terrænet mellem våben og mikrofon. I den første måling (serie 31) er terrænet porøst (græs), og i den anden (serie 32) er terrænet hårdt/reflekterende (beton). I begge tilfælde er selve mikrofonen placeret på beton.

Udgangsværdien er målt i to retninger svarende til 45° og 90°. Resultatet er vist i Tabel 5. I betragtning af at begge målinger opfylder kravene i NT ACOU 099 [12], er forskellen meget stor.

Tabel 5. Udgangsværdier målt over porøst og reflekterende terræn i vinklerne 45° og 90°.

	45°	90°
Porøst terræn	106,6	104,6
Reflekterende terræn	109,0	107,8
Forskel	2,4	3,2

5.5 Målte udgangsværdier sammenholdt med målinger i større afstand

I forbindelse med målingerne i 2017 blev der for nogle af måleserierne også foretaget immissionsmålinger 390 m fra våbnet 99° relativt til skudretningen samt 225 m fra våbnet 120° relativt til skudretningen. På den måde var det muligt at sammenholde den beregnede støjbelastning med konkrete udgangsværdier med målte immissionsværdier.

Vejret under målingerne opfyldte den meteorologiske ramme beskrevet i Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2/1995 [6].

De beregnede værdier er beregnet for den pågældende udgangsværdi ud fra retningslinjerne i Nordtest Method NT ACOU 099 [12]. Bemærk, at de beregnede værdier er højere end de målte værdier.

Tablet 6. Forskellen mellem målte og beregnede immissionsværdier 390 m fra våbnet. I tabellen er resultaterne i anden kolonne i nederste linje beregnet på grundlag af udgangsværdierne fra Arbejdsrapport 77 og sammenlignet med gennemsnittet af måleresultaterne fra måleserie 40-43 (3. kolonne nederst).

Måleserie	Beregnet (dB(A))	Målt (dB(A))	Forskel (dB)
40	75,4	74,3	1,1
41	75,0	70,1	4,9
42	76,0	67,6	8,4
43	76,1	74,1	2,0
Arbejdsrapport 77 [8]	74,2	71,5	2,7

Tablet 7. Forskellen mellem målte og beregnede immissionsværdier 225 m fra våbnet. I tabellen er resultaterne i anden kolonne i nederste linje beregnet på grundlag af udgangsværdierne fra Arbejdsrapport 77 og sammenlignet med gennemsnittet af måleresultaterne fra måleserie 40-43 (3. kolonne nederst).

Måleserie	Beregnet (dB(A))	Målt (dB(A))	Forskel (dB)
40	81,3	74,8	6,5
41	81,3	73,9	7,4
42	82,6	73,7	8,9
43	83,0	77,4	5,6
Arbejdsrapport 77	81,1	75,0	6,1

6. Sammenfatning

6.1 Litteraturstudie

Der er ikke fundet fejl i databehandlingen i undersøgelsen fra 1996 [8], og spredningen på resultaterne er ikke stor nok til, at det kan forklare forskellen mellem målte og beregnede støjniveauer i fjernfeltet.

Sammenligninger mellem målinger og beregninger viser en tendens til, at beregningerne underestimerer støjbelastningen i størrelsesordenen 4-7 dB.

6.2 Udgangsværdier målt i 1996 og 2017

Resultaterne af målingerne i 1996 og 2017 er vist i Tabel 8 og Tabel 9. I forbindelse med fastlæggelse af udgangsværdier på baggrund af målingerne i 1996 blev det valgt at anvende 75 % percentilen i stedet for gennemsnittet.

Tabel 8. Hovedresultaterne fra målekampagnen i 1996 [8].

	0°	45°	90°	135°	180°
Gennemsnit 1996	115,3	112,7	109,0	104,3	108,4
St. afv. 1996	0,8	0,9	0,6	0,8	1,0
75 % percentil 1996	115,5	113,0	109,0	106,5	108,5
Max 1996	116,4	115,3	110,1	107,9	109,9
Min 1996	113,5	111,3	107,9	104,4	104,8
Max minus Min	2,9	4,0	2,2	3,5	5,1

Tabel 9. Hovedresultater fra målekampagnen i 2017.

	0°	45°	90°	135°	180°
Gennemsnit 2017	118,1	114,8	109,6	107,7	106,0
St. afv. 2017	1,5	1,1	1,4	1,7	1,8
75 % percentil 2017	119,4	115,4	110,5	108,9	107,0
Max 2017	120,7	117,3	112,8	111,6	109,8
Min 2017	115,6	113,4	106,8	104,4	102,3
Max minus Min	5,1	3,9	6,0	7,2	7,5

Table 10. Sammenligning af udgangsværdier fra Vejledning 2/1995 [6], undersøgelsen fra 1996 samt de nye 2017-målinger. Elevationen er i alle tilfælde 30 grader. "75 %-percentil 1996" svarer til de udgangsværdier, som er angivet i Miljøstyrelsens brev [7] og benyttet siden 1996.

	0°	45°	90°	135°	180°
75 %-percentil 2017	119,4	115,4	110,5	108,9	107,0
75 %-percentil 1996	115,5	113,0	109,0	106,5	108,5
Vejledning 2/1995	125,0	116,5	108,3	104,0	104,9
Forskel til 1996-værdier	3,9	2,4	1,5	2,4	-1,5
Forskel til Vejl. 2 1995-værdier	-5,6	-1,1	2,2	4,9	2,1

I Tabel 10 er udgangsværdierne fra undersøgelse i 2017 og 1996 sammenlignet med data fra Vejledning 2/1995. Disse data er oprindeligt fra [3] og repræsenterer den eneste måling, hvor der skydes med stålhagl, mens de andre resultater er valgt som 75 %-percentilen for en større målekampagne.

De nye støjdata ligger højere end udgangsværdierne fra 1996 og lavere end de oprindelige data fra Vejledning 2/1995 [6]. Målemetoden benyttet i 2017 (og formentligt også målemetoden benyttet i 1990, rapporteret i [3] og benyttet i Vejledning 2/1995) er med fuldt akustisk hårdt terræn i modsætning til i 1996, hvor der blev målt over akustisk porøst terræn og med mikrofonen liggende på en 1 m x 1,5 m plade. Ved alle målingerne er anvendt en elevation på 30 grader.

Gennemsnittet fra 2017 ligger op til 4 dB over gennemsnittet fra 1996 på nær 180 grader, der ligger lidt under.

Sammenligning af resultater baseret på måling over hårdt terræn og over blandet hårdt/porøst underlag i 2017 samt 2005 viser en underestimering i størrelsesordenen 2-3 dB ved måling over blandet hårdt/porøst terræn i forhold til måling over hårdt terræn.

Der er i 2017 en relativ stor forskel på udgangsværdien mellem de enkelte ammunitionstyper. Fra 3,9 til 7,5 dB afhængigt af retningen. I 1996 var forskellene fra 2,2 til 5,1 dB. Denne større spredning medvirker til, at 75 %-percentilen ligger længere fra gennemsnittet med op til 1,3 dB i 2017 end i 1996, hvor forskellen var nogle få tiendedele dB i de vigtige retninger. Det tyder på, at støjemissionen fra haglpatroner er øget i den mellemliggende tid.

6.3 Målemetode

Målemetoden i NT ACOU 099 tillader akustisk blødt terræn mellem våben og mikrofon (på hård plade).

Nord2000-modellering af akustisk hårdt og akustisk hårdt/blødt terræn mellem våben og mikrofon viser, at udgangsværdien underestimeres i størrelsesordenen 3-4 dB ved anvendelse af blandet hårdt/blødt terræn.

Sammenligninger baseret på måling af udgangsværdierne i 2017 over henholdsvis rent hårdt terræn og blandet hårdt/porøst terræn viser en underestimering af udgangsværdien i størrelsesordenen 2-3 dB, når der måles over blandet hårdt/porøst terræn. En del af afvigelserne mellem målte og beregnede støjniveauer kan således tilskrives, at udgangsværdierne fra 1996 ikke er målt over rent hårdt terræn mellem våben og mikrofon.

6.4 Meteorologisk ramme

Den meteorologiske ramme angivet i Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2/1995: "Beregning og måling af støj fra skydebaner" [6] sikrer en tilfredsstillende grad af reproducerbarhed ud til ca. 900 m fra skydebanen, hvad angår vindretning og -hastighed, bortset fra midt på dagen i sommermånederne, hvor der må stilles supplerende krav til atmosfærens stabilitet også under de 1500 m, der er omtalt i [6]. Dog er det ønskeligt, at kravet til vindhastigheden i 10 m højde (2-5 m/s) skærpes til at gælde vindkomponenten. Perioden med supplerende krav til atmosfærens stabilitet vil være fra ca. 1. maj til 1. august og tidsmæssigt fra kl. 09 til kl. 17 (angivet som sommertid). I denne periode bør der stilles krav til, at skydækket skal være helt overskyet (samme krav, som der i [6] stilles over 1500 m). Det er ikke muligt på basis af beregningerne udført i nærværende arbejde at vurdere, om der vil være behov for yderligere stramninger af den meteorologiske ramme i afstande over 900 m, men umiddelbart vurderet vil det være nødvendigt ved afstande væsentligt over 900 m.

7. Konklusion

En del af afvigelserne (2-3 dB) mellem målte og beregnede støjniveauer kan tilskrives, at udgangsværdierne fra 1996 er målt med delvist porøst terræn mellem våben og mikrofon. Yderligere vurderes ca. 1 dB at skyldes en øgning af støjen fra haglpatronerne siden 1996. Forskelle op til 7 dB mellem målte og beregnede støjbidrag hos naboerne kan ikke alene forklares med disse forhold.

Sammenligning mellem målte og beregnede værdier baseret på simultant målte værdier i forbindelse med 2017-målingerne viser overraskende målte værdier, der ligger lavere end de beregnede.

Resultaterne fra 1996 [10] af målinger i to afstande viser god overensstemmelse mellem målte og beregnede værdier.

Det er altså ikke helt entydigt, at forskelle i udgangsværdierne er årsag til forskellene.

Der er andre parametre, der kan bidrage til forskellen. Den stærke tredimensionelle direktivitet af haglgeværet medfører, at måleresultater og naboernes oplevelse af støjen bliver afhængig af elevationen under skydning. Tilsvarende kan den hurtigt varierende meteorologi under målingerne føre til, at den lyd, der når frem til naboerne, ikke stemmer overens med den reelle elevation, men svarer til en højere/lavere elevation pga. lydbanens øjeblikkelige krumning. Dette forklarer formentlig de meget store variationer i støjniveauet for enkeltskud, der kan opleves inden for samme måleserie, der typisk varer 10 minutter.

Det er muligt, at direktiviteten ikke er godt nok bestemt med en opløsning på 45°. Forskellen på niveauet i 0 grader og 45 grader er stor sammenlignet med forskellen mellem 45 grader og 90 grader og videre rundt. Der kan således være behov for at bestemme direktiviteten mere detaljeret, specielt omkring skudretningen, samt undersøge hvor meget af variationen der skyldes lydbanens varierende krumning.

8. Referencer

- [1] Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6/1984: Måling af ekstern støj fra virksomheder.
- [2] Ny meteorologisk ramme for måling af ekstern støj fra virksomheder. Lydteknisk Institut. Rapport nr. 148, 1990.
- [3] Lydemission fra håndvåben. Målt i Jægerspris den 21. og 22. august 1990. Forsvarets Forskningstjeneste FOFT M-7/1990.
- [4] Måling af støjemission fra håndvåben. DELTA Akustik & Vibration Rapport, DANAK 100/381, AV 984/93.
- [5] Vejledning fra Miljøstyrelsen. Nr. 1 1995. Skydebaner.
- [6] Vejledning fra Miljøstyrelsen. Nr. 2 1995. Beregning og måling af støj fra skydebaner.
- [7] Støjberegninger for skydebaner. Nye støjtal for haglpatroner. J.nr. M 4040-0050. Miljøstyrelsen brev 29. oktober 1996.
- [8] Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 77 1997. Støj fra skydebaner, Emissionskatalog for haglvåben. Jan Christensen og Bo Søndergaard. DELTA Akustik og Vibration.
- [9] Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 78 1997. Støj fra skydebaner, Emissionskatalog for haglvåben. Bilagsrapport. Jan Christensen og Bo Søndergaard. DELTA Akustik og Vibration.
- [10] Elevationens betydning for haglvåben. KRU 877048 Bo Søndergaard DELTA Akustik og Vibration. Udført for Miljøstyrelsen 1998-05-12.
- [11] Skydebaner. Opgørelse af aktivitet, rammegodkendelse, nye støjdata. J.nr. M 171/181-0001. Ref. JJ/TVA/9. Miljøstyrelsens brev af 3. juni 1998.
- [12] NORDTEST Method NT ACOU 099 Edition 2 Approved 2002-11. SHOOTING RANGES: PREDICTION OF NOISE.
- [13] Teknisk rapport VB1/05: «Miljømåling – ekstern støj». Odense Skydecenter, Kærbygårdevej 15, 5220 Odense SØ. Februar 2005. 14. februar 2005. Dok. nr. 158802. Sagsnr. 041887.
- [14] Intern undersøgelse foretaget af Referencelaboratoriet for Miljøstyrelsen i 2005. Målinger af udgangsværdier ifølge ACOU 099 (mikrofon på plade udlagt på porøst terræn) sammenlignet med udgangsværdier på grundlag af målinger hårdt terræn overalt mellem våben og mikrofon.
- [15] Ljudmætning ved skjutning med 24 grams hagelpatroner. Rapport 2007-282 R01. WSP Akustik. 2008-05-30.
- [16] DELTA-rapport DANAK 2067 for Fredensborg Kommune: Måling af støj fra skydebanerne i Karlebo og Langstrup. 18. december 2015.
- [17] Acoustica rapport P6.019.17 :Undersøgelse af haglvåben. Miljømåling – Ekstern støj 2017-09-29.

Bilag 1 Meteorologi

Analyse af egnetheden af den nye meteorologiske ramme for industristøj til skudstøj.

Baggrund

Dette bilag indeholder en analyse af, om den nye meteorologiske ramme for måling af virksomhedsstøj beskrevet i Teknisk Rapport nr. 148/1990 fra Lydteknisk Institut: "Ny meteorologisk ramme for måling af støj fra virksomheder" [2] kunne tænkes at være egnet som en ny meteorologisk ramme for måling af støj fra skydebaner. Analysen er samtidig udformet, så dens resultater kan anvendes til at vurdere, om den nuværende meteorologiske ramme for skudstøj beskrevet i Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2/1995: "Beregning og måling af støj fra skydebaner" [6] er tilstrækkelig, eller om der er behov for justeringer.

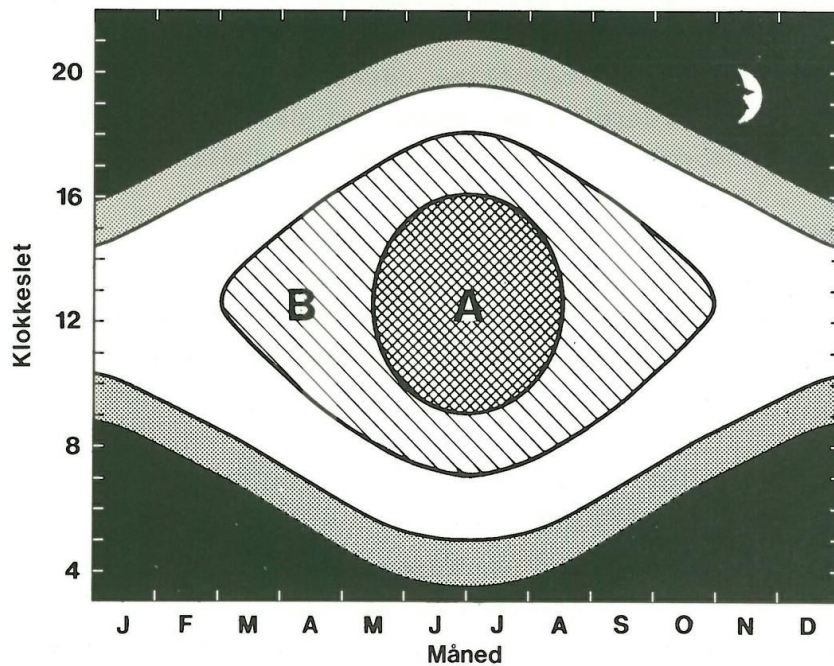
Fremgangsmåde

For at kunne undersøge om den nye meteorologiske ramme for industristøj er egnet som meteorologisk ramme for skudstøj, vil det være nødvendigt at have en pålidelig beregningsmodel, som kan tage hensyn til de meteorologiske forhold. Til dette formål er beregningsmodellen Nord2000 blevet valgt. Brug af Nord2000 kræver kendskab til vind- og temperaturprofilen over terræn.

For at beregne disse profiler må der gøres brug af en meteorologisk model, som kan bestemme atmosfærens stabilitet udtrykt ved Monin-Obhukov-længden L på basis af "normale" meteorologiske oplysninger. Den valgte model er Klug-Manier-modellen, som bruges til at beregne atmosfærens stabilitet på basis af skydækket (i ottendele) og vindhastigheden, og om der er tale om en dag- eller en natsituation. L bruges herefter til, sammen med vinden i 10 m højde over terræn og ruhedslængden z_0 , at bestemme de nødvendige vind- og temperaturprofiler ved hjælp af Businger-Dyer formlerne.

Den nye meteorologiske ramme for industristøj er vist i Figur 5 og tager udgangspunkt i tidspunktet på året og døgnet som vist i "citrondiagrammet" i toppen af figuren. Metoden definerer fire tidsrum kaldet A (krydsskraveret område), B (skraveret område) og Øvrige dag (hvidt område) samt Nat (sort område). Det grå område i "citrondiagrammet" er tidsrummet omkring solopgang og solnedgang, hvor målinger frarådes. A, B og Øvrige dag er dagsituationer med henholdsvis stærkt, moderat og svagt ustabil atmosfære, mens Nat er natsituationen med stabil atmosfære.

Solindstrålingens betydning afhænger derudover af skydækket inddelt i klasser. For hvert tidsrum og skydækket klasse stilles der i metoden krav til medvindskomponenten. For lavt placerede kilder (fx en skytte med et haglgelvær) er det medvindskomponenten i søjlen $k > 0,1$, der er relevant. Formålet med kravet til en mindste medvindskomponent er at modvirke den virkning på udbredelsesdæmpningen, som forårsages af atmosfærens ustabilitet.



Tidsrum	Skydække	Mindste medvindskomponent, hvor	
		$k > \div 0,1$	$k > 0,1$
A	8/8 helt tæt	0	1,2
	6/8 - 8/8	0,8	2,0
	< 6/8	1,7	2,8
B	8/8 helt tæt	0	1,0
	6/8 - 8/8	0,25	1,6
	< 6/8	0,8	2,0
Øvrige dag	8/8 helt tæt	0	0
	< 8/8	0	1,2
Nat	6/8 - 8/8	0	0
	< 6/8	Vindhastigheden skal være større end 2 m/s, komponenten skal blot være ≥ 0 .	

Figur 4

Inndeling af døgnet i forskellige tidsrum afhængigt af tidspunktet på året samt angivelse af den medvindskomponent, der kræves ved forskellige skydækker for, at krumningen k er større end henholdsvis $\div 0,1$ og $0,1$.

Figur 5. Figur 4 fra Teknisk Rapport nr. 148, Lydteknisk Institut [2].

I analysen af den nye meteorologiske ramme for industristøj er valgt en række tidspunkter på året og døgnet, som på passende vis dækker variationsområdet af meteorologiske situationer. De valgte datoer er 1. juli (tæt på sommersolhverv med største solvinkel), 1. januar (tæt på vintersolhverv med mindste solvinkel) og 15. april (midt i tidsrum B, kl. 12:30, svarer også til midten af september). Tidspunkterne er kl. 12:30 (omtrent højeste solhøjde), kl. 00:30 (midt om natten) og kl. 17:00 (midt i tidsrum B, den 1. juli, svarer også til ca. kl. 08:00).

De syv tidspunkter er vist i Tabel 11, som også viser, hvilket tidsrum i meteo-rammen de svarer til. Tabel 11 viser desuden den mindste tilladte vindkomponent ved skydække 0, 6 og 8 (mindste skydække og dermed meste kritiske værdi i skydækkelasserne 0-5, 6-7 og 8 ottendedele). Beregningerne er desuden suppleret med en maksimum vindkomponent på 5 m/s for hver af de 21 meteorologiske situationer med minimum vindkomponent. Som vist i Tabel 12 er atmosfærens stabilitet udtrykt ved Monin-Obhukov-længden L beregnet for hver af de 42 meteorologiske situationer.

$L = -45$, -19 og -7 svarer til henholdsvis svagt, moderat og stærkt ustabil atmosfære, mens $L = 44$ og 13 svarer til henholdsvis moderat og stærkt stabil atmosfære. $L = \infty$ svarer til en neutral atmosfære. Ved beregningen af L er forudsat, at vindretningen svarer til udbredelsesretningen (vindhastighed = vindkomponent), og at ruhedslængden $z_0 = 0,05$ m.

Tabel 11. De 7 udvalgte tidspunkter med tilhørende meteo-ramme samt mindste og maksimale vindkomponent ved skydække 0/8, 6/8 og 8/8.

Nr.	Dato	Tid	Tidsrum	Minimum vindkomponent ved skydække 0, 6, 8			Maksimum vindkomponent ved skydække 0, 6, 8		
				0	6	8	0	6	8
1	1. juli	12:30	A	2,8	2	1,2	5	5	5
2	15. april	12:30	B	2	1,6	1	5	5	5
3	1. juli	17:00	B	2	1,6	1	5	5	5
4	1. januar	12:30	Øvrige	1,2	1,2	0	5	5	5
5	15. april	17:00	Øvrige	1,2	1,2	0	5	5	5
6	1. juli	00:30	N	0	0	0	5	5	5
7	1. januar	00:30	N	0	0	0	5	5	5

Tabel 12. Monin-Obhukov-længde L ved skydække 0, 6, 8 ved minimum og maksimum vind.

Nr.	Dato	Tid	Tidsrum	Monin-Obhukov-længde L ved skydække 0, 6, 8 og minimum vind			Monin-Obhukov-længde L ved skydække 0, 6, 8 og maksimum vind		
				0	6	8	0	6	8
1	01-jul	12:30	A	-7	-19	-19	-19	-45	∞
2	15-apr	12:30	B	-19	-45	-19	-45	∞	∞
3	01-jul	17:00	B	-19	-45	-19	-45	∞	∞
4	01-jan	12:30	Øvrige	-45	-45	-45	-45	∞	∞
5	15-apr	17:00	Øvrige	-19	-19	-19	-45	∞	∞
6	01-jul	00:30	N	13	13	44	∞	∞	∞
7	01-jan	00:30	N	13	13	44	∞	∞	∞

Kombineres stabilitetsklasserne svarende til L angivet i Tabel 12 med minimum og maksimum vindhastighed i Tabel 11, begrænser antallet af nødvendige meteorologiske situationer i analysen sig til 13, som vist i Tabel 13. Situation 12 og 13 er for natsituationen, der nok har begrænset interesse for flugtskydebaner, men som er medtaget for fuldstændighedens skyld.

Tabel 13. De nødvendige 13 meteorologiske situationer til analysen.

Nr.	Stabilitet	Vindkomponent (m/s)
1	Stærkt ustabil (V)	2,8
2	Moderat ustabil (IV)	0
3		1
4		1,2
5		2
6		5
7	Svagt ustabil (III/2)	0
8		1,2
9		1,6
10		5
11	Neutral (III/1)	5
12	Moderat stabil (II)	0
13	Stærkt stabil (I)	0

For hver af de 13 meteorologiske situationer er der udført beregninger med Nord2000 af støjniveauet relativt til frit felt (terræneffekten).

Beregningerne er udført for tre udbredelsesterræner – alle forudsat at have Nord2000-overfladetype D (græs):

- Terræn 1: Fra skydebane LFS til modtagerpunkt på Oldvejen, afstand 846 m.
- Terræn 2: Fra skydebane KFS til modtagerpunkt på Vejenbrødvej 47C, afstand 841 m.
- Terræn 3: Fladt terræn, afstand 840 m.

Kildespektrene anvendt i beregningerne stammer fra Orientering nr. 41 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjberegninger: "Beregning af skudstøj" [6], Appendix 1, Tabel A4 (Våbenklasse 4, Haglggeværer). For terræn 1 er beregningerne udført med kildespektret for udbredelsesretning 0°, 90° og 180° i forhold til skudretningen, mens der for de øvrige to terræner kun er udført beregninger for 90°, da virkningen fra forskelle i spektret viste sig at være beskedne for terræn 1. 0° er det mest lavfrekvente kildepektrum, mens 180° er det mest højfrekvente.

Øvrige forudsætninger i Nord2000-beregningerne er:

- Kildehøjde over terræn: 2 m
- Modtagerhøjde over terræn: 2 m
- Ruhedslængde z_0 : 0,05 m
- Lufttemperatur: 8°C (dansk gennemsnit)
- Relative luftfugtighed: 80% (dansk gennemsnit)
- Atmosfærisk turbulens: $C_v^2 = 0,12 \text{ m}^{3/4} \text{ s}^{-2}$, $C_T^2 = 0,008 \text{ Ks}^{-2}$

Resultater

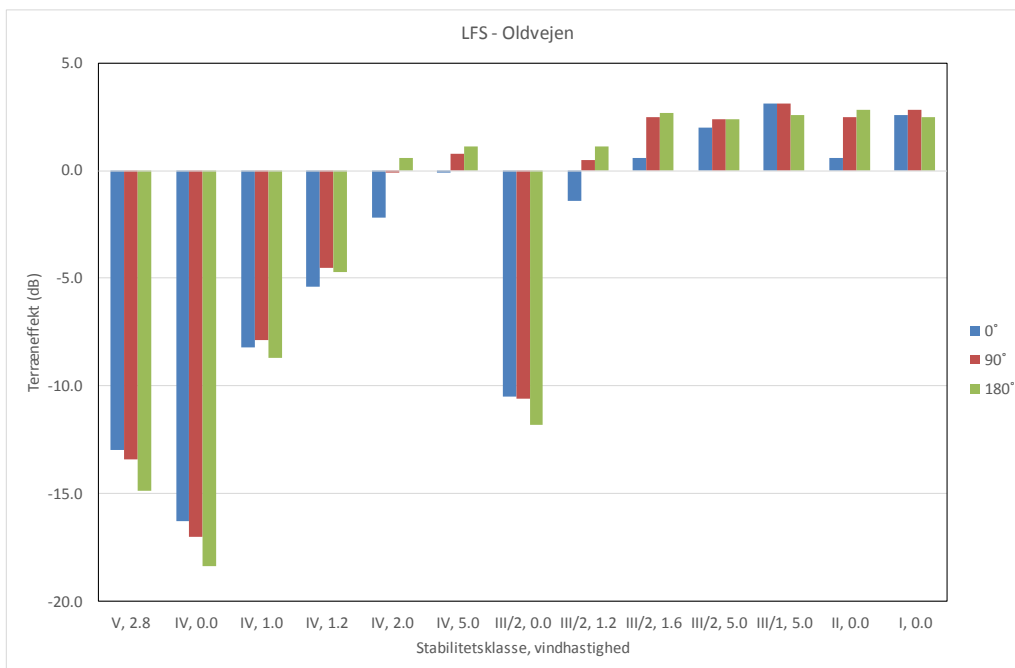
Resultater af beregningerne er vist i Tabel 14. Søjlerne LFS, KFS og 840 m (fladt terræn) viser de beregnede støjniveauer $L_{pA,i}$ relativt til frit felt (terræneffekt $\Delta L_{\text{terræn}}$) for henholdsvis terræn 1, 2 og 3. Førstnævnte er beregnet for tre kildespektre svarende til en vinkel på 0°, 90° og 180° mellem udbredelsesretningen og skudretningen, mens de to andre kun er beregnet for 90° på grund af den beskedne betydning af kildespektret set for terræn 1. Beregningerne er udført for de 13 meteorologiske situationer inden for den nye meteorologiske ramme for industristøj defineret ved stabilitetsklasse, Monin-Obhukov-længde L og vindhastighed u i m/s. Tabellen viser desuden middelværdi og standardafvigelse for de 13 situationer. De beregnede terræneffekter kan ses grafisk i Figur 6 – Figur 8 for de tre terræner.

For terræn 1 (LFS) og for terræn 3 (840 m) ses det i Figur 6 og Figur 8, at 5 ud af de 10 meteorologiske tilfælde med ustabile atmosfærer (nr. 1-10), som dækker dagsituationen, giver for lave eller meget for lave værdier. Årsagen vurderes at være, at der ved udarbejdelsen af den nye meteorologiske ramme har været fokuseret på væsentlig kortere udbredelsesafstande end 800 m. Denne vurdering støttes af, at der i forbindelse med udarbejdelsen af dette bilag blev udført supplerende beregninger for afstanden 200 m, som viste et acceptabelt lille variationsområde for de valgte 13 meteorologiske tilfælde. For de to natsituationer med stabile atmosfærer (tilfælde 12 og 13) og for den neutrale atmosfære med kraftig vind (tilfælde 11), som kan være både en dag- og natsituation, er der derimod som forventet passende høje værdier.

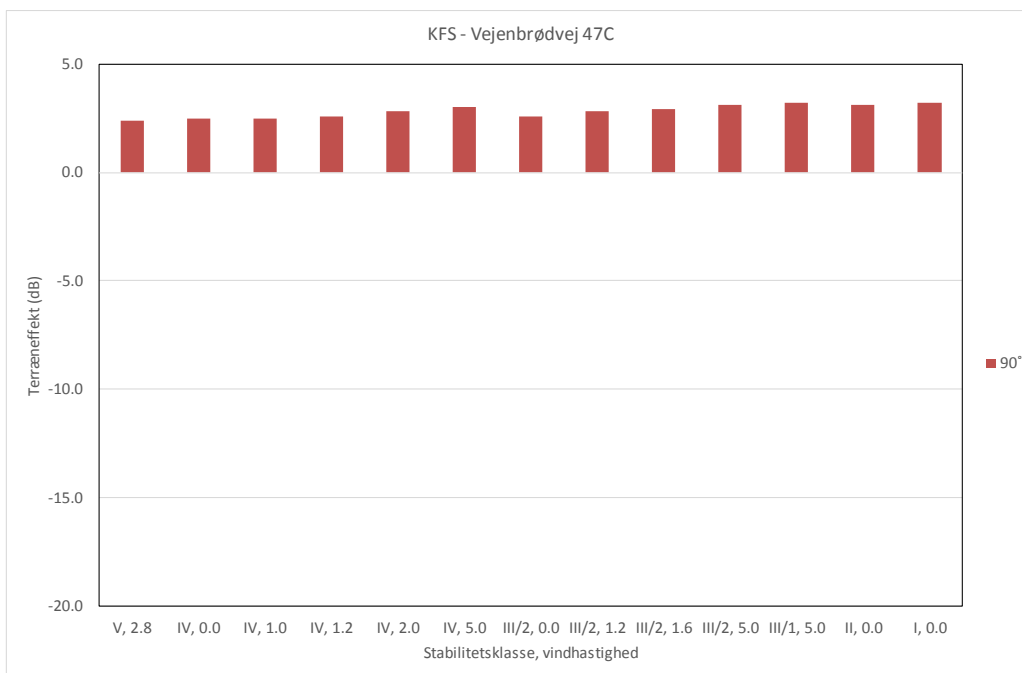
For terræn 2 (KFS) er der ingen problemer med meteorammen, og det skyldes, at lydudbredelsen fra skydebane til modtagerpunkt foregår over et dalformet terræn med meget lille terræneffekt (2-3 dB over frit felt), som det fremgår af terrænsnittet i Figur 9. Figuren viser også terrænsnittet for LFS, som er tæt på at være et fladt terræn.

Tabel 14. De beregnede støjniveauer $L_{pA,i}$ relativt til frit felt (terræneffekt $\Delta L_{\text{terræn}}$) for henholdsvis terræn 1, 2 og 3 (LFS, KFS og fladt terræn) ved de undersøgte stabilitetsklasser.

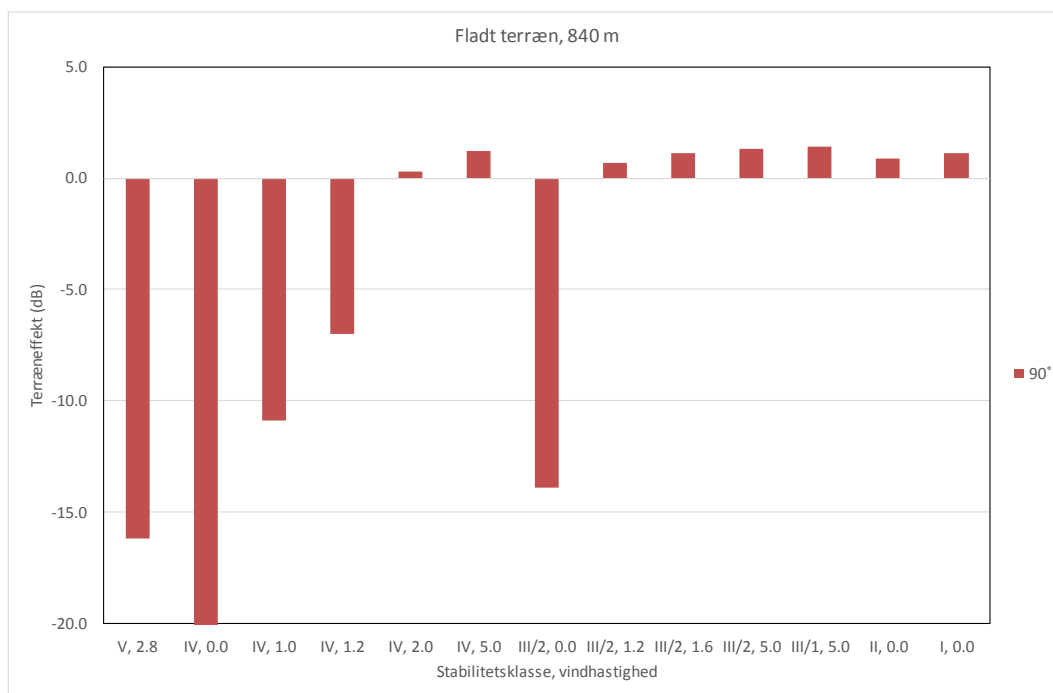
Nr.	Stabilitets- klasse	L	u (m/s)	LFS			KFS	840 m
				0°	90°	180°	90°	90°
1	V	-7	2,8	-13,0	-13,4	-14,9	2,4	-16,2
2	IV	-19	0	-16,3	-17,0	-18,4	2,5	-20,1
3	IV	-19	1	-8,2	-7,9	-8,7	2,5	-10,9
4	IV	-19	1,2	-5,4	-4,5	-4,7	2,6	-7,0
5	IV	-19	2	-2,2	-0,1	0,6	2,8	0,3
6	IV	-19	5	-0,1	0,8	1,1	3,0	1,2
7	III/2	-45	0	-10,5	-10,6	-11,8	2,6	-13,9
8	III/2	-45	1,2	-1,4	0,5	1,1	2,8	0,7
9	III/2	-45	1,6	0,6	2,5	2,7	2,9	1,1
10	III/2	-45	5	2,0	2,4	2,4	3,1	1,3
11	III/1	∞	5	3,1	3,1	2,6	3,2	1,4
12	II	44	0	0,6	2,5	2,8	3,1	0,9
13	I	13	0	2,6	2,8	2,5	3,2	1,1
Middel				-3,7	-3,0	-3,3	2,8	-4,6
Standardafvigelse				6,4	7,0	7,6	0,3	8,0



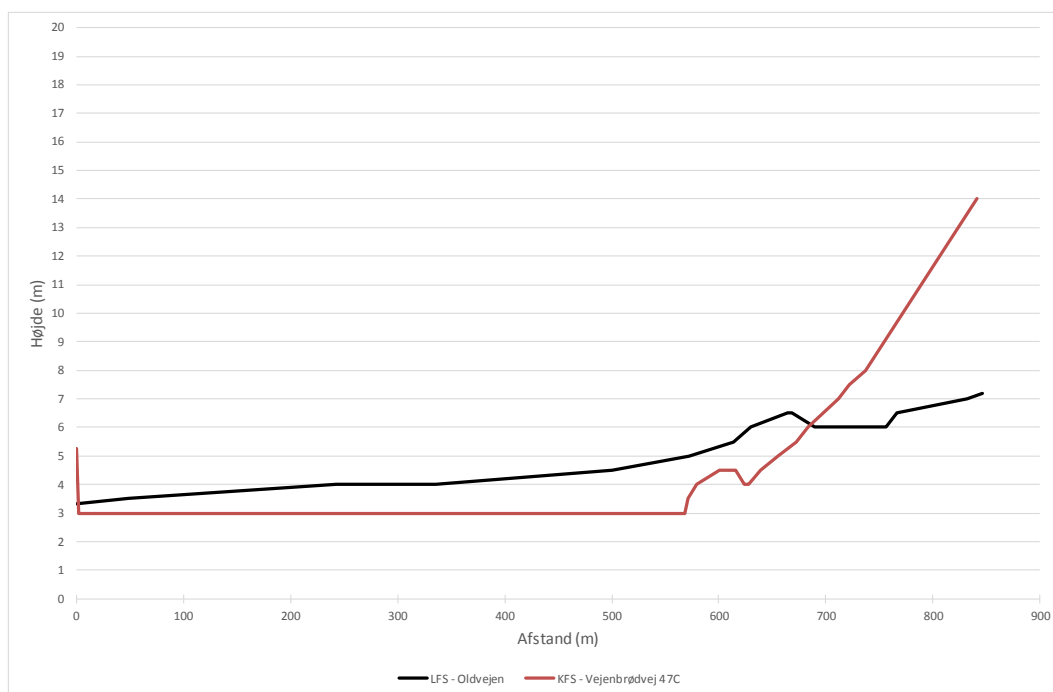
Figur 6. Terræneffekt fra LFS til Oldvejen 9 ved de undersøgte stabilitetsklasser i retningerne 0°, 90° og 180°.



Figur 7. Terræneffekt fra KFS til Vejenbrødvej 47C ved de undersøgte stabilitetsklasser for retning 90°.



Figur 8. Terræneffekt fra KFS til Vejenbrødvej 47C ved de undersøgte stabilitetsklasser for retning 90°.



Figur 9. Terrænprofil for de respektive skydebaner til immissionspunkterne.

Konklusion

Konklusionen vedrørende anvendelse af den nye meteorologiske ramme for industristøj er, at den ikke er anvendelig for de undersøgte udbredelsesafstande. Der stilles generelt for lave krav til den mindste medvindskomponent i dagsituationen. Det betyder, at 5 ud af de 10 meteorologiske tilfælde med ustabile atmosfærer, som dækker dagsituationen, giver for lave eller meget for lave værdier. Årsagen skønnes at være, at der ved udarbejdelsen af den nye meteorologiske ramme har været fokuseret på væsentlig kortere udbredelsesafstande end 800 m. Denne vurdering støttes af, at der i forbindelse med udarbejdelsen af dette bilag blev udført supplerende beregninger for afstanden 200 m, som viste et acceptabelt variationsområde for de valgte 13 meteorologiske tilfælde.

Undersøgelse af støj fra haglvåben – Del 1

Miljøstyrelsen og Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger har over en periode modtaget henvendelser, der indikerer, at der kan være store forskelle mellem målte og beregnede støjniveauer for skudstøj, når der skydes med haglvåben. Ligeledes har DELTA for nyligt i en konkret sag målt støj fra haglvåben, der ligeledes indikerer sådanne forskelle. Henvendelserne og den konkrete sag indikerer, at der beregnes 4-7 dB for lave værdier af $L_{pA,I}$.

Miljøstyrelsen har derfor besluttet at igangsætte en undersøgelse af støj fra haglvåben. Undersøgelsen er gennemført i 2017 og er forestået af SWECO i samarbejde med Referencelaboratoriet. Bo Søndergaard og Bo Lithén Madsen fra SWECO samt Birger Plovsing og Claus Backalarz fra Referencelaboratoriet har medvirket i undersøgelsen.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk