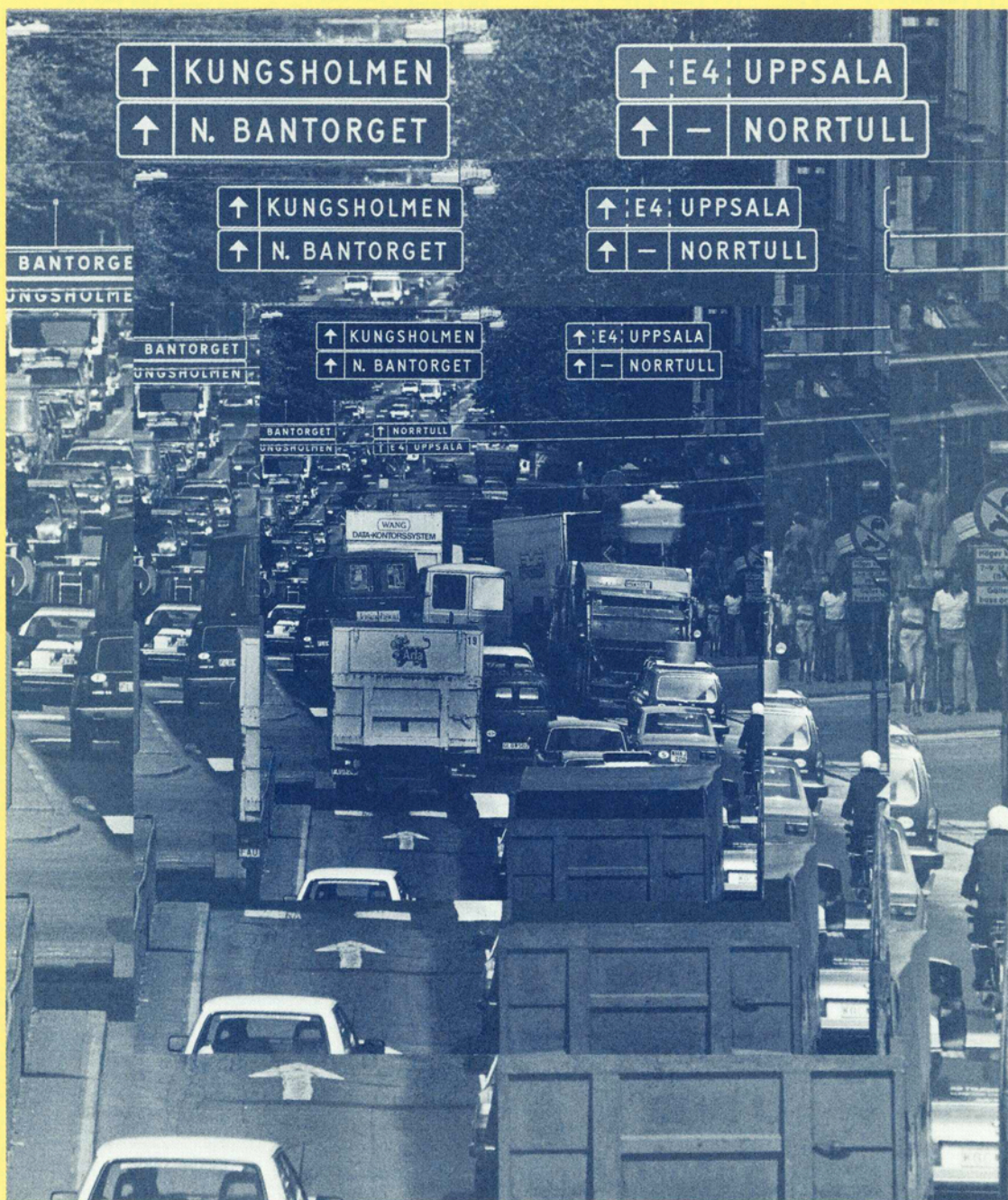




Vägtrafikbuller

Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996

Naturvårdsverket, Vägverket, Nordiska ministerrådet

RAPPORT 4653

Vägtrafikbullen

Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996

Samproduktion med Vägverket och Nordiska Ministerrådet

NATURVÅRDSVERKET FÖRLAG

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM Gruppen AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/bokhandeln

Naturvårdsverket

Tel 08-698 10 00, fax 08-20 29 25

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 91-620-4653-5

ISSN 0282-7298

1996- års utgåva inscannad 2008

© Naturvårdsverket 2008

Foto: Nils-Johan Nordenlind/Tiofoto

Första upplaga: November 1996

Tilltryck: Tryckindustri 1999/03

Upplaga: 1000 ex

FÖRORD

Föreliggande beräkningsmodell för vägtrafikbuller har tagits fram under ledning av en nordisk arbetsgrupp vars medlemmar representerar de nordiska miljö- och vägmyndigheterna. Detta är den tredje reviderade modellen och den ersätter närmast "Beräkningsmodell för Vägtrafikbuller: Del 1 Beräkningsmodell, Del 2 Bakgrundsmodell, Reviderad 1989, (ISBN 91-620-1058-1)". Även den reviderade modellen består av två delar, nu presenterade i en och samma rapport.

Arbetet har finansierats av Nordiska Ministerrådet och beräkningsmodellen finns avrapporterad i en engelsk version "Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method" i serien TemaNord.

Denna rapport utgör en svensk översättning av den engelska versionen. Den första svenska upplagan av rapporten utkom i december 1996. Här föreliggande version, som utges av Naturvårdsverket och Vägverket i samverkan, är ett tilltryck av den första upplagan. I denna upplaga har skrivfel som fanns i den första upplagan rättats.

Modellen är tänkt att användas i den fysiska planeringen samt vid planering av bullerskyddsåtgärder. Den kan även användas som ett hjälpmedel vid tillsyn enligt miljöbalken.

Beräkningsmodellen innehåller ingen bedömning av bullers effekter på människan.

Stockholm och Borlänge i mars 1999

Naturvårdsverket och Vägverket

Innehållsförteckning Del 1

Innehållsförteckning	4
1 Beräkningsmodell	5
1.1 Giltighet	5
1.2 L_{Aeq}	5
1.3 L_{AFmax} , den maximala ljudtrycksnivån	6
2 Beräkning av L_{Aeq} steg för steg	8
2.1 Indelning av vägen i delsträckor	8
2.2 Steg 1 - Utgångsvärde	9
2.3 Steg 2 - Avståndskorrektion, ΔL_2	11
2.4 Steg 3 - Mark- och skärmkorrektion, ΔL_3	12
2.4.1 Reflektionsplan	12
2.4.2 Ljudkällans läge, skärmkrön och mottagare	16
2.4.3 Beräkningsavstånd	16
2.4.4 Markkorrektion	16
2.5 Steg 4 - Övriga korrektioner, ΔL_4	23
2.5.1 Allmänt	23
2.5.2 Inflytande från vägytan	23
2.5.3 Inflytande från vegetation	23
2.5.4 Vinkelområdet, ΔL_α	23
2.5.5 Tjock skärm, ΔL_{ts}	24
2.5.6 Stigning, ΔL_{st}	27
2.5.7 Kort avstånd till vägen, ΔL_{ka}	27
2.5.8 Enkla reflexer från vertikala ytor, ΔL_r	28
2.5.9 Multipelreflexer i gaturum, ΔL_{mg}	30
2.5.10 Multipelreflexer i sidogator, ΔL_{ms}	31
2.5.11 Multipelreflexer i slutna gårdsrum, ΔL_g	32
2.5.12 Skärmning och spridning bland friliggande hus, ΔL_b	36
2.6 Fasadisolering, ΔL_F	36
2.6.1 Allmänt	36
2.6.2 Allt ljud passerar genom ett fasadelement	38
2.6.3 Ljudet passerar genom mer än ett fasadelement	39
2.7 Summering av bidrag från olika delsträckor	40
3 Beräkning av max. nivå för enstaka fordon, L_{AFmax}	41
3.1 Steg 1 - Utgångsvärde, L_{1max}	41
3.2 Steg 2 - Avståndskorrektion, ΔL_{2max}	43
3.3 Steg 3 - Mark- och skärmkorrektioner, ΔL_{3max}	44
3.4 Steg 4 - Övriga korrektioner, ΔL_{4max}	44
3.5 Steg 5 - Fasadisolering, ΔL_{5max}	44
4 Beteckningar	45
Annex A Olika vägbeläggningar	47
Annex B Dämpningstillskott på grund av vegetation	48
Annex C Genomräknade typfall	49

1 Beräkningsmodell

1.1 Giltighet

Denna beräkningsmodells giltighet är begränsad till avstånd upp till 300 m, mätt vinkelrätt mot vägen vid neutrala eller måttliga medvindsförhållanden dvs (0 - 3 m/s) medvind, eller vid motsvarande temperaturgradienter.

1.2 L_{Aeq}

L_{Aeq} , dvs den A-vägda ekvivalenta kontinuerliga ljudtrycksnivån i decibel (dB), är det primära mätetalet för att beskriva vägtrafikbuller. Normalt beräknas den för 24 timmars perioder men metoden kan även användas till beräkningar för godtyckligt långa tidsperioder. Med denna modell beräknas L_{Aeq} utgående från följande parametrar:

- trafikflödet av de två kategorierna lätta respektive tunga fordon
- verklig hastighet (mätt medelhastighet), om den är känd, eller en antagen hastighet
- avståndet till vägens mittlinje
- vägbanans höjd över omgivande mark
- skärmars läge och höjd
- skärmars tjocklek
- mottagarpunktens läge i förhållande till omgivande mark och väg bana eller skärmar
- mottagarpunktens läge i förhållande till reflekterande vertikala ytor
- markytans beskaffenhet (hård eller mjuk)

För varje väg eller vägavsnitt utförs beräkningarna i fem steg. Om det behövs delas vägen in i olika mindre vägsträckor innan man börjar beräkningarna. De akustiska förhållandena skall, om möjligt, vara konstanta inom vart och ett av dessa avsnitt. I många fall räcker det med de tre första beräkningsstegen. Det fjärde steget innehåller ett antal nödvändiga korrektioner, som tar hand om avvikelser från grundförutsättningarna. För beräkningar i en innerstad räcker det normalt med stegen 1, 2 och 4 tillsammans med korrektioner för fasadens ljudisolering enligt steg 5.

I steg 1 beräknas ett utgångsvärde under specificerade grundförutsättningar. Vid vart och ett av de följande fyra stegen beräknas en korrektion, ΔL . ΔL tilldelas ett index motsvarande beräkningsstegets nummer. L_{Aeq} beräknas för varje vägavsnitt enligt nedanstående uttryck.

$$L_{Aeq} = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4 + \Delta L_5 \quad (1.1)$$

Till sist lägger man tillsamman bidragen från de olika vägavsnitten.

De olika beräkningsstegen är följande.

Steg 1 - Utgångsvärde, L_1

I detta steg beräknas ett utgångsvärde svarande mot det odämpade värdet på 10 m avstånd från mittlinjen på en oändligt lång, rak och plan väg. Ingångsparametrarna är verklig hastighet samt antalet tunga och lätta fordon under den studerade tidsperioden.

Steg 2 - Korrektur för avståndsdämpning, ΔL_1

I detta steg beräknas en avståndskorrektur, utan att ta hänsyn till mark, skärmar etc när mottagarpositionen befinner sig på ett annat avstånd från vägmitt än 10 m. Avståndskorrekturen är -3 dB per fördubbling av avståndet.

Steg 3 - Mark och skärmdämpning

I detta steg beräknas all den extra dämpning som erhålls i förhållande till hård plan mark när ljudet utbreder sig över mjuk (porös) mark eller över en skärm.

Detta steg delas upp i två fall. Ett fall är då vägbanan är upphöjd mindre än 1,5 m. Alla andra fall behandlas som skärmar, följaktligen innefattas vägar som är upphöjda mer än 1,5 m och nedsänkta vägar i detta fall.

Skärmfallet beräknas i två steg. Först beräknas inverkan av skärmen och därefter korrigeras för inverkan av markens beskaffenhet på mottagarens sida av skärmen. Korrekturen är olika för hård respektive mjuk mark. I vissa fall lägger man även till en korrektur för markens dämpning på källsidan av skärmen.

Steg 4 - Övriga korrekturen, ΔL_4

I detta steg korrigeras för förhållanden som avviker från de förenklade antaganden som behandlats i de föregående tre stegen.

Steg 5 - Fasadkorrektur, ΔL_5

I detta steg beräknas ljudtrycksnivån inomhus.

1.3 L_{AFmax} , den maximala ljudtrycksnivån

L_{AFmax} , den maximala A-vägd ljudtrycksnivån mätt med tidsvägning F, i decibel (dB) är ett kompletterande värde för att beskriva vägtrafikbuller. I denna beräkningsmodell definieras L_{AFmax} av sitt medelvärde och sin standardavvikelse. L_{AFmax} beräknas utgående från följande parametrar:

- fordonsslag
- avstånd till vägmitt
- verklig hastighet (mätt medelhastighet), om den är känd, annars skyltad hastighet
- vägbanans höjd över omgivande mark
- skärmars läge och höjd
- skärmars tjocklek
- mottagarpunktens läge i förhållande till omgivande mark och vägbanan eller skärmar
- mottagarpunktens läge i förhållande till reflekterande vertikala ytor
- markytans beskaffenhet (hård eller mjuk)

Beräkningarna genomförs i fem steg. För många beräkningar behövs bara de tre första stegen. Det fjärde steget innehåller ett antal korrekturen som behövs för att ta hänsyn till avvikelser från grundförutsättningarna. För stadstrafikbuller är det i allmänhet tillräckligt med steg 1,2 och 4 tillsammans med korrekturen för fasadens ljudisolering i enligt steg 5.

I steg 1 beräknas ett utgångsvärde under specificerade grundförutsättningar. Vid vart och ett av de följande fyra stegen beräknas en korrektur, ΔL . ΔL tilldelas ett index motsvarande beräkningsstegets nummer. L_{AFmax} beräknas för varje vägvägsnitt enligt nedanstående uttryck.

$$L_{AFmax} = L_{1max} + \Delta L_{2max} + \Delta L_{3max} + \Delta L_{4max} + \Delta L_{5max} \quad (1.2)$$

Steg 1 - Utgångsvärde, $L_{j\ max}$

I detta steg beräknas ett utgångsvärde svarande mot det odämpade värdet på 10 m avstånd från mittlinjen på en oändligt lång, rak och plan väg. Ingångsparametrarna är verklig hastighet samt i vissa fall även antalet fordon.

Steg 2 - Korrektions för avståndsdämpning, ΔL_1

I detta steg beräknas en avståndskorrektion, utan att ta hänsyn till mark, skärmar e d när mottagarpositionen befinner sig på ett annat avstånd från vägmitt än 10 m. Avståndskorrekturen är -6 dB per fördubbling av avståndet.

Steg 3-5 - Mark och skärmdämpning, ΔL_{3-5}

De olika korrektionerna beräknas helt analogt med motsvarande för ΔL_{Aeq} med undantag för att man använder det kortaste avståndet mellan ljudkällan och mottagaren i stället för beräkningsavståndet.

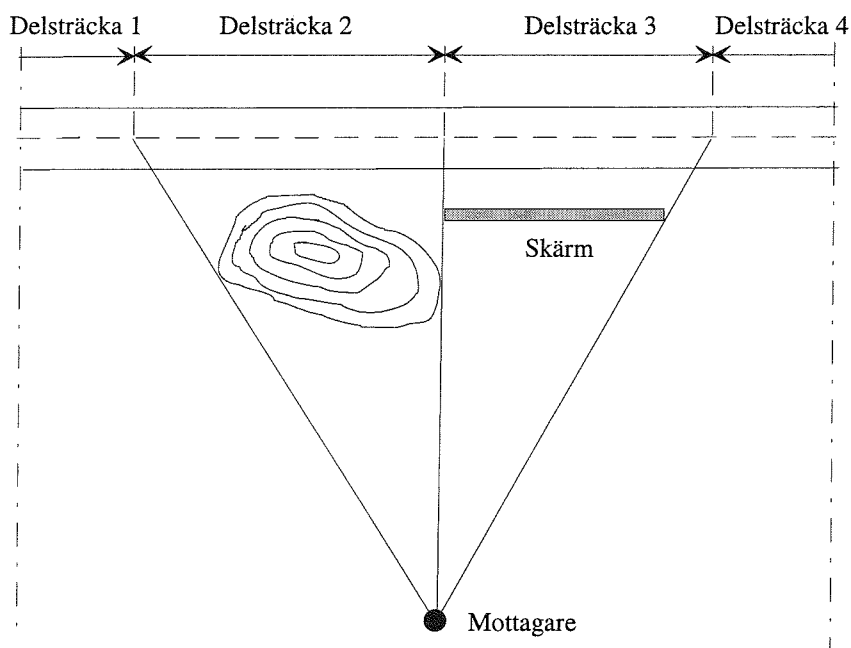
Anm.: Om delar av vägsträckan skymms av skärmar kan det bli nödvändigt att beräkna L_{AFmax} med ljudkällan i flera positioner för finna den högsta nivån.

2 Beräkning av L_{Aeq} steg för steg

2.1 Indelning av vägen i delsträckor

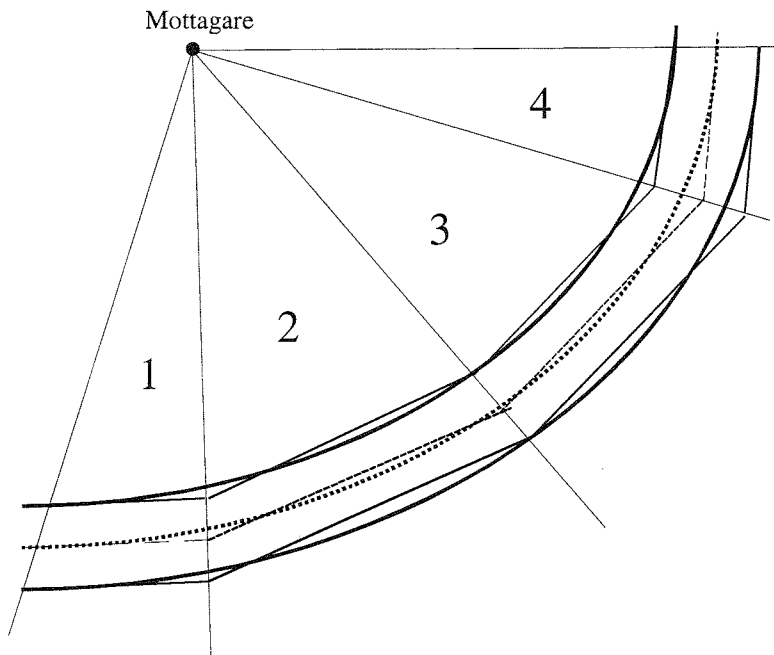
Om inte vägen som skall undersökas är oändlig lång, rak och har lika ljudutbredning och samma körförhållanden över hela sträckan, så måste den delas in i en eller flera delsträckor. De olika beräkningsstegen måste genomföras för var och en av delsträckorna. Ofta är emellertid trafik och körförhållanden lika i flera delsträckor vilket innebär att man bara behöver beräkna ett gemensamt utgångsvärde för dessa sträckor. Vid slutet av beräkningarna lägger man samman ljudbidragen från de olika delsträckorna.

Om förutsättningarna för ljudutbredningen ändras längs vägen så delas den in i delsträckor som var för sig har i det närmaste oförändrade ljudutbredningsförhållanden, som det visas i figur 2.1.



Figur 2.1 - Indelning av en väg i delsträckor för att ta hänsyn till olika ljudutbredningsförhållanden

Om vägen har kurvor så delas den upp i ett antal raka delsträckor så som det visas i figur 2.2.



Figur 2.2 - Indelning av en kurva i ett antal raka delsträckor.

2.2 Steg 1 - Utgångsvärde, L_1

Bakgrundsinformation och beräkningsformler finns beskrivna i avsnitt 2.2 i del 2.

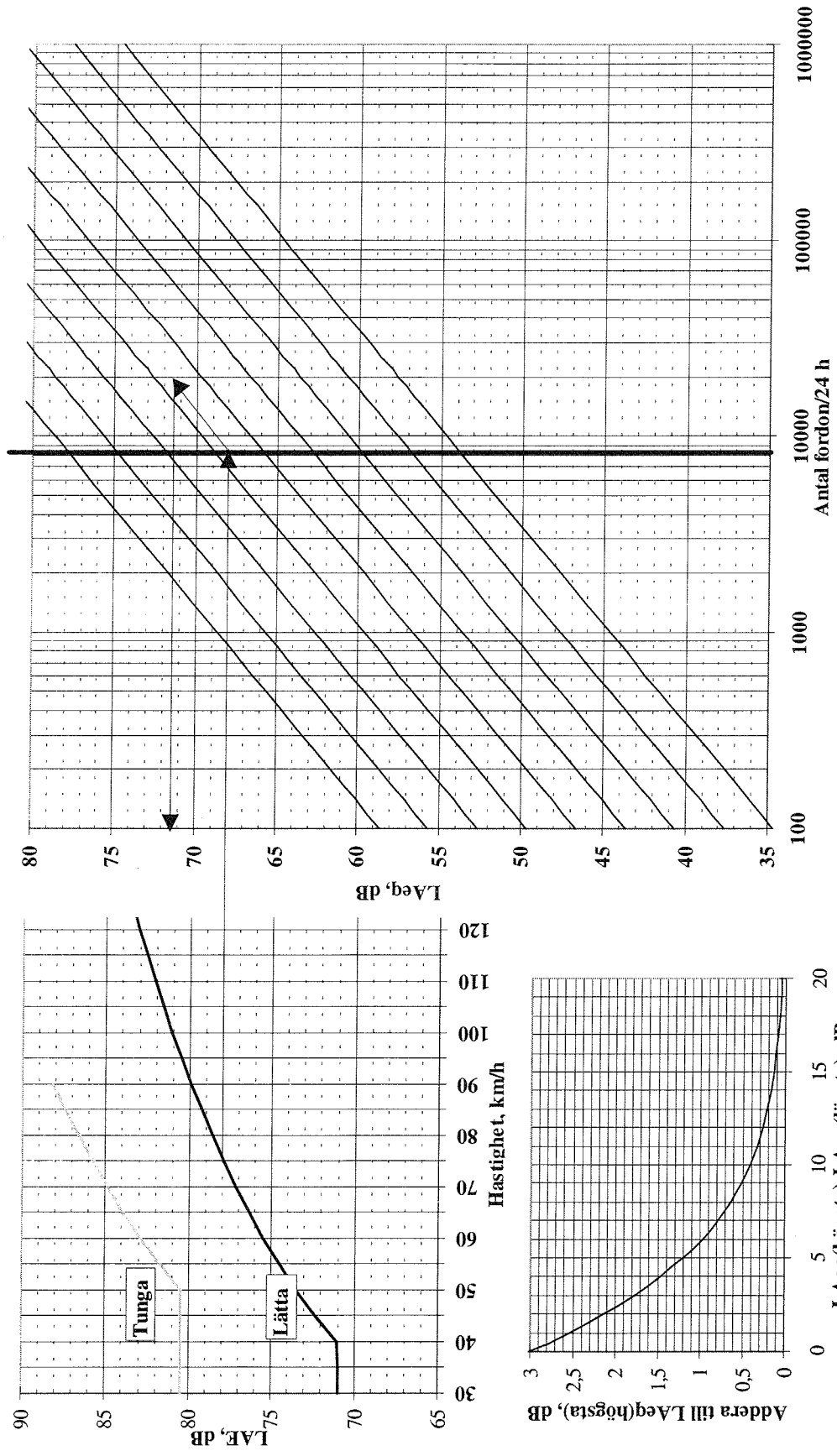
För att beräkna utgångsvärdet behöver man tillgång till följande uppgifter.

- antalet tunga fordon under den 24 timmars period som skall studeras
- antalet lätta fordon under den 24 timmars period som skall studeras
- verklig hastighet (mätt medelhastighet), om den är känd, annars skyltad hastighet

För att beräkna utgångsvärdet för L_{Aeq} tillämpas antingen formlerna (2.17) - (2.24) i del 2 eller diagrammen i figur 2.3.

- Använd respektive hastighet för lätta respektive tunga fordon
- Sök upp L_{AE} värdet i det övre vänstra diagrammet
- flytta vågrätt till det högra diagrammet och till den breda vertikala linje som anger 8640 fordon /24h
- Flytta parallellt med de lutande linjerna uppåt eller neråt tills det aktuella antalet fordon/24h nås.
- Flytta horisontellt till vänstra axeln och läs av L_{Aeq} -värdet för lätta respektive tunga fordon
- Bestäm absolutvärdet av skillnaden mellan L_{Aeq} för lätta och tunga fordon
- Använd denna skillnad i det nedre diagrammet för att finna det tal som skall adderas till det högsta L_{Aeq} -värdet

Exempel: Pilarna i figur 2.3 visar hur man beräknar L_{Aeq} (=71,5 dB) för 20000 lätta fordon/24h som kör med en medelhastighet av 75 km/h. Om motsvarande L_{Aeq} för tunga fordon är 73 dB så blir skillnaden som skall användas i det nedre vänstra diagrammet $73-71,5 = 1,5$ dB. Det tal som skall adderas till det högsta L_{Aeq} -värdet blir då 2,3 dB, det vill säga vi får $L_{Aeq} = 73 + 2,3 = 75,3$ dB sammanlagt för både tunga och lätta fordon.



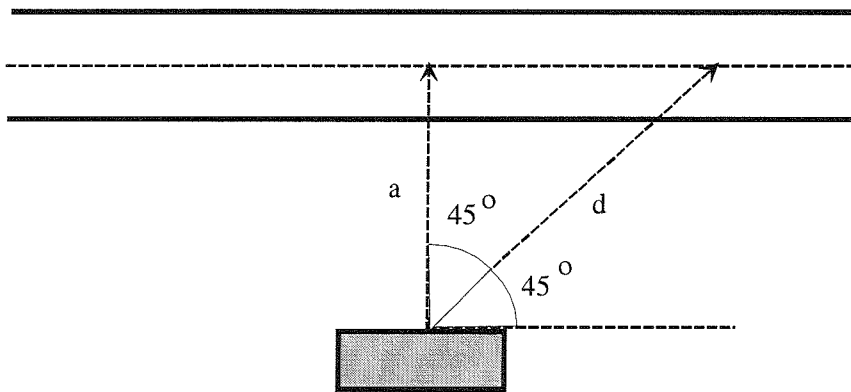
Figur 2.3 - Utgångsvärden

2.3 Steg 2 - Avståndskorrektion, ΔL_2

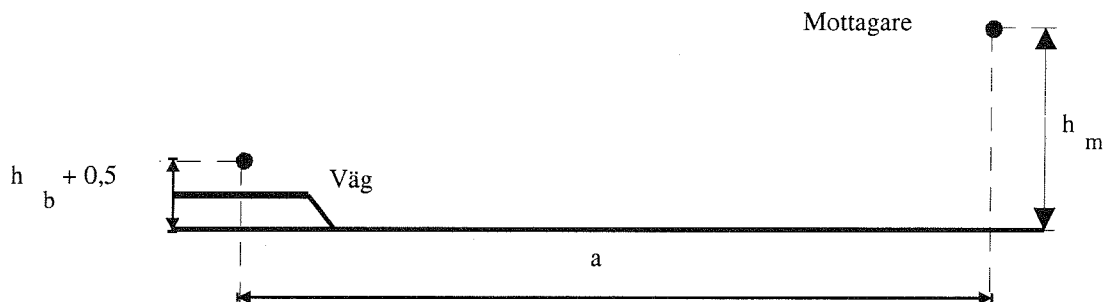
För att beräkna avståndskorrektionen behöver man tillgång till följande uppgifter.

- Det horisontella avståndet, a , det vill säga avståndet längs projektionen av den normal till den studerade vägsträckans mittlinje, som går genom mottagarpunkten
- Skillnaden i höjd, $h_m - h_b$ över ett gemensamt horisontalplan mellan mottagarpunkten och vägytan.

De olika måtten a , h_m och h_b illustreras i figur 2.4 och 2.5.



Figur 2.4 - Det horisontella avståndet a och beräkningsavståndet, d

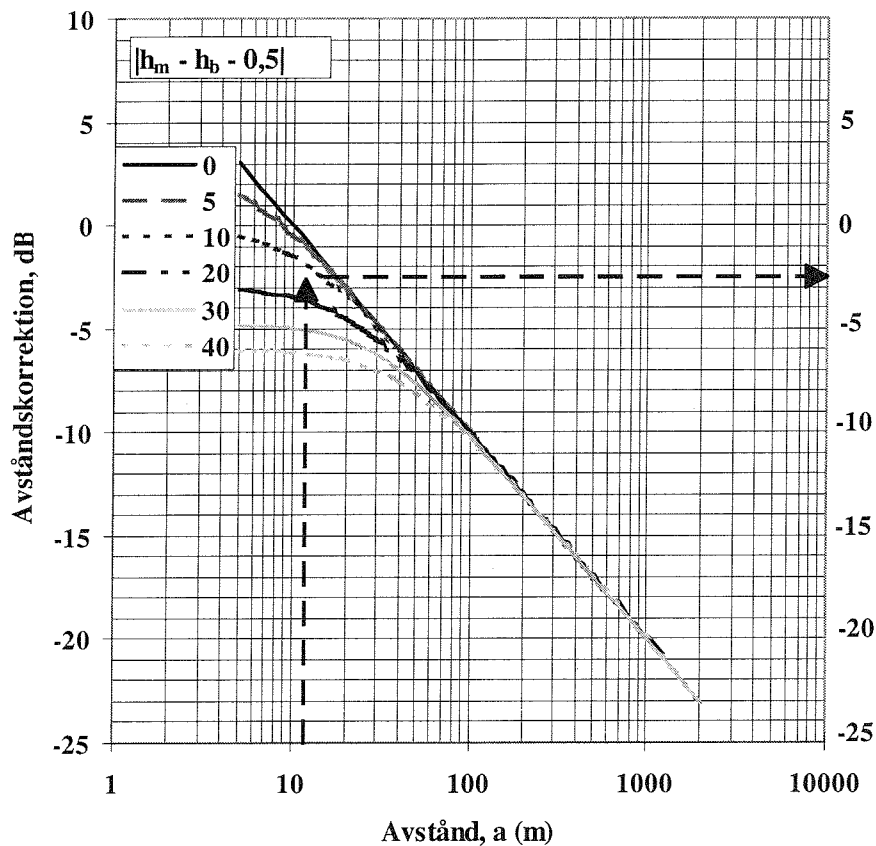


Figur 2.5 - Höjderna h_m och h_b och avståndet a

För att beräkna avståndskorrektionen ΔL_2 tillämpas antingen formeln (2.34) i del 2 eller figur 2.6:

- Gå in längst ner i figuren och använd det verkliga avståndet a
- Flytta sedan vertikalt till kurvan med det aktuella värdet på $|h_m - h_b - 0,5|$
- Gå sedan horisontellt till vänstra eller högra skalan och läs av avståndskorrektionen

Exempel: Pilarna i figur 2.6 visar hur man finner ΔL_2 ($= -2,5$ dB) för avståndet $a = 13$ m och $|h_m - h_b - 0,5| = 10$ m.



Figur 2.6 - Avståndskorrektion, ΔL_2 , för L_{Aeq}

2.4 Steg 3 - Mark- och skärmkorrektion, ΔL_3

2.4.1 Reflektionsplan

2.4.1.1 Inledning

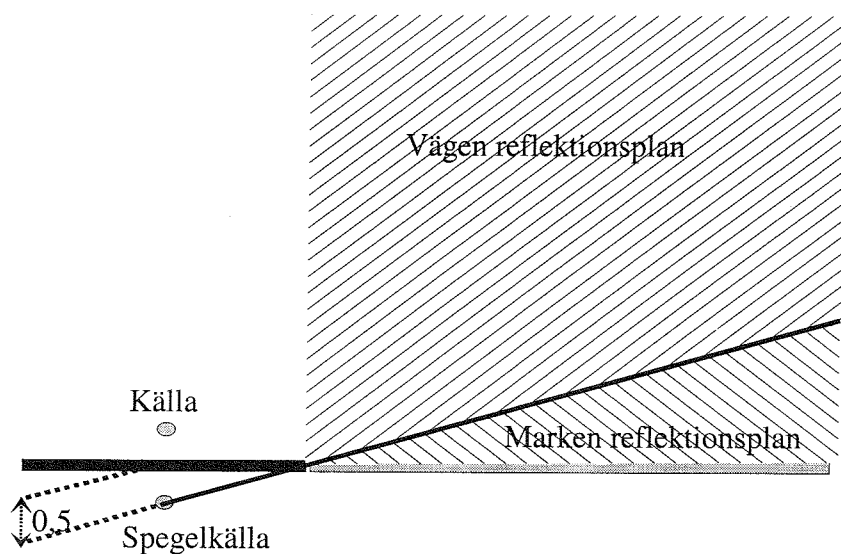
I beräkningsmodellen approximeras marken med ett plan, eller om det finns en skärm av två plan. Normalt utbreder sig ljudet till mottagaren längs två vägar. Den ena vägen följer den rätta linjen från källan, som antingen är ett fordon på vägen eller på skärmkrönet, till mottagaren, som antingen är skärmkrönet eller beräkningspunkten. Den andra vägen når mottagaren efter att ha reflekterats i marken. Marken approximeras med ett plan, som i denna beräkningsmodell kallas reflektionsplanet. Ljudreflexer mot detta plan anses följa optikens lagar. Reflektionsplanet är viktigt eftersom det är referensplan för mått på höjder och avstånd.

Vid enkla terrängförhållanden är placeringen av reflektionsplanen ganska uppenbar och sammanfaller oftast med markytan. Vid mer komplicerade förhållanden är inte lokaliseringen av reflektionsplanen lika självklar utan det behövs noggrant övervägande.

Markens beskaffenhet (hård eller mjuk) är en viktig faktor för beräkning av ljudnivån. I allmänhet är en liten yta, i vanliga fall en cirka 20 m bred remsa, på båda sidor om reflektionspunkten avgörande för denna karakterisering.

2.4.1.2 Vägytan som reflekterande plan

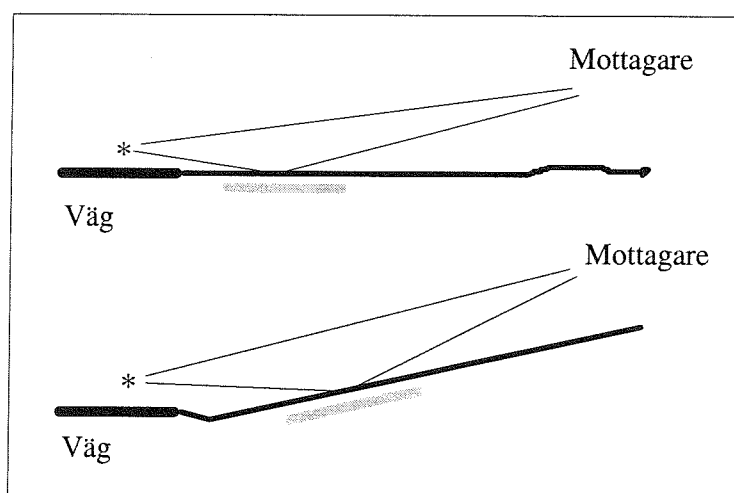
Vid korta avstånd och/eller höga mottagarpositioner, verkar vägbanan som reflekterande plan. Förutsättningarna för en sådan situation illustreras i figur 2.7, som visar ett tvärsnitt längs beräkningsavståndet d (se figur 2.4). Marken anses vara hård och ingen markdämpning kommer att beräknas. Det bör observeras att diskontinuitetsproblem kan uppstå när man passerar övergången mellan mark och vägreflex, som det visas i figur 2.7. Om mottagaren är nära planet för övergången bör man, för att vara på den säkra sidan använda vägen som reflektionsplan.



Figur 2.7 - Vägytan som reflektionsplan

2.4.1.3 Plan mark, horisontell eller lutande

I dessa fall sammanfaller det reflekterande planet med markplanet. Två typfall illustreras i figur 2.8. Reflektionsplanet bestäms längs beräkningsavståndet, d (se figur 2.4).



Figur 2.8 - Reflektionsplan för ett par enkla fall

De skuggade fälten i figuren visar vilken del av terrängen som är av mest betydelse för bedömning av marktypen. Typiskt är att ta hänsyn till en cirka 20 m bred remsa.

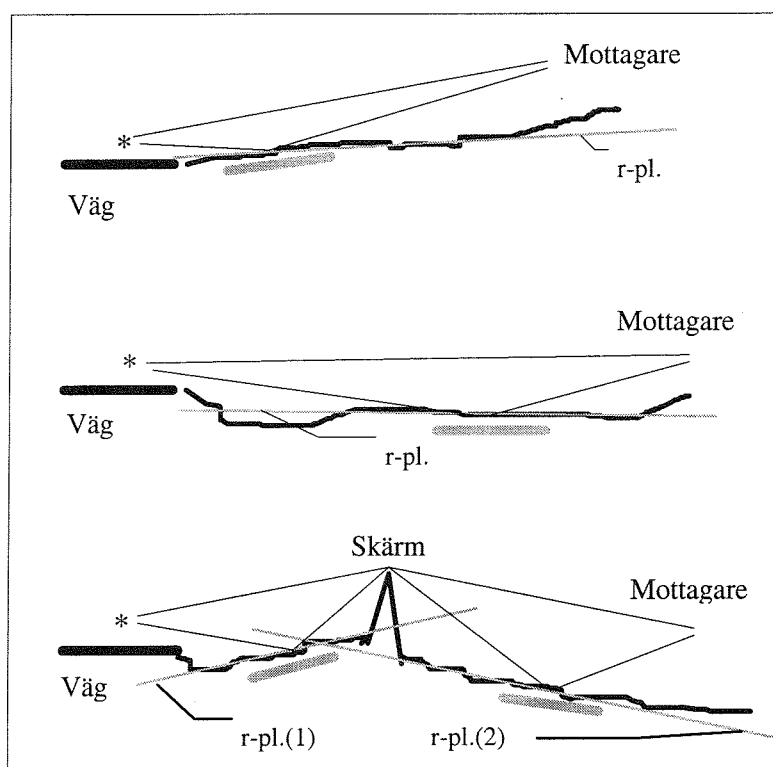
2.4.1.4 Ojämn mark, mjuka variationer i terrängen

När terrängen är ojämn längs beräkningsavståndet behövs extra uppmärksamhet. Terrängen behöver nu approximeras med ett reflekterande plan. I vissa fall kan anpassningen ske med ögonmått, men i regel bör följande procedur användas:

1. De lodräta avvikelserna från den verkliga terrängen skall inte överstiga $\pm 1\text{ m}$ ($\pm 0,5\text{ m}$ är önskvärt för hård mark),
2. terrängprofilens variationer skall vara mjuka, det vill säga att väsentliga variationer inom ovanstående begränsningar skall ha en utsträckning på minst 10 m,
3. det tänkta reflektionsplanet skall ge en verklig och oförhindrad ljudreflex mellan vägen (källan 0,5 m över vägmitten) och mottagaren. Läget skall kontrolleras med speglingsmetoden. Den verkliga reflektionspunkten skall ligga inom reflektionsplanets giltiga utsträckning.

Reflektionsplanet, som representeras med en linje, bör bestämmas med linjär regression. Den marktyp som gäller för en yta $\pm 10\text{ m}$ kring reflektionspunkten väljs för den aktuella situationen.

Några exempel på bestämning av reflektionsplan för ojämn mark visas i figur 2.9. Om det skulle finnas mer än ett reflektionsplan av betydelse, väljer man det som ger den högsta ljudnivån.



Figur 2.9 - Reflektionsplan vid ojämn mark

2.4.1.5 Tillfällen då reflektionsplanet är svårbestämt eller inte kan finnas

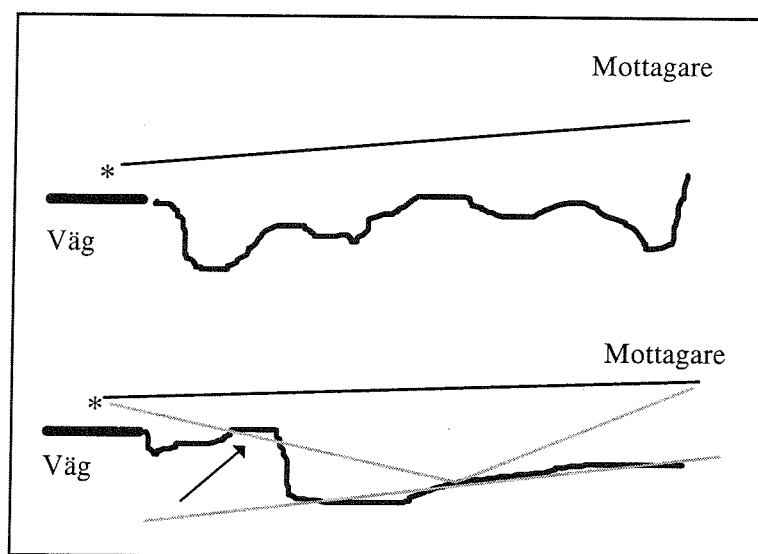
Beskrivning av sådana tillfällen

Om inte kraven, som ställs på reflektionsplanet, ovan kan uppfyllas, fungerar inte beräkningsmodellen enligt givna specifikationer. Uppskattningar av ljudnivån under sådana förhållanden kan ge acceptabla resultat men på bekostnad av minskad tillförlitlighet.

Några vanliga situationer:

- Terrängen är så ojämn att inget reflektionsplan kan placeras enligt de givna specifikationerna. Detta fall innefattar även terräng med stora höjdvariationer inom små avstånd.
- En del av terrängen kan hittas, som är lämplig som reflektionsplan, men ena eller båda av de reflekterade ljudvägarna stöter på hinder.
- Reflektionspunkten ligger nära eller på yttersta kanten av reflektionsplanet.

Två av dessa situationer visas i figur 2.10.



Figur 2.10 - Situationer med ogiltiga reflektionsplan

Ogiltiga reflektionsplan - uppskattning av ljudnivåer

Beräkningsmodellen skall ge svar även i sådana besvärliga situationer. När det inte finns någon skärm involverad kan en hygglig uppskattning av ljudnivån göras genom att anta att den riktade ljudreflexen i markytan ointetgörs på grund av att ljudenergin sprids av markytans oregelbundenheter i stället för att reflekteras. På detta sätt blir den samverkan mellan direktljud och reflekterat ljud som ger upphov till markdämpningen mer eller mindre ointetgjord. Direktljudet kommer att dominera och en grov uppskattning av ljudnivån i dessa situationer är helt enkelt:

$$L = L_{H\ddot{A}RD} - 3 \quad (2.1)$$

där ljudnivån L är L_{Aeq} eller L_{AFmax} , efter behov. $L_{H\ddot{A}RD}$ är ljudnivån vid mottagaren beräknad för fullständigt hård mark.

2.4.1.6 Reflektionsplanet i skärmade situationer

I regel, bestämmer man två reflektionsplan; ett mellan vägen och skärmen, och ett mellan skärmen och mottagaren.

Mellan vägen och skärmen

Tillämpa procedurerna i avsnitt 2.4.1.1 till 2.4.1.5 för en mottagarposition på skärmkrönet.

Mellan skärmen och mottagaren

Den nya källpositionen ligger nu på skärmkrönet. Proceduren i avsnitt 2.4.1.3 och 2.4.1.4 kan tillämpas eftersom det nu inte är vägen, som är ljudkällan. Om det i något fall inte går att finna ett reflekterande plan, har vi en situation, liknande den, som beskrivs i avsnitt 2.4.1.5, fast i detta fall för en skärmad situation. För att uppskatta ljudnivån vid mottagaren, beräknas skärmeffekten som vanligt, men markkorrektionen mellan skärmen och mottagaren sätts till noll.

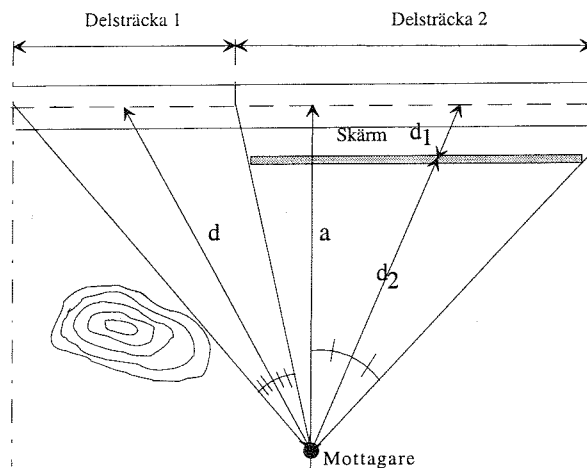
2.4.2 Ljudkällans läge, skärmkrön och mottagare

Alla höjder anges i förhållande till reflektionsplanet. Fordonets ljudkälla antas ligga 0,5 m över vägens eller vägbanans mitt. När skärmar finns i vägen för ljudet, är skärmkrönet mottagare på källsidan och likaledes ljudkälla på mottagarens sida om skärmen.

2.4.3 Beräkningsavstånd

Markens och skärmens dämpning beror på avståndet det vill säga dämpningen kommer att bli olika för olika vägsträckor. För att underlätta beräkningarna av L_{Aeq} beräknas dämpningen för ett medelavstånd, beräkningsavståndet, d .

Beräkningsavståndet, d , är det akustiska medelavståndet mellan mottagaren och ett förbipasserande fordon. Geometriskt är d avståndet mellan mottagaren och vägmitten längs bisektrisen till synvinkeln, sett från mottagaren, mellan den studerade delsträckans ändpunkter. Om synvinkeln omfattar båda sidorna om normalen tar man enbart hänsyn till den sida som störst, se $d = d_1 + d_2$ i figur 2.11. Detta innebär till exempel att om vägen är oändligt lång så blir beräkningsavståndet $d = a / \cos 45^\circ = 1,4 a$. För skärmberäkningar behövs två beräkningsavstånd, d_1 och d_2 , på var sin sida om skärmen.



Figur 2.11 - Bestämning av beräkningsavståndet.

2.4.4 Markkorrektion

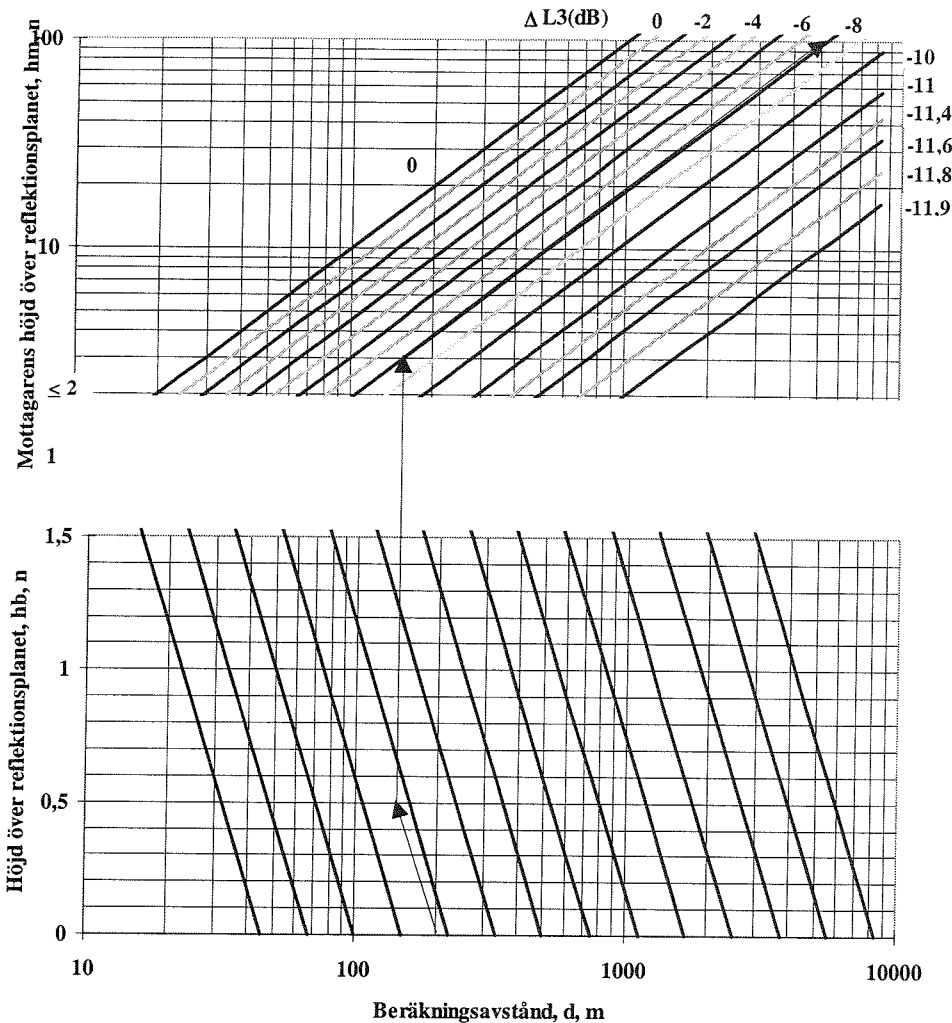
2.4.4.1 Markkorrektionen, ΔL_3 , för vägar upphöjda mindre än 1,5 m över reflektionsplanet

Följande parametrar används:

d = beräkningsavståndet mellan mottagaren och vägmitten

h_b = vägbanans höjd över reflektionsplanet

h_m = mottagarens höjd över reflektionsplanet



Figur 2.12 - Markdämpning med mjuk mark för en väg med höjden $0 \leq h_b \leq 1,5$ m.

Beräkna markkorrektionen ΔL_3 antingen från uttrycken (2.36) och (2.37) i del 2 eller använd figur 2.12.

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta beräkningsavståndet, d .
- Flytta parallellt med de lutande linjerna till den korrekta höjden, h_b .
- Flytta lodrätt uppåt till det övre diagrammet tills den korrekta mottagarhöjden nås.
- Flytta parallellt med de lutande linjerna och läs av ΔL_3 i kanten av diagrammet.

Exempel: Pilarna i figur 2.1. visar på hur man erhåller $\Delta L_3 (= -7,5 \text{ dB})$ när $d = 200 \text{ m}$, $h_b = 0,5 \text{ m}$, $h_m = 3 \text{ m}$.

2.4.4.2 Mark- och skärmkorrektion för fall med skärmar inklusive nedskurna vägar och vägar upphöjda mer än 1,5 m över reflektionsplanet

Beräkningarna blir mer komplicerade med skärmar närvarande eftersom fler parametrar kommer att inverka. Genomför beräkningarna i två steg: Bestäm först skärmningen och korrigera sedan för markens inflytande. Markkorrektionen är olika för hård och mjuk mark.

Normalt är markdämpningen mellan källan och skärmkrönet noll. Det är emellertid möjligt att korrigera för mjuk mark framför skärmen. Om markkorrektionen framför skärmen är noll får vi

$$\Delta L_3 = \Delta L_s + \Delta L_m \quad (2.2)$$

där ΔL_3 = mark- och skärmkorrektion

ΔL_s = skärmkorrektion

ΔL_m = markkorrektion bakom skärmen

För att beräkna ΔL_s och ΔL_m används följande parametrar, se figurerna 2.11 - 2.14:

h_e = effektiv skärmhöjd, skärmkrönets höjd över siktlinjen mellan källan och mottagaren

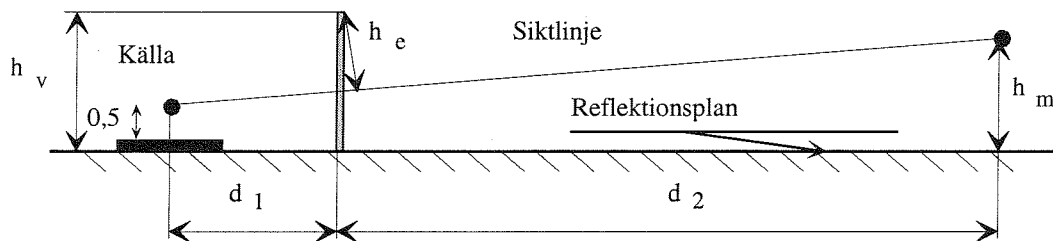
h_v = skärmkrönets höjd över reflektionsplanet på mottagarsidan

h_m = mottagarens höjd över reflektionsplanet på mottagarsidan

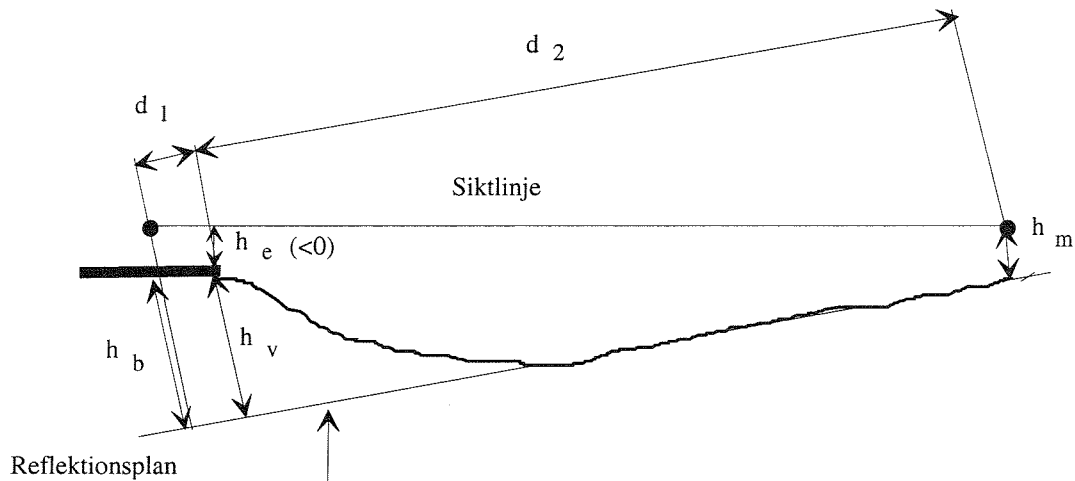
h_b = vägytans höjd över reflektionsplanet på mottagarsidan

d_1 = beräkningsavstånd från skärm till vägmitt

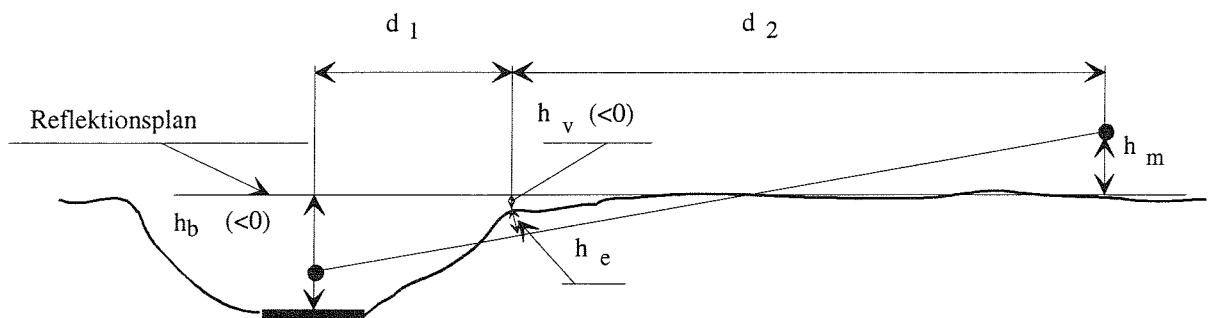
d_2 = beräkningsavstånd från skärm till mottagare



Figur 2.13 - Skärm på plan mark



Figur 2.14 - Vägbank, väg upphöjd mer än 1,5 m



Figur 2.15 - Väg i skärning

Som visas i figurerna 2.13 - 2.15 så kan både den effektiva skärmhöjden h_e och skärmkrönets höjd över reflektionsplanet på mottagarsidan, h_v , båda bli negativa. Det bör observeras att skärmen kan ha en viss skärmverkan även om $h_e < 0$, det vill säga när skärmkrönet ligger under siktlinjen mellan källa och mottagare. När $h_v < 0$ kan dubbel skärmning uppstå. Detta tar dock inte denna beräkningsmodell hänsyn till. Emellertid så kommer den ökade markdämpningen att i viss utsträckning kompensera för detta genom att man sätter $h_v=0$ när man beräknar markdämpningen.

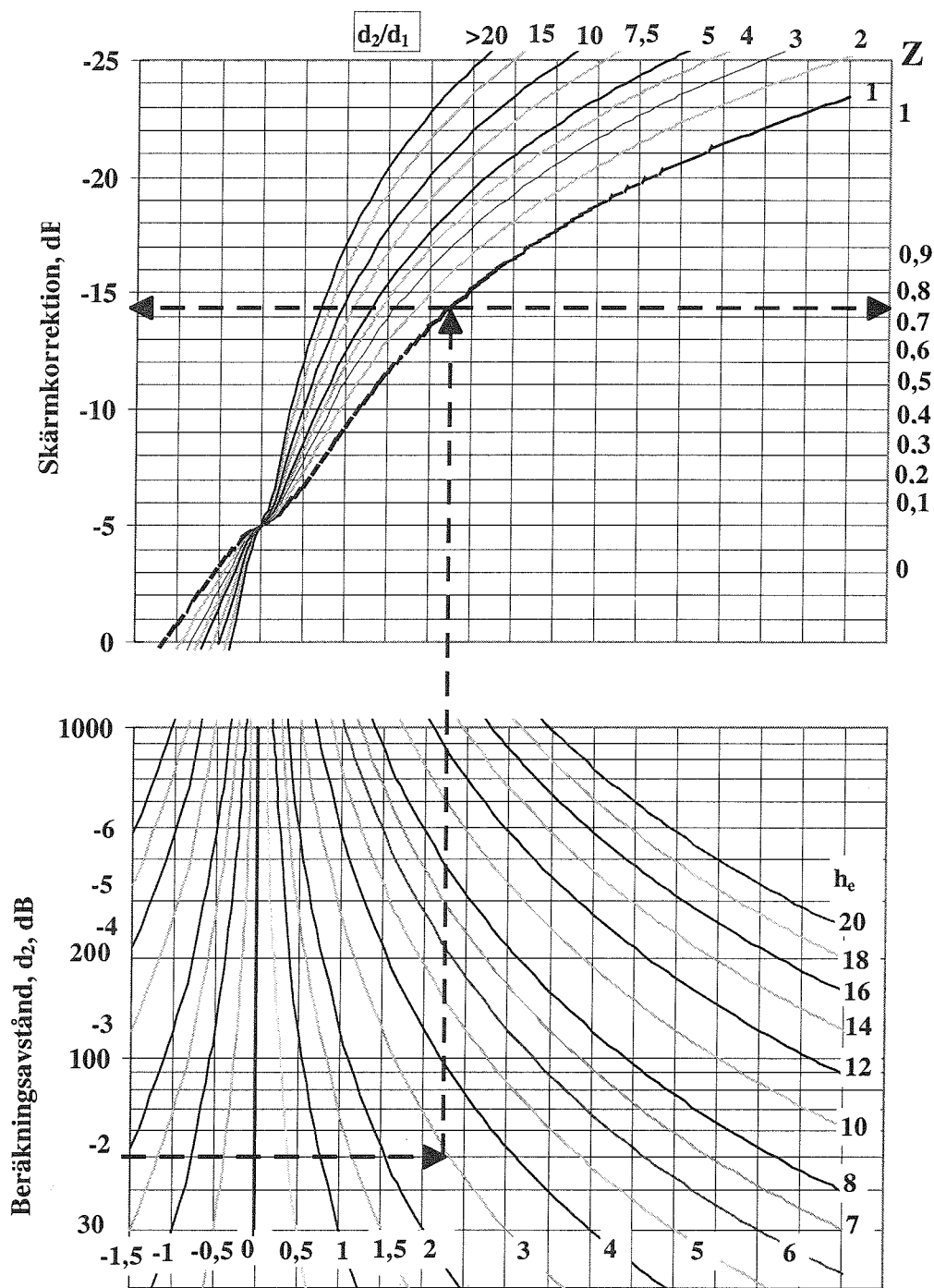
Den effektiva skärmhöjden, h_e , är tillsammans med skärmens läge i förhållande till mottagare och källa avgörande för skärmkorrektionen. h_e beräknas ur

$$h_e = \frac{(h_v - h_m)d_1 + (h_v - h_b - 0,5)d_2}{\sqrt{(d_1 + d_2)^2 + (h_m - h_b - 0,5)^2}} \quad (2.3)$$

För att beräkna skärmkorrektionen ΔL_s används antingen formlerna (2.40)-(2.42) i del 2 eller figur 2.16:

- Gå in vid y-axeln med det korrekta beräkningsavståndet, d_2 , i figurens nedre nomogram.
- Flytta horisontellt tills kurvan med den korrekta effektiva höjden, h_e , nås.
- Flytta vertikalt uppåt till det övre diagrammet tills kurvan med den korrekta parametern d_2/d_1 nås.
- Flytta horisontellt till vänster och läs av värdet för ΔL_s vid diagrammets kant.
- Flytta horisontellt till höger och läs av värdet för spektrumparametern z vid diagrammets kant.

Parametern z är ett mått på förändringen av ljudspektret på grund av skärmningen. Den kommer senare att användas för beräkning av markkorrektionen ΔL_m .



Figur 2.16 - Bestämning av ΔL_s och z .

Det finns vissa begränsningar beträffande användningen av figur 2.16

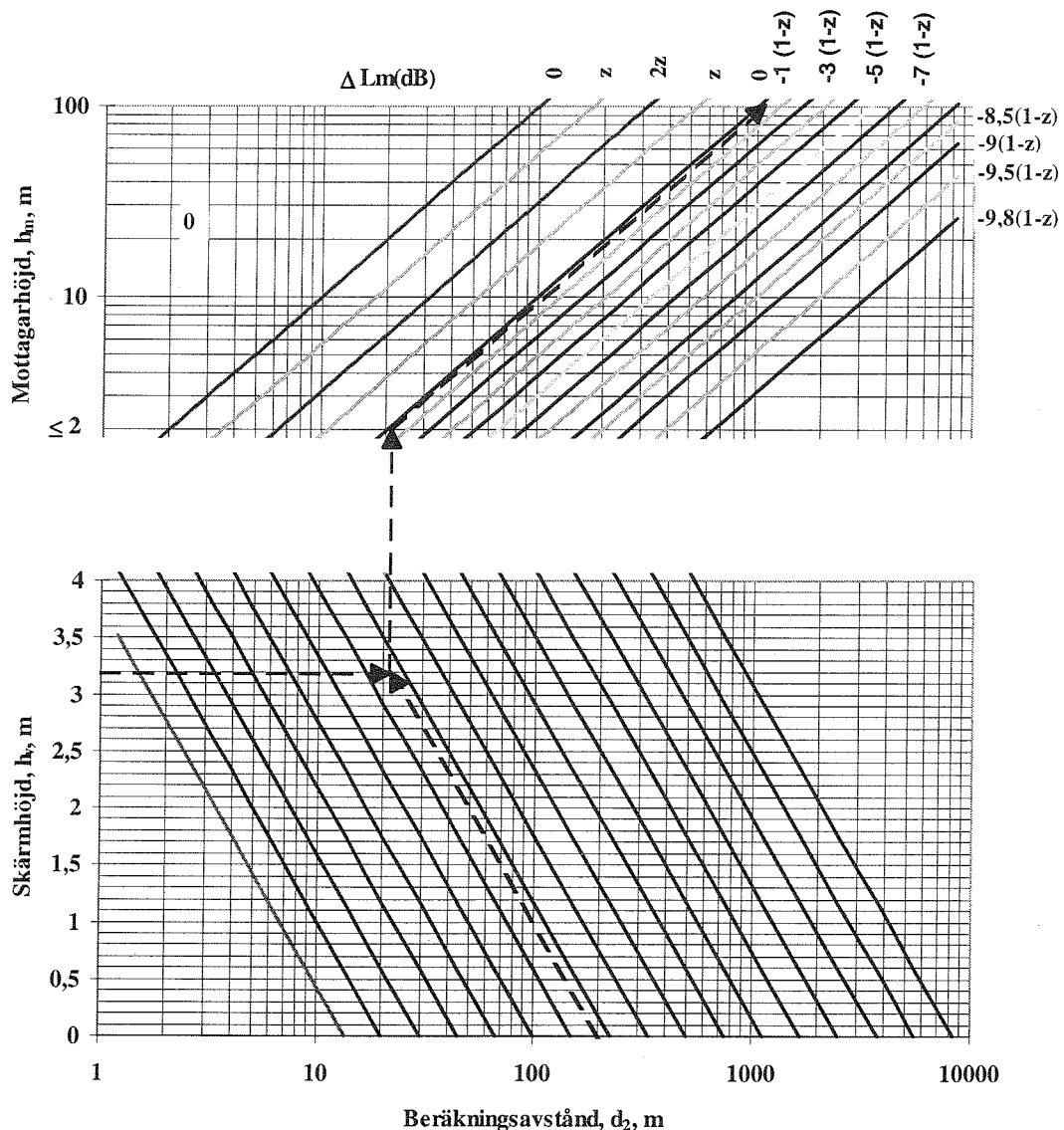
- Använd den bara när $d_2 > d_1$
- Om $d_2 < 30$ m sätt $d_2 = 30$ m och $d_2/d_1 = 30/d_1$
- Om $d_2/d_1 \geq 20$ sätt $d_2/d_1 = 20$ men behåll värdet på d_2 oförändrat.
- Om $d_1 > d_2$ låt d_2 och d_1 byta plats och fortsätt som förut

Exempel: Pilarna i figur 2.16 visar hur man får fram $\Delta L_s (= -14,6$ dB) och $z = 0,7$ (0,74) när $d_2 = 50$ m, $d_1 = 50$ m, $h_e = 3$ m.

För att beräkna markkorrektionen ΔL_m när marken mellan skärm och mottagare är mjuk tillämpas formlerna (2.42)-(2.44) i del 2 eller figur 2.17:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta beräkningsavståndet, d_2 .
- Flytta parallellt med de lutande linjerna från startpunkten tills den korrekta skärmhöjden, h_v , nås.
- Flytta lodrätt uppåt tills den korrekta mottagarhöjden, h_m , nås.
- Flytta parallellt med de lutande linjerna uppåt och läs av värdet på ΔL_m vid kanten av diagrammet.

Exempel: Pilarna i figur 2.17 visar hur man bestämmer $\Delta L_m = -0,4(1-z)$ dB när $d_2 = 200$ m, $h_v = 3,2$, $h_m = 2$ m.

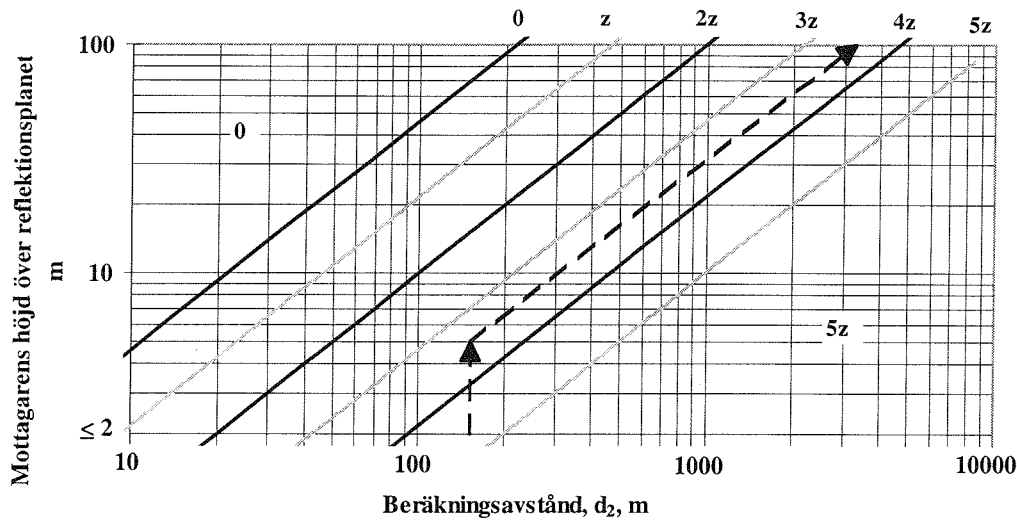


Figur 2.17 - Bestämning av markkorrektionen ΔL_m för mjuk mark mellan skärm och mottagare.

Om marken mellan skärm och mottagare är hård tillämpas antingen formel (2.45) i del 2 eller figur 2.18:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta beräkningsavståndet, d_2 .
- Flytta lodrätt uppåt tills den korrekta mottagarhöjden, h_m , nås.
- Flytta parallellt med de lutande linjerna uppåt och läs av värdet på ΔL_M vid kanten av diagrammet.

Exempel. Pilarna i figur 2.18 visar hur man bestämmer $\Delta L_m (= 3,4 \text{ z dB})$ när $d_2 = 150 \text{ m}$, $h_m = 5 \text{ m}$.



Figur 2.18 - Bestämning av markkorrektur för hård mark mellan skärm och mottagare.

Markkorrektur mellan väg och skärm

Om markdämpningen ΔL_{vs} mellan vägen och skärmkrönet inte är försumbar, så måste den tas med i beräkningarna. Så är till exempel fallet om det finns mjuk mark mellan vägen och skärmen. Beräkningarna blir olika beroende på om mottagaren ligger under eller över linjen genom källan och skärmkrönet.

I fallet med mjuk mark mellan vägen och skärmen och då mottagaren ligger *under* linjen genom källan och skärmkrönet gäller

$$\Delta L_3 = \Delta L_s + \Delta L_{vs} \left(1 - \frac{7z}{13}\right) + \Delta L_m \quad (2.4)$$

där ΔL_{vs} är markkorrektur mellan väg och mottagarpositionen på skärmkrönet så som den fås ur figur 2.12.

Om mottagaren ligger *över* linjen genom källan och skärmkrönet så har vi två fall

- Mottagaren är tillräckligt hög för att skärmkorrektur skall bli noll. I så fall bortser man från skärmen och använder markeffekten från figur 2.12 med beräkningsavståndet $d_1 + d_2$ för beräkning av ljudnivån.
- Mottagaren ligger över linjen genom källan och skärmkrönet, men inte högt nog för att ΔL_3 skal bli noll. Där finns en liten, negativ effekt av skärmhöjden och skärmkorrektur är mellan -5 dB och noll. I detta fall beräknar man först ljudnivån vid mottagaren utan att ta hänsyn till skärmen. Markdämpningen beräknas med hjälp av figur 2.12. I andra steget beräknas ljudnivån med mottagaren exakt på linjen genom källan och skärmkrönet. Detta görs med hjälp av formel (2.46) i del 2, som i detta fall är enkel eftersom $h_e = 0$, $\Delta L_s = -5$ och $z = 0$. Slutresultatet erhålls genom interpolation mellan de två fallen så som det beskrivs i formlerna (2.47) - (2.49) i del 2.

2.5 Steg 4 - Övriga korrektioner, ΔL_4

2.5.1 Allmänt

Utgångsvärdet, $L_{Aeq,10\text{ m}}$, gäller för en plan väg med fri ljudutbredning i alla riktningar. Detta värde korrigeras, som tidigare har beskrivits, sedan för avstånd, mark och skärmar. I detta avsnitt diskuteras ytterligare korrektioner för förhållanden, som avviker från dem, som tidigare har behandlats.

Summan av dessa korrektioner betecknas ΔL_4 och beräknas enligt

$$\Delta L_4 = \Delta L_{\alpha} + \Delta L_{ts} + \Delta L_{st} + \Delta L_{ka} + \Delta L_r + \Delta L_{mg} + \Delta L_{ms} + \Delta L_g + \Delta L_b \quad (2.5)$$

där

- ΔL_{α} = korrektion för vinkelområdet
- ΔL_{ts} = korrektion för tjock skärm
- ΔL_{st} = korrektion för stigning
- ΔL_{ka} = korrektion för kort avstånd till vägen
- ΔL_r = korrektion för reflektion från enstaka ytor
- ΔL_{mg} = korrektion för multipelreflexer mellan byggnader
- ΔL_{ms} = korrektion för multipelreflexer i sidogator
- ΔL_g = korrektion för multipelreflexer i slutna gårdsrum
- ΔL_b = korrektion för skärmning och spridning bland friliggande hus

Rörande olika vägytor och däck se 2.5.2, rörande vegetation se 2.5.3.

2.5.2 Inflytande från vägytan

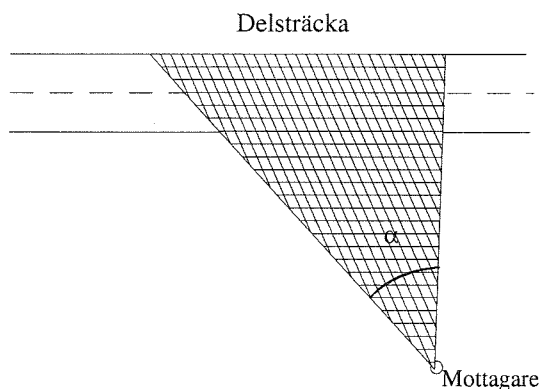
Det finns ingen obligatorisk korrektion för vägyta eller däck (sommar- eller vinterdäck). Emellertid, så finns det i Annex A en korrektionstabell för olika vägytor, som speglar de senaste kunskaperna om vägytans inverkan på trafikbullret. Detta annex kan användas när man önskar beskriva inflytandet i särskilda fall och när man är beredd att acceptera att en sådan korrektion kan variera med tiden.

2.5.3 Inflytande från vegetation

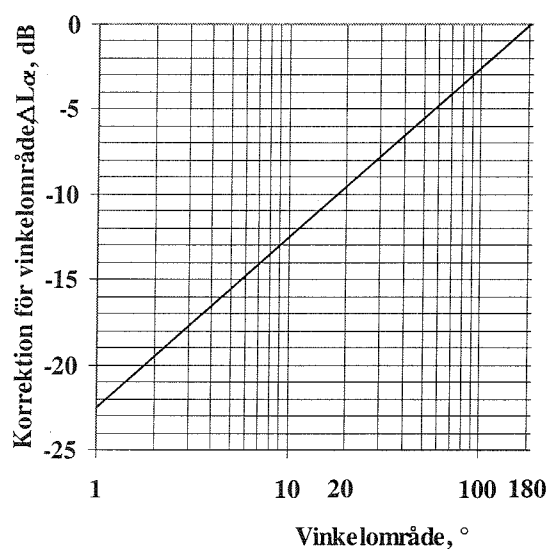
Det finns ingen obligatorisk korrektion för vegetation. Emellertid finns vissa råd i Annex B. Den som så önskar kan använda sig av detta annex.

2.5.4 Vinkelområdet, ΔL_{α}

Lika stora vinkelområden, sedda från mottagaren, ger lika stora bidrag till totala ljudnivån. Korrektionen som skall tillämpas för varje del av vägen i förhållande till en oändligt lång, rak väg ($\alpha = 180^\circ$) fås ur formeln (2.51) i del 2 eller i figur 2.20.



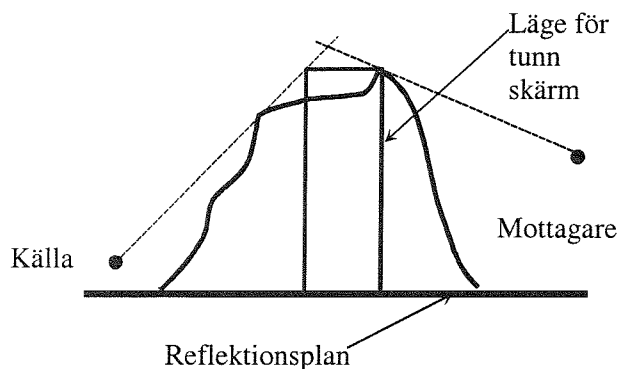
Figur 2.19 - Vinkeln α för den vägsträcka som studeras



Figur 2.20 - Korrektionen ΔL_α i förhållande till en oändligt lång väg

2.5.5 Tjock skärm, ΔL_{ts}

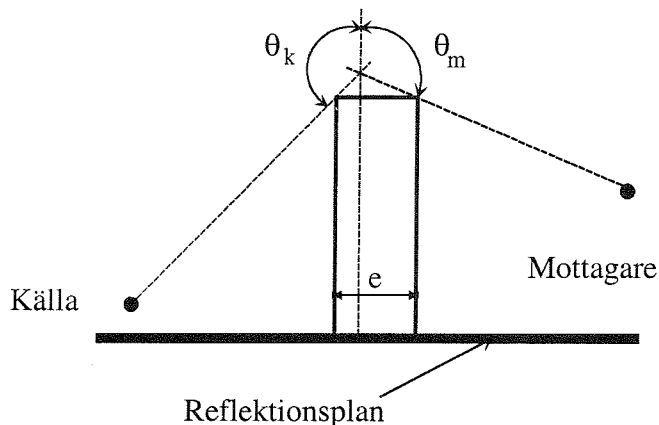
Om en skärm är tjock så blir skärmdämpningen högre än för en tunn skärm. Detta inträffar så snart som tjockleken överskrider cirka 0,5 m men någon korrektion behövs inte förrän den är mer än 1,5 m. Principen är att först beräkna dämpningen för en tunn skärm, se figur 2.21 hur detta går till, och sedan konstruera en likvärdig tjock skärm som motsvarar det oregelbundna hindret och slutligen addera korrektionen ΔL_{ts} till ΔL_S .



Figur 2.21 - Konstruktion av en tunn skärm och en ekvivalent tjock skärm för ett oregelbundet format hinder.

Beräkna korrektionen för den tjocka skärmen ΔL_{ts} antingen ur formel (2.52) i del 2 eller genom att använda figurerna 2.23 och 2.24.

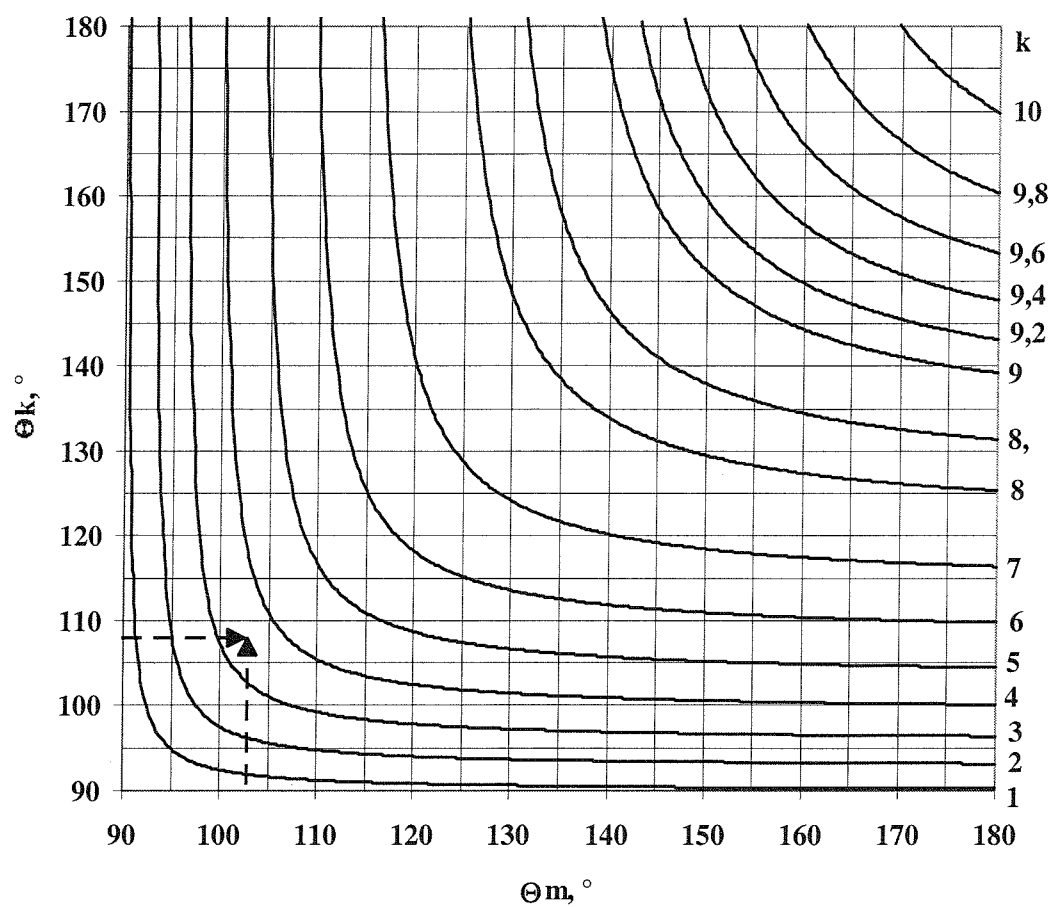
h_v = skärmkrönets höjd över reflektionsplanet på mottagarsidan
 h_m = mottagarens höjd över reflektionsplanet på mottagarsidan
 h_b = vägytans höjd över reflektionsplanet på mottagarsidan
 d = beräkningsavståndet från mottagaren till vägmitten
 d_1 = beräkningsavståndet från den närmaste skärmkanten till vägmitten
 e = tjockleken på skärmen i det vertikala plan som definieras av beräkningsavståndet
 θ_k och θ_m anges i figur 2.22



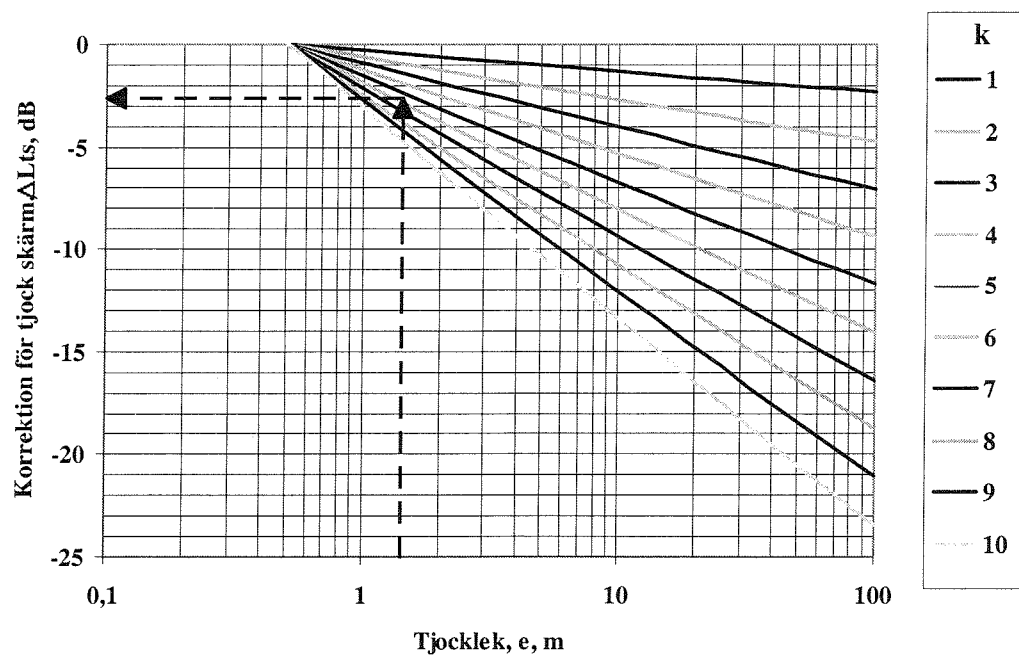
Figur 2.22 - Geometrin för en tjock skärm

- Gå in med korrekt vinkel, θ_m (se figur 2.22) längst ner i figur 2.23
- Flytta vertikalt uppåt tills nivån med den korrekta vinkeln, θ_k (se figur 2.22), nås.
- Uppskatta värdet på k med hjälp av kurvorna i diagrammet.
- Gå över till figur 2.24
- Gå in med den korrekta tjockleken, e (se figur 2.22) längst ner i figuren
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan med korrekt värde på k nås.
- Flytta horisontellt till vänster och läs av värdet på ΔL_{ts}

Exempel: Pilarna i figur 2.23 visar hur man får $k = 3,4$ när $\theta_m = 102,5^\circ$ och $\theta_k = 107,5^\circ$. I figur 2.24 $e = 1,5$ m, $k = 6$ och $\Delta L_{ts} = -2,5$ dB.



Figur 2.23 - Bestämning av beräkningsparametern, k , för en tjock skärm.



Figur 2.24 - Bestämning av korrektionen för en tjock skärm, ΔL_{ts}

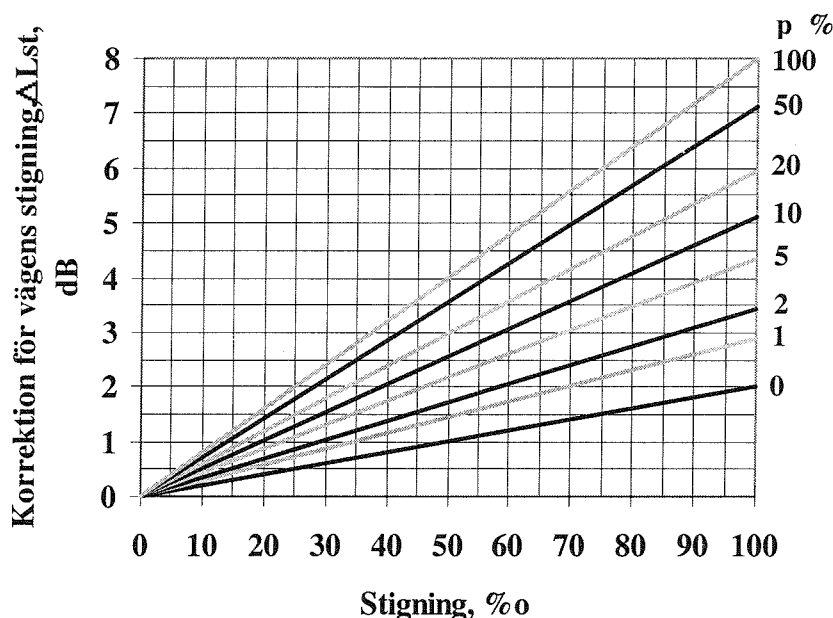
2.5.6 Stigning, ΔL_{st}

Stigningar har en tendens att höja ljudnivån. Uppför stigningen ökar motorbullret medan farten ofta blir lägre. Nerför sluttningen ökar hastigheten.

Ökningen av L_{Aeq} beror på stigningen, längden på uppförsbacken och andelen tunga fordon. Korrektionen som ges nedan baseras på antagandet att längden på uppförsbacke är tillräckligt lång för att ge de beskrivna effekterna. Effekten uppträder tidigare om stigningen föregås av ett trafikljus eller en rondell.

För att beräkna stigningskorrektionen, ΔL_{st} , används antingen formel (2.53) i del 2 eller figur 2.25:

- Gå in med korrekta stigningen, i ‰, vid nomogrammets x-axel.
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan, med den korrekta andelen tunga fordon, p i %, nås.
- Flytta horisontellt åt vänster för att läsa av korrektionen, ΔL_{st} , vid diagramkanten.



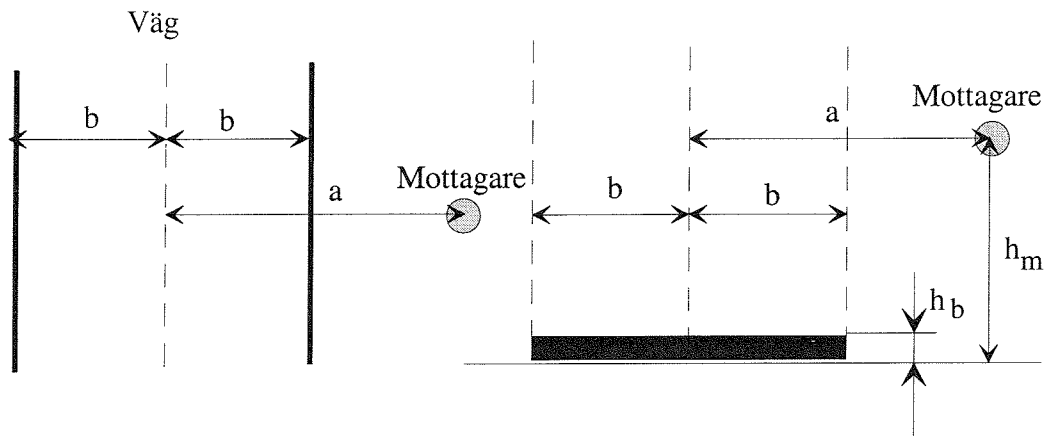
Figur 2.25 - Bestämning av korrektionen för stigning, ΔL_{st} .

2.5.7 Kort avstånd till vägen, ΔL_{ka}

Om mottagaren befinner sig nära vägen, eller om vägen har många körbanor, så måste man beakta det faktum, att den närmaste vägbanan kommer att dominera akustiskt och att den akustiska mittlinjen kommer att flytta sig från vägmitten mot mottagaren. Detta görs med en korrektion ΔL_{ka} , som skall användas så snart avståndet till vägmitten, a , är mindre än bredden på den trafikerade delen av vägen, $2b$.

För att beräkna ΔL_{ka} används följande parametrar, se figur 2.26:

- h_m = mottagarens höjd över reflektionsplanet
- h_b = vägbanans höjd över reflektionsplanet
- a = det horisontella avståndet längs normalen mellan vägmitten och mottagaren
- b = halva utnyttjade vägbredden

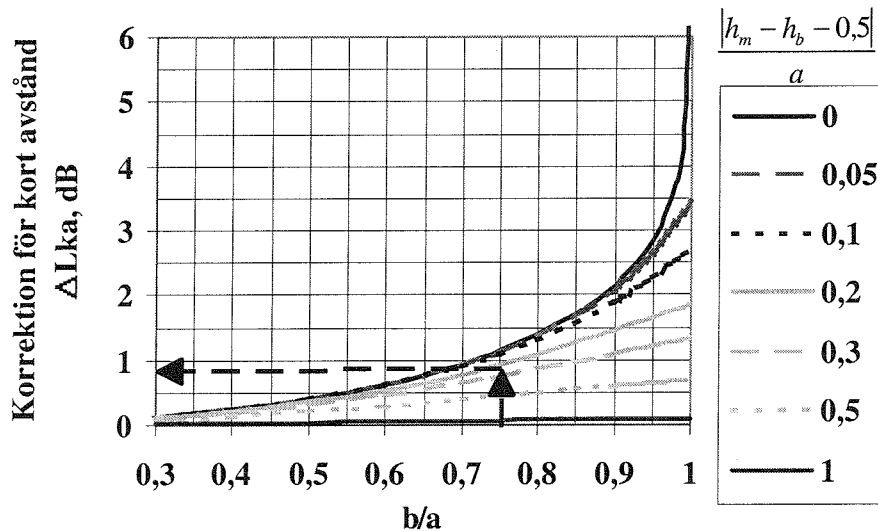


Figur 2.26 - Parametrar som används för beräkning av ΔL_{ka} .

För att beräkna korrektionen för korta avstånd, ΔL_{ka} , tillämpas antingen formel (2.54) i del 2 eller figur 2.27:

- Gå in med det korrekta förhållandet b/a längst ner i figuren.
- Flytta vertikalt uppåt till kurvan med den korrekta parametern $\frac{|h_m - h_b - 0,5|}{a}$ nås.
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_{ka} .

Exempel: Exemplet visar hur man erhåller $\Delta L_{ka} = 0,9$ när $b/a = 0,75$ och $|h_m - h_b - 0,5| / a = 0,2$.



Figur 2.27 - Korrektion, ΔL_{ka} för inverkan av kort avstånd mellan väg och mottagare

2.5.8 Enkla reflexer från vertikala ytor, ΔL_r

Denna korrektion hänför sig till fall där ljudet reflekteras en gång i en vertikal yta. I den här modellen definieras en yta som fullständigt reflekterande, när den har en absorptionsfaktor, som är mindre än 0,6. Alla andra ytor räknas som fullständigt absorberande.

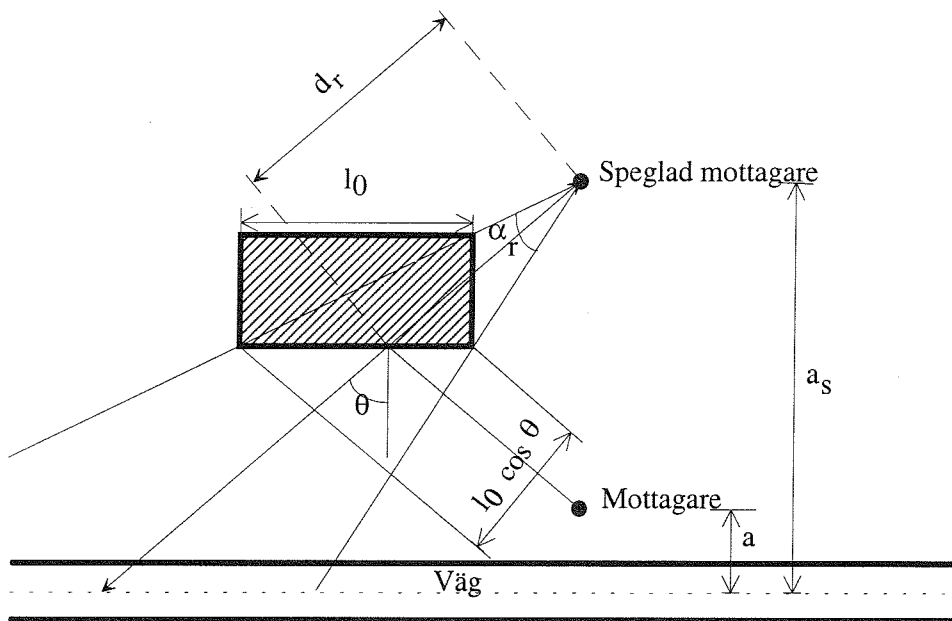
Fullständigt reflekterande ytor, till exempel husfasader, branta bergsidor och vissa bullerskärmar, längs en väg orsakar en höjning av ljudnivån i förhållande till ljudnivån från en väg i ett öppet landskap. Effekten kan beräknas genom att lägga till en spegelbild av vägen som ljudkälla och att sedan lägga ihop bullret från den verkliga vägen och den speglade.

Vid kortare avstånd än omkring 0,5 m till en reflekterande yta kommer det infallande och det reflekterade ljudet att samverka på ett okontrollerat sätt. Vid avstånd längre än omkring 0,5 m kommer denna interferens att ge en ökning på 3 dB i förhållande till det infallande ljudet så länge den reflekterande ytan är stor i förhållande till avståndet mellan mottagaren och ytan och att avståndet mellan källa och mottagare är mycket större än avståndet mellan mottagaren och den reflekterande ytan. I jämnhöjd med ytan orsakar interferensen en förhöjning på 6 dB.

Det reflekterade ljudet skall bara tas med i beräkningarna om den reflekterande ytan är högre än 1,5 m och om

$$l_0 \cos \theta > \sqrt{2d_r} \quad (2.6)$$

där l_0 = längden på den reflekterande ytan, se figur 2.28
 d_r = avståndet från mottagarens spegelbild till den reflekterande ytan längs bisektrisen till siktinkeln, se figur 2.28
 θ =, se figur 2.28



Figur 2.28 - Geometrisk beskrivning av fallet med enkla reflexer

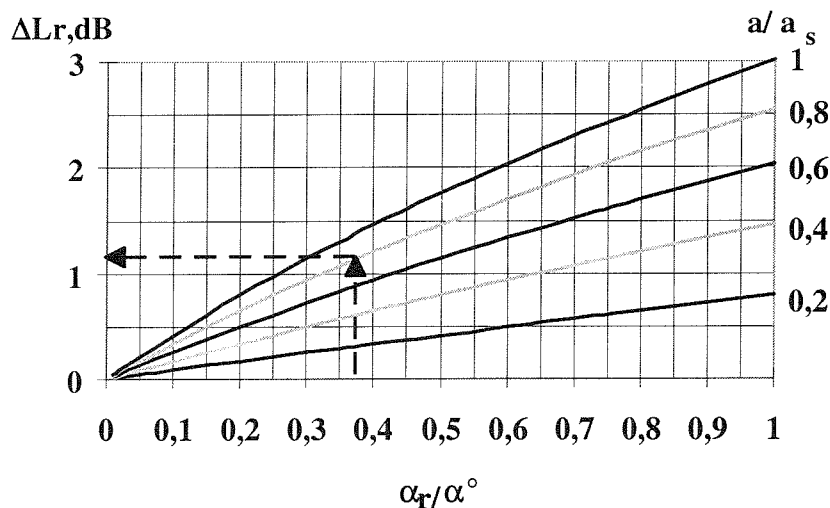
För att beräkna ΔL_r , används följande parametrar, se figur 2.28:

- a = avståndet längs normalen från vägmitten till mottagaren
- a_s = avståndet längs normalen från vägmitten till mottagarens spegelbild
- α_r = den vinkel med spetsen vid mottagaren, som omfattar den reflekterande ytans båda ändpunkter
- α = den vinkel med spetsen vid mottagaren, som omfattar den del av vägen som direkt bidrar till L_{Aeq} hos mottagaren.

För att beräkna korrektionen för enkla reflexer, ΔL_r , tillämpas antingen formel (2.57) i del 2 eller figur 2.29:

- Gå in längst ner i figuren med den korrekta kvoten $\frac{\alpha_r}{\alpha}$.
- Flytta uppåt tills kurvan med den korrekta parametern $\frac{a}{a_s}$ nås.
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_r .

Exempel: Exemplet visar hur man erhåller $\Delta L_r = 1,2$ när $\frac{\alpha_r}{\alpha} = 0,375$ och $\frac{a}{a_s} = 0,8$.

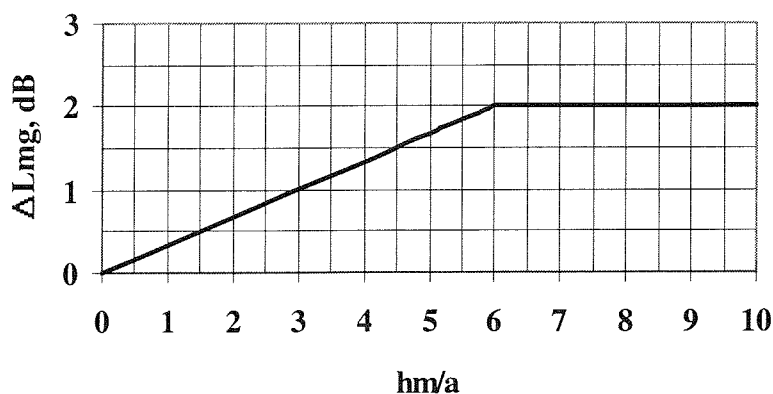


Figur 2.29 - Korrektionen, ΔL_r , för enkla reflexer.

2.5.9 Multipelreflexer i gaturum, ΔL_{mg}

I en gata med hus på båda sidorna reflekteras ljudet mellan fasaderna. Erfarenheten har visat man bara behöver ta med en reflektion från fasaden på andra sidan vid beräkning av inverkan av dessa reflexer när mottagaren är nära marken ($h_m = 0$) medan att man måste ta hänsyn till multipelreflexer när mottagaren befinner sig högre upp ($h_m > 0$). Ljudnivå beräknas som om det bara fanns en fasad på den motsatta sidan (genom att använda korrektioner ΔL_2 , ΔL_{ka} , ΔL_r , etc.) och sedan lägga till korrektionen ΔL_{mg} .

Följande korrektioner tillämpas. Beteckningarna är de samma som i 2.5.7

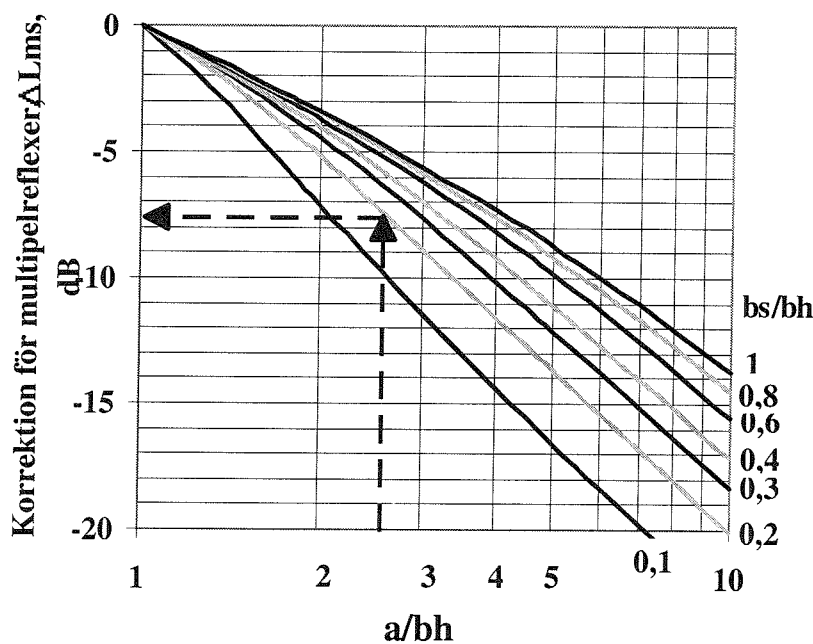


Figur 2.30 - Korrektion, ΔL_{mg} , för multipelreflexer i gaturum

2.5.10 Multipelreflexer i sidogator, ΔL_{ms} .

Nivån på det trafikbuller som från en huvudgata tränger in på en sidogata med liten eller ingen trafik kan inte beräknas med hjälp av de vanliga avstånden och markkorrektionerna. Multipelreflexer mellan byggnaderna ändrar den normala avståndskorrektionen.

Om husen på båda sidorna av gatan är skilda åt och inte utgör en sammanhängande yta eller om sidogatan har byggnader bara på ena sidan så kan ljudnivån beräknas genom korrektion för enkla reflexer ΔL_r som det beskrivs i 2.5.7. Om däremot, sidogatan har byggnader på båda sidor och fasaderna utgör en sammanhängande yta, blir dämpningen längs sidogatan så som beskrivs av korrektionen ΔL_{ms} . Utgångsvärdet för denna korrektion är frifältsvärdet vid $h_m=0$ i fasaden på huvudgatan plus en korrektion $\Delta L_r = 3$ dB. Följaktligen används inte den normala avståndskorrektionen i samband med ΔL_{ms} .



Figur 2.31 - Korrektionen ΔL_{ms} för multipelreflexer i sidogator.

För att beräkna ΔL_{ms} används följande parametrar, se figur 2.26:

- b_s = halva sidogatans bredd från hus till hus
- b_h = avståndet mellan huvudgatans mittlinje och fasaden på det första huset
- a = avståndet mellan huvudgatans mittlinje och mottagaren på sidogatan

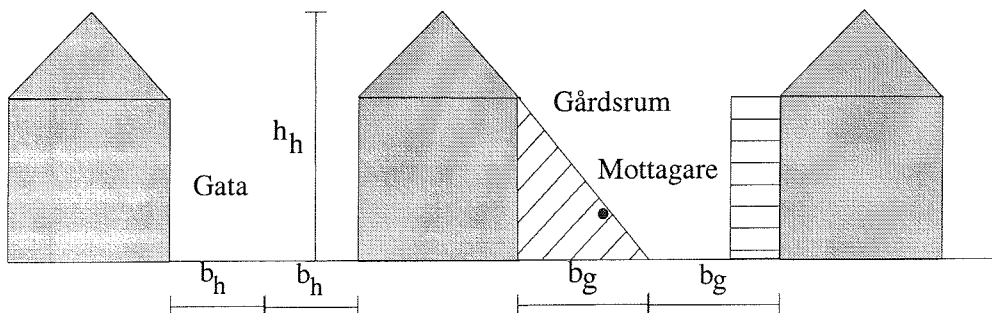
För att beräkna korrektionen för multipelreflexer, ΔL_{ms} , tillämpas antingen formel (2.61) i del 2 eller figur 2.31:

- Gå in längst ner i figuren med den korrekta kvoten $\frac{a}{b_h}$
- Flytta vertikalt uppåt till kurvan med den korrekta parametern $\frac{b_s}{b_h}$ nås
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_{ms} .

Exempel: Exemplet visar hur man erhåller $\Delta L_{ms} = -7,5$ när $\frac{a}{b_h} = 2,5$ och $\frac{b_s}{b_h} = 0,2$.

2.5.11 Multipelreflexer i slutna gårdsrums, ΔL_g

Beräkningen av ljudnivån i slutna gårdsrums kompliceras av den kraftiga skärmningen och de svåra reflektionsförhållandena. Utgångsvärdet för korrektionen, $\Delta L_r = 0$, är den beräknade frifältsnivån 2 m över vägplanet vid den fasad som är direkt exponerad mot väg bullret. Vid användning av ΔL_r görs inga ytterligare korrektioner för avståndsdämpningen.



Figur 2.32 - Geometrisk beskrivning av gårdsrums. I det trekantiga streckade området tillämpas figur 2.33, i det rektangulära tillämpas figur 2.34. b_g = halva gårdsbredden.

För beräkning av ΔL_g används följande parametrar, se figur 2.32:

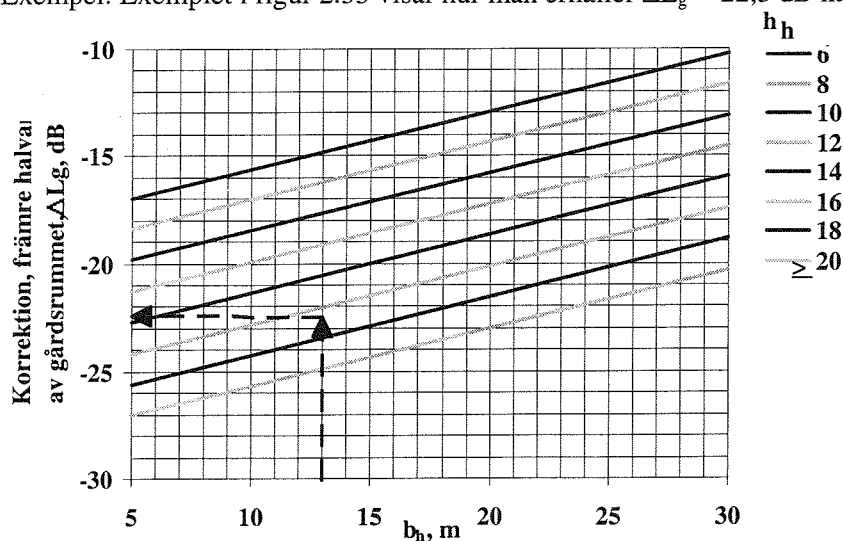
h_b = det närmaste husets höjd

b_b = avståndet mellan huvudgatans mittlinje och den närmaste exponerade fasaden

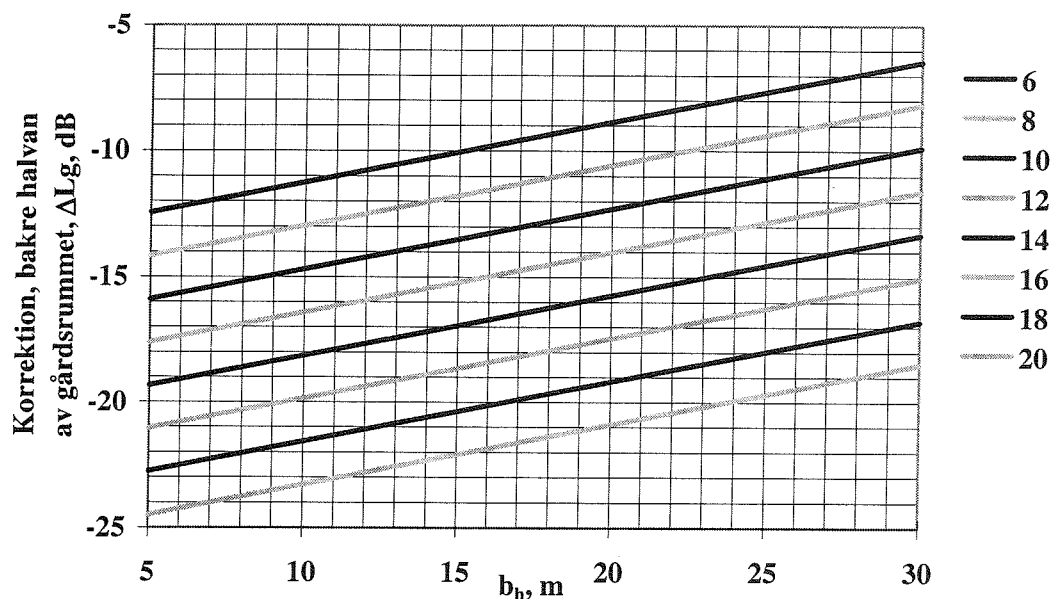
För att beräkna korrektionen ΔL_g , i den främre respektive bortre hälften av gårdsrums tillämpas antingen formeln (2.63) eller formeln (2.64) i del 2, eller den motsvarande av figurerna 2.33 eller 2.34:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta värdet på b_b
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan med den korrekta parametern h_b nås
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_g .

Exempel: Exemplet i figur 2.33 visar hur man erhåller $\Delta L_g = -22,3$ dB när $b_b = 13$ m och $h_b = 17$ m.



Figur 2.33 - Korrektion, ΔL_g , för multipelreflexer i den främre halvan av ett slutet gårdsrums



Figur 2.34 - Korrektion, ΔL_g , för multipelreflexer i den borte halvan av ett slutet gårdsrum

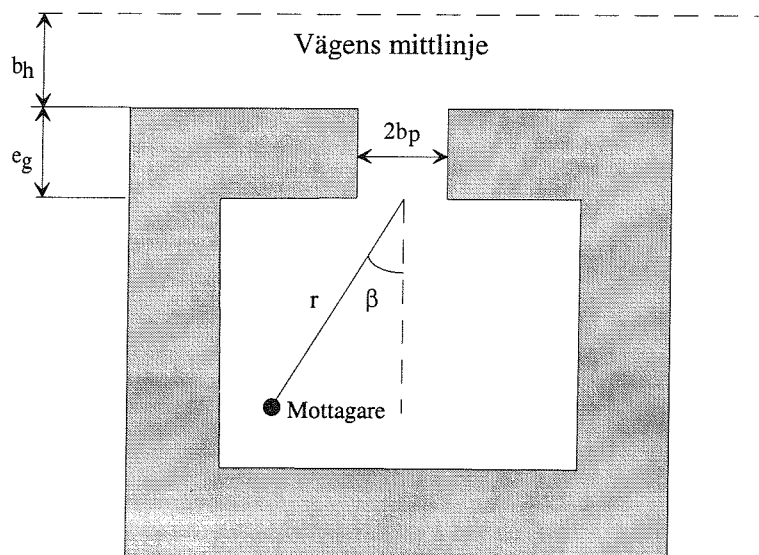
Vanligen har gårdarna portöppningar som leder ut till trafikerade gator. Om det finns en portöppning till gården sätts ΔL_g samman av tre olika delkorrektioner:

$$\Delta L_g = \Delta L_{pB0} + \Delta L_{pB1} + \Delta L_{pB2} \quad (2.7)$$

ΔL_{pB0} beskriver korrektionen av ljudnivån från portöppningen mot gatan till öppningen mot gården.

ΔL_{pB1} är en korrektion för avståndet från portöppningen.

ΔL_{pB2} är en korrektion för vinkelspridningen av ljudet från portöppningen.



Figur 2.35 - Parametrar som ingår i beräkningen av portöppningens bidrag till ljudnivån på gården

Parametrarna som ingår i beräkningarna är, se figur 2.35:

e_g = portens djup (m)

b_p = halva portbredden (m)

r = avståndet från portöppningens mitt till mottagaren (m)

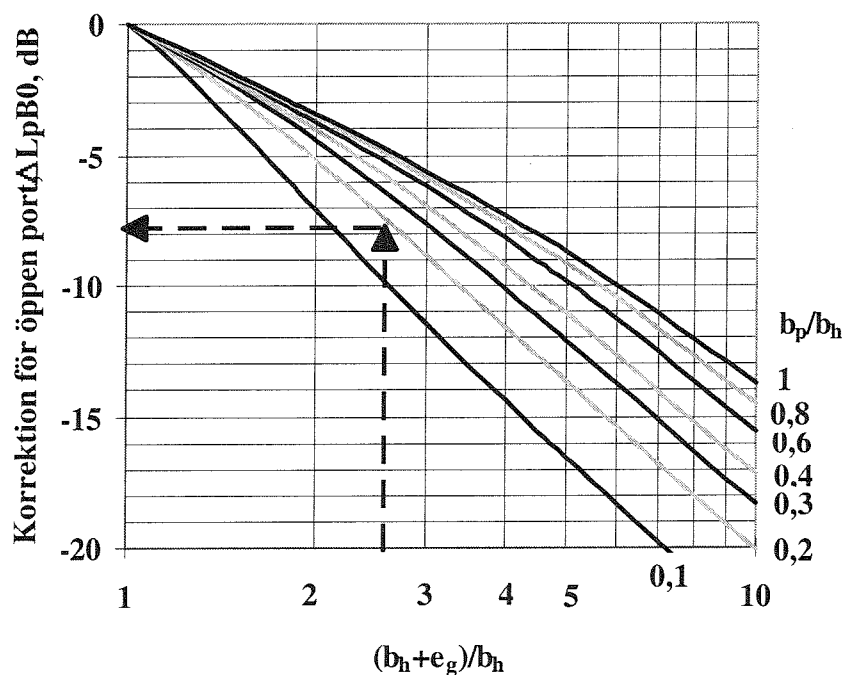
S = ytan hos den portöppning som vetter mot gården (m^2)

β = vinkeln mellan normalen till det främre husets gårdsfasad och spridningsriktningen från mitten av portens öppning mot gården till mottagaren ($^\circ$)

ΔL_{pB0} beräknas analogt med korrektionen för sidogator. För en öppning som inte är täckt används antingen formeln (2.66) i del 2 eller figur 2.36:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta värdet på $\frac{(b_h + e_g)}{b_h}$
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan med den korrekta parametern $\frac{b_p}{b_h}$ nås
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_{pB0} .

Exempel: I figur 2.36 visas hur man erhåller $\Delta L_{pB0} = -7,2$ dB när $\frac{(b_h + e_g)}{b_h} = 2,5$ och $\frac{b_p}{b_h} = 0,2$



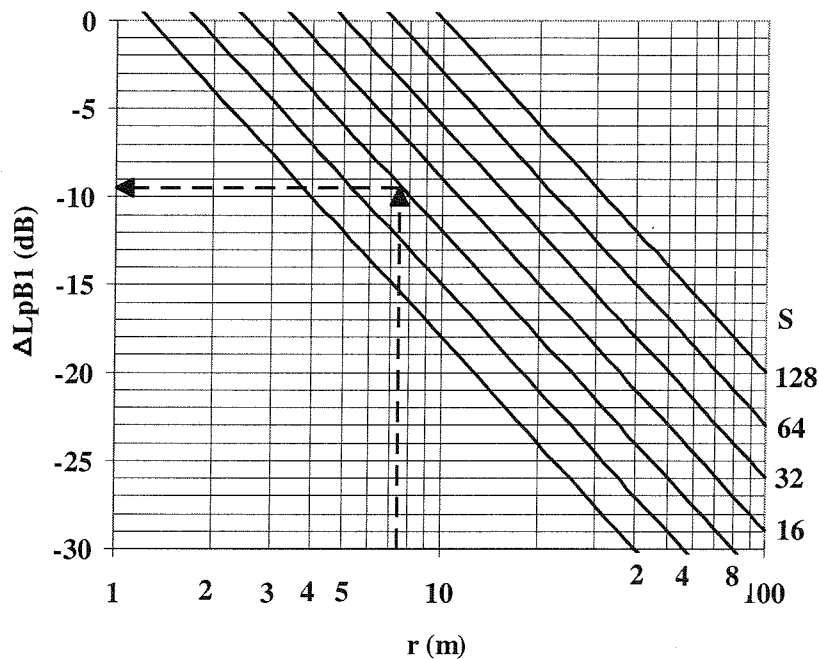
Figur 2.36 - Korrektionen ΔL_{pB0} för en öppning utan tak mot gatan.

Om porten är täckt, används antingen formel 2.37 i del 2 eller också läggs 1,5 dB till värdet som erhålls ur figur 2.36.

För att beräkna ΔL_{pB1} använd antingen formel (2.68) i del 2 eller figur 2.37:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta värdet på r (m)
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan med den korrekta parametern S (m^2) nås
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_{pB1} .

Exempel: Exemplet i figur 2.37 visar hur man erhåller $\Delta L_{pB1} = -9,5$ dB när $r = 7,5$ och $S = 8$.

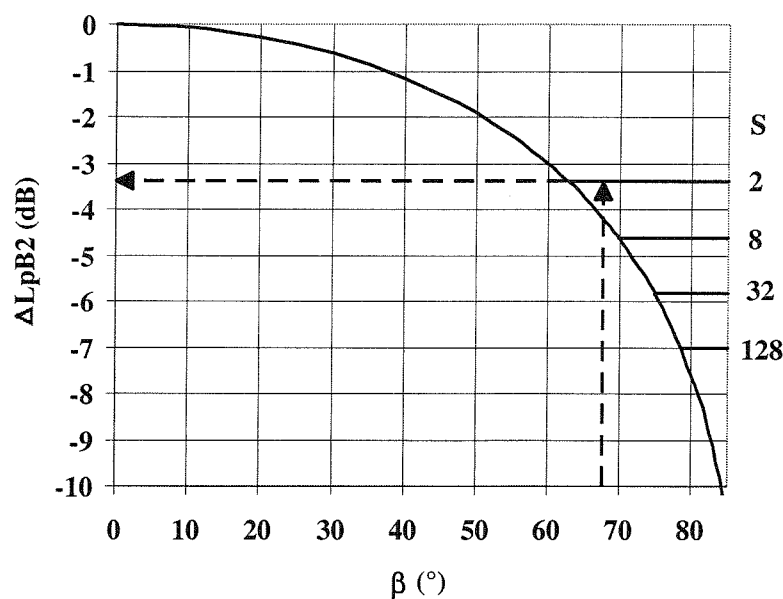


Figur 2.37 - Korrektionen ΔL_{pB1} för avståndsdämpningen från en port.

För att beräkna ΔL_{pB2} används antingen formel (2.39) i del 2 eller figur 2.38:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta värdet på β (°)
- Flytta vertikalt uppåt tills den, som ger det högsta värdet, av kurvan eller den horisontella linjen med den korrekta parametern S (m²) nås.
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_{pB2} .

Exempel: Exemplet i figur 2.38 visar hur man erhåller $\Delta L_{pB2} = -3,3$ dB när $\beta = 68^\circ$ och $S = 2$ m².



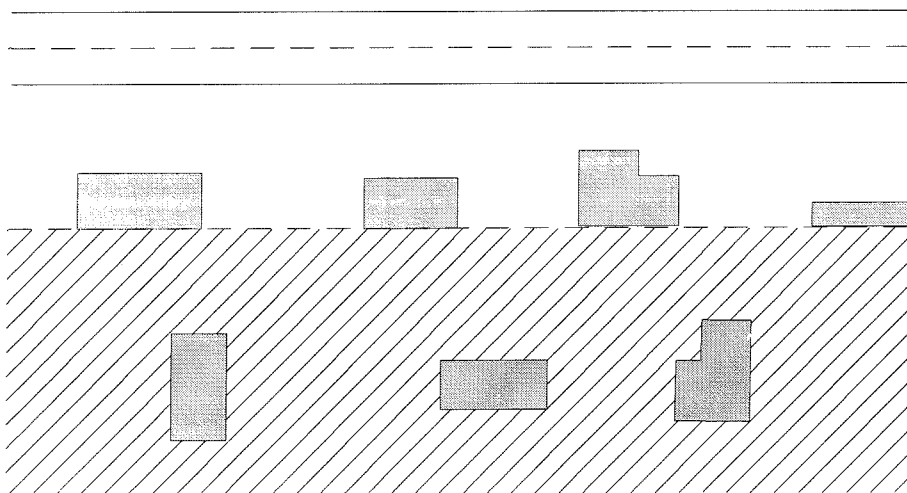
Figur 2.38 - Korrektionen ΔL_{pB2} för ljudets vinkelspridning från porten.

2.5.12 Skärmning och spridning bland friliggande hus, ΔL_b

Inom begränsade områden bland friliggande hus är det möjligt att åtminstone approximativt beräkna medelvärdet på L_{Aeq} . Korrektionen är uteslutande empirisk. Den kan användas för en översiktlig värdering av medelljudnivån i området. Det går däremot inte att använda den för beräkning av ljudnivån i individuella punkter. Med friliggande hus avses här enfamiljshus med en genomsnittlig byggnadsyta på 100 m^2 , som täcker 10-20 % av marken.

$$\Delta L_b = -3 \quad (2.8)$$

ΔL_b gäller för mjuk mark utan andra skärmar än husen.



Figur 2.39a - Korrektionen ΔL_b gäller inom det streckade området till omkring 200 m från vägens mittlinje.

2.6 Fasadisolering, ΔL_F

2.6.1 Allmänt

Trafikbuller, som faller in mot fasaden kommer till viss del att ta sig in i rummen. Korrektionen ΔL_F , som med ombytt tecken är differensen mellan den infallande ljudtrycksnivån i fritt fält och den i rummet, beror på följande parametrar:

$R'_{A,tr}$ trafikbullerreduktionstal i fält, beräknat antingen enligt NT ACOU 061 eller ISO/DIS 717-1 med hjälp av sambandet $R'_{A,tr} = R'_w + C_{tr}$, dB

S = Arean för rummets yttervägg, m^2

A = Rummets ekvivalenta ljudabsorptionsarea, m^2

$R'_{A,tr}$ = fasadens aktuella trafikbullerreduktionstal i fält. Normalt uppskattas $R'_{A,tr}$ ur laboriemätningar och i så fall rekommenderas att lägga på 3 dB säkerhetsmarginal.

$$R'_{A,tr} = R_{A,tr} - 3 \quad (2.9)$$

$R_{A,tr}$ och/eller C_{tr} finns som regel angivna i provningsrapporter. $R_{A,tr}$ är, enligt standarden, beräknat utifrån ett trafikbullerspektrum för en representativ fördelning av lätta och tunga fordon vid hastigheter runt 50 km/h. $R_{A,tr}$ beräknas inom frekvensområdet 100-3150 Hz. Normalt är detta frekvensområde tillräckligt för beräkning av A-vägda ljudtrycksnivåer inomhus. Det kan i vissa fall vara av intresse att sträcka ut frekvensområdet till 50 Hz. I så fall är det möjligt att utsträcka Nordtestmetoden ner till 50 Hz eller att beräkna C_{tr} för detta utsträckta område.

Den ekvivalenta ljudabsorptionsarean kan i praktiken approximeras med

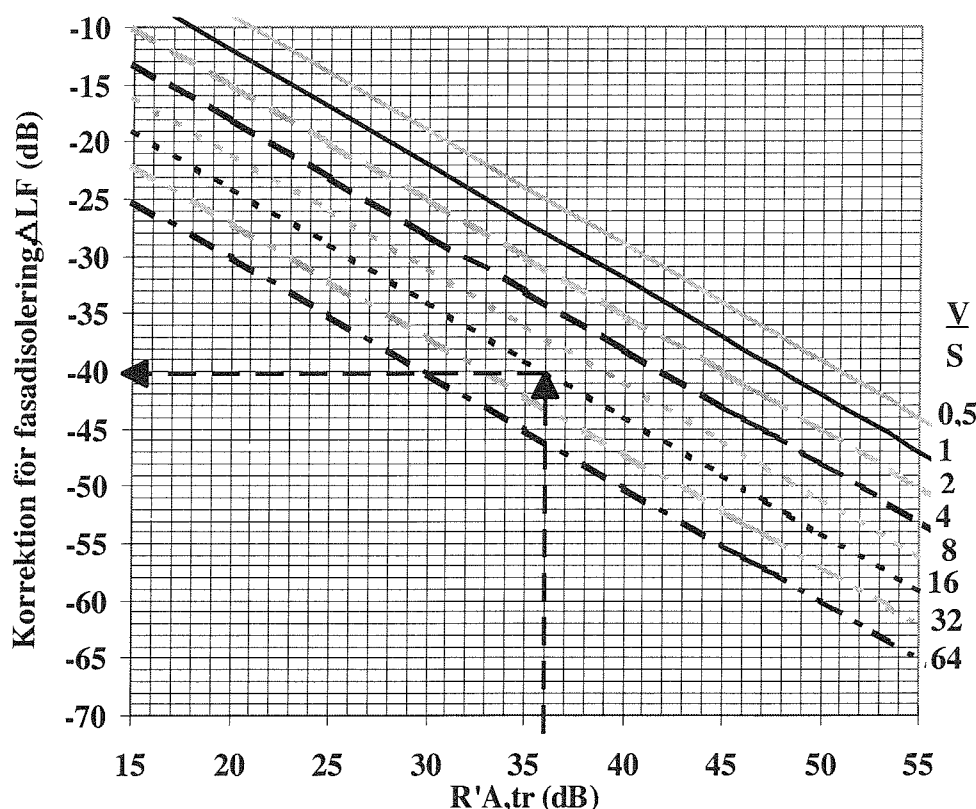
$$A = 0,32 V \quad (2.10)$$

Där V är rummets volym, i m^3 .

För att beräkna ΔL_F används antingen formel (2.78) i del 2 eller figur 2.39b:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta värdet på $R'_{A,tr}$ (dB)
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan med den korrekta parametern $\frac{V}{S}$ nås
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL_F .

Exempel: Exemplet i figur 2.39b visar hur man erhåller $\Delta L_F = -40$ dB när $R'_{A,tr} = 36$ dB och $\frac{V}{S} = 16$.

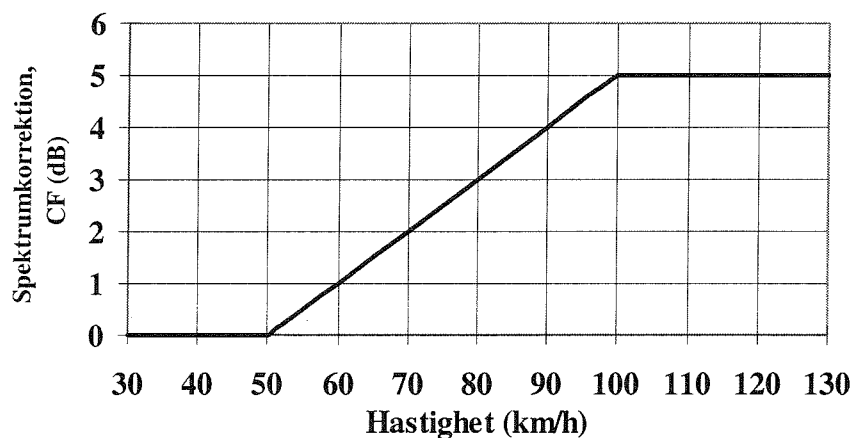


Figur 2.39b - Bestämning av korrektion för fasaders ljudisolering, ΔL_F , 50 km/h.

Värdet, som erhålls enligt beskrivningen ovan, gäller enbart vid 50 km/h eftersom det är för denna hastighet, som trafikbullerreduktionstalet är beräknat. Vid högre hastigheter får trafikbullerspektrum mer högfrekvent innehåll och ljudisoleringen, uttryckt A-vägd, ökar. I extrema fall kan avvikelsen bli 5 dB. Detta tar man hänsyn till genom att beräkna en korrektion C_F för ljudspektrums beroende av hastigheten. I en del fall kan det inträffa att fasadisoleringen blir lägre än i referensfallet med $C_F = 0$. Detta inträffar bakom trafikbullerskärmar. Skärmar dämpar högre frekvenser mer än låga. Eftersom fasader också dämpar höga frekvenser mest, kommer inte A-vägd nivåer att dra nytta av denna "överdämpning" av höga frekvenser. Detta tar man hänsyn till genom att införa en korrektion, C_s , för ljudspektrums skärmdämpningsberoende. Den slutgiltiga fasadkorrektionen erhålls ur

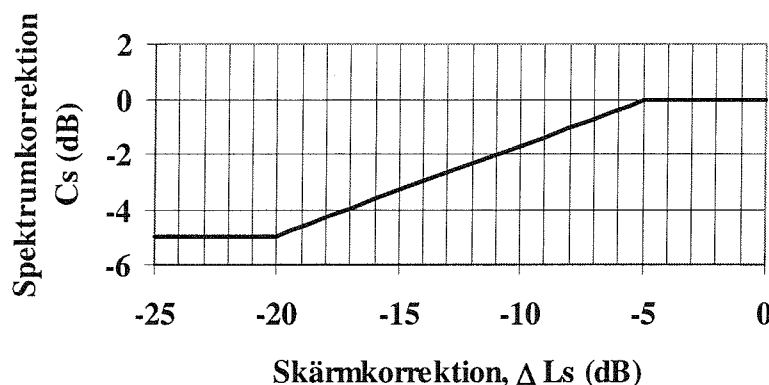
$$\Delta L_F = \Delta L_{F, 50 \text{ km/h}} - C_F - C_s \quad (2.11)$$

För att beräkna korrektionen, C_F , för ljudspektrums hastighetsberoende används antingen formel (2.79) i del 2 eller figur 2.40.



Figur 2.40 - Bestämning av korrektionen, C_F , för ljudspektrums hastighetsberoende

För att beräkna korrektionen, C_s , för ljudspektrums skärmdämpningsberoende används antingen formel (2.80) i del 2 eller figur 2.41.



Figur 2.41 - Bestämning av korrektionen, C_s , för ljudspektrums skärmdämpningsberoende.

2.6.2 Allt ljud passerar genom ett fasadelement

Ofta domineras ljudinsläppet av en ljudväg, nämligen genom fönstret. I så fall är S = fönsterytan och $R'_{A,tr}$ kan för det mesta erhållas från laboratoriemätningar genom att subtrahera 3 dB från laboratorieresultatet. I andra fall kan $R'_{A,tr}$ vara känt för hela fasaden inklusive fönster och ventilationsöppningar. S är i detta fall hela fasadens yta.

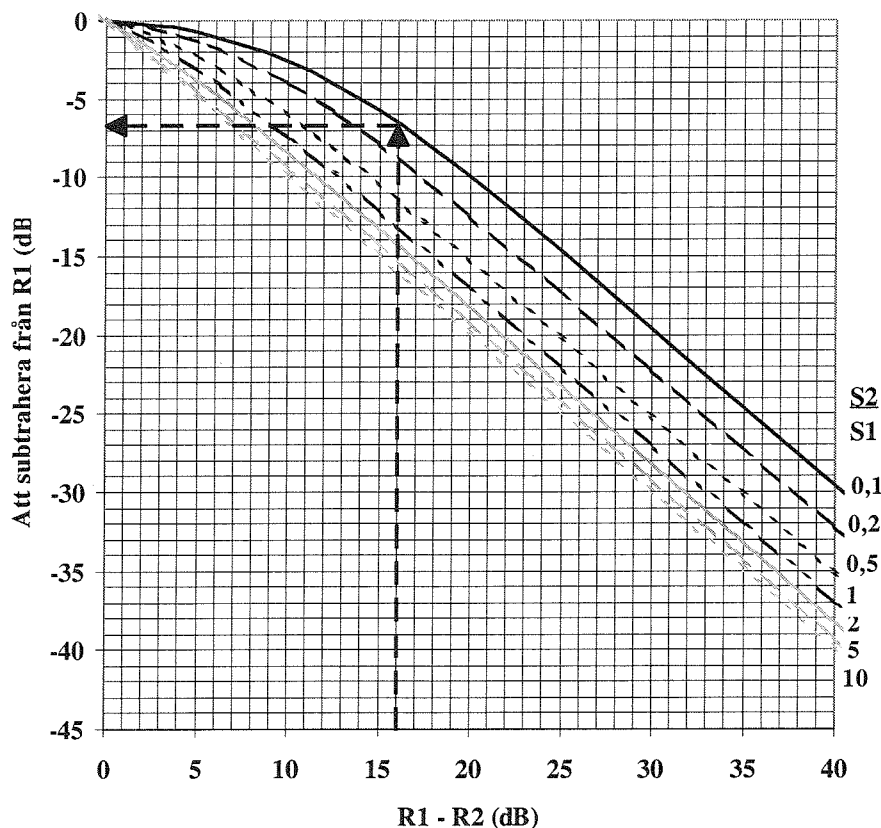
2.6.3 Ljudet passerar genom mer än ett fasadelement

I de flesta flerfamiljshus med tunga fasader av tegel eller betong kan man normalt bortse från ljudtransmissionen genom väggen. För lätta fasader med ventilationsöppningar är det nödvändigt att ta med alla ljudvägar. Det blir därför nödvändigt att beräkna ett nytt vägt trafikbullerreduktionstal där data för de olika elementen som ingår i fasaden tas med.

För att beräkna det resulterande vägda trafikbullerreduktionstalet, tillämpas antingen formel (2.82) i del 2 eller figuren 2.42:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta värdet på $R_1 - R_2$ (dB), där R_1 = vägda trafikbullerreduktionstalet för det byggnadselement, som har den högsta ljudisoleringen, och R_2 är indexet för ett annat byggelement i fasaden
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan med den korrekta parametern $\frac{S_2}{S_1}$ nås, S_2 och S_1 är ytorna hos de element som har indexen R_2 respektive R_1 .
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet, som skall dras från R_1 , för att få det vägda trafikbullerreduktionstalet för konstruktionen med ytan $S = S_1 + S_2$ där de två byggelementen ingår.

Exempel: Exemplet i figur 2.44 visar hur man erhåller 6,6 dB att subtrahera från $R_1 = 52$ dB för väggen med arean $S_1 = 12$ m² (utan fönstret) när där finns ett fönster med $R_2 = 36$ dB och arean $S_2 = 1,2$ m².



Figur 2.42 - Bestämning av det resulterande vägda trafikbullerreduktionstalet

Om det ingår mer än två element i fasaden görs beräkningen först för två element och betrakta resultatet som ett ensamt element. Upprepa sedan beräkningarna med det tredje elementet och så vidare.

Om figur 2.42 tillämpas på ventilationsdon måste proceduren korrigeras. Anledningen till detta är att reduktionstalsdata för ventilationsdon vanligen normaliseras till 10 m^2 , som avviker från den normalt mycket mindre verkliga ytan. Som ett antagande bakom figur 2.42 ligger att den verkliga arean av de två ingående elementen är lika med summan av de två elementen.

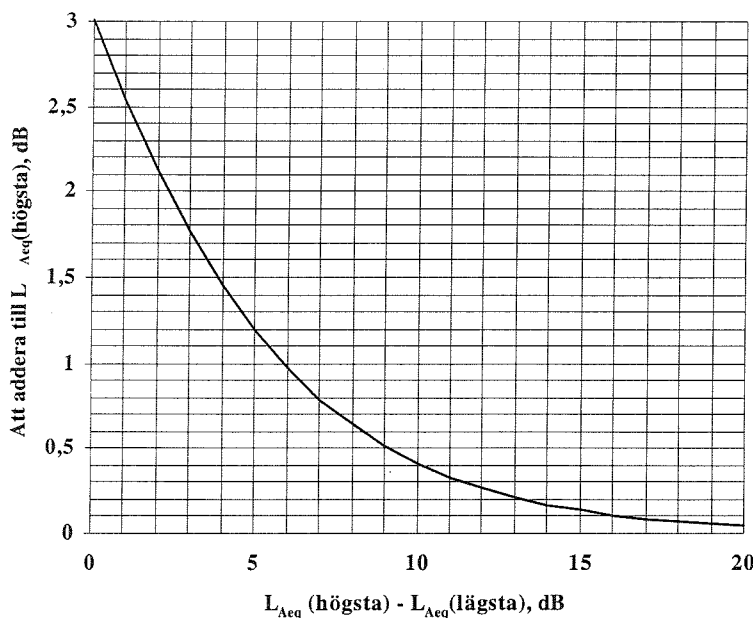
Data om ljudisolering i fönster, fasader och ventilationsdon kan erhållas från tillverkare och från [27-31]. Normalt rapporteras data om ljudreduktion hos ventilationsdon enligt ISO 140-10, [32]. Detta innebär att referensarean för reduktionstalet inte är den verkliga arean utan 10 m^2 . Äldre mätresultat kan ha rapporterats med referensarean 1 m^2 .

2.7 Summering av bidrag från olika delsträckor

Om beräkningarna gjorts separat för olika delsträckor måste deras ljudbidrag vid mottagaren summeras. Detta görs genom att tillämpa formel (2.83) i del 2 eller figur 2.43

- Välj ut bidragen från två olika delsträckor.
- Gå in längst ner i figur 2.43 med nivåskillnaden (dB) mellan de två bidragen.
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan nås.
- Flytta horisontellt åt vänster och läs av värdet på ΔL .
- Lägg till ΔL till det högsta L_{Aeq} från de båda delsträckorna.

Om det ingår mer än två delsträckor görs beräkningen först för två så som det visas ovan. Använd sedan resultatet och upprepa beräkningen med den tredje delsträckan och så vidare.

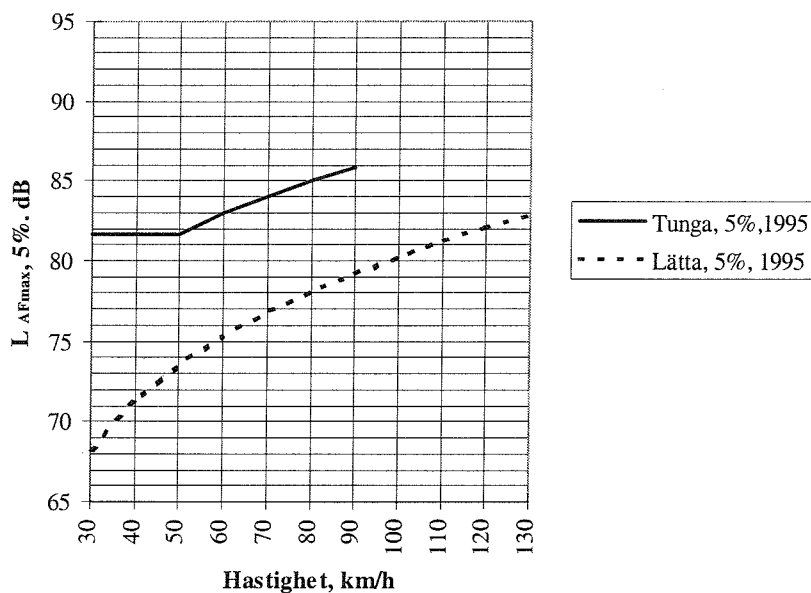


Figur 2.43 - Summering av ljudbidragen från två olika delsträckor

3 Beräkning av max. nivå för enstaka fordon, L_{AFmax}

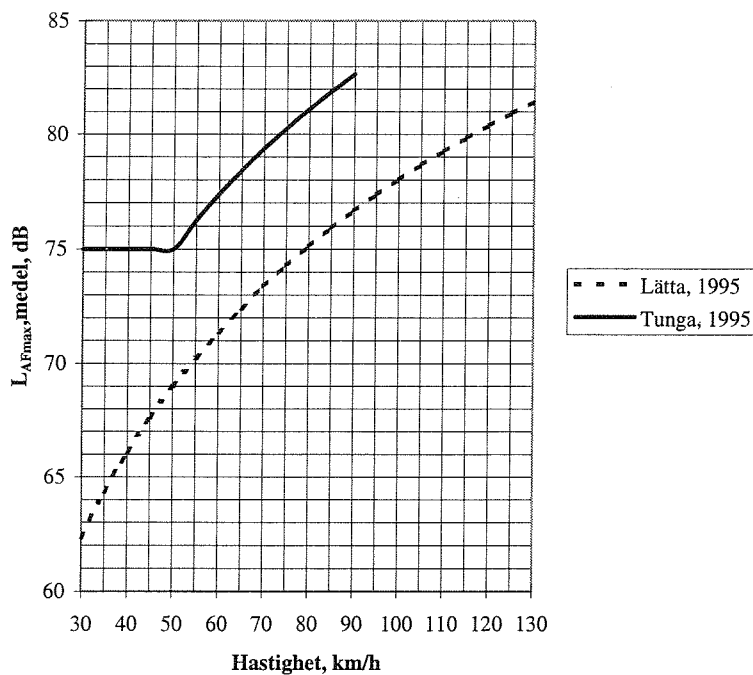
3.1 Steg 1 - Utgångsvärde, L_{1max}

Använd parametrarna verklig hastighet och fordonstyp, tungt eller lätt. Bestäm först utgångsvärdet. Om inte annat har specificerats används den ljudnivå som överskrider av 5% av fordonen. Tillämpa antingen (2.31) eller (2.32) i del 2 eller figur 3.1



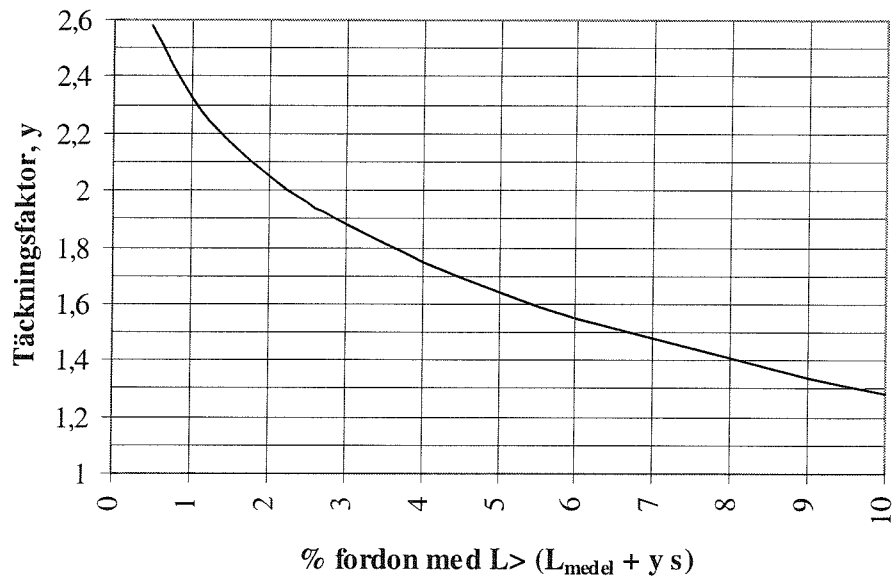
Figur 3.1 - L_{AFmax} som överskrider av 5% av fordonen

Om andra statistiska nivåer önskas används formel (2.27) eller (2.28) i del två eller följ anvisningarna till figurerna 3.3 - 3.4.



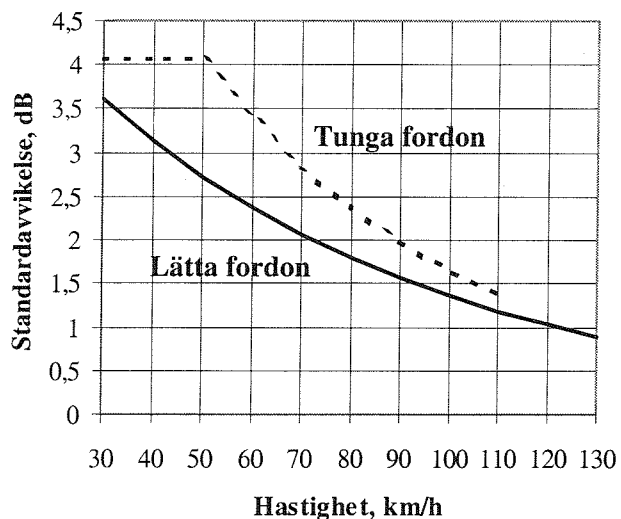
Figur 3.2 - Utgångsvärden $L_{AFmax, 10 m}$ uttryckt som energimedelvärde.

Värdet som erhålls ur figur 3.2 är energimedelvärde av L_{AFmax} . Kombinera detta värde med talet för standardavvikelsen för att erhålla nivån som överskrider av en viss andel fordon. Talet för standardavvikelsen, täckningsfaktorn, fås ur figur 3.3 som funktion av det önskade procenttalet fordon, som överskrider en given nivå.



Figur 3.3 - Andelen fordon som överskrider en given ljudnivå under förutsättning av normalfördelning med känt medelvärde och känd standardavvikelse.

Standardavvikelsen å sin sida erhålls ur formlerna (2.29) och (2.30) i del 2 eller i figur 3.4



Figur 3.4 - Standardavvikelsen för L_{AFmax} som funktion av hastigheten

Exempel: För att få en maximalnivå som överskrider av 10% av de tunga fordonen, får man täckningsfaktorn 1,3 ur figur 3.3. Om hastigheten är 80 km/h blir standardavvikelsen 2,4 dB enligt figur 3.4. Energimedelnivån för tunga fordon blir 81 dB vid 80 km/h enligt. Följaktligen blir $L_{1max} = L_{AFmax,10\%} = 81 + 1,3 \cdot 2,4 = 84,1$ dB. Om vi istället tar 5%-värdet får vi $L_{1max} = 85$ dB ur figur 3.1

3.2 Steg 2 - Avståndskorrektion, $\Delta L_{2\max}$

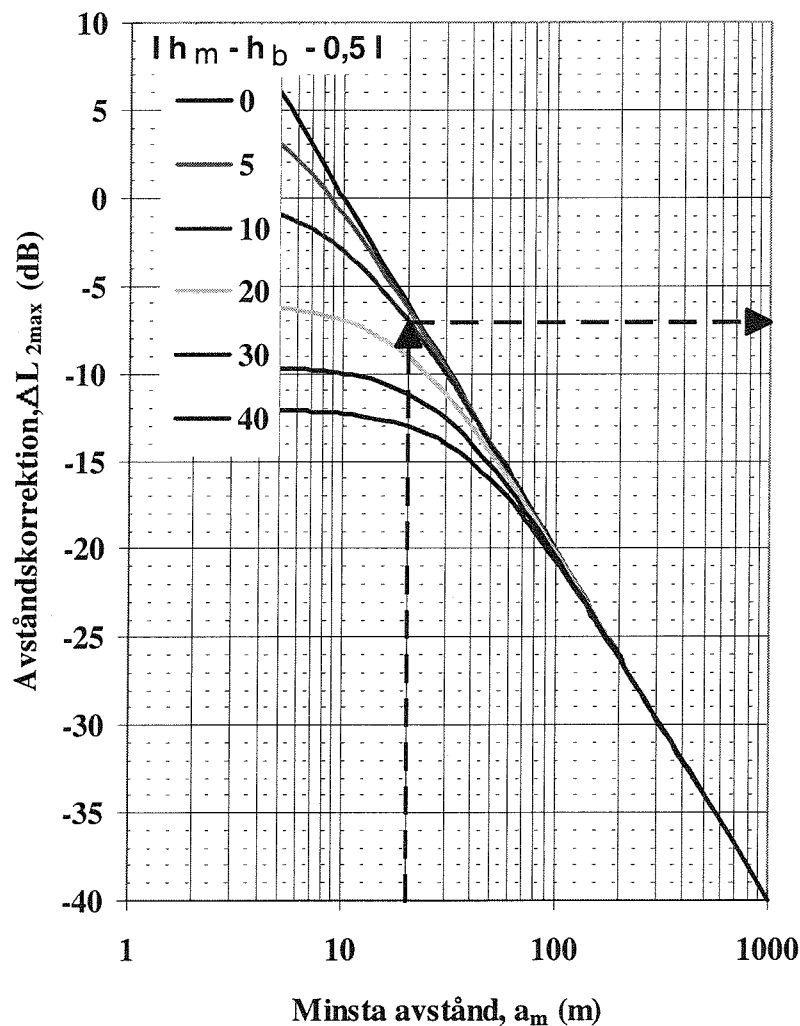
Ingångsvärdena är

- Det kortaste horisontella avståndet, a_m , det vill säga avståndet längs projektionen i horisontalplanet av den kortaste sträckan mellan mottagaren och mittlinjen på den närmaste vägbanan
- Höjdskillnaden, $h_m - h_b$, över samma horisontalplan mellan mottagaren och vägytan

Tillämpa antingen formel (2.35) i del 2 eller figur 3.5:

- Gå in längst ner i figuren med det korrekta avståndet a_m
- Flytta vertikalt uppåt tills kurvan med det aktuella värdet på $|h_m - h_b - 0,5|$ nås
- Flytta horisontellt åt vänster eller höger och läs av avståndskorrektionen

Exempel: Pilarna i figur 3.5 visar hur man får $\Delta L_{2\max}(= -7 \text{ dB})$ med avståndet $a_m = 20 \text{ m}$ och $|h_m - h_b - 0,5| = 10 \text{ m}$.



Figur 3.5 - Avståndskorrektionen, $\Delta L_{2\max}$, för den maximala ljudnivån.

3.3 Steg 3 - Mark- och skärmkorrektioner, $\Delta L_{3\max}$

Bestäm $\Delta L_{3\max}$ på samma sätt som ΔL_3 i avsnitt 2.4 genom att ersätta beräkningsavståndet, d , med det kortaste avståndet a_m . Om det finns skärmar gör man på motsvarande sätt med d_1 och d_2 .

3.4 Steg 4 - Övriga korrektioner, $\Delta L_{4\max}$

Förfar enligt följande för att bestämma övriga korrektioner för den maximala ljudnivån:

- Lägg inte till några bidrag från olika delsträckor
- Studera enbart den vägsträcka, som ger den högsta ljudnivån
- Korrigera inte för siktinkeln, ΔL_α
- Gör inga korrektioner för vägens stigning, ΔL_{st}
- Gör inga korrektioner för spridning mellan friliggande hus, ΔL_b
- Korrigera för tjocka skärmar, $\Delta L_{ts\max}$, i enlighet med avsnitt 2.5.4 för L_{Aeq}
- Korrigera för korta avstånd, $\Delta L_{k\max}$, genom att fördubbla korrektionen i figur 2.27
- Korrigera för multipelreflexer i gaturum, $\Delta L_{mg\max}$, genom att fördubbla korrektionen ΔL_{mg} i figur 2.30
- Korrigera för multipelreflexer i sidogator, $\Delta L_{ms\max}$, genom att fördubbla korrektionen ΔL_{ms} i figur 2.31
- Korrigera för enkla reflexer, $\Delta L_{r\max}$, så fort det finns någon när fordonet är på kortaste avståndet, a_m , genom att sätta $\alpha_r/\alpha = a_m/a_s$ och sedan tillämpa figur 2.29. I alla övriga fall görs inga korrektioner.
- Korrigera för multipelreflexer i slutna gårdsrum genom att sätta $\Delta L_{g\max} = \Delta L_g$.
- Korrigera för multipelreflexer i gårdsrum med portöppningar genom att sätta $\Delta L_{g\max} = 2 \Delta L_{pB0} + \Delta L_{pB1} + \Delta L_{pB2}$.
- Om $L_{AF\max} < L_{Aeq}$ så sätts $L_{AF\max} = L_{Aeq}$

3.5 Steg 5 - Fasadisolering, $\Delta L_{5\max}$

I denna beräkningsmodell är det ingen skillnad mellan fasadisoleringen för L_{Aeq} och den för $L_{AF\max}$.

4 Beteckningar

a	=	avståndet längs projektionen i horisontalplanet av normalen från vägens mittlinje till mottagaren (m)
a_m	=	kortaste avståndet mellan ett fordon i rörelse och mottagaren (m)
a_s	=	avståndet mellan vägens mittlinje och mottagarens spegelbild (°)
A	=	ljudabsorptionen i rummet (m^2)
b	=	halva utnyttjade vägbredden (m)
b_h	=	huvudgatans halva gaturumsbredd (m)
b_p	=	halva portbredden (m)
b_s	=	sidogatans halva gaturumsbredd (m)
C_F	=	korrektion av fasadens ljudisolering för ljudspektrums hastighetsberoende (dB)
C_s	=	korrektion av fasadens ljudisolering för ljudspektrums skärmdämpningsberoende (dB)
d	=	beräkningsavstånd, "akustiskt medelavstånd" (m)
d_r	=	avstånd från spegelmottagaren till reflekterande ytan längs bisektrisen till siktinkeln (m)
d_1	=	beräkningsavstånd från skärm till vägmitt (m)
d_2	=	beräkningsavstånd från skärm till mottagare (m)
e	=	skärmtjocklek mätt i det vertikala planet som definieras av beräkningsavståndet (m)
e_g	=	portöppningens djup (m)
h_b	=	vägbanans höjd, bankhöjden, över reflektionsplanet (m)
h_e	=	effektiv skärmhöjd, skärmkrönets höjd över siktlinjen mellan källa och mottagare (m)
h_h	=	främre husets höjd (m)
h_m	=	mottagarens höjd över reflektionsplanet (m)
h_v	=	skärmhöjd på mottagarsidan, skärmkrönets höjd över reflektionsplanet (m)
k	=	beräkningsparameter för tjock skärm
l_0	=	reflekterande ytans längd (m)
p	=	andel tunga fordon(%)
r	=	avstånd från portöppningens mitt vid gårdsplanen till mottagaren (m)
L_{Aeq}	=	ekvivalent A-vägd konstant ljudtrycksnivå (dB)
$L_{Aeq,10m}$	=	L_{Aeq} vid 10 m beräknad ur L_{AE} för ett specificerat antal fordon 24 h (dB)
L_{AE}	=	Ljudexponeringsnivå (dB), SEL-värde
L_{AFmax}	=	A-vägd maximal ljudtrycksnivå med tidsvägning F (dB)
$L_{AFmax,10m}$	=	L_{AFmax} på 10 m avstånd (dB)
L_{ASmax}	=	A-vägd maximal ljudtrycksnivå med tidsvägning S (dB)
$L_p(t)$	=	ljudtrycksnivån L_p som funktion av tiden, t (dB)
L_1	=	utgångsvärde för L_{Aeq} (dB)
L_{1max}	=	utgångsvärde för L_{AFmax} (dB)
$\bar{L}$	=	aritmetiskt medelvärde för ett antal ljudnivåer (dB)
$N(\text{tunga})$	=	antal tunga fordon under en tidsperiod T
$N(\text{lätta})$	=	antal lätta fordon under en tidsperiod T
R	=	reduktionstal i laboratorium utan flanktransmission (dB)
R'	=	reduktionstal i byggnad (dB)
$R_{A,tr}$	=	trafikbullerreduktionstal utgående från laboratoriemätningar (dB), enligt NT ACOU 061
$R'_{A,tr}$	=	trafikbullerreduktionstal i fält (dB)
s	=	standardavvikelse (dB)
S	=	portöppningens area mot gården (m^2)
	=	ytterväggens area (m^2)
T	=	tidsintervall för en viss händelse, till exempel 86 400 s (24 h) (s)
T_0	=	referenstid, 1 s
v	=	hastighet (km/h)
V	=	rumsvolym (m^3)
z	=	parameter som beskriver bullerspektrums förändring på grund av skärmning

α	= vinkeln för segmentet som omfattas av vägens delsträcka sedd från mottagaren (°)
α_r	= vinkeln för segmentet som omfattas av den reflekterande fasaden sedd från mottagarens spegelbild (°)
β	= vinkeln mellan normalen till det främre husets gårdsfasad och spridningsriktningen från mitten av portens öppning mot gården till mottagaren (°)
ΔL_{AV}	= avståndskorrektion (dB)
ΔL_b	= korrektion för skärmning och spridning bland friliggande hus (dB)
ΔL_{B0}	= korrektion för ljudets dämpning genom en portöppning (dB)
ΔL_{B1}	= korrektion för ljudets avtagande med avståndet från en portöppning (dB)
ΔL_{B2}	= korrektion för ljudnivåns variation beroende på spridningsriktningen från portöppningen in på gården (dB)
ΔL_F	= fasadens ljudisolering (dB)
ΔL_g	= korrektion för multipelreflexer i gårdsrum (dB)
ΔL_{ka}	= korrektion för kort avstånd till vägen (dB)
ΔL_m	= markkorrektion bakom skärmen (dB)
ΔL_{mg}	= korrektion för multipelreflexer i gaturum (dB)
ΔL_{ms}	= korrektion för multipelreflexer i sidogata (dB)
ΔL_r	= korrektion för enkla reflektioner i enstaka ytor (dB)
ΔL_s	= korrektion för skärmdämpning (dB)
ΔL_{st}	= korrektion för stigning (dB)
ΔL_{ts}	= korrektion för tjock skärm (dB)
ΔL_{vs}	= markkorrektion mellan väg och skärmkrön (dB)
ΔL_{α}	= korrektion för vinkelområdet (dB)
ΔL_2	= avståndskorrektion (dB)
ΔL_3	= mark- och skärmkorrektion (dB)
ΔL_4	= övriga korrektioner (dB)
ΔL_5	= fasad korrektion
θ	= vinkel mellan bisektrisen och normalen till den reflekterande ytan (°)
θ_k	= vinkel som används vid beräkning av korrektionen för tjock skärm se figur 2.22 i del 2 (°)
θ_m	= vinkel som används vid beräkning av korrektionen för tjock skärm se figur 2.22 i del 2 (°)

Annex B Dämpningstillskott på grund av vegetation

Detta annex är endast till för information. På grund av osäkerheten i denna korrektionen är den inte integrerad i beräkningsmodellen.

Det är svårt att skilja dämpningen från gräsbevuxen mark från tillskottsdämpningen från själva vegetationen. Normalt dämpar marken mer än vegetationen, i synnerhet om marken är mjuk, vilket är fallet med skog i jämförelse med öppen terräng. I skogen kan även stammarna bidra till spridning av ljudet. Följaktligen tenderar dämpningstillskottet att bli större i en gammal skog än på ett nyligen planterat fält.

Dämpningstillskottet som erhålls nedan skall adderas till den som erhållits för ljudutbredning över vanlig gräsklädd mark. En förutsättning är att planteringen är välplanerad och att bara vintergrön vegetation används. En tät buskvegetation med minst 5 m djup kan ge 2 dB. Om planterings djup är åtminstone 50 m kan dämpningstillskottet bli 3 - 6 dB. Den högre siffran gäller då den vertikala täckningen är god och marken är synnerligen mjuk och/eller kuperad.

Vegetationen kan också ha andra effekter på människor som gör att dess inverkan upplevs som mer positiv än vad som förväntas från den objektiva sänkningen i dB.

Förändringarna i ljudutbredningen på grund av meteorologiska förhållanden är förmodligen mindre i skogsbygd än i öppen terräng. Därför är det troligen lättare att erhålla stor markdämpning i en skog än i öppen terräng.

Annex C Genomräknade typfall

Innehåll

Detta annex innehåller genomräknade värden för $\Delta L_2 + \Delta L_3$ för både L_{Aeq} och L_{AFmax} .

Mjuk mark

- *Typfall 1.* Väg i plan med mark
- *Typfall 2-4.* Vägbank 1, 2 och 4 m över mark
- *Typfall 5-7.* Väg i 1, 2 och 4 m djup skärning
- *Typfall 8-11.* Skärm, 2, 2.5, 3 och 4 m hög, 10 m från vägmitt. Hård mark mellan källa och skärm
- *Typfall 12-13.* Skärm, 2 och 4 m hög, 20 m från vägmitt. Hård mellan källa och skärm
- *Typfall 14-15.* Skärm, 3 och 6 m hög 40 m från vägmitt. Hård mellan källa och skärm
- *Typfall 16-17.* Tjock skärm, 4 m hög och 10 m tjock, 10 och 20 m från vägmitt. Hård mark mellan källa och skärm

Hård mark

- *Typfall 18.* Väg i plan med mark
- *Typfall 19-20.* Skärm, 1.5 och 2 m hög, 10 m från vägmitt.
- *Typfall 21.* Korta avstånd utan bebyggelse
- *Typfall 22.* Korta avstånd med bebyggelse på båda sidor.

Instruktion

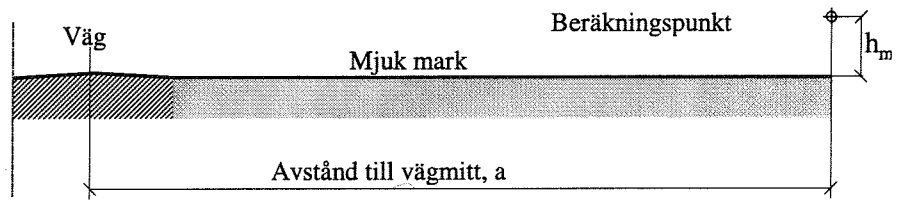
Som beskrivs i beräkningsmodellen

$$L = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4 + \Delta L_5$$

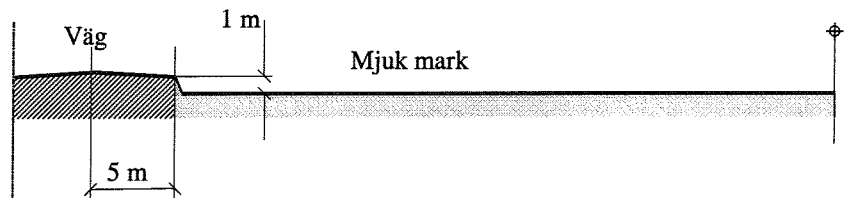
för L_{Aeq} respektive L_{AFmax} . De genomräknade typfallen i detta annex ger summan av avståndsdämpningen samt skärm- och markdämpning, det vill säga $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Utgångsvärdet L_1 och, om de behövs, korrektionerna ΔL_4 och ΔL_5 hämtas från tillämpliga avsnitt i beräkningsmodellen.

L_{Aeq}

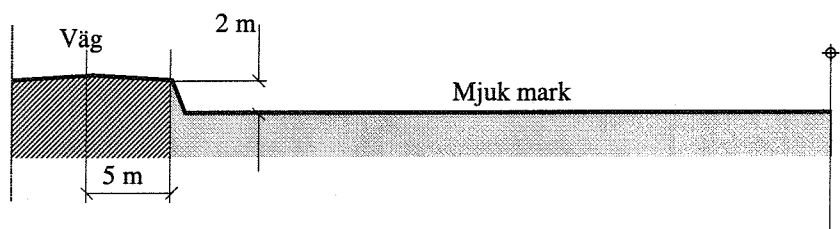
- 1
Väg i plan med
mjuk mark



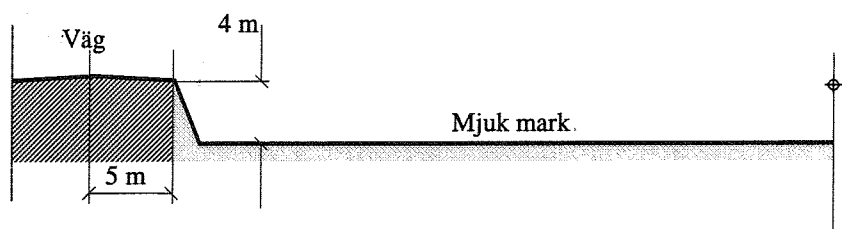
- 2
Vägbank 1 m
över mjuk mark

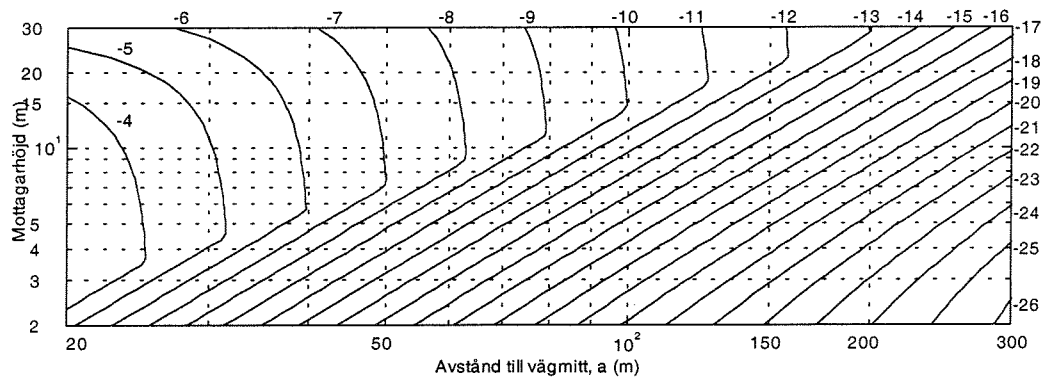


- 3
Vägbank 2 m
över mjuk mark

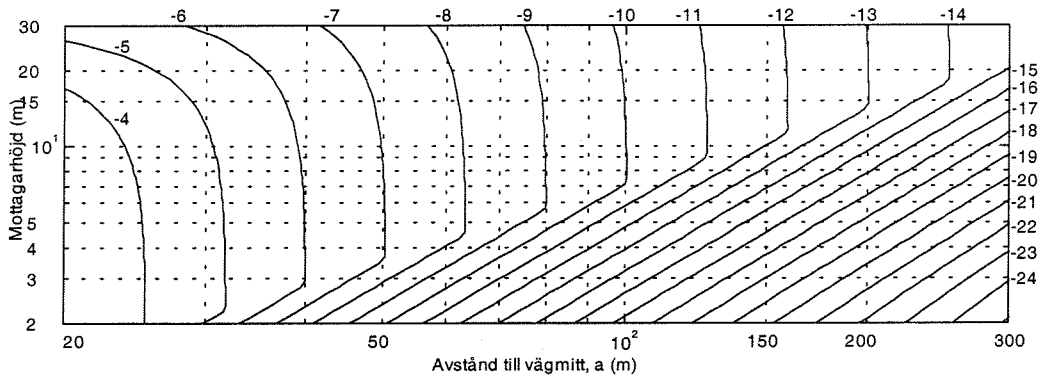


- 4
Vägbank 4 m
över mjuk mark

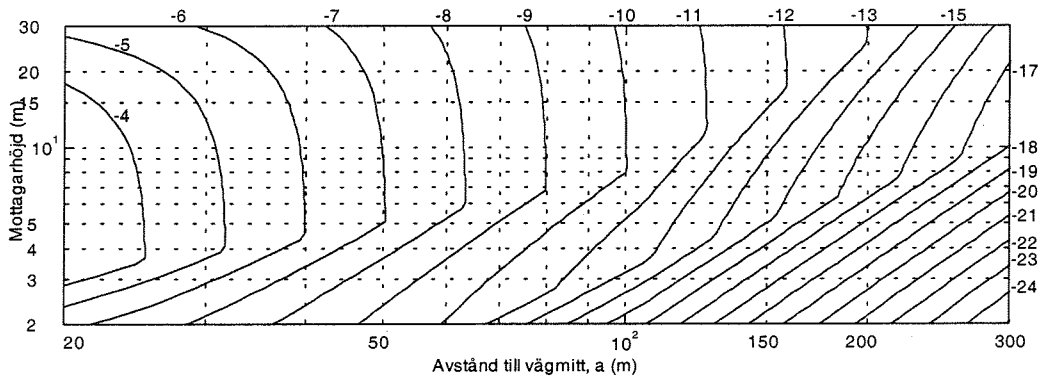




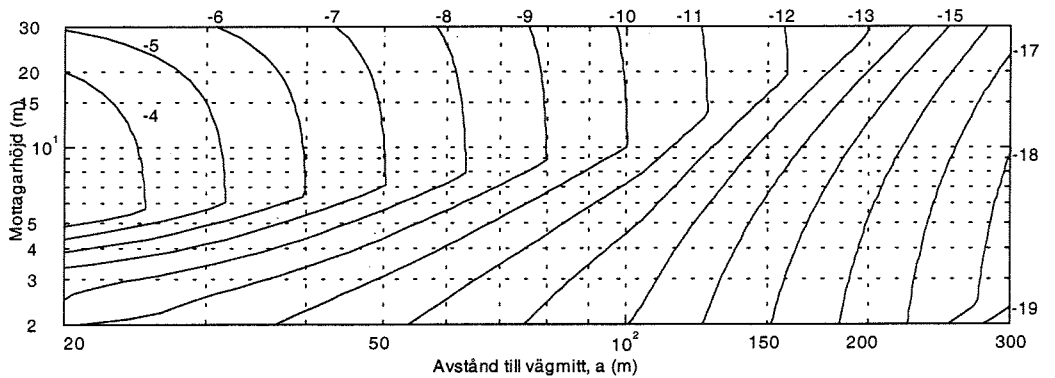
Typfall 1. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Väg i plan med mjuk mark.



Typfall 2. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Vägbank 1 m över mjuk mark.



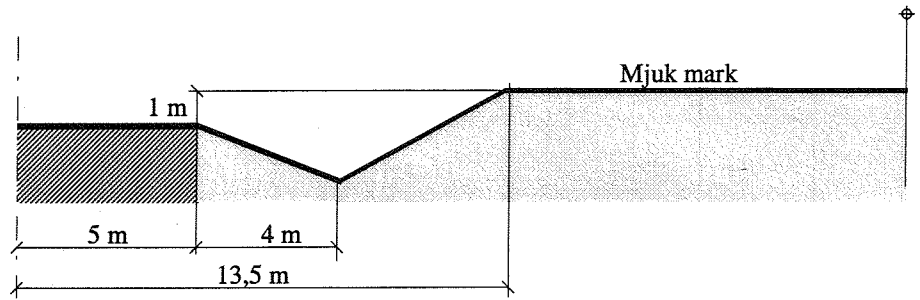
Typfall 3. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Vägbank 2 m över mjuk mark.



Typfall 4. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Vägbank 4 m över mjuk mark.

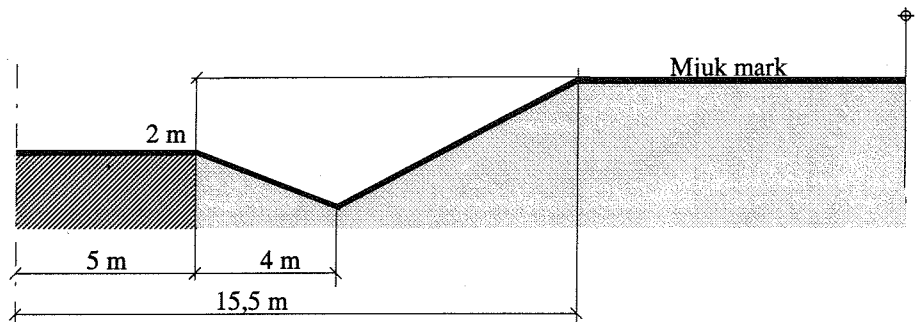
5

Väg i 1 m djup skärning under mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och kant.



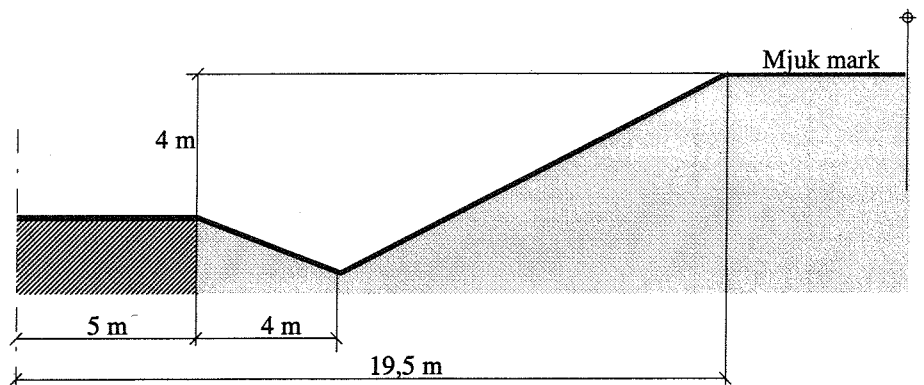
6

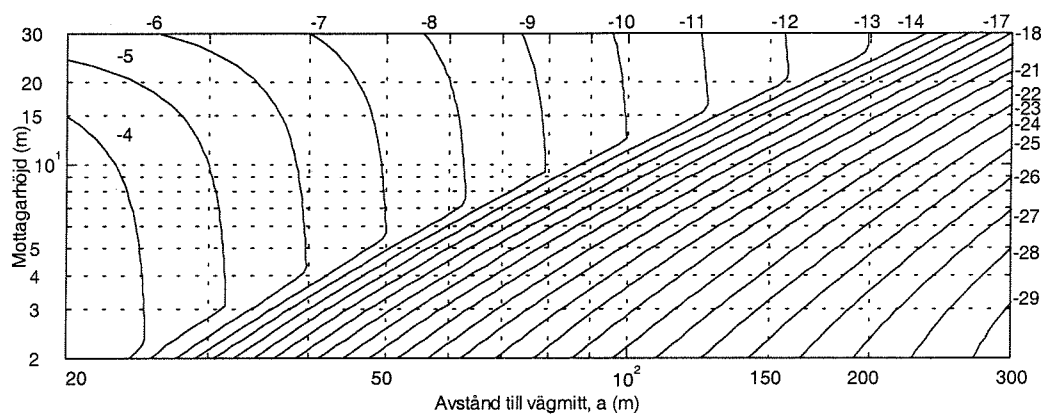
Väg i 2 m djup skärning under mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och kant.



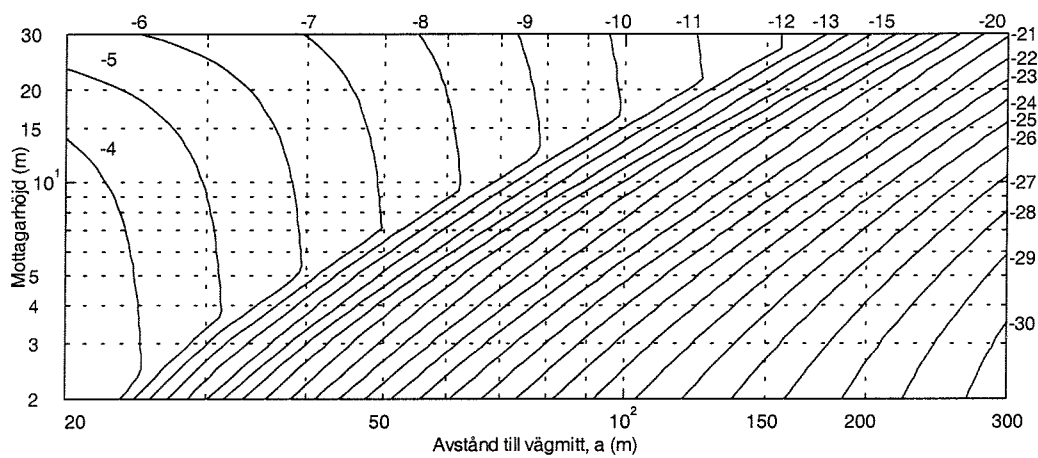
7

Väg i 4 m djup skärning under mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och kant.

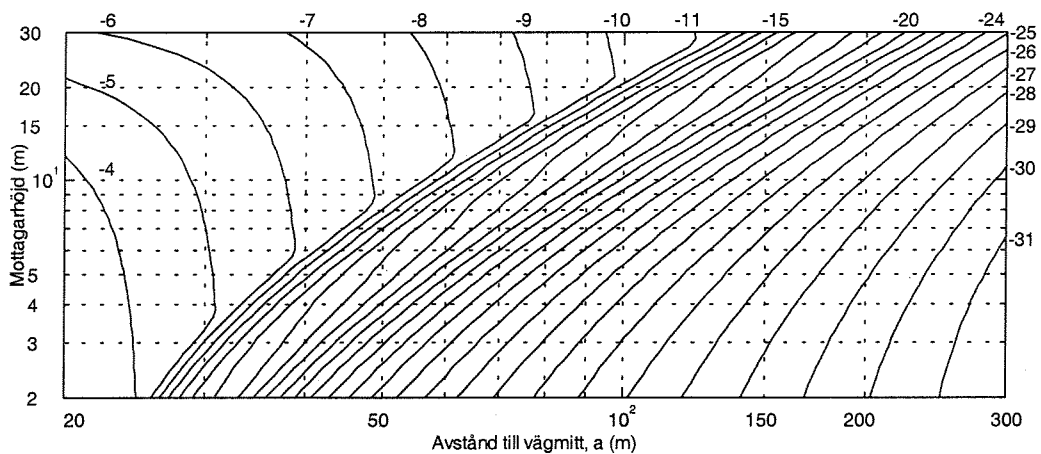




Typfall 5. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Väg i 1 m djup skärning under mjuk mark.



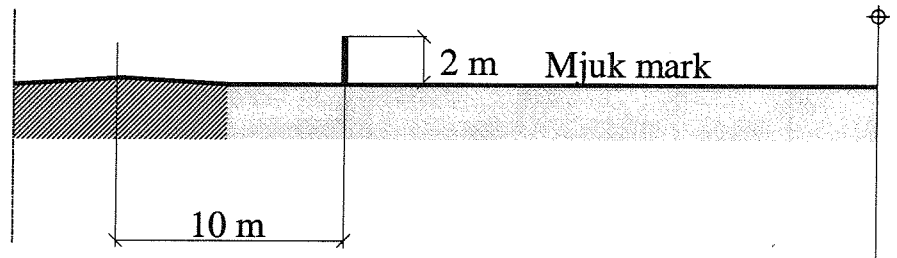
Typfall 6. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Väg i 2 m djup skärning under mjuk mark.



Typfall 7. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Väg i 4 m djup skärning under mjuk mark.

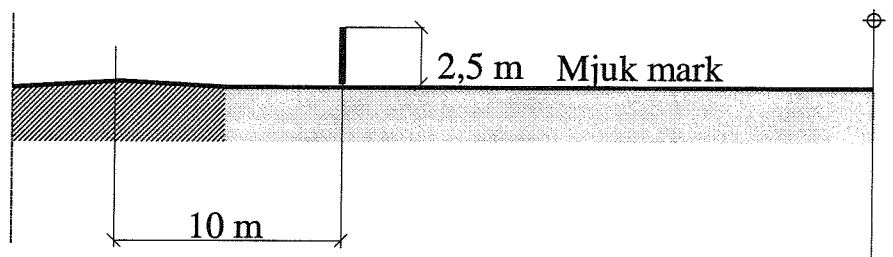
8

Skärm, 2 m hög,
10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.



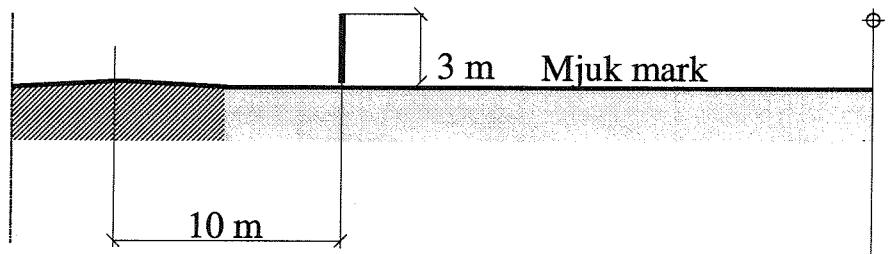
9

Skärm, 2,5 m
hög, 10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.



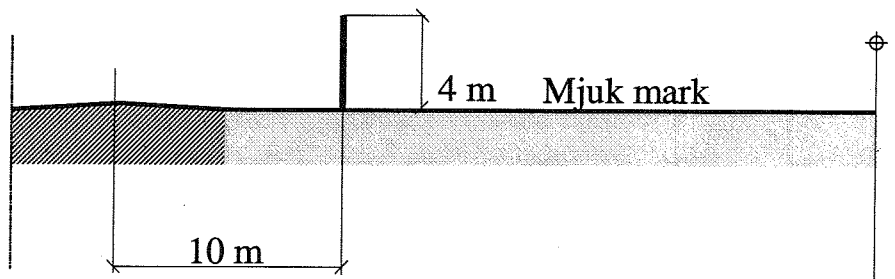
10

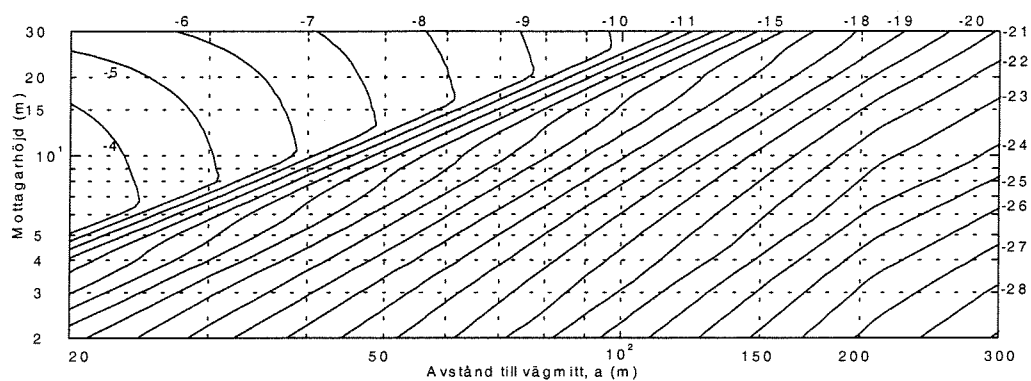
Skärm, 3 m hög,
10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.



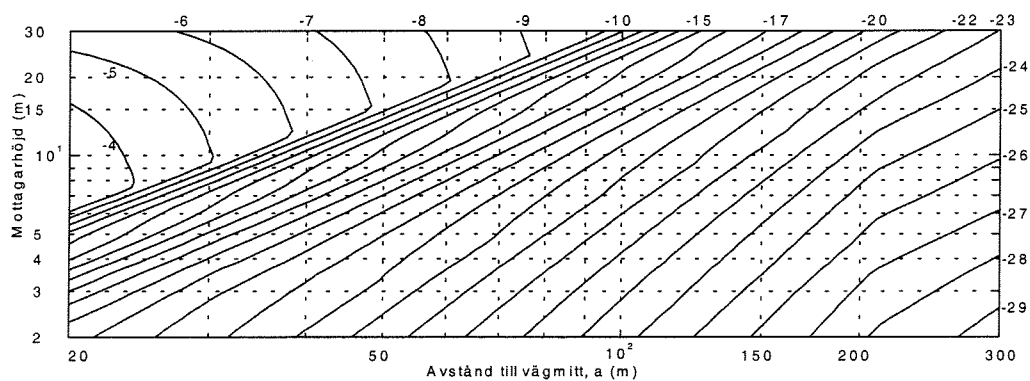
11

Skärm, 4 m hög,
10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.

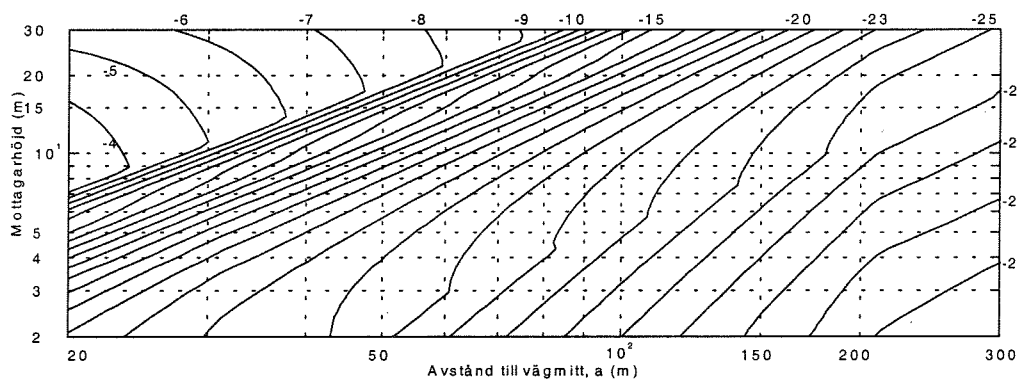




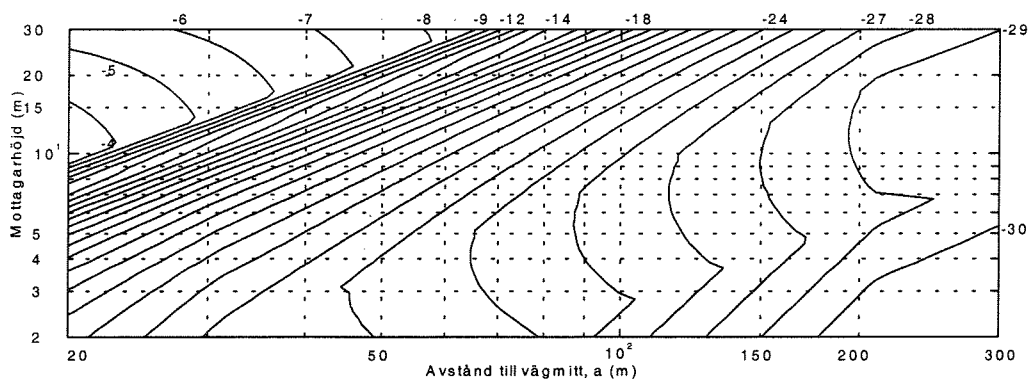
Typfall 8. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 2 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



Typfall 9. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 2,5 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



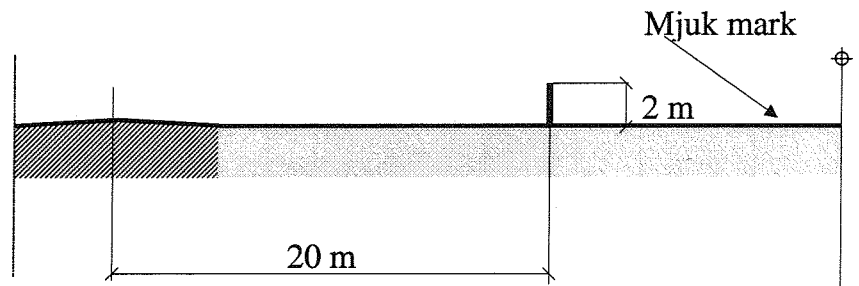
Typfall 10. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 3 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



Typfall 11. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 4 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.

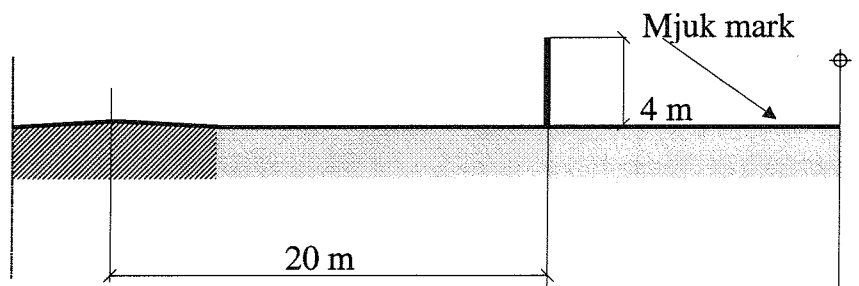
12

Skärm, 2 m hög, 20 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm



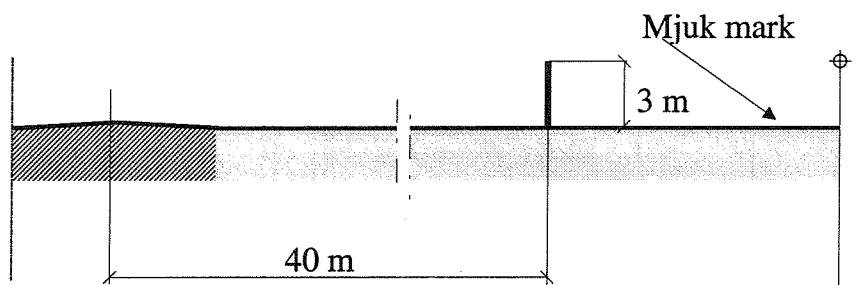
13

Skärm, 4 m hög, 20 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm.



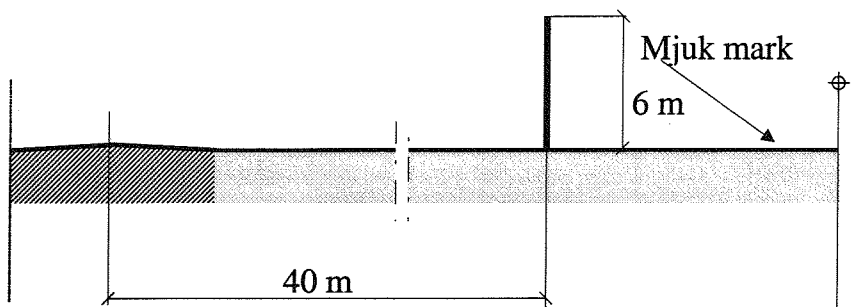
14

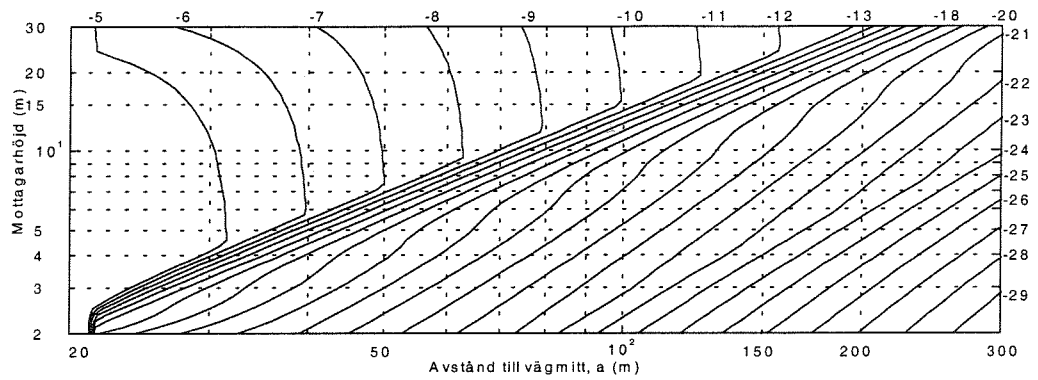
Skärm, 3 m hög, 40 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm.



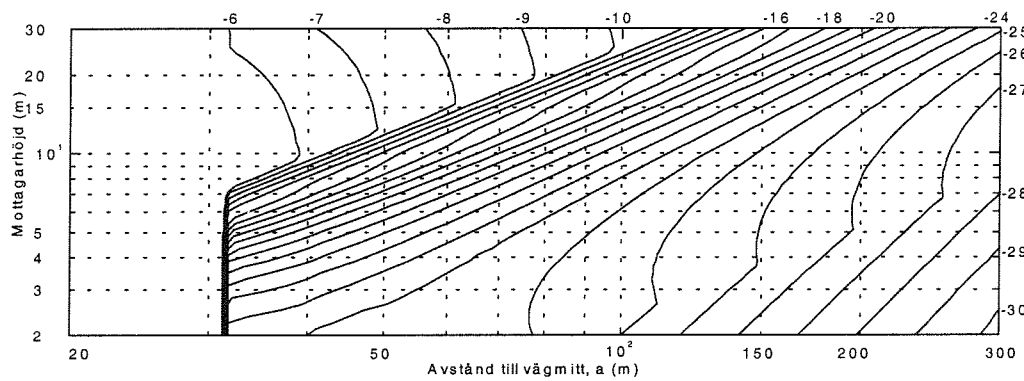
15

Skär
m, 6 m hög, 40 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm.

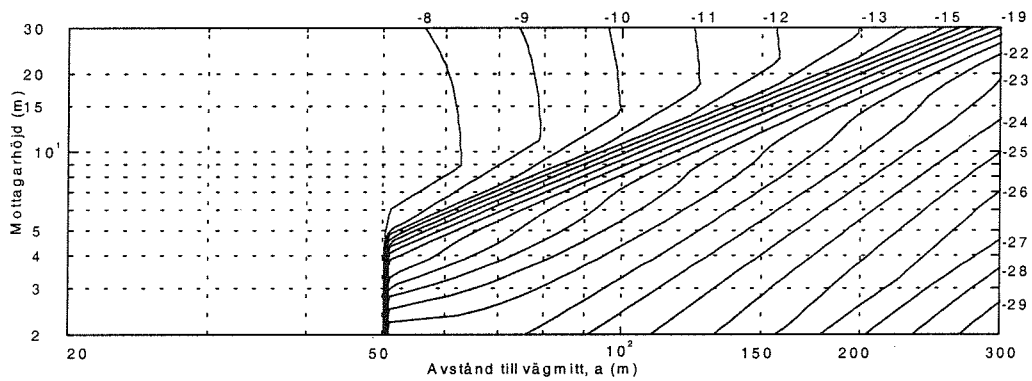




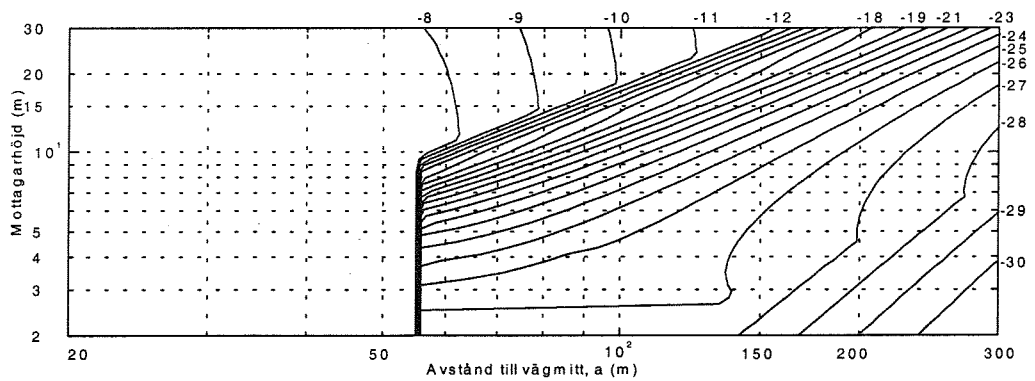
Typfall 12. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 2 m hög, 20 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.



Typfall 13. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 4 m hög, 20 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.



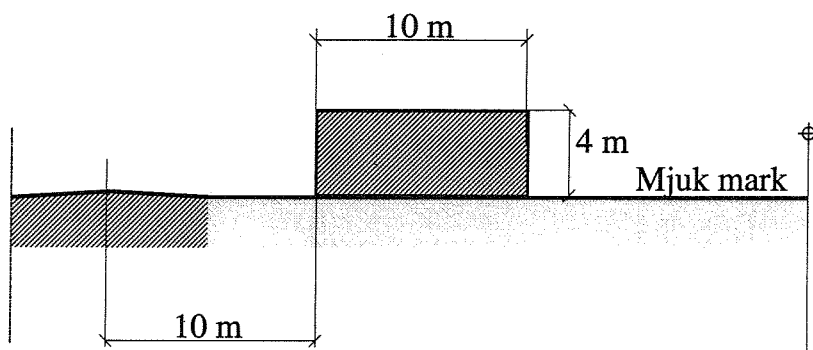
Typfall 14. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 3 m hög, 40 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.



Typfall 15. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 6 m hög, 40 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.

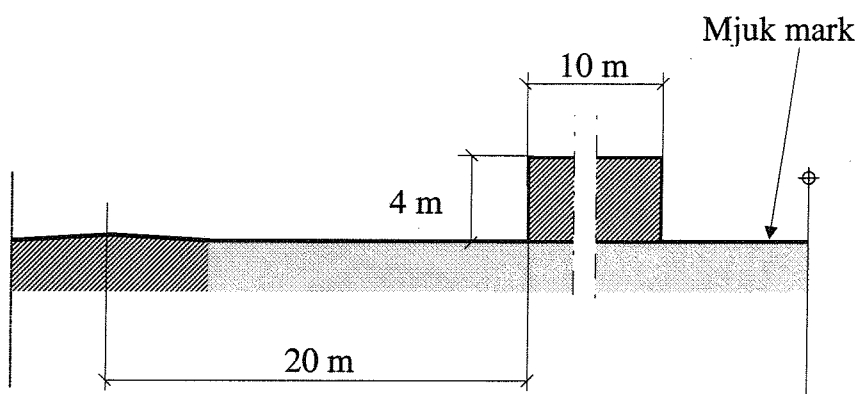
16

Tjock skärm, 4 m
hög och 10 m tjock,
10 m från vägmitt.
Hård mark
(vägbanan) mellan
källa och skärm.



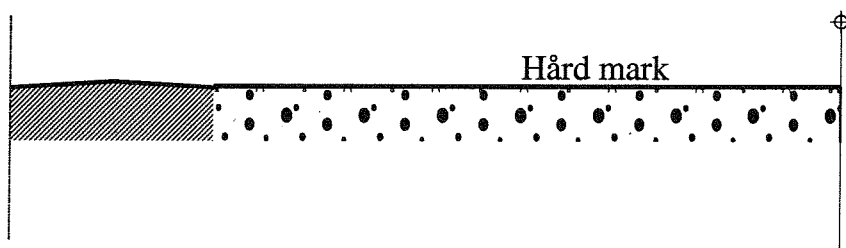
17

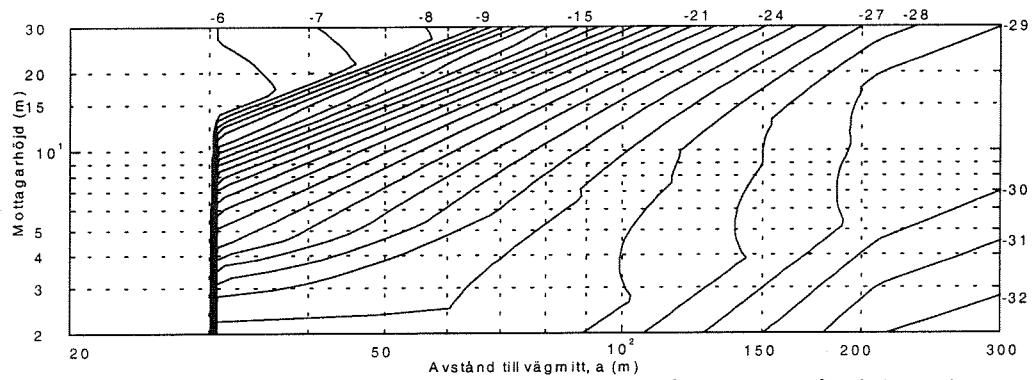
Tjock skärm, 4 m
hög och 10 m tjock,
20 m från vägmitt.
Hård mark
(vägbanan) mellan
källa och skärm.



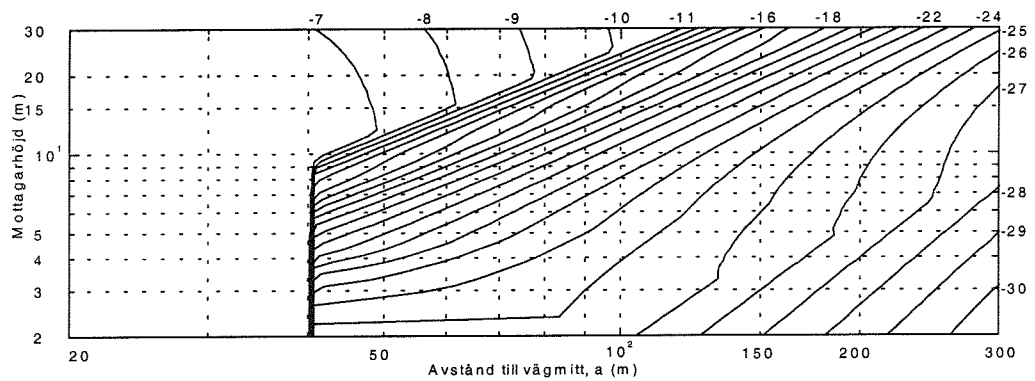
18

Väg i plan med
mark

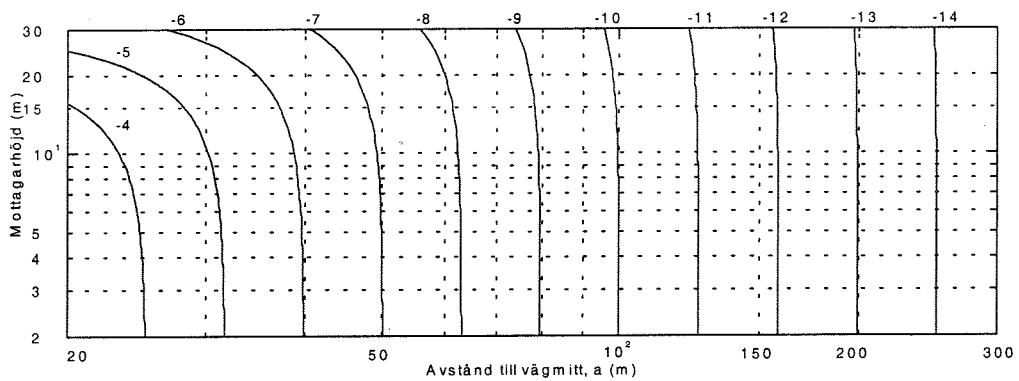




Typfall 16. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. 10 m tjock skärm, 4 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



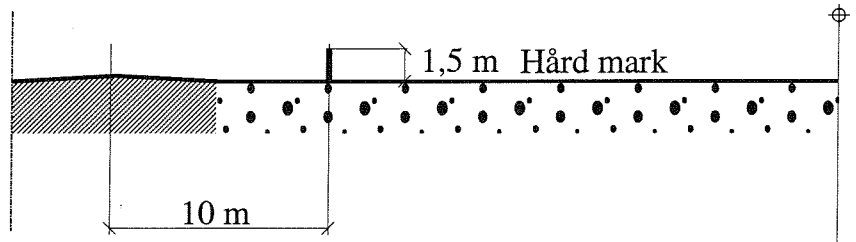
Typfall 17. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. 10 m tjock skärm, 4 m hög, 20 m från vägmitt på mjuk mark.



Typfall 18. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Väg i nivå med hård mark.

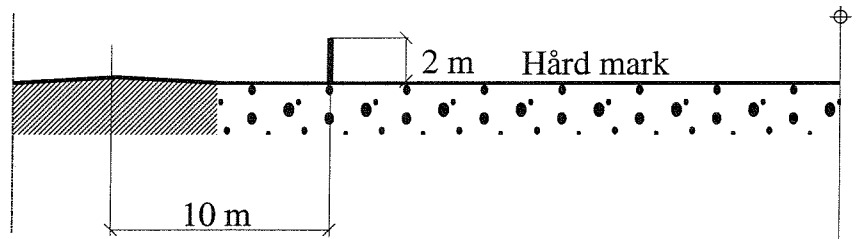
19

Skärm, 1.5 m hög,
10 m från vägmitt,
på hård mark



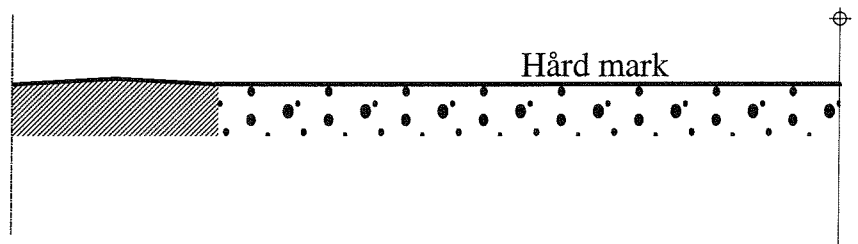
20

Skärm, 2 m hög,
10 m från vägmitt,
på hård mark.



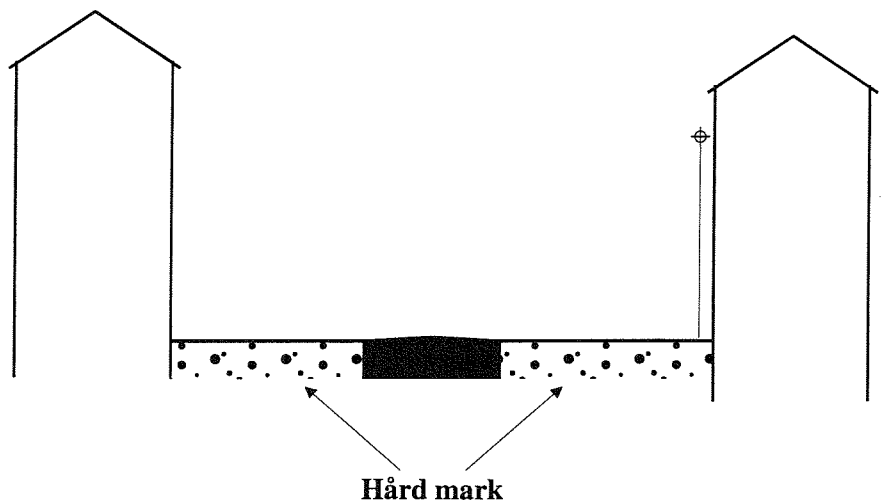
21

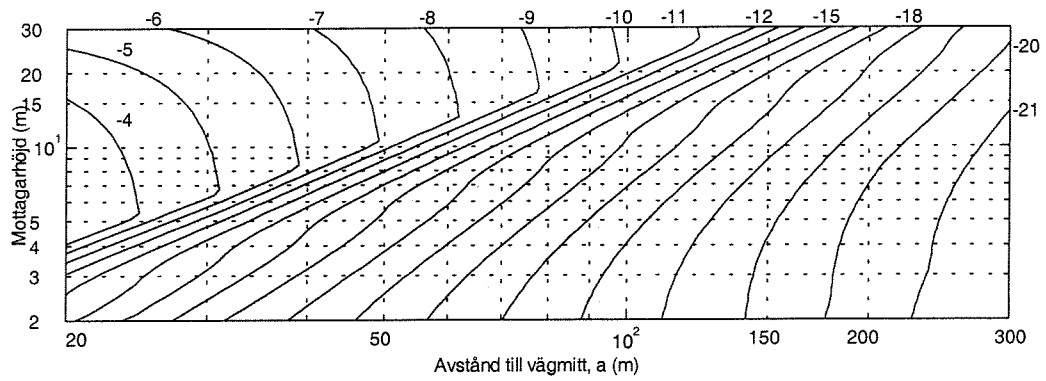
Korta avstånd i plan
med hård mark, utan
bebyggelse.



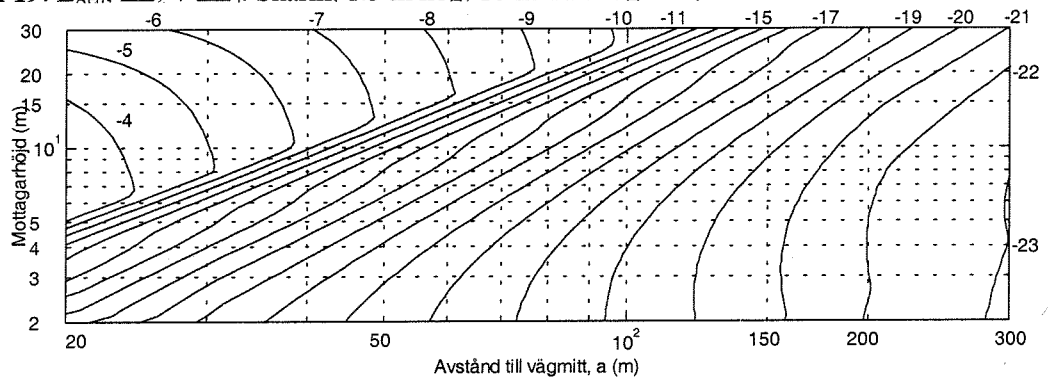
22

Korta avstånd, på
samma nivå, hård
mark, bebyggelse på
båda sidor.

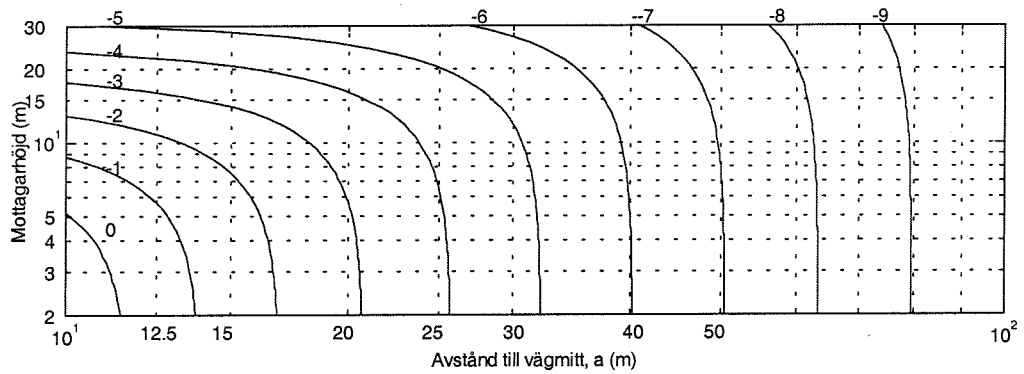




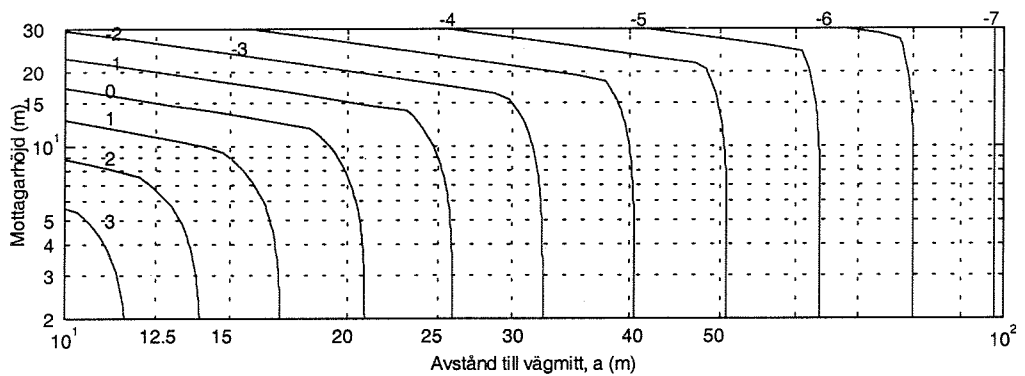
Typfall 19. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 1.5 m hög, 10 m från vägmitt på hård mark.



Typfall 20. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Skärm, 2 m hög, 10 m från vägmitt, på hård mark.



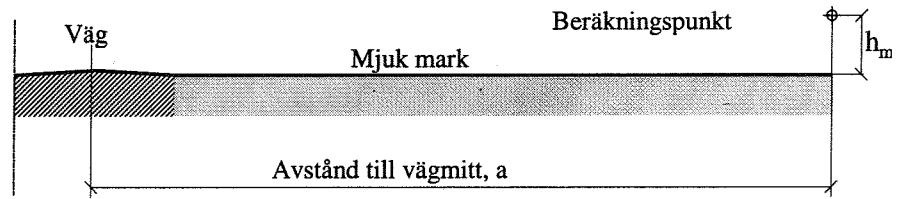
Typfall 21. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Korta avstånd i plan med hård mark, utan bebyggelse..



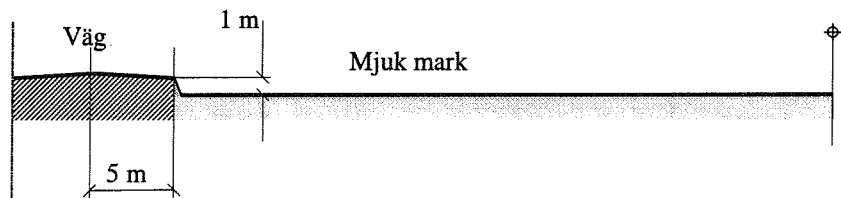
Typfall 22. L_{Aeq} , $\Delta L_2 + \Delta L_3$. Korta avstånd, på samma nivå, hård mark, bebyggelse på båda sidor.

L_{AFmax}

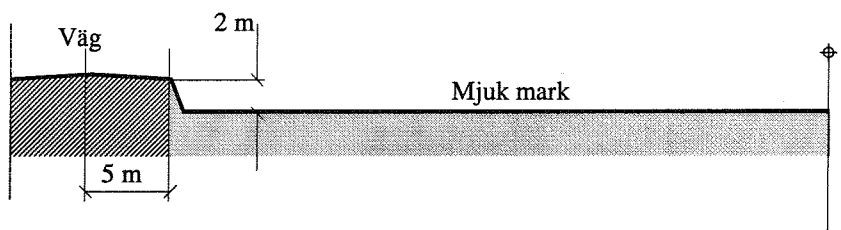
1

Väg i plan med
mjuk mark

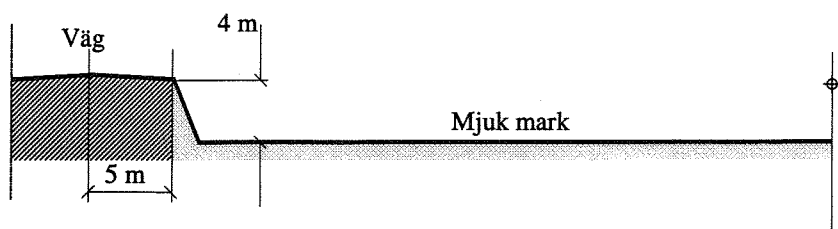
2

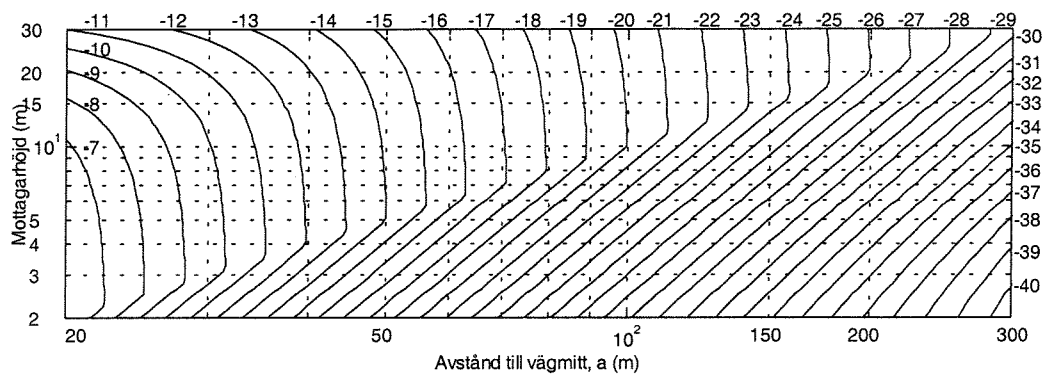
Vägbank 1 m
över mjuk mark

3

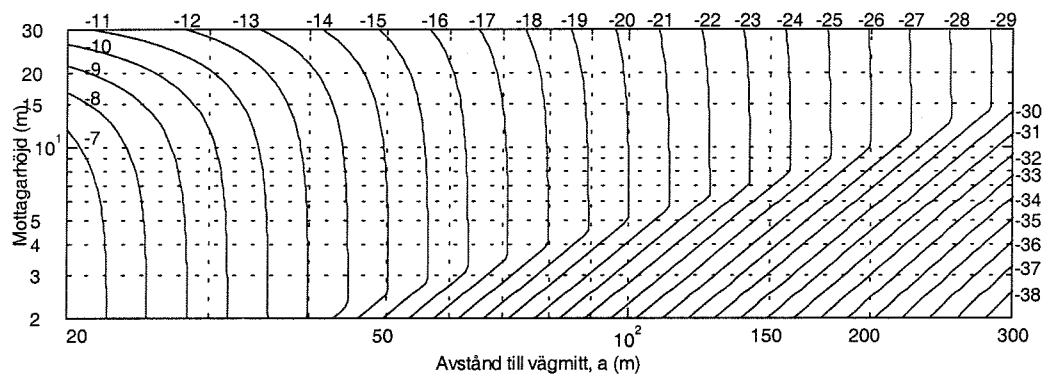
Vägbank 2 m
över mjuk mark

4

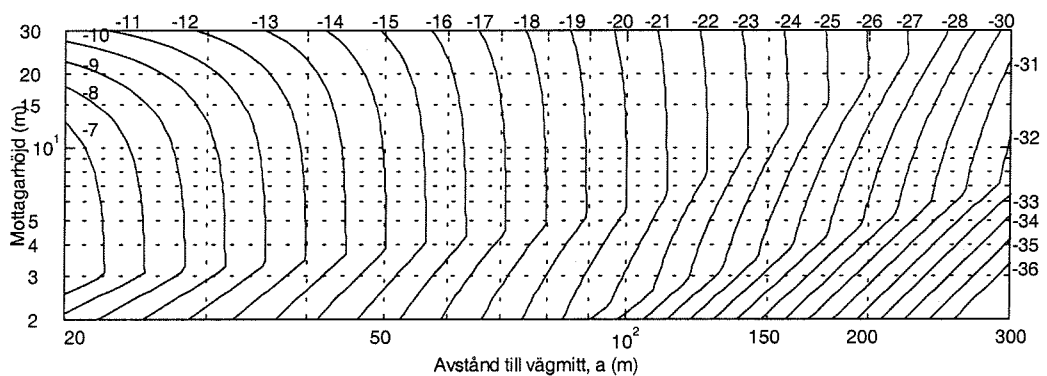
Vägbank 4 m
över mjuk mark



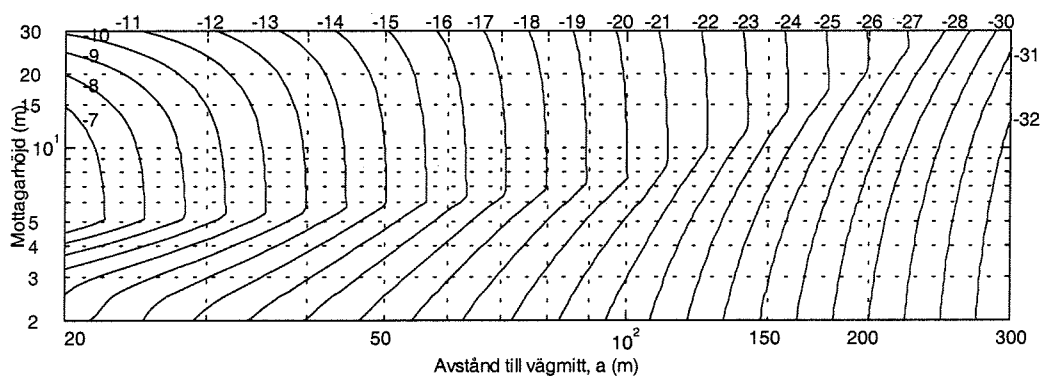
Typfall 1. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Väg i plan med mjuk mark.



Typfall 2. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Vägbank 1 m över mjuk mark.



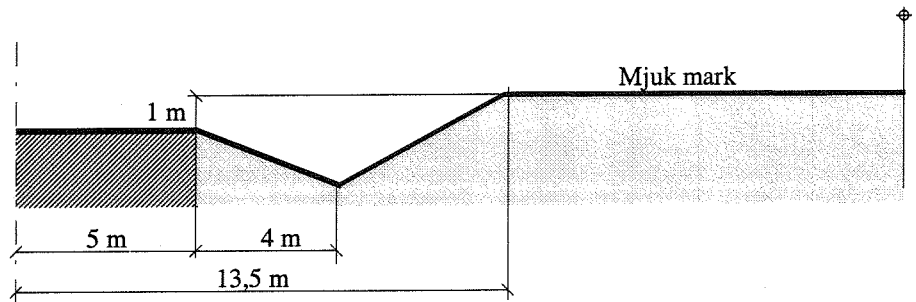
Typfall 3. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Vägbank 2 m över mjuk mark.



Typfall 4. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Vägbank 4 m över mjuk mark.

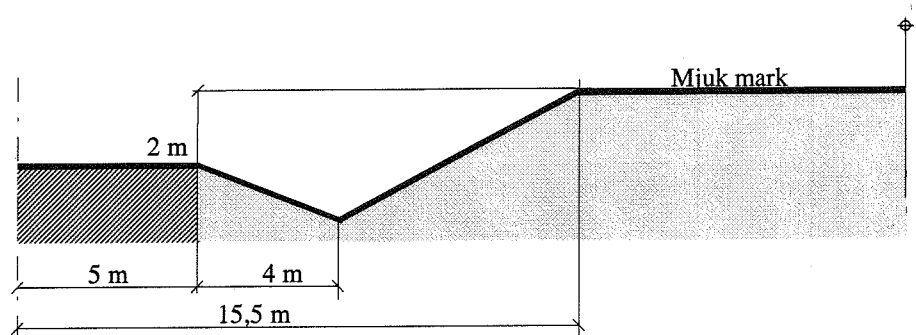
5

Väg i 1 m djup skärning under mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och kant.



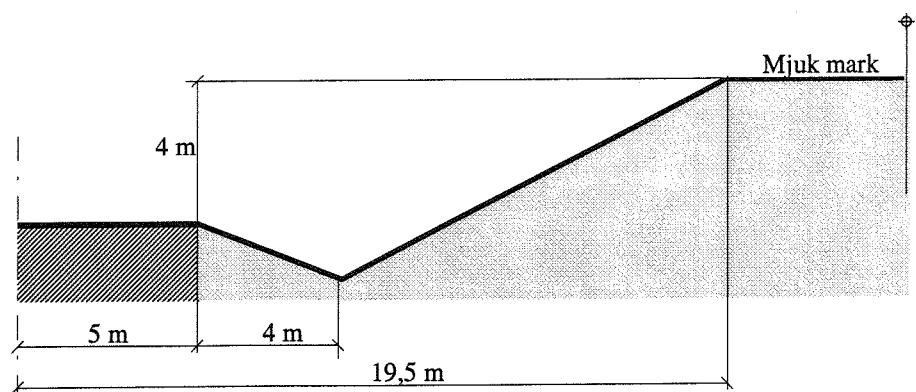
6

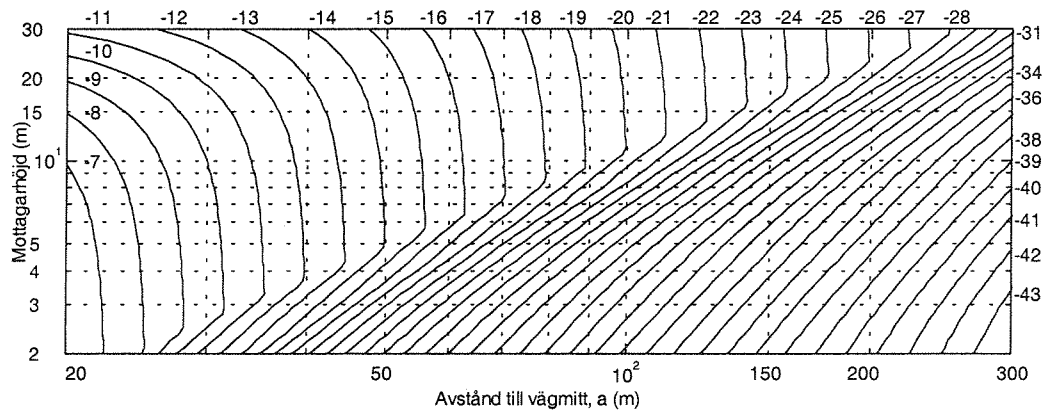
Väg i 2 m djup skärning under mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och kant.



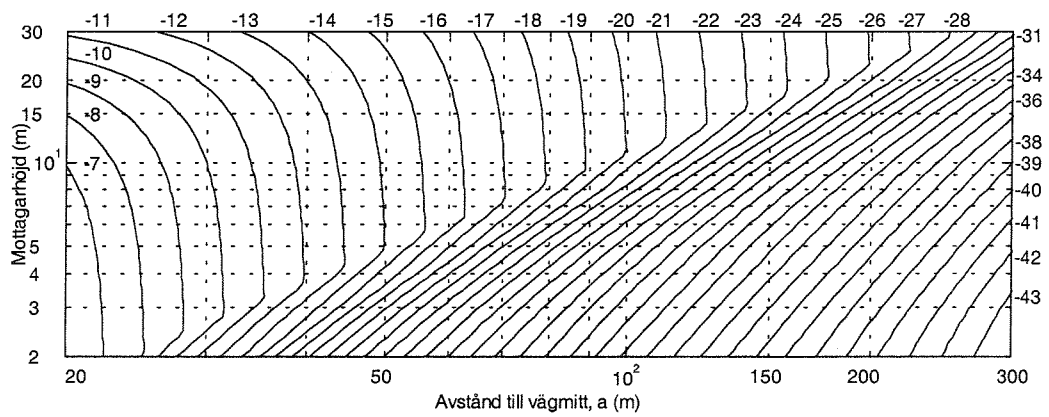
7

Väg i 4 m djup skärning under mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och kant.

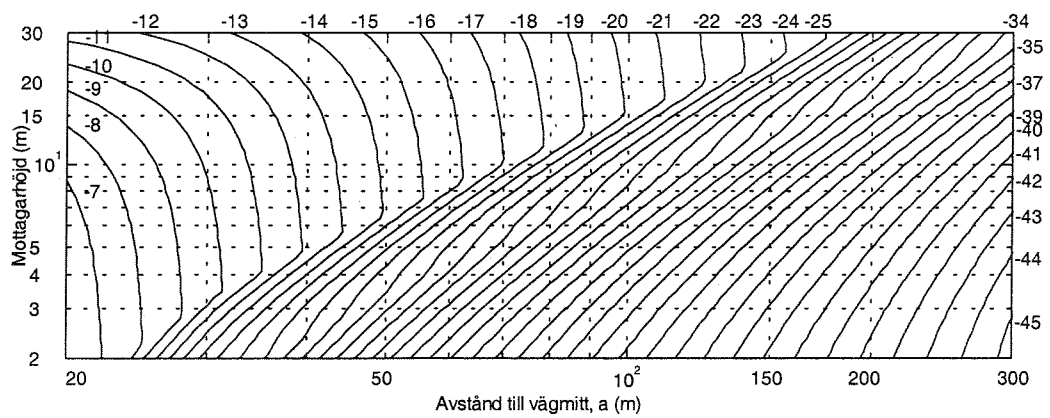




Typfall 5. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Väg i 1m djup skärning i mjuk mark.



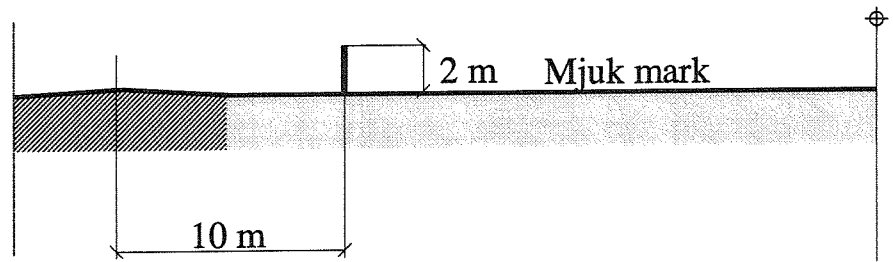
Typfall 6. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Väg i 2m djup skärning i mjuk mark.



Typfall 7. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Väg i 4m djup skärning i mjuk mark.

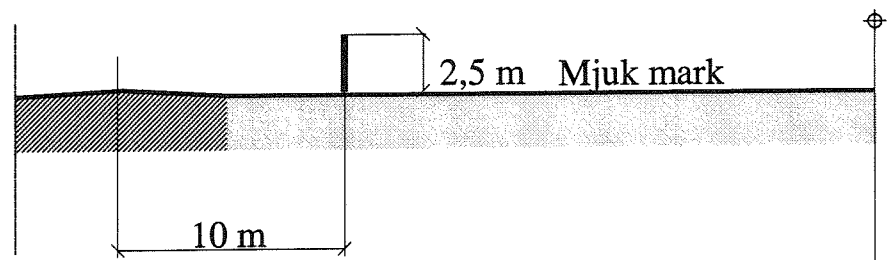
8

Skärm, 2 m hög,
10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.



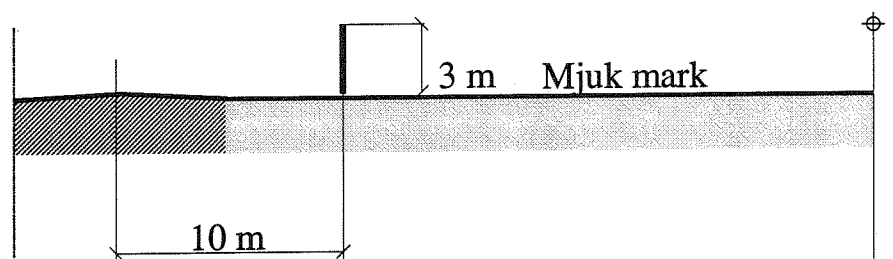
9

Skärm, 2,5 m
hög, 10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.



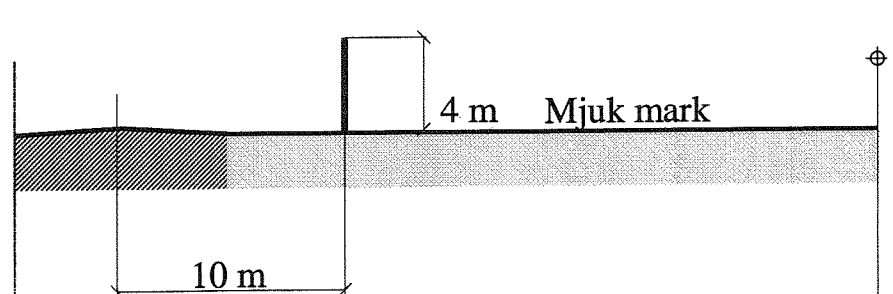
10

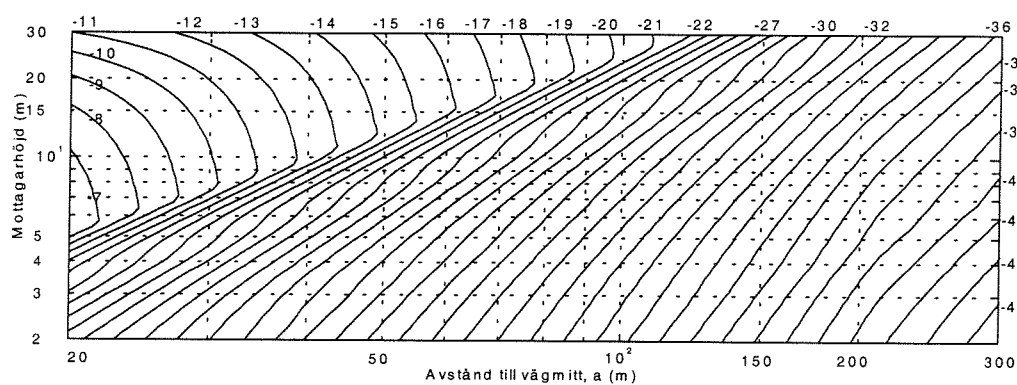
Skärm, 3 m hög,
10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.



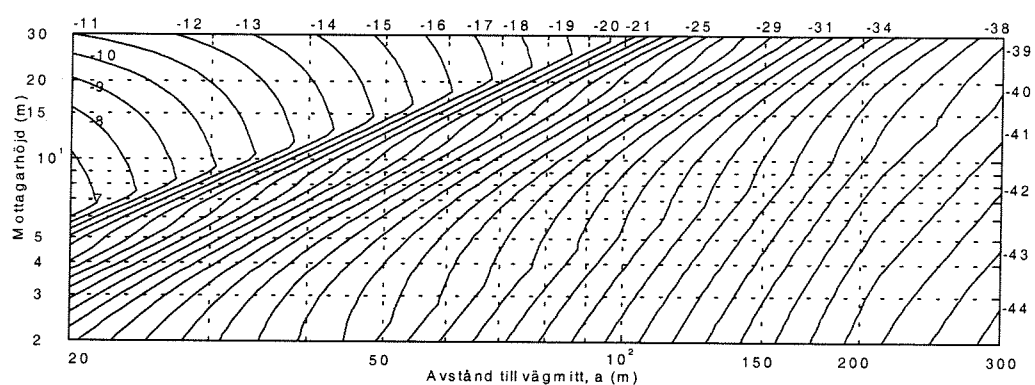
11

Skärm, 4 m hög,
10 m från
vägmitt på mjuk
mark. Hård mark
(vägbanan)
mellan källa och
skärm.

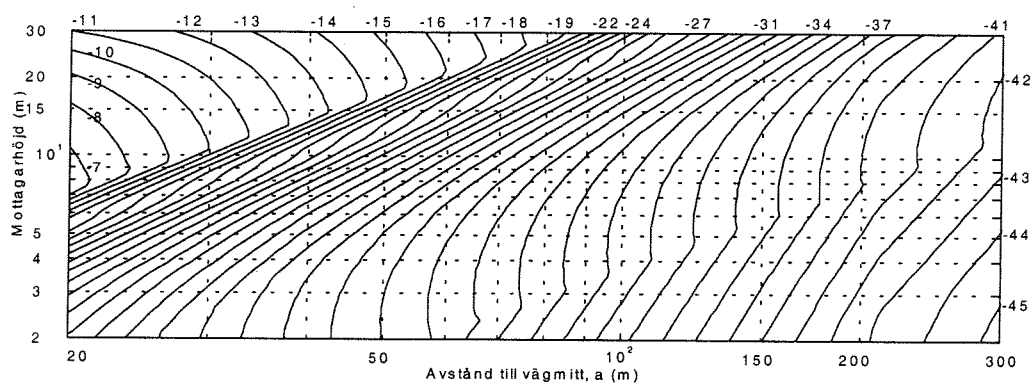




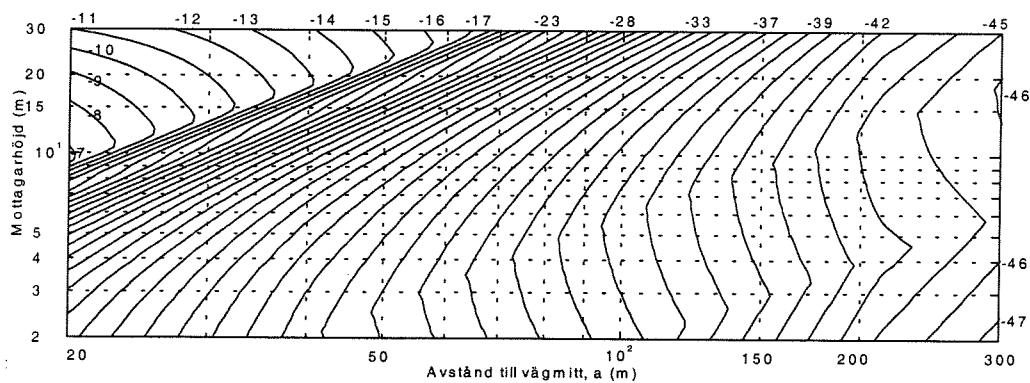
Typfall 8. L_{AFmax} , $\Delta L_{2max} + \Delta L_{3max}$. Skärm, 2 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



Typfall 9. L_{AFmax} , $\Delta L_{2max} + \Delta L_{3max}$. Skärm, 2,5 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



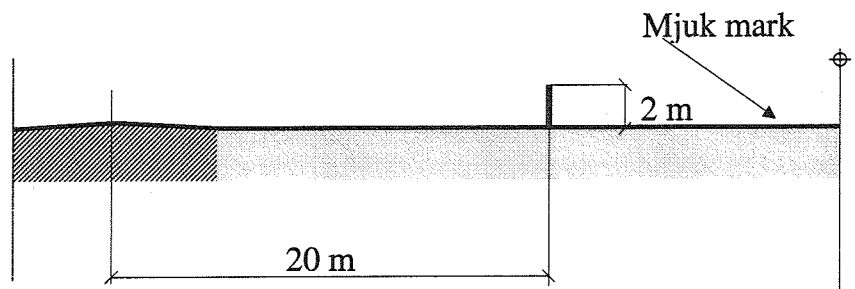
Typfall 10. L_{AFmax} , $\Delta L_{2max} + \Delta L_{3max}$. Skärm, 3 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



Typfall 11. L_{AFmax} , $\Delta L_{2max} + \Delta L_{3max}$. Skärm, 4 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.

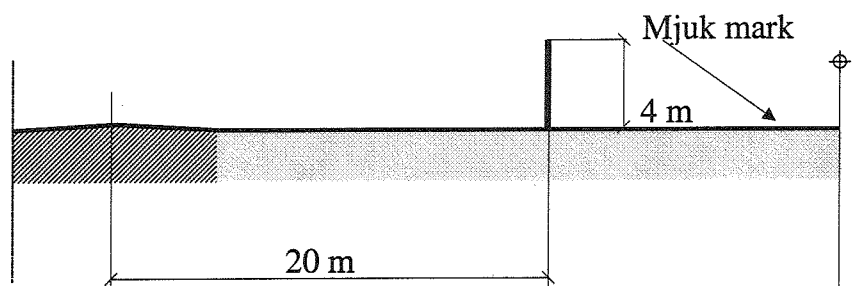
12

Skärm, 2 m hög, 20 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm



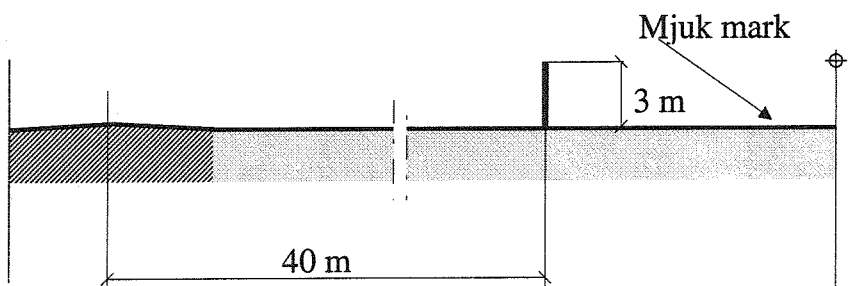
13

Skärm, 4 m hög, 20 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm.



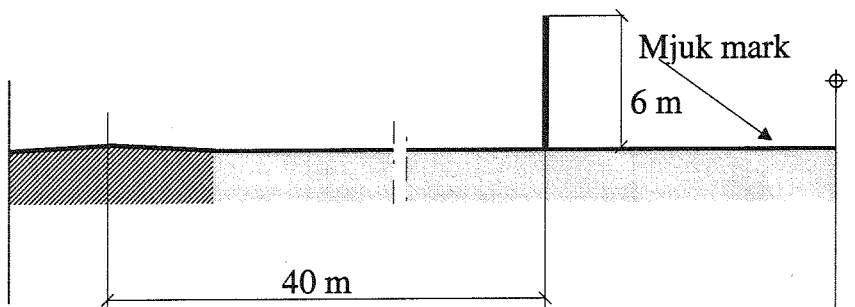
14

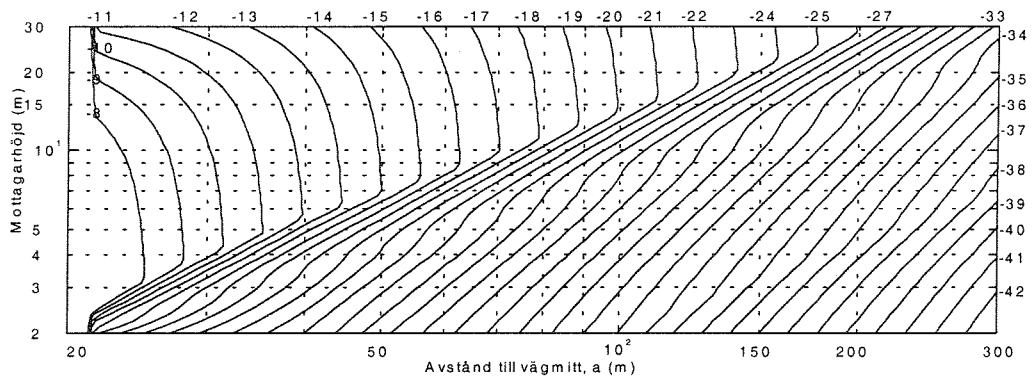
Skärm, 3 m hög, 40 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm.



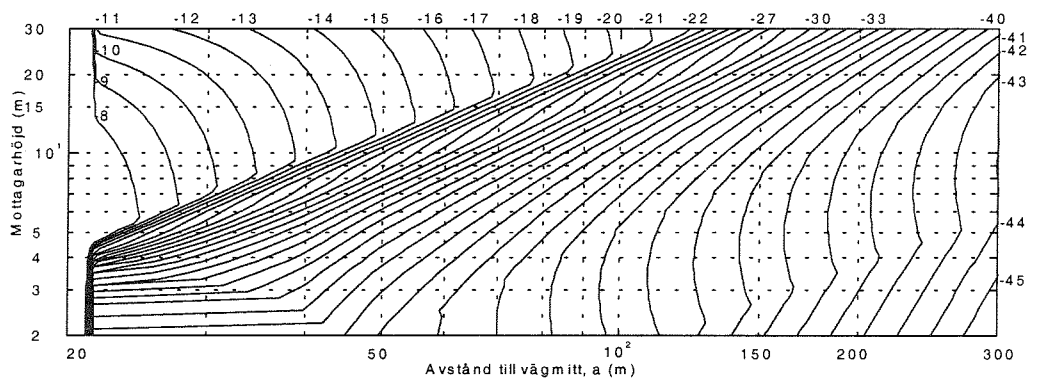
15

Skär
m, 6 m hög, 40 m från vägmitt på mjuk mark. Mjuk mark mellan källa och skärm.

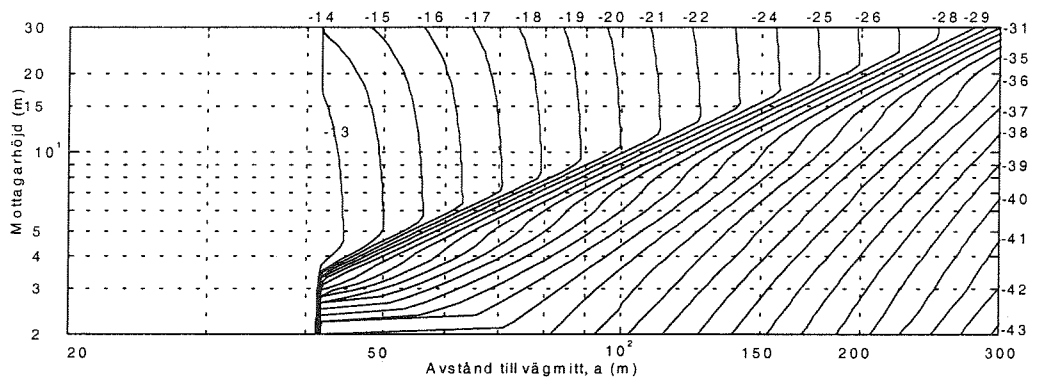




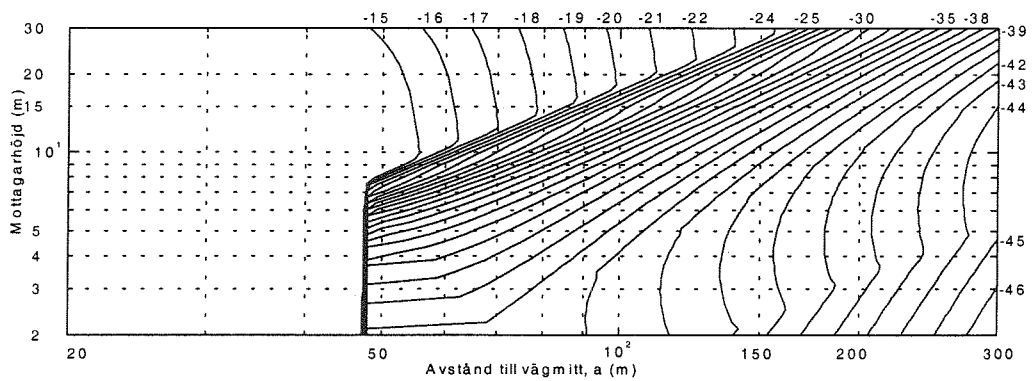
Typfall 12. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Skärm, 2 m hög, 20 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.



Typfall 13. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Skärm, 4 m hög, 20 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.



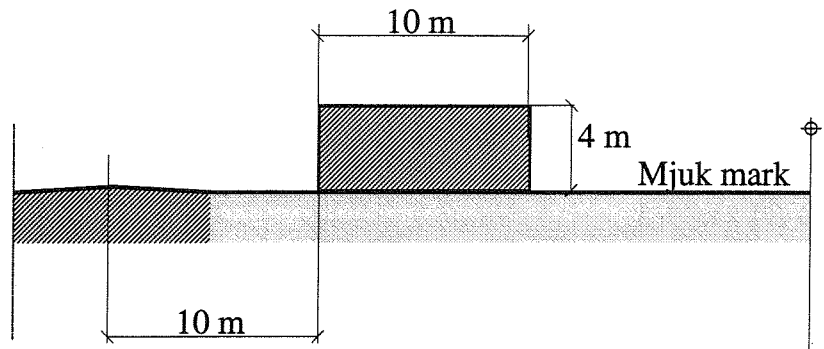
Typfall 14. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Skärm, 3 m hög, 40 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.



Typfall 15. L_{AFmax} , $\Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Skärm, 6 m hög, 40 m från vägmitt, mjuk mark på båda sidor.

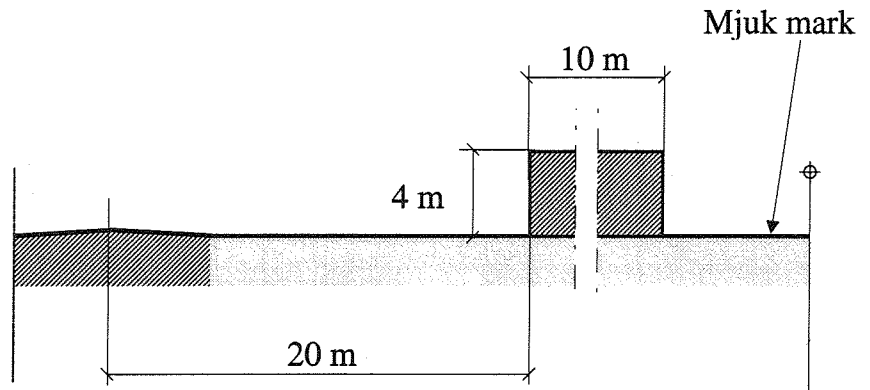
16

Tjock skärm, 4 m hög och 10 m tjock, 10 m från vägmitt på mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och skärm.



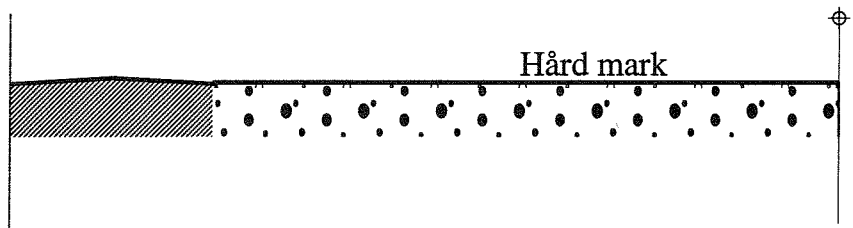
17

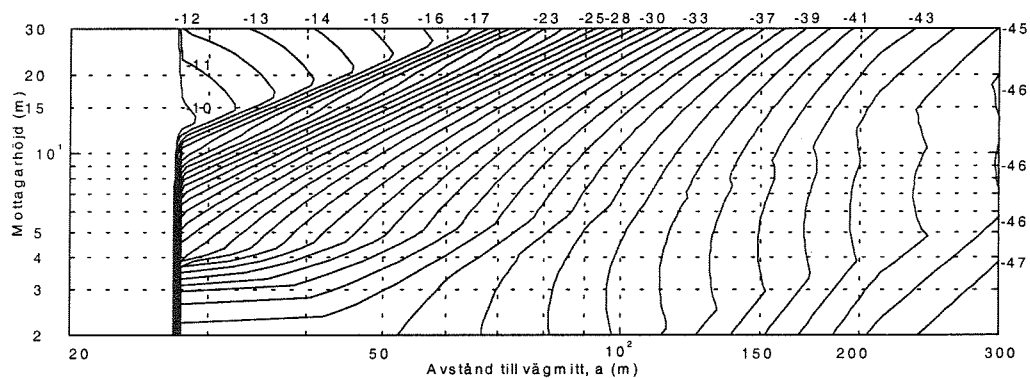
Tjock skärm, 4 m hög och 10 m tjock, 20 m från vägmitt på mjuk mark. Hård mark (vägbanan) mellan källa och skärm.



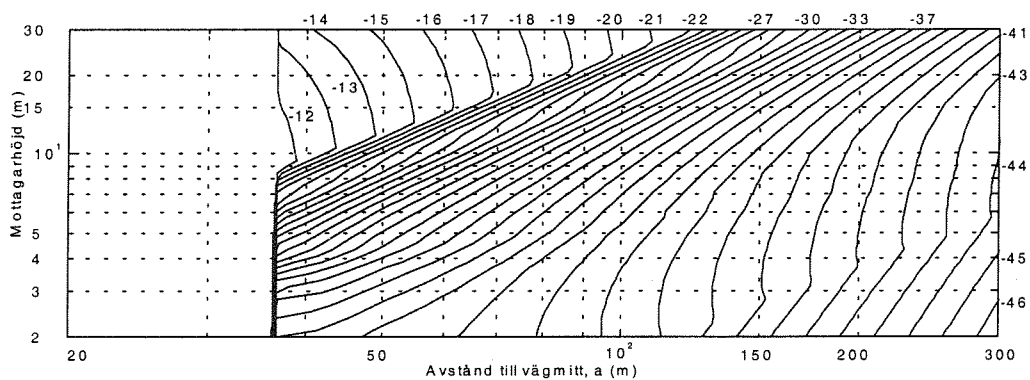
18

Väg i nivå med hård mark.

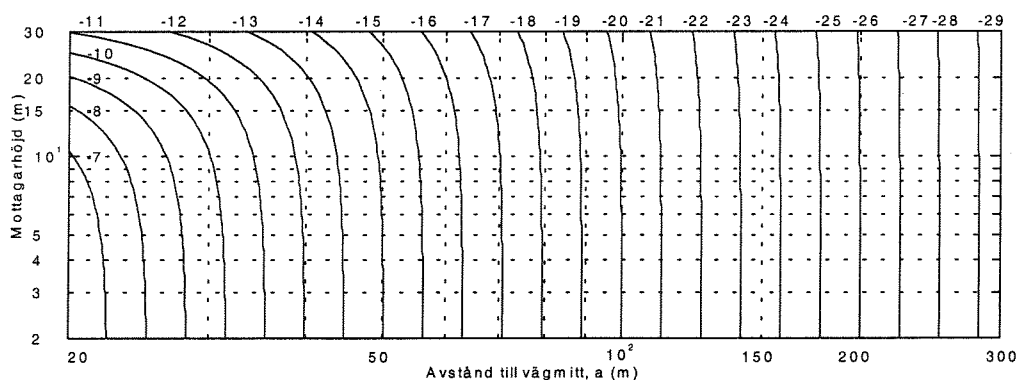




Typfall 16. L_{AFmax} , $\Delta L_{2max} + \Delta L_{3max}$. 10 m tjock skärm, 4 m hög, 10 m från vägmitt på mjuk mark.



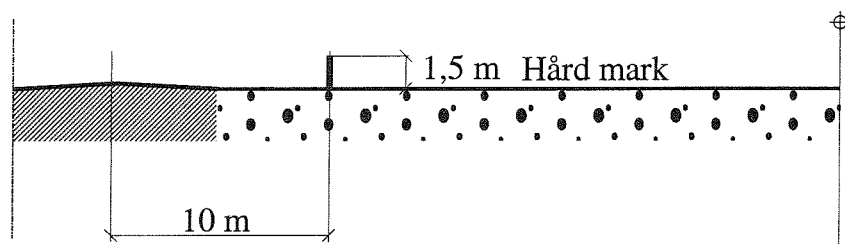
Typfall 17. L_{AFmax} , $\Delta L_{2max} + \Delta L_{3max}$. 10 m tjock skärm, 4 m hög, 20 m från vägmitt på mjuk mark.



Typfall 18. L_{AFmax} , $\Delta L_{2max} + \Delta L_{3max}$. Väg i nivå med hård mark.

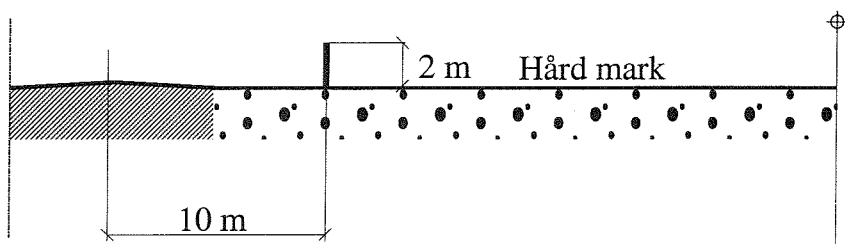
19

Skärm, 1,5 m hög,
10 m från vägmitt,
på hård mark



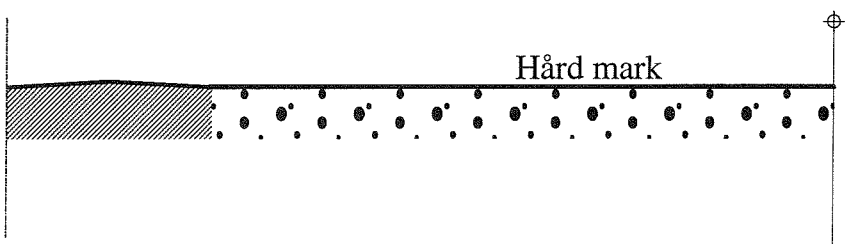
20

Skärm, 2 m hög,
10 m från vägmitt,
på hård mark.



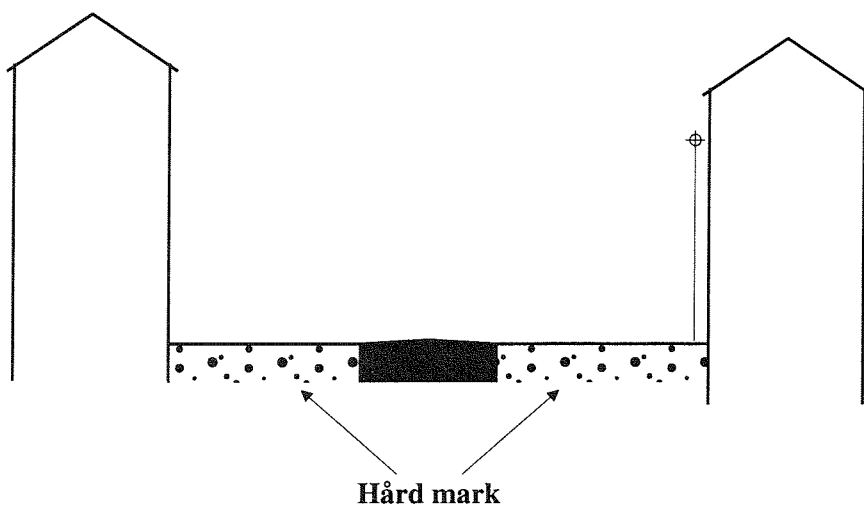
21

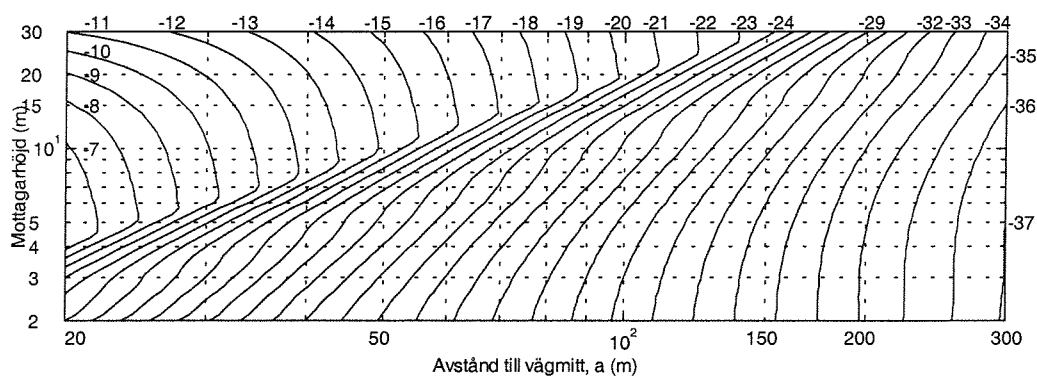
Korta avstånd i plan
med hård mark, utan
bebyggelse.



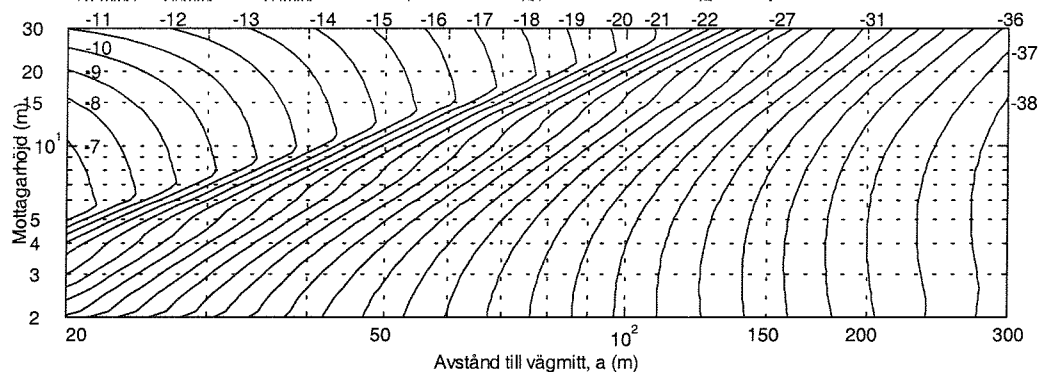
22

Korta avstånd, på
samma nivå, hård
mark, bebyggelse på
båda sidor.

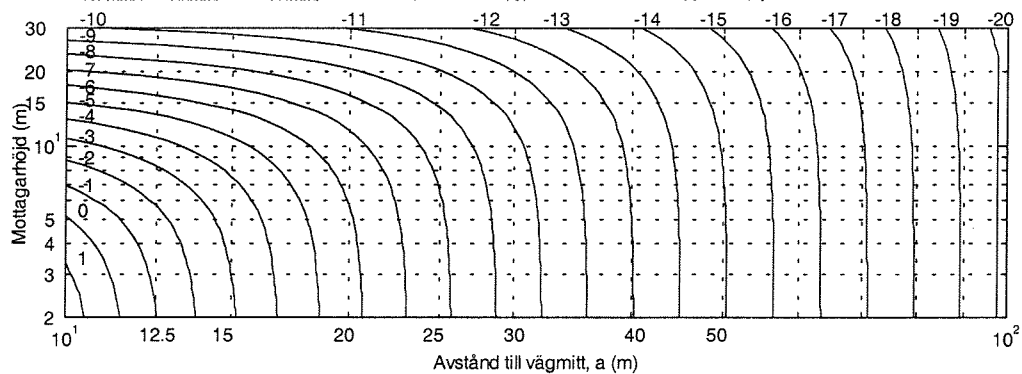




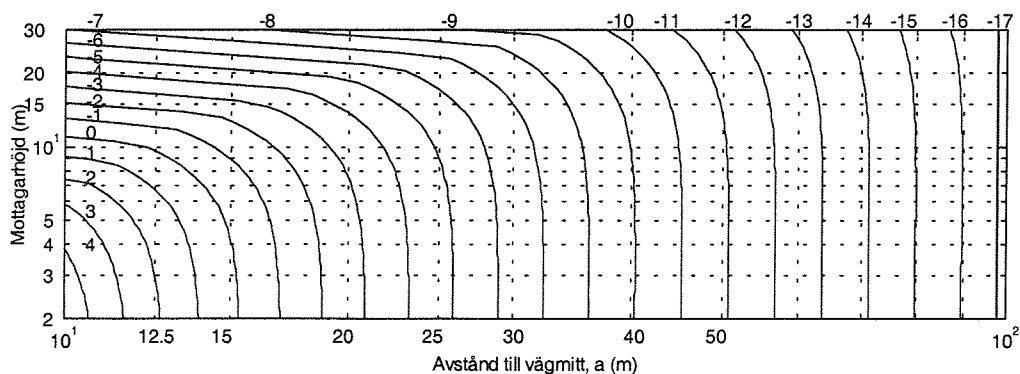
Typfall 19. $L_{AFmax}, \Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Skärm, 1.5 m hög, 10 m från vägmitt på hård mark.



Typfall 20. $L_{AFmax}, \Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Skärm, 2 m hög, 10 m från vägmitt, på hård mark.



Typfall 21. $L_{AFmax}, \Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Korta avstånd i plan med hård mark, utan bebyggelse..



Typfall 22. $L_{AFmax}, \Delta_{L2max} + \Delta_{L3max}$. Korta avstånd, på samma nivå, hård mark, bebyggelse på båda sidor.