

Ljudmätning vid skjutning med 24 grams hagelpatroner och ett antal pistoler, revolverar och gevär.

Naturvårdsverket har under 2007 låtit genomföra ljudmätningar från skjutning med 24 grams hagelpatron och under 2009 ljudmätningar för ett antal pistoler, revolverar och gevär. Dessa mätningar innebär att tabell 1, Ljudnivån i dBA 10 m från vapnet fritt fält, i Naturvårdsverkets meddelande 7/1984 Buller från finkalibriga vapen, beräkningsmodell, bör kompletteras enligt nedan.

Hur mätningarna har gått till framgår av rapporterna:

Ljudmätningar vid skjutning med 24 grams hagelpatroner, WSP Akustik, 2008-05-03, Rapport TR 2007-282 R01

Ljudnivåmätningar av finkalibriga skjutvapen, WSP Akustik, 2009-11-27, Rapport TR 10116976 R01

Resultat av uppmätta data ett antal finkalibriga vapen för införande i databasen i NV meddelande 7/1984. Ljudnivå i dB(A), l 10 m från vapnet, fritt fält. Pistoler, revolverar och gevär.

Vapen, kaliber	Ammunition	Piplängd cm	0°	45°	90°	135°	180°
Pistol, kal. .32 Ny	5,8 gr. Vo 240 m/s	15	116 G3	112 G3	106 G3	105 G3	100 G3
Revolver kal. .38 spec Ny	10.2 gr. Vo 280 m/s	15	119 G3	116 G3	112 G3	110 G3	104 G3
Revolver kal. .357 Magnum Ny	10.2 gr. Vo 390 m/s	15	130 G3	124 G3	121 G3	120 G3	116 G3
Revolver kal. 44 Magnum Ny	15, 55 gr. Vo 390 m/s	16,5	131 G3	125 G3	122 G3	121 G3	118 G3
Pistol kal. 9 mm Tidigare nr 8 (m/40)	8,0 gr. Vo 340 m/s	12	127 G3	121 G3	117 G3	114 G3	108 G3
Pistol .kal. 22 LR Tidigare nr 12	3,2 gr. Vo 320 m/s	12	115 G3	112 G3	105 G3	104 G3	98 G3
Revolver kal. .357 Magnum Ny	10,2 gr. Vo 390 m/s	6,35	128 G3	128 G3	123 G3	121 G3	117 G3
Viltmålsgevär .22 L.R. Ny	2,67 gr. Vo 400 m/s	60	123 G3	104 G3	93 G3	89 G3	89 G3
Studsare 9,3x62 Ny	15 gr (jaktmatch), Vo 765 m/s	60	132 G1	130 G1	124 G2	119 G2	115 G3
Studsare .22 L.R Tidigare nr 3	2,67 gr. Vo 325 m/s	60	108 G3	100 G4	88 G5	82 G5	73 G3
Studsare 6,5 x 55 Tidigare nr 13	7,8 gr. (jaktmatch) Vo 820 m/s	60	130 G1	128 G2	123 G3	117 G2	114 G3
Studsare 30-06 Tidigare nr 13	9,7 gr. (jaktmatch) Vo 845 m/s	60	131 G1	129 G1	125 G3	119 G4	114 G3
Studsare 30-06 Ny	9,7 gr. (jaktmatch) Vo 845 m/s	55	131 G1	130 G1	125 G2	120 G2	117 G3
Studsare .308 Tidigare nr 13	9,7 gr. (jaktmatch) Vo 810 m/s	60	130 G1	129 G3	123 G3	118 G3	114 G3
Gevär 6,5x55 Mauser Tidigare nr 14	Skyttepatron, Vo 800 m/s	60	129 G1	128 G3	122 G3	117 G3	111 G3
Hagelgevär kal.12	Hagelpatron 24 gr	70	122 G2	117 G3	111 G2	111 G3	110 G3

STATENS NATURVÅRDSVERK
Meddelande 7/1984



BULLER FRÅN FINKALIBRIGA VAPEN

Beräkningsmodell

Buller från finkalibriga vapen

Beräkningsmodell

ISBN 91-7590-213-3

Ansvarig utgivare: Ingvar Bingman,
Naturvårdsverkets informationsenhet

Beställningsadress: Liber distribution, Förlagsorder,
162 89 Stockholm, telefon 08/739 91 30

Tryck: ab RH tryck & reklam, Tyresö 1984

Innehåll

	sid
FÖRORD	4
1 INTRODUKTION	5
2 BERÄKNINGSMETODIK	7
Utgångsvärde, L_1	7
Geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption, ΔL_2	9
Korrektion för skärm, mark och vegetations- inverkan, ΔL_3	9
Beräkning av skärmdämpning, $\Delta L_{\text{skärm}}$	11
Beräkning av markkorrektion, ΔL_{mark}	14
Beräkning av vegetationsdämpning, ΔL_{veg}	17
Undantag från beräkningsmetodiken	19
Beräkning av ljudnivån i mottagarpunkten	22
3 RÄKNEEXEMPEL	23
Exempel 1	24
Exempel 2	26
Exempel 3	27
4 BÖCKER FRÅN NATURVÅRDSVERKET	31
Bilaga 1: Effekten av en skjuthall	32
Bilaga 2: Reflektering av ljudet	34
Bilaga 3: Ifyllnadstabell, som hjälpmedel vid beräkning	36
Bilaga 4: Ekvationer framtagna ur diagram	38

Förord

Statens naturvårdsverk har tidigare utgivit allmänna råd för buller från skjutbanor (SNV RR 1981:2). I dessa rekommenderades bullermätningar som underlag för bedömningar, eftersom en tillförlitlig beräkningsmodell saknades vid denna tidpunkt. Förebyggande beräkningsmodell kan användas som likvärdigt alternativ till mätningar för att bedöma vilka ljudnivåer som kan förväntas kring en skjutbana. En beräkning kan många gånger vara att föredra framför en bullermätning t ex vid en planeringssituation, där området kring skjutbanan ännu inte givits sin slutliga utformning. Vidare kan det ibland av praktiska och ekonomiska skäl vara fördelaktigt att använda beräkningar i stället för mätningar. Detta är fallet t ex när man är intresserad av förhållandena i flera riktningar eller områden där man av olika skäl har svårt att genomföra skjutningar etc.

Modellen som behandlar buller från finkalibriga vapen har utarbetats för Nordiska Bullergruppen (NBG) 1983 av konsultfirman Kilde, Voss, Norge. Den svenska versionen är en översättning och bearbetning av Kilde-rapport 73.

Solna i augusti 1984

Statens naturvårdsverk

1 Introduktion

Beräkningsmodellen ger som resultat ljudnivån i mottagarpunkten i dBA-Impulse och kan användas för militära och civila handeldvapen. Metodiken består i att finna korrektionsfaktorer i dBA för varje förhållande som kan påverka ljudnivån. Metoden tar hänsyn till **vapen, ammunition** och **skjutriktning** vad beträffar utgångsvärdet, samt korrigerar ljudnivån med avseende på **avstånd, skärmar** samt **mark- och vegetationsförhållanden**. De olika korrektionsfaktorerna beräknas i dBA Impulse, varefter de summeras med tecken. De kan vara både positiva och negativa, där en positiv korrektionsfaktor ökar ljudnivån i förhållande till utgångsvärdet, medan en negativ faktor minskar ljudnivån.

Med denna förenklade beräkningsmodell, där beräkning och avläsning sker i dBA, finns en tillförlitlighet inom 2-3 dBA i förhållande till satta oktavbandsberäkningar. Vid en jämförelse mellan ljudnivåberäkningar och fältmätningar medför beräkningen en osäkerhet på ± 5 dBA. Vidare förutsätter metoden en temperatur på $+ 15^{\circ}\text{C}$, en relativ fuktighet 70%, sommarförhållanden och medvind.

Beräkningsmodellens uppbyggnad kan anges med följande formel

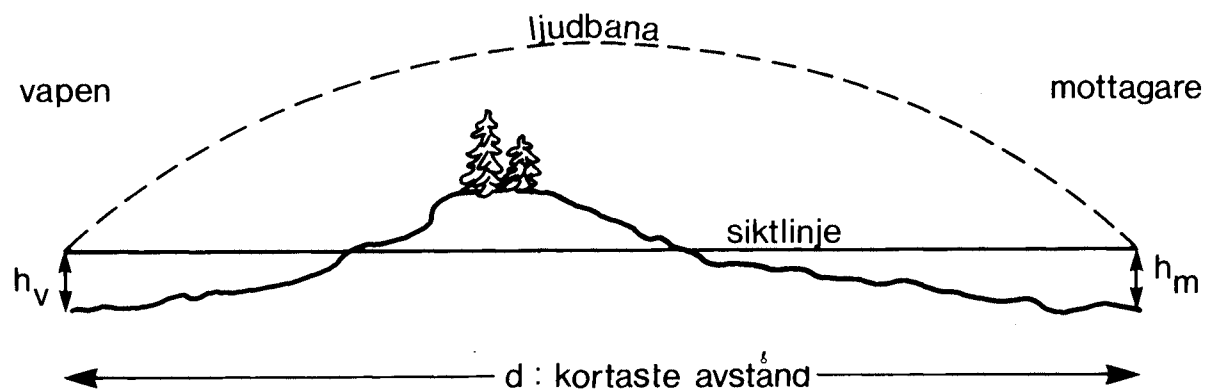
$$L_M = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + (\Delta L_4 + \Delta L_5)$$

där

- L_M : beräknad ljudnivå för ett skott i mottagarpunkten
- L_1 : utgångsvärde beroende av vapen, ammunition och skjutriktning
- ΔL_2 : geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption
- ΔL_3 : korrektion för skärmverkan, mark och vegetation
- ΔL_4 : korrektion för skjuthall (bilaga 1)
- ΔL_5 : tillskott p g a reflektioner (bilaga 2)

Beräkningsunderlaget för korrektionsfaktorerna ΔL_4 och ΔL_5 är av betydligt sämre kvalitet än för övriga faktorer, varför korrektionen för skjuthall och reflektioner endast kan betraktas som en grov uppskattning.

För att underlätta beräkningen bör en terrängprofil ritas. På profilen markeras höjder, avstånd, mark- och skogsförhållanden, se figur 1.



Figur 1

- d: beräkningsavstånd, dvs kortaste avståndet mellan skytt och beräkningspunkt
- h_v : källans höjd över marken
- h_m : mottagarens höjd över marken

Ljudbanan i figuren beskrivs som en cirkelbåge med radien $8d$.

Beräkningsmodellens nomogram möjliggör en avläsning på 0,5 dBA. Slutresultatet skall alltid avrundas till hela dBA.

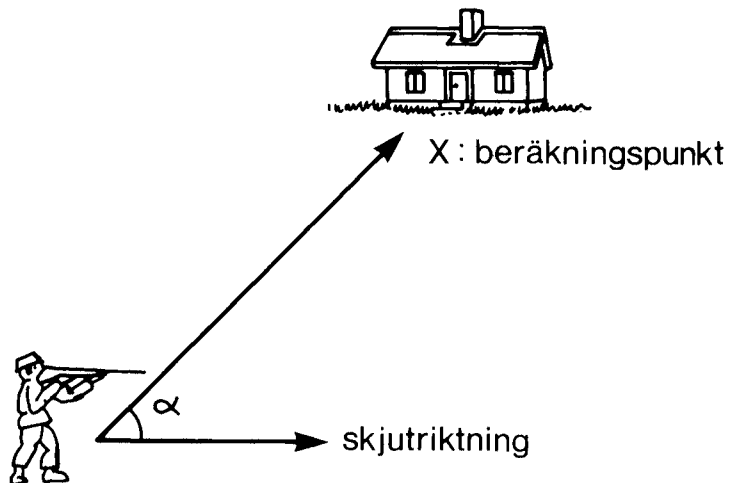
2 Beräkningsmetodik

Utgångsvärde, L_1

Utgångsvärdet i tabell 1, sid 8, beskriver ljudnivån från ett skott på ett avstånd av 10 m från källan. Avgörande för detta värde är vapen och ammunitionskombination samt skjutriktning i förhållande till mottagarpunkten.

Kombinationen av vapen och skjutriktning indelas i fem klasser, G1 till G5. Dessa klasser kommer att ingå i flera beräkningsled.

Ljudnivån i olika skjutriktningar i förhållande till en mottagarpunkt anges i ett horisontalplan för $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ och 180° där 0° är skjutriktningen, se figur 2. Utgångsvärdet avläses ur tabell 1, sid 8. Värden kan interpoleras linjärt mellan tabellvärdena.



Figur 2

Tabell 1 Ljudnivån i dBA 10 m från vapnet, fritt fält

Vapen, kaliber	Ammunition	Ljudnivå, vapengrupp					
		α :	0°	45°	90°	135°	180°
1	Gevär M/96, 6,5 mm SK PTR M/94 PRJ M/41		126	122	116	110	107
		G2	G2	G2	G2	G2	G2
	KPTR M/14		120	118	111	104	99
		G2	G2	G2	G2	G2	G2
2	Ak 4, 7,62 mm SK PTR 10 PRJ		128	126	121	114	110
		G2	G2	G2	G2	G2	G2
		KPTR 10	120	119	109	102	97
	Lös PTR 10	118	116	108	104	98	
		G2	G2	G2	G2	G1	
3	Carl Gustav Junior kal. 22 LR	NORMA 22 LR	103	97	82	79	79
			G3	G4	G4	G5	G5
4	Övn.vapen Ak 4, kal. 22 LR	22 LR NPTR	105	102	86	83	84
			G3	G4	G4	G4	G5
5	Ksp m/36 mark, 6,5 mm	SK PTR M/94 SLPRJ M/41	118	113	105	101	100
			G1	G1	G1	G1	G1
6	Ksp m/58 B, 7,62 mm	SK PTR 10 PRJ	119	115	108	100	97
			G1	G1	G1	G1	G1
7	Kpist m/45, 9 mm SK PTR M/39 B		116	114	106	106	99
		G1	G3	G3	G3	G2	
		Lös PTR M/39 B	112	105	103	103	95
		G2	G2	G2	G2	G2	
8	Pistol m/40, 9 mm	SK PTR M/39 B	126	120	111	109	104
			G3	G2	G2	G3	G2
9	9 mm övn. för 8,4 cm grg m/48	SK PTR 9mm, M/67 SLPRJ	106	102	98	99	102
			G3	G2	G2	G2	G2
10	7,62 mm övn. för 9 cm pvpj	SK PTR 10 SLPRJ	122	114	110	102	99
			G2	G2	G2	G2	G2
11	AK 5		125	121	117	112	107
		G2	G2	G2	G2	G2	
12	Hi-Standard,pistol kal 22 LR	NORMA 22 LR	115	104	101	98	97
			G2	G3	G3	G3	G3
13	Älgstudsare 6,5 mm 7,62mm	6,5x55 NORMA Jaktmatch	126	126	118	115	108
			G2	G2	G2	G2	G2
		30-06 NORMA Jaktmatch	127	123	118	114	108
		G2	G2	G2	G2	G1	
		308 Winchester NORMA Jaktmatch	127	126	120	113	107
			G2	G2	G2	G2	G1
14	Carl Gustav 6,5 mm	6,5 mm NORMA Silver- torped	125	124	117	112	105
			G2	G2	G2	G2	G2
15	Studsare 222 5,7 mm	222 Remington	124	122	116	109	105
			G2	G3	G3	G3	G1
16*	Hagelgevär kal 12	NIKE Skeet 70 mm, 32 g, 2 mm	127	122	113	108	102
			G3	G3	G3	G3	G2
16**			128	119	114	110	106
		G2	G3	G4	G3	G2	
17	Mauser, 7,62 mm	7,62 mm x 51, NORMA Match 60	125	123	119	112	107
			G1	G1	G1	G1	G2

* horisontellt gevär

** geväret eleverat för skeet-skytte

Geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption, ΔL_2

Ljudnivån korrigeras för geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption för det kortaste avståndet (d) mellan källa och mottagare. Den sammanlagda dämpningen kan avläsas ur diagram 1, sid 10. De olika kurvorna representerar skilda vapengrupper.

Korrektion för skärm, mark och vegetationsinverkan, ΔL_3

$$\Delta L_3 = \Delta L_{\text{skärm}} + \Delta L_{\text{mark}} + \Delta L_{\text{veg}}$$

Omgivande terräng påverkar ljudnivån. Markens inverkan kan både vara dämpande och förstärkande. Vegetationen kan dämpa och topografin kan verka både dämpande och reflekterande. Olika beräkningsgång får väljas beroende av om någon skärmande effekt erhålles eller inte. Då en förhöjning skär siktlinjen, dvs siktlinjen mellan källa och mottagarpunkt i terrängprofilen, klassificeras beräkningen som en situation med skärmande verkan. Om förhöjningen även skär ljudbanan existerar en positiv skärnhöjd, se figur 3, sid 11, men om så inte är fallet definieras skärnhöjden som noll eller negativ, se figur 1, sid 6.

ΔL_3 fås genom addition av

$$\Delta L_{\text{skärm}} + \Delta L_{\text{mark}} + \Delta L_{\text{veg}} \text{ där } \Delta L_{\text{skärm}} + \Delta L_{\text{veg}} \geq -20 \text{ dBA}$$

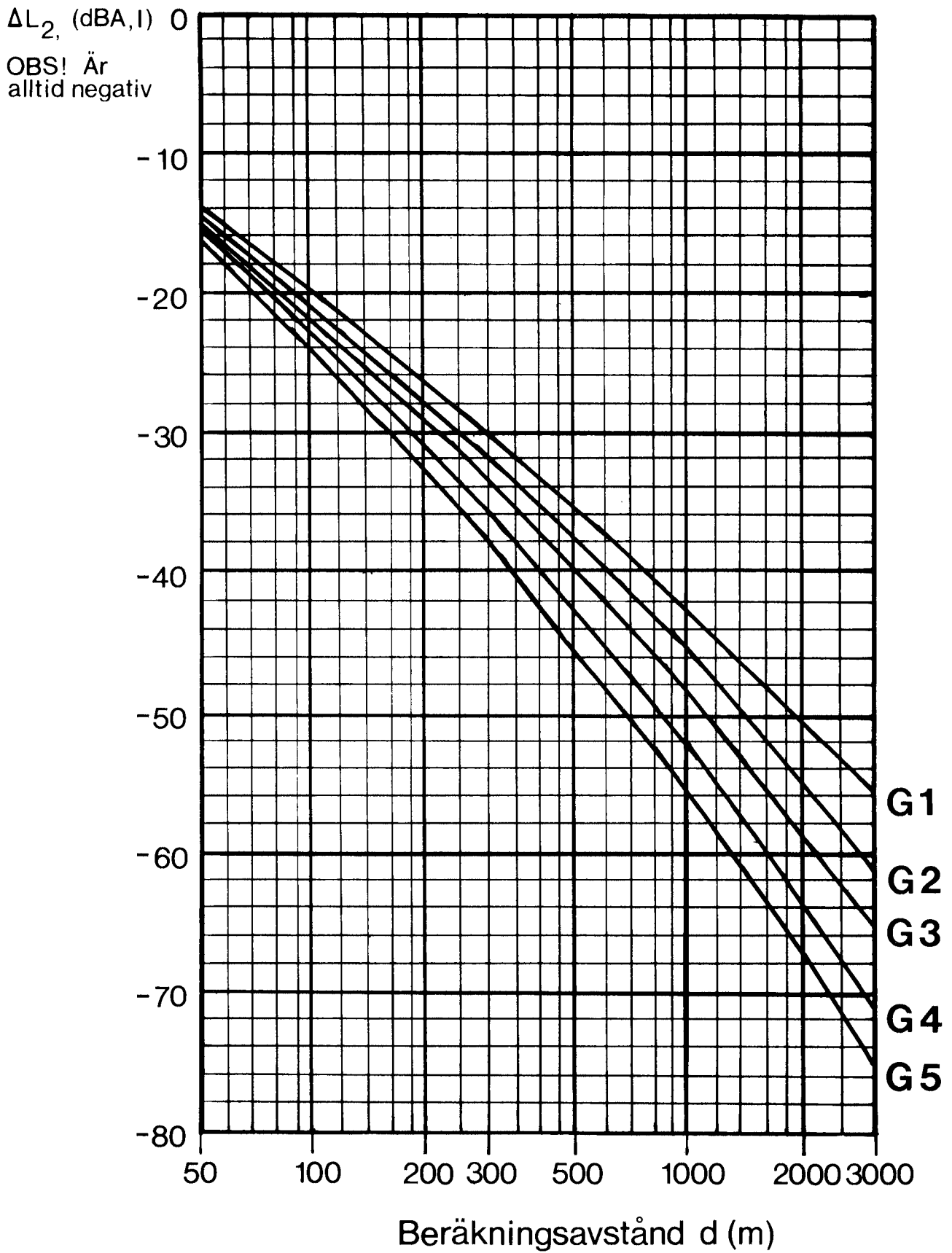
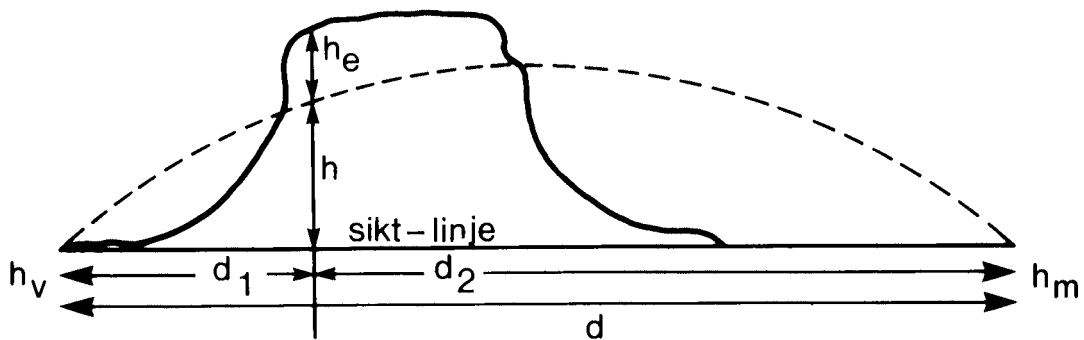


Diagram 1 Sammanlagd korrektion för geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption

Beräkning av skärmdämpning, $\Delta L_{\text{skärm}}$

Om topografin i terrängprofilen bryter siktlinjen men inte ljudbanan, resulterar det i en skärmande verkan med en negativ skärnhöjd, dvs $h_e < 0$. Om topografin även bryter ljudbanan erhålls en positiv effektiv skärnhöjd, dvs $h_e > 0$, se figur 3.



Figur 3

h_v : källans höjd över marken

h_m : mottagarens höjd över marken

h : ljudbanans höjd över siktlinjen

h_e : effektiv skärnhöjd

d : beräkningsavståndet, dvs kortaste avståndet mellan källa och mottagare

d_1 : avstånd från källa till skärm

d_2 : avstånd från skärm till mottagare

$$h = \frac{d_1 \cdot d_2}{16 \cdot d} \quad \text{och} \quad d = d_1 + d_2$$

En förutsättning för beräkningen är att skärmens längd i sidled åt respektive håll är minst dubbelt så stor som skärmens höjd över siktlinjen ($h + h_e$). Skärmens hela längd blir då minst 4 gånger längre än ($h + h_e$).

Då exempelvis en kulle dämpar ljudutbredningen, förenklas kullen till en tunn skärm i terrängprofilen, se figur 3. Skärmen placeras inom kullens utbredning där den tunna skärmen verkar som effektivast, dvs h_e och h bestäms där de efter beräkning ger den största dämpande effekten, vilken oftast uppnås där h_e är som störst.

Om flera skärmar förekommer i profilen beräknas effekten av varje skärm och den som är mest effektiv väljes.

Val av skärmdämpningskurva (A-D) i nomogrammet på följande sida är beroende av beräkningsavståndet (d) och vapengrupp. Skärmdämpningskurva väljes i tabell 2.

Tabell 2

		Skärmdämpningskurva			
		Vapengrupp			
G1	D				
G2	C	D			
G3	B	C	D		
G4	A	B	C		
G5	A	B	C		

500 1500 2500
1000 2000 3000
Beräkningsavstånd d (m)

Bestäm ljudbanans höjd (h) vid skärmen och den effektiva skärmhöjden (h_e) och gå sedan in i nedre delen av diagram 2, sid 13, där de horisontella linjerna beskriver höjden (h).

Skärmdämpningseffekten ges i diagram 2 beroende av h , h_e och typ av skärmdämpningskurva (A-D)

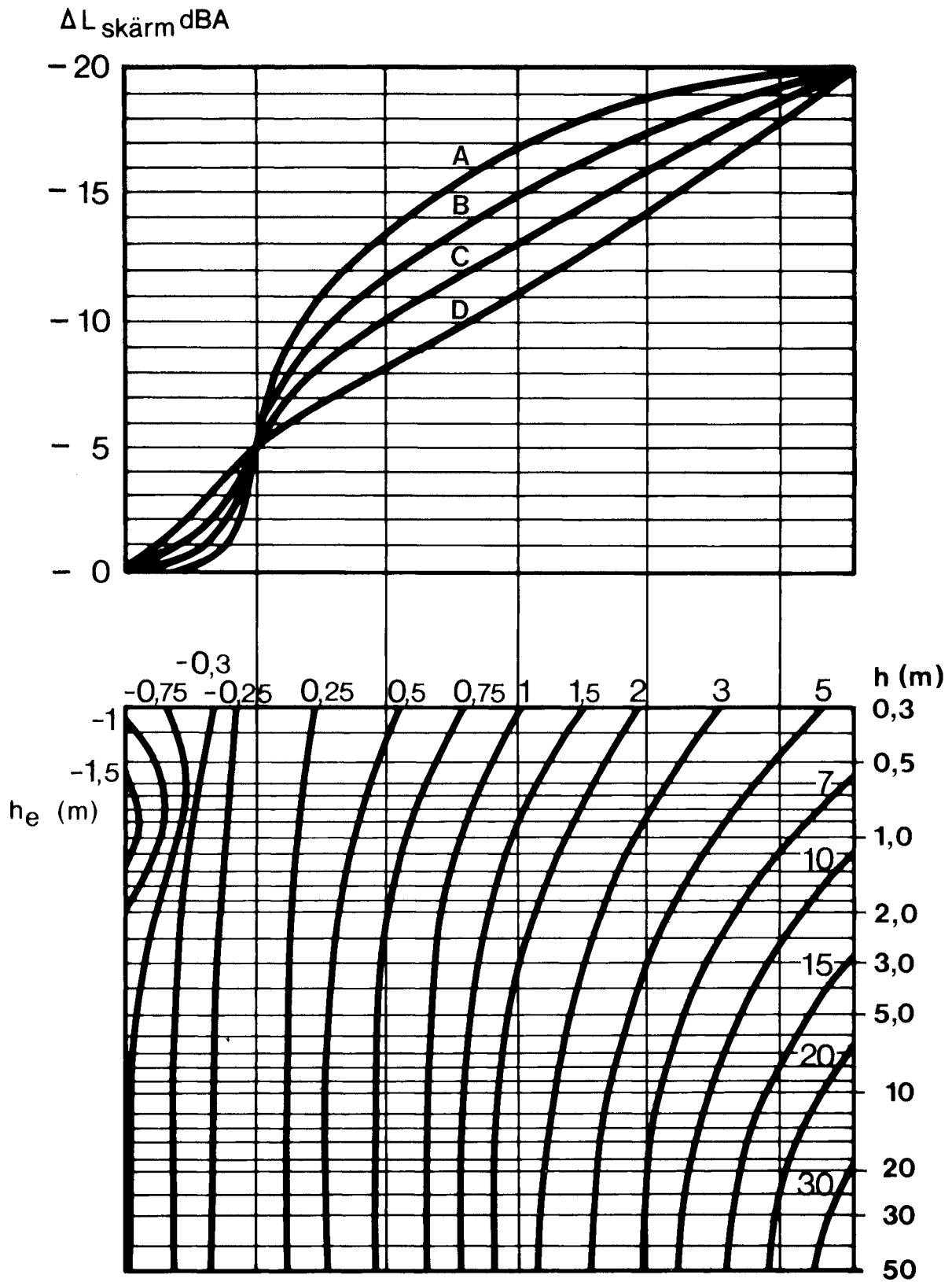


Diagram 2

Beräkning av markkorrektion, ΔL_{mark}

Markkorrektionen får olika betydelse beroende på om någon skärm verkar dämpande eller ej och på i hur hög grad skärmen dämpar. Detta beror på att markdämpningens inverkan förändras i modellen på båda sidor om skärmen, på så sätt att ju större skärmdämpningen är, desto mindre inverkar markförhållandena. Detta förhållande regleras genom att konstanten k bestäms beroende av den effektiva skärmhöjden, se diagram 3.

Bestäm först reduktionsfaktorn k .

I de fall då en skärm verkar dämpande bestäms k enligt diagram 3.

I de fall då ingen skärm verkar dämpande är $k = 1$.

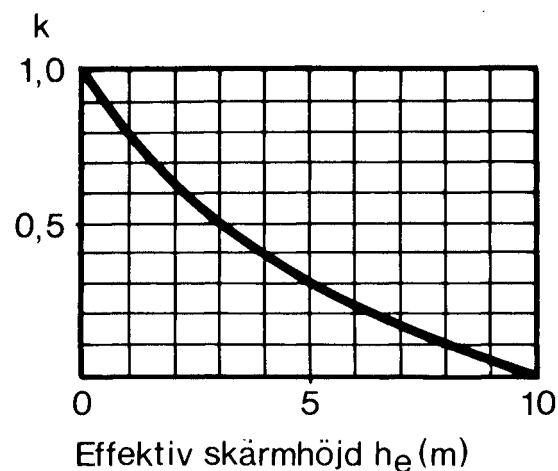
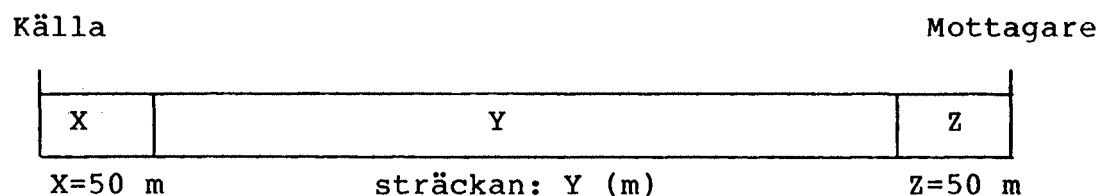


Diagram 3

Marken mellan källa och mottagare indelas i tre delområden, se figur 4, som skall kategoriseras.



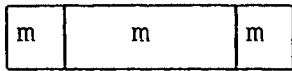
Figur 4

Till "mjuk" mark räknas exempelvis gräs, åker, äng, jord och vegetation.

Till "hård" mark räknas exempelvis berg, vatten, sand och sten.

Efter en bedömning av markens karaktär av området mellan källa och mottagare, finner man att sex olika situationer är möjliga (A-F).

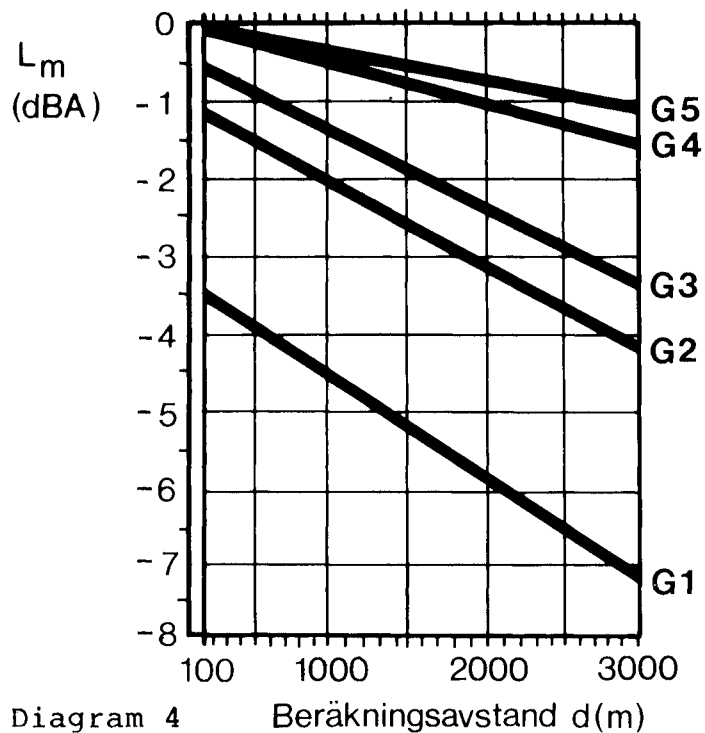
A: Samtliga tre sträckor X, Y och Z är "mjuka"



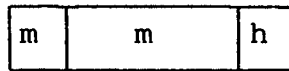
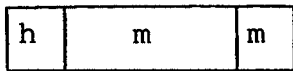
$\Delta L_{\text{mark}} = k \cdot L_m$ där L_m = dämpningen för mjuk mark, se diagram 4

Diagrammet visar dämpningen av mjuk mark för respektive vapengrupp.

För $d < 120$ m beräknas ej markdämpning.

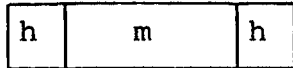


B: Då sträckan Y och en av de övriga två sträckorna är mjuka



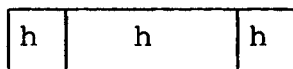
$$\Delta L_{\text{mark}} = k \cdot L_m / 2 + 1$$

C: Då endast sträckan Y är mjuk



$$\Delta L_{\text{mark}} = 2$$

D: Samtliga tre sträckor X, Y och Z är hårda



$$\Delta L_{\text{mark}} = L_h + 2 \quad \text{där } L_h \text{ är korrektionen för hård mark, se diagram 5}$$

Diagrammet visar korrektion av hård mark

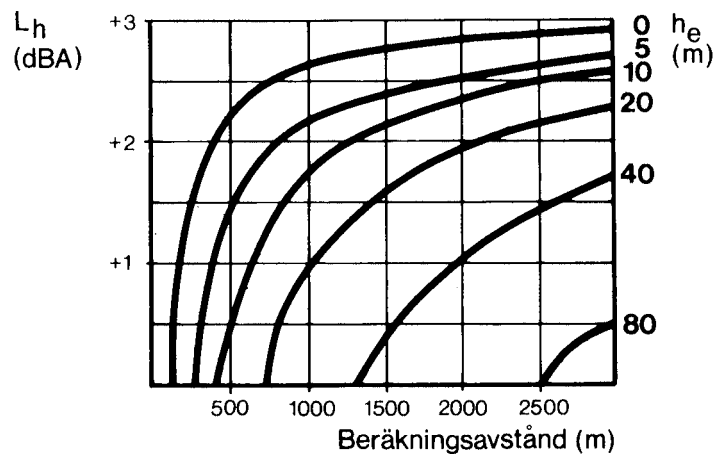
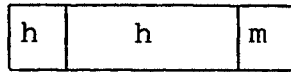
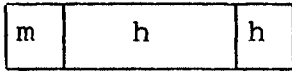


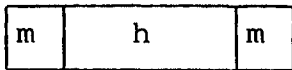
Diagram 5

E: Då sträckan Y och en av de övriga två sträckorna är hårda



$$\Delta L_{\text{mark}} = L_h + k \cdot L_m / 2 + 1$$

F: Då endast sträckan Y är hård

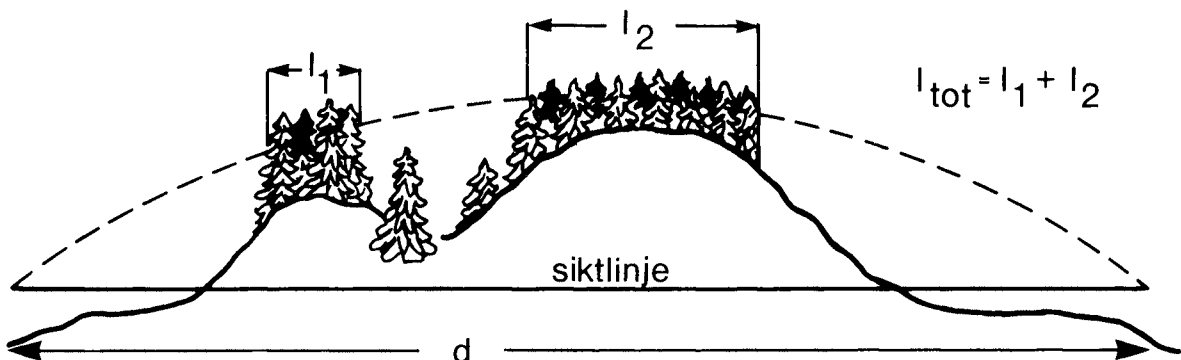


$$\Delta L_{\text{mark}} = L_h + k \cdot L_m$$

Beräkning av vegetationsdämpning, ΔL_{veg}

Om ljudbanan bryts av ett skogsparti, sker en dämpning av ljudet. Både träd och buskar inberäknas i skogspartiet.

Om ljudbanan bryts av vegetation på flera ställen, bestäms dämpningen genom att de effektiva skogsdjupen summeras ($l_1 + l_2 + \dots + l_n$) till ett totalt effektivt skogsdjup (l_{tot}). Till skogspartiets effektiva djup räknas den sträcka med vilken träden bryter ljudbanan med minst 1 m. Förekommer även vegetation på toppen av en dämpande skärm, inberäknas även dess skogsdjup. Kom dock ihåg att alltid beräkna skärmdämpningen innan vegetationsdämpningen. I vissa fall måste ljudbanan omkonstrueras innan vegetationsdämpningen kan beräknas, se sid 21, Fall 2.



Figur 5

Rita in de skogspartier i terrängprofilen som bryter ljudbanan. Beräkna och rita sedan in det effektiva skogsdjupet (l_{tot}). Val av skärm-dämpningskurva (A-C) i diagram 6 är beroende av beräkningsavstånd och vapengrupp. Skärmdämpningskurva väljes i tabell 3.

Tabell 3

Dämpningskurva för vegetation

Vapengrupp	G ₁	A		
	G ₂	A		
	G ₃	B	A	
	G ₄	B	A	
	G ₅	C	B	A

500 1500 2500
 1000 2000 3000
 Beräkningsavstånd d (m)

Vegetationsdämpningen bestäms slutligen ur diagram 6.

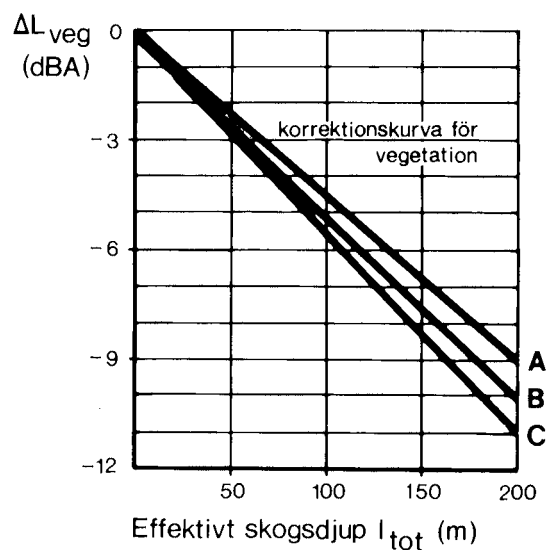


Diagram 6

Om $\Delta L_{skärm} + \Delta L_{veg}$ understiger -20 dBA sättes summan till -20 dBA, dvs $\Delta L_{skärm} + \Delta L_{veg} \geq -20$ dBA

$$\Delta L_3 = \Delta L_{skärm} + \Delta L_{mark} + \Delta L_{veg}$$

Undantag för beräkningsmetodiken

Kombinationer av skärm och skog

Vid mera komplexa förhållanden måste vissa avsteg göras från beräkningsmetodiken. Vid en kombination av vegetationsdämpning och skärmdämpning kan skärmdämpningen komma att vara helt dominerande.

Flera olika fall av skärmdämpning, där korrektion för vegetation påverkar situationen, presenteras nedan. Två olika typer av situationer är definierade, som båda visar de olika fall som kan inträffa.

Situation 1: Ett bergparti **tangerar** ljudbanan med radien $8d$. Framför berget finns ett skogsparti.

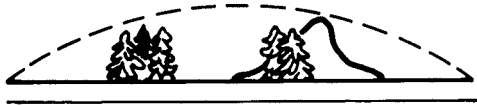
Situation 2: Ett bergparti **bryter** ljudbanan med radien $8d$. Framför berget finns ett skogsparti.

Beräkningarna för de fall som kan inträffa i situation 1 följer den beskrivna beräkningsgången i modellen. För situation 2 måste i vissa fall en korrigerings göras för beräkningarna av vegetationens inverkan på ljudnivån.

De olika fall som kan tänkas inträffa enligt definitionen presenteras enligt följande.

Situation 1

Fall 1: Ljudbanan tangerar bergets krön men brytes däremot inte av skogspartiet, se figur 6.

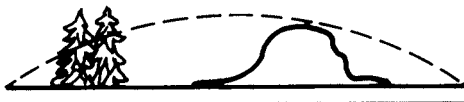


Figur 6

OBS! Skogspartiet bryter inte ljudbanan med minst 1 m. Den effektiva skärnhöjden $h_e = 0$

För ΔL_3 inberäknas skärmdämpning samt markkorrektio.

Fall 2: Ljudbanan tangerar bergets krön och brytes av skogspartiet med 1 m, se figur 7.



Figur 7

OBS! Den effektiva skärnhöjden $h_e = 0$

För ΔL_3 inberäknas skärmdämpning, markkorrektio samt vegetationsdämpning. I det fall vegetation även förekommer på bergets krön, summeras det effektiva skogsdjupet.

Observera dock att vegetationsdämpning och skärmdämpning är minimerade till -20 dBA.

Situation 2

Fall 1: Ljudbanan brytes av berget men icke av skogspartiet, se figur 8.



Figur 8

OBS! Den effektiva skärnhöjden $h_e > 0$

Då inte ljudbanan brytes av det framförvarande skogspartiet behöver inte ljudbanan konstrueras om.

För ΔL_3 beräknas skärmdämpning och markkorrektioin. I det fall vegetation förekommer på krönet av berget, inberäknas även vegetationsdämpning.

Fall 2: Ljudbanan brytes av berget och skogspartiet med 1 m, se figur 9.



Figur 9

OBS! Den effektiva skärnhöjden $h_e > 0$

För ΔL_3 beräknas först skärmdämpningen med en effektiv skärnhöjd $h_e > 0$ samt markkorrektioin och eventuellt vegetationsdämpning.

Innan en beräkning av vegetationsdämpningen utföres skall ljudbanan konstrueras om så att den tangerar bergets krön.

Om även den nya ljudbanan brytes av skogspartiet med minst 1 m skall en beräkning av vegetationsdämpningen utföras enligt beräkningsmodellen. För att kunna bedöma den nykonstruerade ljudbanans höjd över (eller genom) skogspartiet kan problemet lösas grafiskt men en matematiskt lösning är att föredra, se exempel 3, sid 29.

Beräkning av ljudnivån i mottagarpunkten

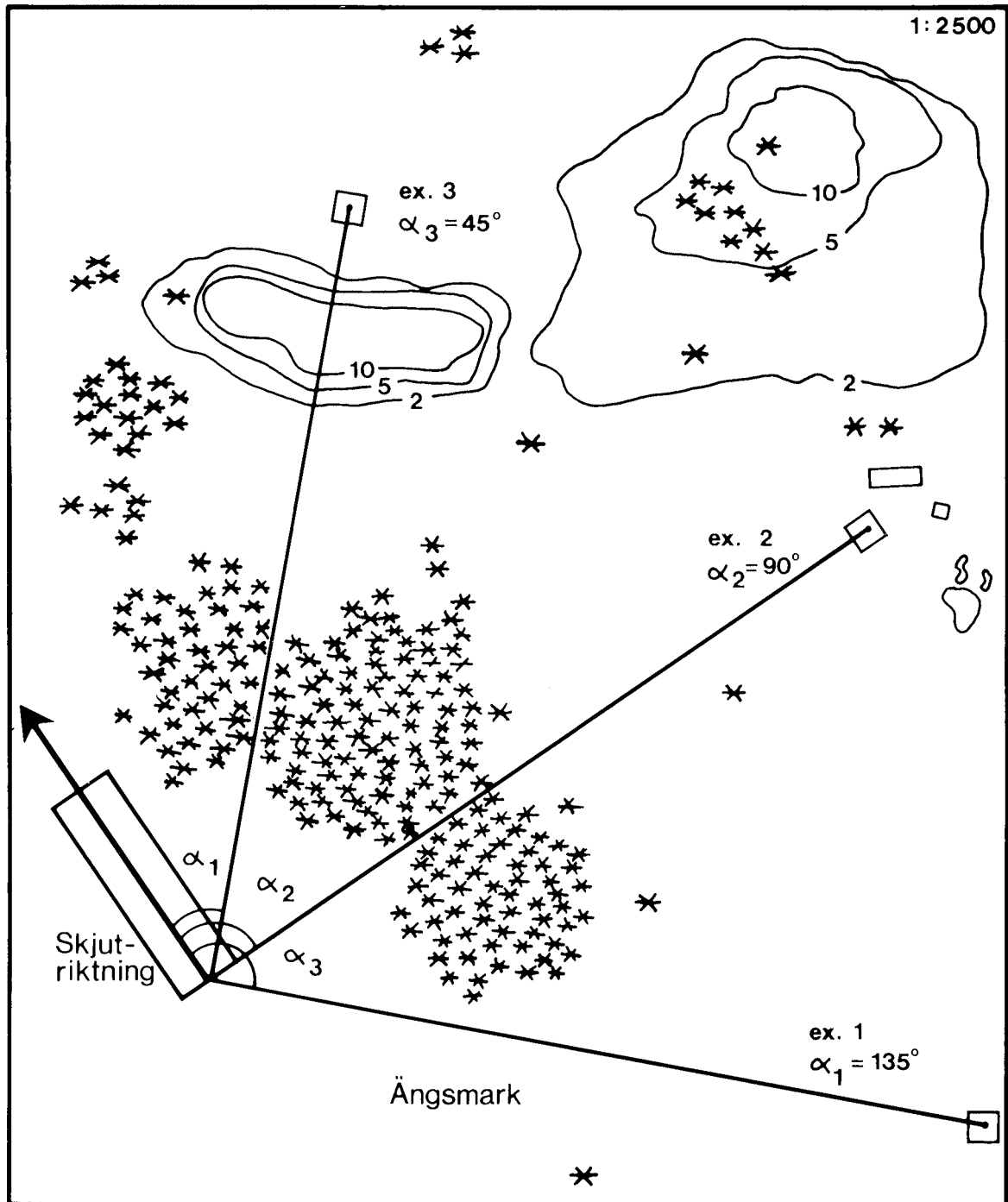
Slutligen summeras L_1 , ΔL_2 och ΔL_3 dvs

$$L_M = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3$$

Om en korrektion för skjuthall samt reflektioner önskas, kan en uppskattning göras enligt bilaga 1 och 2.

3 Räkneexempel

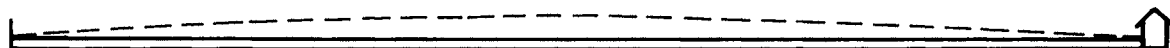
Nedan presenteras ett område med en älgskyttebana. På kartbladet har 3 olika beräkningspunkter markerats.



Figur 10

Exempel 1

300 m från ett hus finns en älgskyttebana. Aktuellt vapen är älgstudsare, 7,62 mm, med ammunition 308 Winchester. Skjutriktningen i förhållande till huset är 135° . Marken mellan hus och skytt består huvudsakligen av ängsmark, se figurerna 10 och 11.



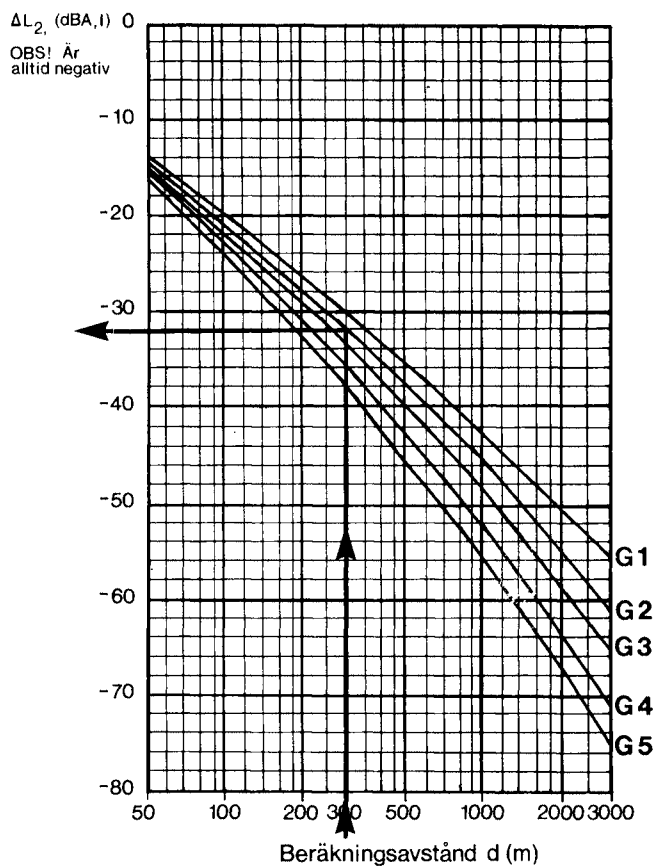
$$h_v = h_m = 2 \text{ m}$$

Figur 11

Skjutriktning: $\alpha_1 = 135^\circ$ Vapengrupp: G2
 Utgångsvärde: $L_1 = 113 \text{ dBA}$ Kortaste avstånd: $d = 300 \text{ m}$

ΔL_2 : Geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption:

$$\Delta L_2 = -32 \text{ dBA}$$



ΔL_3 : Skärmdämpning: $\Delta L_{\text{skärm}} = 0$ dBA

Markdefinition: mjuk, mjuk, mjuk $\rightarrow \Delta L_{\text{mark}} = k \cdot L_m$

Markkorrektion: $\Delta L_{\text{mark}} = 1 \cdot (-1,5) = -1,5$ dBA

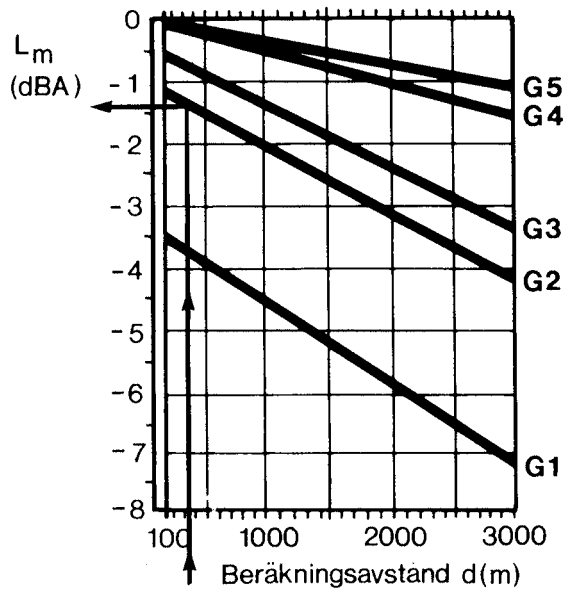


Diagram 4 (sid 15)

$(\Delta L_{\text{skärm}} + \Delta L_{\text{veg}} > -20$ dBA)

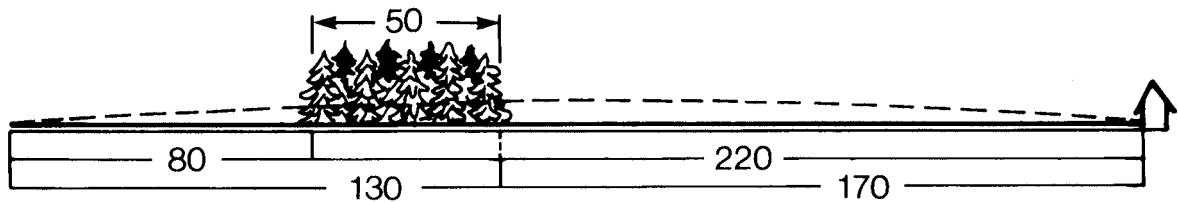
$$\Delta L_3 = \Delta L_{\text{skärm}} + \Delta L_{\text{mark}} + \Delta L_{\text{veg}} = 0 + (-1,5) + 0 = -1,5 \text{ dBA}$$

$$L_M = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 = 113 + (-32) + (-1,5) = 79,5$$

$$\underline{L_M = 80 \text{ dBA}}$$

Exempel 2

Förutsättningarna är samma som i exempel 1 med den skillnaden att $\alpha_2 = 90^\circ$, se figur 10, sid 23, och ett tätt bevuxet skogsparti finns 80 m från skytten med 25 m höga träd. Skogspartiet är 50 m djupt och dess utsträckning är längre än $4 \cdot (h+h_e)$, se figurerna 10 och 12.



Figur 12

$\alpha_2 = 90^\circ$	$h_v = h_m = 2 \text{ m}$	
$L_1 = 120 \text{ dBA}; G_2$	främre del av skogsparti: $d_1 = 80 \text{ m}$	
$d = 300 \text{ m}$		$d_2 = 220 \text{ m}$
$\Delta L_2 = -32 \text{ dBA}$	bakre del av skogsparti: $d_1 = 130 \text{ m}$	
		$d_2 = 170 \text{ m}$
	effektivt skogsdjup: $l_{\text{tot}} = 50 \text{ m}$	

$$\Delta L_3: \Delta L_{\text{skärm}} = 0$$

$$\Delta L_{\text{mark}} = -1,5 \text{ dBA (se exempel 1)}$$

$$\Delta L_{\text{veg}}:$$

Ljudbanans höjd över siktlinjen beräknas vid början av skogspartiet:

$$h = \frac{d_1 \cdot d_2}{16 \cdot d} = \frac{80 \cdot 220}{16 \cdot 300} = 3,7 \text{ m}$$

$2 \text{ m} + 3,7 \text{ m} = 5,7 \text{ m}$ dvs ljudbanan bryts av skogspartiet på en höjd av ungefär 6 m över markplanet.

Ljudbanans höjd över siktlinjen beräknas vid slutet av skogspartiet:

$$h = \frac{130 \cdot 170}{16 \cdot 300} = 4,6 \text{ m}$$

$2 + 4,6 = 6,6 \text{ m}$ dvs ljudbanan bryts av hela skogspartiet med mer än 1 m.

Typ av korrektionskurva för vegetation: A

$$\Delta L_{veg} = -2,0 \text{ dBA}$$

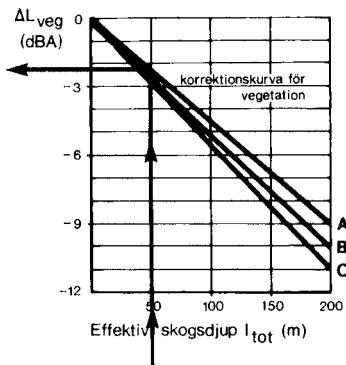


Diagram 6 (sid 18)

$$(\Delta L_{skärm} + \Delta L_{veg} > -20 \text{ dBA})$$

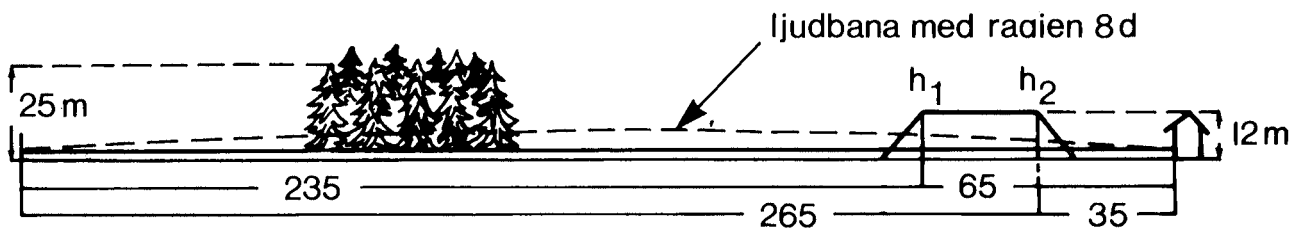
$$\Delta L_3 = 0 + (-1,5) + (-2,0) = -3,5 \text{ dBA}$$

$$L_M = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 = 120 + (-32) + (-3,5) = 84,5 \text{ dBA}$$

$$\underline{L_M = 84 \text{ dBA}}$$

Exempel 3

Samma grundförhållanden som i de två tidigare exemplen gäller även här men med den skillnaden att $\alpha_3 = 45^\circ$ och en jordvall är uppbyggd nära huset. Vallens närliggande sida är endast 25 m från huset. Vallens höjd är 12 m och dess utsträckning är tillräcklig för att dämpa ljudnivån, se figurerna 10 och 13.



Figur 13

$$\begin{aligned} \alpha_3 &= 45^\circ & h_v &= h_m = 2 \text{ m} \\ L_1 &= 126 \text{ dBA; G2} & \text{främre del av vall: } d_1 &= 235 \text{ m} \\ d &= 300 \text{ m} & d_2 &= 65 \text{ m} \\ \Delta L_2 &= -32 \text{ dBA} & \text{bakre del av vall: } d_1 &= 265 \text{ m} \\ & & d_2 &= 35 \text{ m} \end{aligned}$$

ΔL_3 : $\Delta L_{\text{skärm}}$:

Ljudbanans höjd över siktlinjen vid vallens båda övre hörn, se sid 11:

$$h_1 = \frac{235 \cdot 65}{16 \cdot 300} = 3,2 \text{ m} \rightarrow 2 + 3,2 = 5,2 \text{ m över markplanet}$$

$$h_2 = \frac{265 \cdot 35}{16 \cdot 300} = 1,9 \text{ m} \rightarrow 2 + 1,9 = 3,9 \text{ m över markplanet}$$

Vallens höjd är 12 m dvs vallen skär ljudbanan. Vallen ersätts av en skärm där en sådan dämpar effektivast (h_2) dvs i det a fall vid vallens bakre del, se figur 13

$h = 1,9 \text{ m}$ Val av skärmdämpningskurva: C

$$h_e = 10 - 1,9 = 8,1 \text{ m}$$

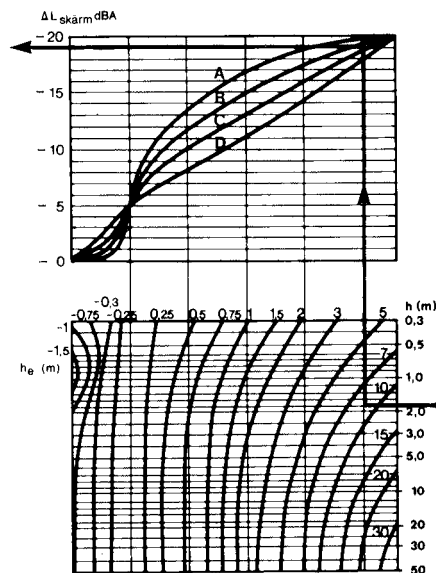


Diagram 2 (sid 13)

$$\Delta L_{\text{skärm}} = -19 \text{ dBA}$$

$$\Delta L_{\text{mark}} = k \cdot L_m \quad k = 0,1$$

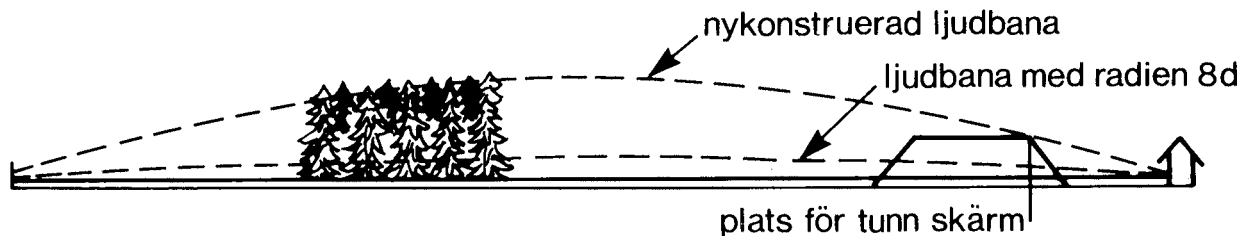
$$\Delta L_{\text{mark}} = 0,1 \cdot (-1,0) = -0,1$$

$$\approx 0 \text{ dBA}$$

ΔL_{veg} : ljudbanan skall konstrueras om så att den endast tangerar vallen.

Grafisk skiss

Det är tveksamt om den nykonstruerade ljudbanan brytes av skogspartiet med >1 m, se figur 14.



Figur 14

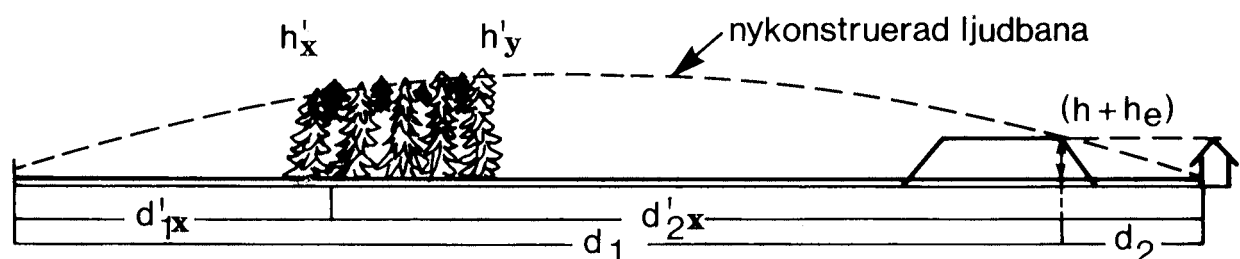
Matematisk lösning

För att räkna ut den nykonstruerade ljudbanans höjd vid början och vid slutet av skogspartiet (h'_x och h'_y) används följande matematiska formel:

$$h'_x = \frac{d'_{1x} \cdot d'_{2x} \cdot (h + h_e)}{d_1 \cdot d_2}$$

där d_1 och d_2 syftar till de avstånd som beskriver plats för den tunna skärmen, se figur 13, dvs $d_1=265$ m och $d_2=35$ m och d'_{1x} , d'_{2x} syftar till avstånden för h'_x .

Vidare beskriver $(h+h_e)$ höjden av den tunna skärmen, upp till den nykonstruerade ljudbanan. I detta fall är $h = 12 - 2 = 10$ m (höjd över mark subtraheras med mottagarhöjd = 2 m).



Figur 15

Den nykonstruerade ljudbanans höjd bör beräknas vid början och slutet av skogspartiet

$$h_x' = \frac{80 \cdot 220 \cdot 10}{265 \cdot 35} = 19 \text{ m}$$

h_y' räknas fram på motsvarande sätt.

$$h_y' = \frac{130 \cdot 170 \cdot 10}{265 \cdot 35} = 24 \text{ m} \quad \text{dvs}$$

hela skogspartiet bryter den nykonstruerade ljudbanan
 $l_{\text{tot}} = 50 \text{ m}$, se diagram 6.

$$\Delta L_{\text{skärm}} = -19 \text{ dBA}$$

$$\Delta L_{\text{mark}} = -0 \text{ dBA}$$

$$\Delta L_{\text{veg}} = -2 \text{ dBA}$$

$$\Delta L_{\text{veg}} + \Delta L_{\text{skärm}} = (-2,0) + (-19) = -21 \text{ dBA} \text{ dvs } < -20 \text{ dBA}$$

$$\Delta L_{\text{veg}} + \Delta L_{\text{skärm}} \text{ minimeras till } -20 \text{ dBA}$$

$$\Delta L_3 = (-0) + (-20) = -20,0 \text{ dBA}$$

$$L_M = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 = 123 + (-32) + (-20,0) = 71 \text{ dBA}$$

$$\underline{L_M = 71 \text{ dBA}}$$

4 Böcker från naturvårdsverket

Böckerna kan köpas genom bokhandeln eller rekvireras från Liber distribution, Förlagsorder, 162 89 STOCKHOLM, tel 08-739 91 30. En fullständig förteckning över verkets böcker kan rekvireras från Naturvårdsverket, Informationsenheten, Box 1302, 171 25 SOLNA, tel 08-98 18 00.

Ett urval av naturvårdsverkets böcker:

(cirka-priser inklusive moms december 1983)

Råd och riktlinjer

- 1978:4 Tillsyn enligt miljöskyddslagen - allmänna råd. 38:-
- 1978:5 Externt industribuller - allmänna råd, 2:a upplagan, 1983. 25:-
- 1979:1 Beräkningsmodell för vägtrafikbuller
Del I: Beräkningsmodell. 35:-
Del II: Bakgrundsmaterial. 30:-
- 1981:2 Buller från skjutbanor - allmänna råd. 25:-
- 1983:3 Prövning enligt miljöskyddslagen - allmänna råd. 60:-

Meddelanden

- 2/1980 Bullersanering.Handledning. 50:-
- 1/1982 Flygbuller. 40:-
- 8/1983 Buller från motorsportbanor - beräkningsmodell. 30:-
- 5/1984 Metod för immissionsmätning av externt industribuller

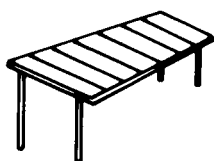
Tidigare utgivna böcker

- 1975:5 Buller från byggplatser. 30:-
- 1975:6 Riktlinjer för buller från motorsport- och bilprovningssbanor. 25:-

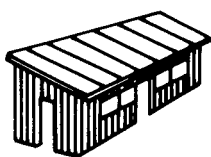
Effekter av en skjuthall ΔL_4

På grund av att beräkningsunderlaget för den dämpande effekten av skjuthallar är sämre, beskrivs beräkningsledet i en bilaga.

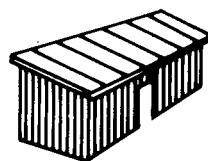
Tre olika typer av skjuthallar brukar definieras



Typ X
utan väggar



Typ Y
delvis öppen



Typ Z
sluten (invändigt med
isolerad vägg)

För en skjuthall typ Z väljes grad av korrektion (A-E) enligt nedanstående tabell.

Tabell 1

Korrektionskurva

Vapengrupp	G ₁	A			
	G ₂	C	B		A
	G ₃	D	C	B	
	G ₄	E	D	C	B
	G ₅	E	D	C	

500 1500 2500
1000 2000 3000
Beräkningsavstånd d(m)

Vidare bestäms skjuthallens dämpning enligt nedanstående tabell. Skjuthallen är ej frambyggd, dvs gevärsmynningen ligger i framkant av skjuthallen.

Skjuthallens dämpning i dBA

Typ av skjuthall	α : 0° - 40° - 90° - 105° - 120° - 140° - 180°							
X	0	0	0	0	0	0	0	
Y	0	0	-5	-5	-5	-5	-5	
Z	0	0	-5	-7	-10	-12	-14	A
	0	0	-5	-8	-11	-13	-16	B
	0	0	-5	-8	-12	-15	-18	C
	0	0	-5	-8	-13	-16	-20	D
	0	0	-5	-8	-14	-18	-22	E
Linjär interpolation								

Med en skjutriktning $\alpha < 90^\circ$ blir skjuthallens dämpning 0 dBA

Reflektering av ljudet ΔL_5

Ljud kan reflekteras mot hårda ytor på samma sätt som ljus kan reflekteras mot en spegel. Om en "solkatt" bildas i beräkningspunkten kan antingen en förstärkning av ljudet eller ett eko bildas.

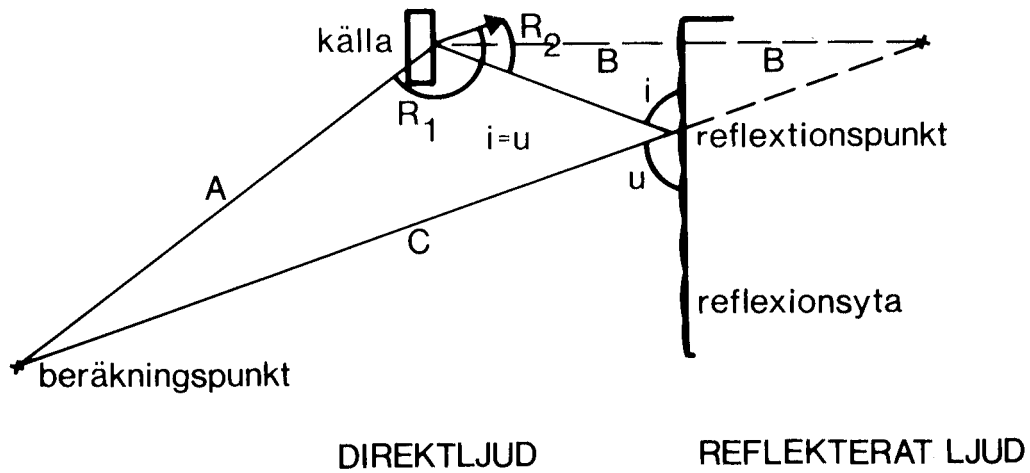
För att en förstärkning skall kunna bildas måste reflektionens sträcka (C) vara mindre än 5-10 m längre än direktljudets sträcka (B). I andra fall bildas eko, vilket är den vanligaste förekomsten. Terrängformationer, byggnader och skogsbryn kan exempelvis fungera som reflektionsytor.

Det går att definiera två olika typer av reflektioner: "smäll" med en kort varaktighet och "sus" med en längre varaktighet. Reflektionsytor som hus, bergväggar etc kan forma en "smäll" medan mera ospecificerade reflektionsytor som vegetation och oregelbundna terrängformationer lättare bildar reflektioner i form av sus. Övergången mellan de båda typerna är flytande.

Det är svårt att beräkna reflektionsljudets ljudnivå, mätt i dBA, I. Bakgrundsunderlaget är litet och det är dessutom svårt att definiera reflektionsytorna utifrån karta eller vid besiktning.

För att reflektionen skall kunna uppskattas med hjälp av beräkningsmodellen, förutsätts att reflektionen har karaktären av en "smäll". Beräkningar av reflektioner i form av "sus" ger stora osäkerheter (10-20 dBA) p g a att den varar under en längre tid samt att Impuls används som integrationstid.

Reflektionen kan vara av stor betydelse vid de tillfällen då den naturliga ljudbanan är skärmd (ex vid en skjuthall) och ljudbanans reflektion är oskärmd. För att göra en grov uppskattning av ljudnivån vid dylika tillfällen, kan följande metod användas.



Vertikal profil:	källa - beräkningspunkt	källa - reflexionspunkt - beräkningspunkt
Riktning:	R_1	R_2
Beräkn. avstånd	A	B + C

Med hjälp av figuren kan nu reflektionsljudet beräknas på samma sätt som direktljudet. Det bör påpekas att reflektionssljudet kan vara starkare än direktljudet i en situation som i skissen ovan. Trots att beräkningsavståndet $B + C$ är längre än A , är reflektionsljudet ofta oskärmat och styrkan i riktningen: R_2 är starkare än i R_1 .

Ifyllnadstabell, som hjälpmedel vid beräkning

Beräkningspunkt	1	2	3	4	5
Vapentyp					
Vapengrupp (G1-G5)					
Skjutriktning i förhållande till beräkningspunkt: α (°)					
Kortaste avstånd, dvs beräkningsavstånd: d (m)					
Utgångsvärde: L_1 (dBA)					
Geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption: ΔL_2 (dBA)					
Skärm: Ljudbanans höjd över siktlinje: h (m)					
Effektiv skärmhöjd: h_e (m)					
Avstånd källa-skärm: d_1 (m)					
Avstånd skärm - mottagare: d_2 (m)					
Skärmdämpning: $\Delta L_{\text{skärm}}$ (dBA)					
Mark: Markens karaktär (X, Y, Z)					
Situation A-F					
Reduktionsfaktor: k					
Markkorrektionsfaktor: ΔL_{mark} (dBA)					
Vegetation. Effektivt skogsdjup l_1, l_2 (m)					
Totalt effektivt skogsdjup l_{tot} (m)					
Dämpningskurva för vegetation					

Beräkningspunkt	1	2	3	4	5
Vegetationsdämpning: ΔL_{veg} (dBA)					
$\Delta L_{mark} + \Delta L_{veg}$ (>-20 dBA)					
$\Delta L_3 = \Delta L_{skärm} + \Delta L_{mark} + \Delta L_{veg}$ (dBA)					
$L_M = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3$ (dBA)					

Ekvationer framtagna ur diagram

Nedan presenteras beräkningsmetodens nomogram uttryckt i matematiska ekvationer. Dessa kan användas vid en matematisk beräkning istället för avläsning ur respektive diagram.

Geometrisk avståndsdämpning och luftabsorption diagram 1, sid 10.

	50 m $\leq d \leq 500\text{ m}$	500 m <math>< d \leq 3\ 000\text{ m}</math>
G ₁	22,9 - 9,36 · ln(d)	33,5 - 11,05 · ln(d)
G ₂	25,8 - 10,22 · ln(d)	42,5 - 12,86 · ln(d)
G ₃	27,7 - 10,83 · ln(d)	47,1 - 13,94 · ln(d)
G ₄	30,6 - 11,76 · ln(d)	55,0 - 15,67 · ln(d)
G ₅	34,1 - 12,81 · ln(d)	54,0 - 16,15 · ln(d)

Skärmdämpning diagram 2, sid 13.

$$f = \frac{n(h + h_e)^2 - h^2}{32h}$$

$$n = +1 \text{ när } h + h_e > 0$$

$$n = -1 \text{ när } h + h_e < 0$$

$$h = \frac{d_1 \cdot d_2}{16d}$$

	$f < -0,05$	$-0,05 < f < -0,01$	$-0,01 < f < 0,01$	$0,01 < f < 3,2$	$f > 3,2$
A	0	$-0,9 - 21,8 \cdot \ln(f+1)$	$-4,8 - 375 \cdot f$	$-19,1 - 2,0 \cdot \ln(f)$	20
B	0	$-2,2 - 45,6 \cdot \ln(f+1)$	$-4,8 - 275 \cdot f$	$-18,2 - 2,2 \cdot \ln(f)$	20
C	0	$-2,9 - 58,1 \cdot \ln(f+1)$	$-4,7 - 200 \cdot f$	$-17,3 - 2,4 \cdot \ln(f)$	20
D	0	$-4,4 - 88,3 \cdot \ln(f+1)$	$-4,7 - 90 \cdot f$	$-16,1 - 2,6 \cdot \ln(f)$	20

Avvikelsen mellan beräkningen och nomogramet är $\pm 1,5$ dBA i området $0,01 < f < 3,2$.

Markkorrektin för mjuk mark diagram 4, sid 15.

	$50 < d < 3\ 000\ \text{m}$
G ₁	$- 3,4 - d \cdot 1,27 \cdot 10^{-3}$
G ₂	$- 0,9 - d \cdot 1,10 \cdot 10^{-3}$
G ₃	$- 0,4 - d \cdot 1,03 \cdot 10^{-3}$
G ₄	$- d \cdot 5,00 \cdot 10^{-4}$
G ₅	$- d \cdot 3,33 \cdot 10^{-4}$

Markkorrektin för hård mark diagram 5, sid 16.

	$d < 120\ \text{m}$	$d > 120\ \text{m}$
G ₁ -G ₅	0	$3 \left(1 - \frac{30(4 + h_e)}{d} \right)$

Reduktionsfaktorn $k = 1,1 \cdot e^{-0,3 h_e}$
diagram 3, sid 14.

Vegetationsdämpning diagram 6, sid 18.

	$0 < l_{\text{tot}} < 200\ \text{m}$	
A	$- 0,045 \cdot l_{\text{tot}}$	
B	$- 0,050 \cdot l_{\text{tot}}$	$l_{\text{tot}} < 200\ \text{m}$
C	$- 0,055 \cdot l_{\text{tot}}$	

Korrektion för skjuthall, sid 33.

	$0 < \alpha < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$	
X	0	0	
Y	0	- 5	
Z	0	$- 5 + 9 \cos \alpha$	A
	0	$- 5 + 11 \cos \alpha$	B
	0	$- 5 + 13 \cos \alpha$	C
	0	$- 5 + 15 \cos \alpha$	D
	0	$- 5 + 17 \cos \alpha$	E

