

Handleiding meten en rekenen Industrielawaai

internet uitgave 2004

Begeleidingscommissie

Ir. A.W. Bezemer – Ministerie van VROM

Ing. E.J.L. Niehoff – Ministerie van VROM

Ir. F.H.A. van den Berg – TNO Technisch Fysische Dienst TU Delft

Ing. J. Bijl – Akzo Nobel Engineering (namens BMRO VNO-NCW)

Ir. J.H. Granneman – Adviesbureau Peutz & Associés B.V.

Ir. A.I. Koffeman – Lichtveld Buis & Partners B.V.

Ing. C.A. Nierop – M+P Raadgevende Ingenieurs B.V.

Ing. R.P.A. Ros – Hoogovens Staal Infrastructuur & Services (namens BMRO VNO-NCW)

Ir. R. Witte – dgmr Raadgevende Ingenieurs B.V.

H. Wolfert – DCMR Milieudienst Rijnmond (namens IPO)

Handleiding meten en rekenen Industrielawaai

Samengesteld door:

TNO Technisch Fysische Dienst TU Delft
M+P Raadgevende Ingenieurs B.V., Aalsmeer
Adviesbureau Peutz & Associés B.V., Zoetermeer

In opdracht van:

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)
Directoraat Generaal Milieubeheer
Directie Geluid en Verkeer

Dit is de elektronische uitgave van 2004 en bevat de errata van 1999. Verwijzingen naar bladzijnummers zijn helaas niet meer exact.

Inhoud

Module A Algemeen gedeelte

- 1 Inleiding
- 2 Beoordeling van geluid
- 3 Criteria voor toepassing van methode I en II
- 4 Immissiemetingen versus immissieberekeningen
- 5 Reproduceerbaarheid en representativiteit
- 6 Aspecten bij de uitvoering van metingen
- 7 Aspecten bij de beoordeling

Module B Methode I

- 1 Inleiding
- 2 Meet- en rekenmethode industrielawaai I voor eenvoudige situaties (methode I)
- 3 Immissiemetingen (methode I.1)
- 4 Bronsterkebepaling en overdrachtsberekening
- 5 Bepaling beoordelingsgrootheden
- 6 Definities

Module C Methode II

- 1 Inleiding
- 2 Meet- en rekenmethode industrielawaai voor complexe situaties (methode II)
- 3 Immissiemetingen (methode II.1)
- 4 Bronsterkebepaling
- 5 Overdrachtsmodel (methode II.8)
- 6 Substitutiemethode (methode II.9)
- 7 Hybride methoden (methode II.10)
- 8 Bepaling beoordelingsgrootheden
- 9 Definities

Module D Bijlagen

- 1 Begrippen en definities
- 2 Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de handleiding-1981
- 3 Voorbeelden
- 4 Isolatiewaarden
- 5 Relatieve windkracht met windsnelheid

Register 211

Voorwoord

De Handleiding meten en rekenen Industrielawaai (Handleiding) geeft richtlijnen en aanwijzingen voor het meten en berekenen van het geluid afkomstig van inrichtingen, waarop de Wet milieubeheer (Wm) of een gemeentelijke verordening van toepassing is.

Deze Handleiding vormt tevens de basis voor de ministeriële beschikking ex artikel 73 van de Wet geluidhinder betreffende de zonering van industrieterreinen.

De onderhavige versie vervangt de 'Handleiding meten en rekenen Industrielawaai' (IL-HR-13-01) van maart 1981 (Handleiding-1981).

De (drie) oude klassen A, B en C zijn vervangen door twee nieuwe methoden (I en II) met elk hun eigen toepassingsgebied. Dit sluit beter aan bij het ontstane gebruik in de praktijk zoals het toepassen van rekenprogramma's.

Bij de totstandkoming van deze nieuwe Handleiding zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- vanwege de brede verspreiding van en de ruime ervaring met de Handleiding-1981 is getracht niet of nauwelijks gewijzigde delen herkenbaar over te nemen;
- de resultaten van reeds beschikbare evaluatieonderzoeken over de Handleiding-1981 zijn in deze Handleiding verwerkt, voorzover dat in dit kader zinvol en wenselijk was;
- beleidsmatige voorschriften en aanwijzingen zijn zoveel mogelijk weggelaten; deze zijn zoveel mogelijk in de Handleiding Industrielawaai en vergunningverlening (21 oktober 1998) opgenomen.

In de bijlagen van deze Handleiding zijn bepaalde procedures en begrippen nader toegelicht, evenals de veranderingen ten opzichte van de Handleiding-1981.

Gezien de ontwikkelingen die op Europees niveau plaatsvinden, is op een aantal plaatsen de gehanteerde terminologie aangepast aan die van de internationale normbladen.

Samenvatting

De Handleiding meten en rekenen Industrielawaai heeft als doel voorschriften, wenken en randvoorwaarden voor meet- en rekenmethoden te geven om geluid afkomstig van inrichtingen vast te stellen. De Handleiding geeft technische procedures aan zowel voor zonering in het kader van de Wet geluidhinder als voor vergunningverlening en handhaving in het kader van de Wet milieubeheer en gemeentelijke verordeningen.

De voorliggende versie vervangt de versie 'Handleiding meten en rekenen Industrielawaai' (IL-HR-13-01) van maart 1981 (hierna te noemen Handleiding-1981).

De Handleiding bestaat uit vier modules.

Module A bevat het algemene gedeelte, waarin het gebruik van de methoden en de gehanteerde begrippen en symbolen wordt toegelicht. Bovendien worden de verschillen in toepassingsgebied van de twee standaardmethoden, methode I en methode II, uitgelegd.

Module B en C omschrijven respectievelijk methode I en methode II. Beide methoden bestaan uit een aantal verschillende meet- en rekenmethoden. In elke module wordt een overzicht gegeven van de toepassingsgebieden van de methoden. Tezamen met module A kan elke methode als één onafhankelijk geheel worden gehanteerd. Binnen het gedefinieerde toepassingsgebied zijn de resultaten van methode I en II gelijkwaardig.

Module D bestaat uit bijlagen met toelichtingen en toepassingsvoorbeelden.

Zij, die zich voornamelijk beleidsmatig of administratief met Industrielawaai bezighouden, kunnen volstaan met het lezen van de eerste drie hoofdstukken van module A.

Degenen, die metingen en/of berekeningen uitvoeren, dan wel geluidstechnische aspecten moeten beoordelen, zullen zowel module A als de voor hen van belang zijnde methode I of II uit module B respectievelijk module C moeten hanteren. De methoden kunnen onafhankelijk van elkaar worden gebruikt.

Anleitung Messen und Rechnen in bezug auf Industrielärm

Zusammenfassung

Die 'Anleitung Messen und Rechnen in bezug auf Industrielärm' (Handleiding meten en rekenen Industrielawaai) beschreibt Vorgehensweisen, gibt Hinweise und definiert Voraussetzungen für die Anwendung von Meß- und Rechenmethoden zur Ermittlung von Geräuschen aus gewerblichen Anlagen. Die Anleitung beschreibt technische Verfahren, sowohl für die Erteilung von Genehmigungen und Zonierung im Rahmen des Lärmschutz-gesetzes (Wet geluidhinder), als auch für die Erteilung von Genehmigungen in Rahmen des Gesetzes zum Schutz der Umwelt (Wet milieubeheer) und für kommunale Verordnungen.

Diese Anleitung ersetzt die 'Handleiding meten en rekenen Industrielawaai' (IL-HR-13-01) von 1981.

Die Anleitung setzt sich aus vier Teilen zusammen.

Teil A enthält eine allgemeine Einleitung, in welcher der Gebrauch und die verwendeten Begriffe und Symbole erklärt werden. Außerdem werden in Teil A die Unterschiede in den Anwendungsbereichen der zwei Standard-Rechenmethoden angegeben. In den Teilen B und C sind die Methoden I und II einander gegenübergestellt. Methode I kann in einfachen Situationen angewandt werden, Methode II ist für komplexe Situationen geeignet. Jede Methode besteht aus einer Anzahl unterschiedlicher Meß- und Rechenverfahren.

Innerhalb des jeweiligen zulässigen Anwendungsgebietes sind die Rechnergebnisse beider Methoden gleichwertig. Zusammen mit Teil A der Anleitung bildet jede der zwei Methoden eine voneinander unabhängige Einheit.

Teil D enthält Anlagen mit Erläuterungen und Rechenbeispielen.

Guide for measuring and calculating industrial noise

Abstract

The aim of the 'Guide for measuring and calculating industrial noise' (Handleiding meten en rekenen Industrielawaai) is to provide rules, hints and conditions for the use of methods of measuring and calculating noise caused by establishments. It suggests technical procedures both for licensing and zoning as provided for in the Noise Abatement Act (Wet geluidhinder) and for licensing under the Environmental Management Act (Wet milieubeheer) and municipal regulations.

This version replaces the version 'Handleiding meten en rekenen industrielawaai' (IL-HR-13-01) dated March 1981.

The Guide consists of four sections.

Part A contains a general introduction explaining the use of the guide, the concepts and symbols used; it also indicates the differences between the two methods of measuring and calculation described in part B and C. Part B and C describe respectively method I and II. Method I can be used for simple situations and method II is meant for complex situations. Both methods consist of several measuring and calculation methods.

A list of the areas where the methods can be applied is given for each method. Each method can be used independently in conjunction with part A.

Part D contains both examples how to calculate noise and explanations.

Manuel de mesure et de calcul du bruit industriel

Resumé

'Le Manuel de mesure et de calcul de bruit industriel' (Handleiding meten en rekenen Industrielawaai) donne des instructions, des conseils et des conditions aux limites pour établir les méthodes de mesure et de calcul du bruit généré des établissements bruyants. Il indique des procédures techniques, tant pour l'octroi de permis ou le zonage dans le cadre de la loi sur les nuisances acoustiques (Wet geluidhinder: en France, loi sur la lutte contre les bruits de voisinage) que pour l'octroi de permis dans le cadre de la loi relative aux établissements dangereux, insalubres et incommodes (Wet milieubeheer: en France, loi sur les installations classées pour la protection de l'environnement) ainsi que conformément aux arrêtés municipaux.

Ce manuel remplace le 'Handleiding meten en rekenen industrielawaai' (IL-HR-13-01) de 1981.

Le manuel est composé de quatre parties.

La partie A comprend une introduction générale expliquant l'usage de ce manuel, les concepts et les symboles utilisés. Elle indique également les différences entre les deux méthodes de mesure et de calcul figurant dans les parties B et C qui décrivent, respectivement les méthodes I et II. On peut utiliser la méthode I pour les situations simples, et la méthode II est destinée à des situations compliquées. Les méthodes comprennent chacune un certain nombre de méthodes de mesure et de calcul distinctes.

Pour chaque catégorie le manuel donne un aperçu champ d'application des méthodes.

Chaque catégorie de méthodes, ainsi que la première partie du manuel, peuvent être utilisées séparément.

La partie D comprend des exemples de calcul le bruit et des explications.

MODULE A ALGEMEEN GEDEELTE

1 Inleiding 15

- 1.1 Doel Handleiding
- 1.2 Uitgangspunten
- 1.3 Structuur van de Handleiding

2 Beoordeling van geluid 18

- 2.1 Algemeen
- 2.2 Beoordelingsgrootheden
 - 2.2.1 Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$
 - 2.2.2 Etmaalwaarde L_{etmaal}
 - 2.2.3 Geluidsbelasting B_i
 - 2.2.4 Maximaal geluidsniveau L_{Amax}
- 2.3 Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)
- 2.4 Vergunningverlening
- 2.5 Zonering/zonebeheer
 - 2.5.1 Geluidsbelasting vanwege een industrieterrein
 - 2.5.2 Geluidsbelasting van geluidsgevoelige objecten in de zone

3 Criteria voor toepassing van methode I en II 24

- 3.1 Kenmerken van methode I en II
- 3.2 Gebruik van methode I
 - 3.2.1 Toepassingsgebied
 - 3.2.2 Vereist kennisniveau
- 3.3 Gebruik van methode II
 - 3.3.1 Toepassingsgebied
 - 3.3.2 Vereist kennisniveau

4 Immissiemetingen versus immissieberekeningen 28

- 4.1 Algemeen
- 4.2 Meten van geluidsimmissie
 - 4.2.1 Metingen op een beoordelingspunt
 - 4.2.2 Metingen op een referentiepunt
- 4.3 Berekenen van de geluidsimmissie uit emissiegegevens
 - 4.3.1 Geluidsemissiemeetmethoden
 - 4.3.2 Bepalen van de geluidsoverdracht

5 Reproduceerbaarheid en representativiteit 33

- 5.1 Reproduceerbaarheid
- 5.2 Representatieve bedrijfssituatie
- 5.3 Representatieve geluidsoverdracht
- 5.4 Nauwkeurigheid van de methoden I en II
 - 5.4.1 Vereiste meetnauwkeurigheid
 - 5.4.2 Verwaarlozingscriterium
 - 5.4.3 Interpolatievoorschriften
 - 5.4.4 Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen
 - 5.4.5 Afrondingen

6 Aspecten bij de uitvoering van metingen 40

- 6.1 Algemeen
- 6.2 Stoorgeluid
 - 6.2.1 Algemeen
 - 6.2.2 Vermijden van stoorgeluid
 - 6.2.3 Stoorgeluidscorrectie
- 6.3 Weersomstandigheden en meteoraam
- 6.4 Typen geluid
- 6.5 Meting maximale geluidsniveaus
- 6.6 Meting binnengeluidsniveaus

7 Aspecten bij de beoordeling 46

7.1 Algemeen

7.2 Begrippen

7.2.1 Tijdsperioden

7.2.2 Geometrische parameters

7.2.3 Bodemtypen en bodemgebieden

7.2.4 Immissierelevante bronsterkte L_{WR}

7.3 Bepaling beoordelingsgrootheden

7.3.1 Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

7.3.2 Toeslag voor bijzondere geluiden K_x

7.3.3 Bepaling beoordelingsniveau L_{etmaal}

7.3.4 Rekenschema

7.3.5 Bepaling maximale geluidsniveau L_{Amax}

7.3.6 Bepaling binnengeluidsniveaus

7.3.6.1 Binnengeluidsniveaus ten gevolge van niet-aanliggende inrichtingen

7.3.6.2 Binnengeluidsniveaus ten gevolge van aanliggende inrichtingen

Literatuurlijst 58

1 Inleiding

1.1 Doel Handleiding

Het doel van de Handleiding meten en rekenen Industrielawaai (Handleiding) is voorschriften, suggesties en randvoorwaarden te geven voor de toe te passen meet- en rekenmethode voor het geluid afkomstig van inrichtingen, teneinde de beoordelingsgrootheden vast te stellen.

De Handleiding omschrijft de te volgen technische procedures bij akoestische onderzoeken in het kader van bijvoorbeeld:

- vergunningverlening aan bedrijven en recreatieve activiteiten waarvoor een vergunning krachtens de Wet milieubeheer (Wm) of gemeentelijke verordeningen vereist is;
- verplichtingen voortvloeiend uit een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) ex artikel 8.40 Wm;
- zonering/zonebeheer in het kader van de Wet geluidhinder (Wgh).

Afhankelijk van het doel worden eisen gesteld aan de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van de resultaten en dus aan de verfijningsgraad van de toe te passen methoden. Ook de specifieke situatie is van belang: het geluidsniveau nabij een enkelvoudige bron is doorgaans eenvoudiger te bepalen dan dat van een complexe industrie op grote afstand.

Deze Handleiding geeft twee standaardmeet- en rekenmethoden die in het overgrote deel van de gevallen kunnen worden toegepast. Methode I voldoet in eenvoudige situaties, waarvoor de randvoorwaarden geformuleerd zijn. Voor complexe situaties is methode II opgesteld, die richtlijnen bevat voor geluidsdeskundigen. In hoofdstuk 3 wordt nader ingegaan op de toepassingsmogelijkheden van beide methoden.

Situaties die niet door de beschreven methoden kunnen worden ondervangen, dienen op basis van deskundigheid te worden behandeld.

1.2 Uitgangspunten

Voor het gebruik van de Handleiding zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- De Handleiding richt zich op meet- en rekenprocedures om de geluidsimmissieniveaus in de omgeving van inrichtingen te bepalen. Beleidsmatige aspecten, alsmede de akoestische beschrijving van een gebied en de bepaling van het referentieniveau van het omgevingsgeluid blijven buiten het kader van de Handleiding. Voor beleidsmatige aspecten wordt verwezen naar de Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening [A.1] en voor de bepaling van het referentieniveau van omgevingsgeluid naar ICG-rapport IL-HR-15-01 [A.2].
- De gedetailleerdheid van het akoestisch onderzoek en de daarbij toe te passen reken- en meetmethoden moeten in relatie staan met o.a. de aard van de geluidssituatie en de kosten van maatregelen.
- De meet- en rekenmethoden I en II worden, voorzover relevant voor het doel van de Handleiding, volledig beschreven. Achtergrondinformatie en wetenschappelijke onderbouwing kunnen worden verkregen uit rapporten van de Interdepartementale Commissie Geluidhinder (ICG), akoestische handboeken of andere wetenschappelijke publicaties; zie hiertoe ook de literatuurlijst.
- De Handleiding beoogt geen leerboek te zijn waarin de grondbeginselen van de akoestiek worden uiteengezet.
- De Handleiding geeft de beperkingen van de beschreven methoden aan, alsmede de aandachtspunten bij de toepassing ervan.
- De Handleiding wijkt in analogie met de Handleiding-1981 niet onnodig af van internationaal gebruikelijke methoden. Dit geldt met name voor ISO-standaards, VDI-bladen en DIN-normen.

1.3 Structuur van de Handleiding

De structuur van de Handleiding is af te lezen uit tabel A.1.1.

Module A bevat een algemeen gedeelte. De gehanteerde begrippen en symbolen worden hierin toegelicht. Achtergrondinformatie wordt gegeven over de wijze waarop de beoordelingsgrootheden moeten worden vastgesteld. Bovendien zijn in module A de toepassingsgebieden omschreven van de methoden I en II.

In module B en C worden voor respectievelijk methode I en methode II de toepassingsgebieden van de methoden en de gehanteerde begrippen en symbolen beknopt herhaald. Hiervoor is gekozen opdat de desbetreffende module onafhankelijk van de andere kan worden gebruikt. De gebruiker van methode I hoeft dus niet op de hoogte te zijn van de terminologie die bij methode II wordt gebruikt.

In beide modules worden na de inleiding zowel immissiemethoden als emissiemethoden met een overdrachtsmodel beschreven. Methode I is bedoeld voor eenvoudige situaties en methode II voor complexere situaties.

In module D zijn definities, begrippen en een aantal toelichtingen (isolatiewaarden, windkracht) en toepassingsvoorbeelden opgenomen. Tevens zijn in deze module de belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de voorgaande Handleiding-1981 samengevat.

Tenslotte is in module D een lijst met trefwoorden opgenomen.

Module A	Algemeen gedeelte	
Module B	Methode I voor eenvoudige situaties	
–Hoofdstuk 3	Immissiemetingen op beoordelings- en referentiepunten	Methode I.1
–Hoofdstuk 4	Bronsterktebepaling en vereenvoudigde overdrachtsberekening	
–	geconcentreerde bronmethode	Methode I.2
–	aangepast meetvlakmethode	Methode I.3
Module C	Methode II voor complexe situaties	
–Hoofdstuk 3	Immissiemetingen	Methode II.1
–Hoofdstuk 4	Bronsterktebepaling:	
	– geconcentreerde bronmethode	Methode II.2
	– aangepast meetvlakmethode	Methode II.3
	– rondommethode	Methode II.4
	– intensiteitsmetingen	Methode II.5
	– snelheidsmetingen	Methode II.6
	– bepaling geluidsuitstraling gebouwen	Methode II.7
–Hoofdstuk 5	Overdrachtsmodel	Methode II.8
–Hoofdstuk 6	Substitutiemethode	Methode II.9
–Hoofdstuk 7	Hybride methode	Methode II.10
Module D	Definities, begrippen, toelichtingen, voorbeelden bij methode I, trefwoordenregister	

TABEL A.1.1 *Structuur Handleiding met diverse methoden*

2 Beoordeling van geluid

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden allereerst de grootheden beschreven die van belang zijn voor de beoordeling van het geluid ten gevolge van inrichtingen in het kader van vergunningverlening en zonering.

Vervolgens worden aanwijzingen en uitgangspunten gegeven die van belang zijn voor de beoordeling van geluid voor vergunningverlening en zonering. Bij vergunningverlening worden in het algemeen eisen gesteld aan het equivalente geluidsniveau $L_{A_{r,LT}}$ en het maximale geluidsniveau $L_{A_{max}}$. Bij zonering speelt alleen de geluidsbelasting B_i een rol.

2.2 Beoordelingsgrootheden

2.2.1 Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{A_{r,LT}}$

In deze Handleiding wordt als beoordelingsgrootte het zogenaamde 'langtijdgemiddeld beoordelingsniveau' $L_{A_{r,LT}}$ in dB(A) gehanteerd; deze grootte wordt bepaald per etmaalperiode (dag, avond en nacht). De beoordelingsgrootte is gebaseerd op het equivalente geluidsniveau $L_{A_{eq,T}}$ waarbij tevens rekening gehouden wordt met de afzonderlijke geluidsbijdragen tijdens de verschillende bedrijfstoestanden van de inrichting, alsmede met het karakter van het geluid (impulsachtig, tonaal, muziek) en variaties van het immissieniveau als gevolg van verschillende weersomstandigheden (meteocorrectie).

In algemene zin wordt het equivalente geluidsniveau $L_{A_{eq,T}}$ in dB(A) over een tijdvak T van t_1 tot t_2 als volgt bepaald:

$$L_{A_{eq,T}} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right) \quad (2.1)$$

met T = $t_2 - t_1$
 $p_A(t)$ = de A-gewogen momentane geluidsdruk
 p_0 = referentiedruk van 20 μ Pa

Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{A_{r,LT}}$ over een beoordelingsperiode op een immissiepunt kan worden bepaald met behulp van metingen en/of berekeningen. De verschillende stappen, die hierbij dienen te worden doorlopen, worden toegelicht in paragraaf 7.2.

2.2.2 Etmaalwaarde L_{etmaal}

De etmaalwaarde L_{etmaal} van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{A_{r,LT}}$ in dB(A) met betrekking tot een inrichting of een industrieterrein is het hoogste van de volgende drie niveaus:

- L_{dag} (= $L_{A_{r,LT}}$); dag: 07.00-19.00 uur
- L_{avond} (= $L_{A_{r,LT}}$) + 5 dB; avond: 19.00-23.00 uur
- L_{nacht} (= $L_{A_{r,LT}}$) + 10 dB; nacht: 23.00-07.00 uur

2.2.3 Geluidsbelasting B_i

Voor de zonering in het kader van de Wet geluidhinder speelt het begrip 'geluidsbelasting vanwege een industrieterrein' een belangrijke rol.

Deze geluidsbelasting B_i is de etmaalwaarde van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau in dB(A) op een bepaalde plaats afkomstig van een bepaalde bron of combinatie van bronnen. Dit wordt in paragraaf 2.5.1 nader omschreven.

In essentie is er geen verschil tussen de etmaalwaarde L_{etmaal} en de geluidsbelasting B_i .

2.2.4 Maximaal geluidsniveau $L_{A_{max}}$

De beoordeling van geluiden die kortstondig optreden vindt veelal plaats aan de hand van $L_{A_{max}}$. Het maximale A-gewogen geluidsniveau $L_{A_{max}}$ is gebaseerd op de hoogste aflezing in de meterstand 'fast'; op deze afgelezen waarde wordt de meteocorrectieterm C_m (zie paragraaf 7.2.1) toegepast. De meterstand 'fast' komt overeen met een tijdconstante van 125 ms.

2.3 Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)

Bij het verlenen van vergunningen en handhaving van geluidsvoorschriften moet rekening worden gehouden met bijzondere geluiden die vanwege hun karakter als extra hinderlijk worden beschouwd. Het betreft tonaal geluid, geluid met een impulsachtig karakter en muziekgeluid. Als criterium geldt dat het bijzondere karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Als er bij een bedrijfstoestand sprake is van deze bijzondere geluiden, wordt een toeslag op het bij deze bedrijfstoestand gemeten (of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau gehanteerd. Bij een combinatie van tonaal, impulsachtig geluid wordt die toeslag maar één keer toegepast.

De toeslag heeft dus betrekking op het gemeten (of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege een bedrijfstoestand van *de gehele inrichting*. De toeslag wordt dus nadrukkelijk niet uitsluitend toegepast op de deelbijdrage van die *geluidsbron*, die de aanleiding vormt voor het hanteren van de toeslag.

Bij inrichtingen op een gezoneerd industrieterrein is extra aandacht vereist voor het toepassen van de toeslag. Met het eventueel tonale of impulsachtige karakter van het geluid behoeft bij de zonering geen rekening te worden gehouden. Bij vergunningverlening aan bedrijven op het gezoneerde industrieterrein is deze toeslag wel van toepassing. Het bevoegd gezag dient voor een zorgvuldige afstemming van zonering en vergunning zorg te dragen.

De onderhavige problematiek treedt bijvoorbeeld op bij een solitair opgesteld transformatorstation dat én zoneringsplichtig is én woningen binnen of op de zone heeft. Bij de vaststelling van de geluidsbelasting bij woningen ten behoeve van toetsing aan grenswaarden wordt wel een toeslag toegepast. Bij de vaststelling van de ligging van de zonegrens wordt echter geen toeslag toegepast.

In het onderstaande is een nadere toelichting gegeven over bijzondere geluiden. In module D, voorbeeld 2, zijn enige rekenvoorbeelden gegeven over de bepaling van een beoordelingsgrootte in een situatie inclusief bijzondere geluiden.

Tonaal geluid

Als criterium geldt dat het tonale karakter van het geluid duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van tonaal geluid als de geluidsbelasting op het beoordelingspunt wordt bepaald door bijvoorbeeld jankende tandwielkasten, brommende transformatoren, gierende ventilatoren, modelvliegtuigen en bepaalde trilapparatuur (betonindustrie). Herkenbaarheid van een specifieke geluidsbron hoeft geen aanwijzing te zijn van tonaliteit.

In geval van geluid met een tonaal karakter dient er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de gehele inrichting een toeslag van 5 dB in rekening te worden gebracht. De toeslag wordt alleen toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van tonaal geluid.

In sommige gevallen kan een (smalbandige) spectrale analyse de aanwezigheid van een zuivere toon aantonen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van 'pieken' in het spectrum. De aanwezigheid van dergelijke 'pieken' kan het waargenomen tonale karakter bevestigen; het is echter niet altijd een 'bewijs' voor tonaal karakter. Het is namelijk mogelijk dat deze pieken in het spectrum ruim onder het equivalente geluidsimmissieniveau in dB(A) liggen, en door de maskering vanwege (breedbandig) geluid in het overige frequentiegebied het geluidsimmissieniveau geen tonaal karakter geven. Een tertsbandanalyse geeft in de regel onvoldoende informatie.

Impulsachtig geluid

Bij impulsachtig geluid komen in het geluidsbeeld geluidsstoten voor die minder dan 1 seconde duren en een zekere repetitie kennen. Een bijzondere vorm is impulsachtig geluid met een continu (soms periodiek) karakter; zie ook paragraaf 6.4.

Als criterium geldt dat het impulsachtig karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van impulsachtig geluid als de geluidsbelasting bij de ontvanger wordt bepaald door bijvoorbeeld geluid uit een constructiewerkplaats ten gevolge van hameren of bikken gedurende een zekere periode, het geluid van een stansmachine (continu en periodiek) of door blaffende honden.

In geval van impulsachtig geluid dient er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de gehele inrichting een toeslag van 5 dB in rekening te worden gebracht. De

toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van impulsachtig geluid.

Voor een bijzondere vorm van impulsachtig geluid, het schietgeluid, wordt ten aanzien van inventarisatie en beoordeling verwezen naar de (ministeriële) Circulaire Schietlawaaier [A.3]. Schietgeluid valt buiten het kader van deze handleiding.

Muziekgeluid

Als criterium voor het toekennen van een toeslag voor muziekgeluid geldt dat het muziekkarakter duidelijk hoorbaar moet zijn op het beoordelingspunt.

Als er sprake is van muziekgeluid dient op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de gehele inrichting een toeslag van 10 dB in rekening te worden gebracht. De toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van muziekgeluid. Indien een toeslag voor muziekgeluid wordt gehanteerd, vervallen eventuele toeslagen voor tonale of impulsachtige geluiden.

Laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid is geluid met frequenties beneden circa 100 Hz, waardoor het zich sterk van gewoon hoorbaar geluid onderscheidt. Tot op heden heeft dit evenwel niet geleid tot het op gestandaardiseerde wijze toepassen van een toeslag. Om die reden wordt hieraan in dit kader geen bijzondere aandacht besteed.

Laagfrequent geluid kan worden gemeten, doch vergt praktijkervaring en geschikte meetapparatuur. In de norm ISO-7196 'Frequency-weighting characteristics for infrasound measurement' [A.4] is hiervoor een handreiking opgenomen.

Tevens kan in dit kader verwezen worden naar de richtlijn laagfrequent geluid [A.5] van de Nederlandse Stichting Geluidhinder.

2.4 Vergunningverlening

De beoordeling van het geluid afkomstig van inrichtingen die vergunningplichtig zijn in het kader van de Wet milieubeheer, vindt plaats voor elk van de drie beoordelingsperioden van het etmaal (dag, avond en nacht). Het uitgangspunt hierbij is het invallend geluidsniveau.

De geluidsimmissieniveaus dienen door metingen en/of berekeningen nabij de ontvanger te worden vastgesteld op de plaats en de hoogte waar hinder wordt of kan worden ondervonden, met dien verstande dat de beoordelingshoogte minimaal 1,5 m bedraagt. In de vergunning kunnen controlepunten worden omschreven, waarbij het aanbeveling verdient concrete posities te hanteren (bijvoorbeeld straat + huisnummer en beoordelingshoogte).

Bij metingen en/of berekeningen dienen variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) te worden verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm. Indien het geluid nabij de ontvanger een tonaal en/of impulsachtig karakter bezit, wordt een toeslag toegepast op het langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau vanwege de inrichting van 5 dB voor de duur van de geluidsimmissie met het specifieke karakter. Voor muziekgeluiden bedraagt deze toeslag 10 dB; zie ook paragraaf 2.3.

Maximale geluidsniveaus, ook wel piekniveaus genoemd, worden beoordeeld aan de hand van L_{Amax} . Bij metingen en/of berekeningen dienen variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) te worden verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm.

Naast voorschriften voor een normale, representatieve bedrijfssituatie kan het bevoegd gezag besluiten in de vergunning nog aparte voorschriften op te nemen voor uitzonderlijke situaties die incidenteel voorkomen.

Bij vergunningverlening aan inrichtingen op zoneringsplichtige industrieterreinen zal bij de opstelling van de vergunningvoorschriften rekening moeten worden gehouden met:

- de ligging van de zonegrens;
- de geluidsgevoelige objecten binnen de zone waarvoor een maximaal toelaatbare geluidsbelasting van de gevel is vastgesteld;
- toeslagen voor tonaal, impulsachtig of muziekgeluid.

Het is gewenst de beoordelingshoogte voor zonering en vergunningverlening op elkaar af te stemmen, bij voorkeur 5 m boven het plaatselijk maaiveld.

Voor bepaalde typen inrichtingen kunnen andere beoordelingsgrootheden van belang zijn. Een voorbeeld hiervan is het lawaai afkomstig van schietinrichtingen.

2.5 Zonering/zonebeheer

2.5.1 Geluidsbelasting vanwege een industrieterrein

Voor zonering in het kader van de Wet geluidhinder is de in deze wet gedefinieerde 'geluidsbelasting vanwege het industrieterrein' B_i maatgevend. Deze wordt in artikel 1 van deze wet gedefinieerd als: 'de etmaalwaarde van het equivalente geluidsniveau in dB(A) op een bepaalde plaats, veroorzaakt door de gezamenlijke inrichtingen en toestellen aanwezig op het industrieterrein, daaronder niet begrepen het geluid van motorvoertuigen op de openbare weg'. Bij bepaling van de geluidsbelasting gelden de volgende aandachtspunten:

- de geluidsimmissie heeft betrekking op de equivalente geluidsniveaus over de desbetreffende dag-, avond- en nachtperiode;
- de variaties in de geluidsoverdracht als gevolg van wisselende weersomstandigheden worden gemiddeld. Hieraan wordt voldaan door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm;
- van belang is het invallend geluidsniveau; de bijdrage van reflecties tegen een direct achter het immissiepunt gelegen gevel wordt dus buiten beschouwing gelaten. Indien dit soort reflecties een bijdrage leveren, wordt hiervoor gecorrigeerd;
- de beoordelingshoogte bedraagt 5 m boven het plaatselijk maaiveld.

De zone omvat het gehele gebied (exclusief het industrieterrein zelf) waarbinnen vanwege het industrieterrein een geluidsbelasting heerst of mag heersen van 50 dB(A) of meer. Hierbij blijven buiten beschouwing:

- incidentele verhogingen van het geluidsniveau ten gevolge van bedrijfscalamiteiten. In het algemeen kunnen regelmatig terugkerende bedrijfsstoringen hiertoe niet worden gerekend. Of een verhoging moet worden beschouwd als een gevolg van een calamiteit, dan wel valt binnen de spreiding van normaal voorkomende bedrijfssituaties is ter beoordeling aan de vergunningverlenende instantie;
- incidentele verhogingen ten gevolge van uitzonderlijke bedrijfssituaties. De omvang van de maximaal toelaatbare verhoging alsmede de bedrijfssituaties en de bronnen waardoor deze verhoging wordt veroorzaakt, dienen apart in de vergunning te worden vermeld. Ter voorkoming van hinder dienen incidentele verhogingen zoveel mogelijk te worden vermeden.

In de Handreiking industrielawaai en vergunningverlening wordt inhoudelijk ingegaan op het begrip incidentele of uitzonderlijke bedrijfssituatie.

De bestaande industrieterreinen, waarop artikel 53 van de Wet geluidhinder betrekking heeft en waarvoor een zoneplicht geldt, zijn van een geluidszone voorzien. Voor nieuwe situaties kan de verplichting voor zonevaststelling voortvloeien uit artikel 41 van de Wet geluidhinder.

2.5.2 Geluidsbelasting van geluidsgevoelige objecten in de zone

Voor geluidsgevoelige objecten, die binnen een geluidszone liggen, dient de maximaal toelaatbare geluidbelasting (MTG) van de gevel te worden vastgesteld. Hiervoor gelden dezelfde uitgangspunten als voor de 'geluidsbelasting vanwege een industrieterrein', behalve ten aanzien van de beoordelingshoogte. De geluidsbelasting van de gevel wordt bepaald op de hoogst geluidsbelaste positie van de gevel. Een beoordelingshoogte van 5 m heeft de voorkeur. Indien echter redelijkerwijs moet worden verwacht dat op een andere hoogte voor de gevel de geluidsbelasting aanmerkelijk hoger is (bijvoorbeeld in geval van afschermende objecten tussen bron en ontvanger) is de geluidsbelasting op die hoogte maatgevend. Indien de hoogste positie van de gevel van het geluidsgevoelig object op een lagere hoogte ligt dan 5 m, kan dienovereenkomstig een lagere beoordelingshoogte worden aangehouden. De meteocorrectieterm wordt betrokken op de gehanteerde beoordelingshoogte.

3 Criteria voor toepassing van methode I en II

3.1 Kenmerken van methode I en II

De keuze voor het toepassen van methode I of methode II berust vooral op het toepassingsgebied. Dit toepassingsgebied wordt in paragraaf 3.2.1 en 3.3.1 toegelicht. De methoden stellen wel verschillende eisen aan de deskundigheid van de gebruiker.

Het vereiste kennis- en ervaringsniveau wordt behandeld in paragraaf 3.2.2 en 3.3.2.

Als uitgangspunt geldt dat binnen het toepassingsgebied van methode I een gelijkwaardig resultaat wordt bereikt als met methode II.

In tabel A.3.1 zijn samenvattend de kenmerken gegeven van de beide meet- en rekenmethoden.

3.2 Gebruik van methode I

3.2.1 Toepassingsgebied

Methode I kan worden toegepast voor inrichtingen waar voor de beoordeling van de geluidssituatie een eenduidige representatieve bedrijfssituatie kan worden gedefinieerd. Tevens dient, voorzover van toepassing, de representatieve bedrijfssituatie op ondubbelzinnige wijze te kunnen worden onderverdeeld in representatieve bedrijfstoestanden die voor het verrichten van metingen en berekeningen relevant zijn. Beide beschrijvingen moeten op een zodanige wijze worden opgesteld dat de beoordelingsgrootheden hieruit controleerbaar kunnen worden vastgesteld.

Methode I is bedoeld voor:

- immissiemetingen bij vergunningverlening en bij controle van Wm-inrichtingen;
- handhaving en onderbouwing van een nadere eis bij inrichtingen die vallen onder een AMvB;
- indicatief onderzoek naar de inpasbaarheid binnen de zonegrens van nieuwe inrichtingen of verandering van bestaande inrichtingen op het gezoneerde industrieterrein, dat wil zeggen globale bepaling van het al dan niet overschrijden van de bij de zonegrens behorende geluidsbelasting van 50 dB(A)-etmaalwaarde;
- emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties bij Wm-inrichtingen. Dit kan noodzakelijk zijn in situaties waar dusdanig hoge stoorgeluidsniveaus op het beoordelingspunt optreden dat immissiemetingen aldaar niet mogelijk zijn.

Methode I kan worden toegepast op:

- de gehele inrichting;
- een deel van de inrichting (mits dit deel meettechnisch te scheiden is van de rest van de inrichting), bijvoorbeeld in het kader van een veranderingsvergunning;
- een bepaalde geluidsbron of installatie, bijvoorbeeld ter controle van ontwerpspecificaties of leveranciergaranties.

De immissiemeetmethode van methode I is toepasbaar voor bron-ontvangerafstanden tot circa 150 m. Voor overdrachtsberekeningen kan de methode worden toegepast voor afstanden tussen bron en ontvanger tot 500 m mits rekening wordt gehouden met een afnemende nauwkeurigheid bij toenemende afstand tot de geluidsbron c.q. inrichting.

Equivalente geluidsniveaus en maximale geluidsniveaus kunnen uitsluitend in dB(A) worden bepaald.

De randvoorwaarden van de submethoden worden bij de verschillende hoofdstukken specifiek vermeld.

3.2.2 Vereist kennisniveau

Van de gebruikers wordt kennis van akoestische begrippen, meettechnieken, theorie op MBO-niveau en enige ervaring verwacht. Met name moeten zij kennis hebben van de gevolgen van de keuze van de meetlocatie op de geluidsmetingen en moeten zij de invloed van stoorgeluid en van de bedrijfsvoering op de uitkomsten van metingen en berekeningen (vaststelling representatieve bedrijfssituaties) kunnen beoordelen en inschatten. Tevens moeten zij gevoel ontwikkeld hebben voor de invloed van meteorologische omstandigheden op de metingen (meteoraambeoordeling en invloed van stoorgeluid door weersinvloeden). Enige praktijkervaring onder deskundige begeleiding wordt als voorwaarde gesteld om de meet- en beoordelingsmethodiek op de juiste wijze te kunnen toepassen. Dit geldt in het bijzonder ook voor het uitvoeren van emissiemetingen in combinatie met overdrachtsberekeningen, teneinde de geluidsbelasting te bepalen. Bij de laatstgenoemde systematiek (overdrachtsmodel) is het van belang te

kunnen bepalen in hoeverre een situatie met methode I kan worden uitgevoerd of dat methode II dient te worden toegepast.

3.3 Gebruik van methode II

3.3.1 Toepassingsgebied

In die situaties waarin men methode I niet mag of kan toepassen, dient methode II te worden gebruikt. De submethoden van methode II kennen geen algemene beperkingen met betrekking tot afstand, beoordelingshoogte, omvang van de inrichting en spectrale inhoud van het geluid. De desbetreffende randvoorwaarden worden specifiek bij iedere submethode gegeven.

Methode II geldt in principe voor immissiemetingen bij afzonderlijke of combinaties van inrichtingen met sterk wisselende bedrijfstoestanden gedurende het etmaal of delen daarvan. Ook bij situaties waar sprake is van veel bronnen en objecten wordt methode II gebruikt. Het vaststellen van geluidscontouren, bijvoorbeeld ten behoeve van zonering uit hoofdstuk V Wgh alsmede zonebeheer, dient met methode II te worden uitgevoerd. Het bepalen van bronsterkten met specifieke, uitgebreide meetexercities en/of meetapparatuur behoort eveneens tot methode II.

3.3.2 Vereist kennisniveau

Van de gebruikers van methode II wordt een gedegen kennis van akoestische begrippen, meettechnieken en theorie geëist, bijvoorbeeld blijkend uit het met goed resultaat hebben doorlopen van een cursus akoestiek op HBO-niveau alsmede een adequate praktijkervaring en bekendheid met akoestische vakliteratuur.

Ook is enige kennis van het productieproces en de werkcycli van de bron vereist, teneinde de representatieve bedrijfstoestanden en -perioden duidelijk te kunnen vaststellen. Het zelfstandig toepassen van de methode vergt gedegen ervaring, opgedaan door samenwerking met ervaren deskundigen.

Aspect		Methode I	Methode II
Algemene aspecten	Toepassing	Immissiemetingen ($r_i < 150$ m) bij vergunningverlening en controle bij Wm-inrichtingen – Controle en nadere eisen AMvB-inrichtingen – Indicatief vaststellen inpasbaarheid binnen zonegrens – Emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties bij Wm-inrichtingen	– Emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in complexe situaties bij Wm-inrichtingen – Vergunningverlening en handhaving van inrichtingen ex artikel 2.4 van het Ivb – Zonering en sanering – Immissiemetingen bij vergunningverlening en controle bij Wm-inrichtingen
	Kennisniveau gebruiker	Kennis van en ervaring met akoestische metingen en begrippen; theorie op MBO-niveau	Ruime kennis van en ervaring met de specialistische meettechnieken, kennis van de theoretische achtergronden, bekend met akoestische vakliteratuur; theorie op HBO-niveau
	Stijl van het voorschrift	In principe eenduidige interpretatie, receptmatig	Geeft de randvoorwaarden aan waaraan de gebruikers zich moeten houden, veel keuzevrijheid, maar keuze moet kort en deskundig gemotiveerd worden

Aspect		Methode I	Methode II
Akoestische aspecten	Type geluid	Alle typen	Alle typen
	Spectrale gedetailleerdheid	Geen (alleen dB(A)-waarden)	Bij voorkeur in octaafbanden, desgewenst in smallere frequentiebanden
	Stoorgeluid	Correctie mogelijk, mits op eenvoudige wijze uitvoerbaar	Naast correctie ook gebruik van speciale apparatuur voor onderdrukking van stoorgeluidbijdrage
	Meteoraam/meteocorrectie	Ja	Ja, ook mogelijkheid om buiten het meteoraam te meten door verrichten van veel metingen
	Apparatuur/outilage	Geluidsniveaumeter IEC 651 type 1 met A-filter, integrerende apparatuur, rekenfaciliteiten, bandopnamen	Als bij methode I, eventueel aangevuld met: smalle band-analyse, trillingmeters, richtinggevoelige microfoons, FFT, intensiteitsmeetapparatuur, correlatiemethoden, antennetechnieken
Immissie	Immissiemeting-	In dB(A) Minimum aantal metingen energetisch gemiddelde	Als methode I in dB(A), ook in octaafbanden desgewenst in smallere banden
	Extrapolatiemethode	Dampingsterm voor geometrische uitbreiding, luchtdemping en bodemverzwakking in dB(A)	Correctieterm met alle relevante termen uit het overdrachtsmodel
Emissie	Geconcentreerde bronnen	Ja, binnen randvoorwaarden	Ja, binnen randvoorwaarden
	Random-methode	Nee	Toepasbaar onder bepaalde randvoorwaarden aan richtingsafhankelijkheid en terreinoppervlak
	Aangepast meetvlak	Ja, binnen randvoorwaarden	Ja
	Andere methoden	Nee	Geeft randvoorwaarden en aanwijzingen omtrent specialistische emissiemethoden. Specifiek o.a.: - de mogelijkheid geluidsoverdracht door gebouwwanden te berekenen - snelheidsmetingen op vlakken - intensiteitsmetingen

Aspect		Methode I	Methode II
Overdracht	Overdrachtsmodel	Geometrische uitbreiding, luchtdemping, eenvoudige reflecties, maximaal één scherm met eenvoudige geometrie en maximum verzwakking 5 dB (indicatief en conservatief), bodemverzwakking	Geometrische uitbreiding, luchtdemping, reflecties, afscherming (meer schermen, maximum 20 dB verzwakking per scherm), vegetatie, afscherming op fabrieksterrein, bodemverzwakking
	Metten van overdracht	Nee	Ja (substitutiemethode)
	Hybride methoden	Nee	Door vergelijking van meet- en berekeningsresultaten kunnen deskundigen de lokale situatie beter in rekening brengen dan dit op grond van een algemeen overdrachtsmodel kan geschieden

TABEL A.3.1 *Kenmerken van methode I en II*

4 Immissiemetingen versus immissieberekeningen

4.1 Algemeen

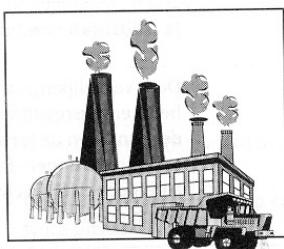
In de meet- en rekenmethoden wordt een onderscheid gemaakt tussen (zie figuur A.4.1):

- de geluidsproductie van de geluidsbron (emissie);
- de geluidsoverdracht van de bron naar de ontvanger (overdracht);
- het geluid dat de ontvanger bereikt (immissie).

De Handleiding verschaft de technische procedures voor de vaststelling van de geluidsimmissie veroorzaakt door (delen van) inrichtingen. De methoden om de geluidsimmissie te bepalen zijn onder te verdelen in drie groepen:

- direct meten van de geluidsimmissie (zie paragraaf 4.2.1);
- extra- en/of interpolatie van metingen nabij het immissiepunt met behulp van rekencorrecties (zie paragraaf 4.2.2);
- berekening van de geluidsimmissie met behulp van een overdrachtsmodel uit gemeten of op andere wijze verkregen emissieniveaus (zie paragraaf 4.3).

Emissie



- Emissiemethoden
- Kengetallen

overdracht

Immissie



- Directe meting
- Berekening uit emissie

FIGUUR A.4.1 *De elementen bij de meet- en rekenmethoden*

4.2 Meten van geluidsimmissie

4.2.1 Metingen op een beoordelingspunt

Bij een bestaande industrie wordt in principe de voorkeur gegeven aan een directe meting van de geluidsimmissie. In de praktijk belemmeren de volgende factoren het uitspreken van een algemene voorkeur voor het direct meten van de geluidsimmissie.

Representativiteit

Omwille van de vereiste reproduceerbaarheid moet bij de immissiemeting gelijktijdig worden voldaan aan de volgende voorwaarden:

- de bedrijfsomstandigheden zijn representatief. Bij bedrijven met een discontinue bedrijfsvoering, zoals transportondernemingen, scheepswerven e.d. zal moeilijk aan deze voorwaarde voldaan kunnen worden. In dergelijke situaties betreft een geluidsimmissiemeting vaak slechts een momentopname, waarbij ook de relatie met de oorzakelijke geluidsbronnen moeilijk is vast te stellen;
- de geluidsoverdracht is representatief, ofwel de weersomstandigheden voldoen aan het meteoraam (zie paragraaf 5.3).

Stoorgeluid

Door de invloed van stoorgeluid, zoals verkeerslawaaï, geluid van naburige industrieën, windgeruis op de microfoon, kan een hoger geluidsniveau worden gemeten dan het immissieniveau van de te meten bron. Alleen bij sterk overheersende geluidsbronnen is een nauwkeurige immissiemeting mogelijk.

Onderverdelen van bronnen

Als de geluidsimmissieniveaus niet voldoen aan geluidsgrenswaarden, zal men voor het optimaal ontwerpen van geluidsreducerende maatregelen de bijdrage van de diverse deelbronnen willen kennen. Bij immissiemetingen is een onderverdeling vaak moeilijk te maken; emissiemetingen moeten dan uitkomst brengen.

4.2.2 Metingen op een referentiepunt

Vaak zal een extra- of interpolatiemethode worden gebruikt als op de beoordelingspunten te veel stoorgeluid aanwezig is. Het meetpunt (dan referentiepunt genoemd) dient zo te worden gekozen dat er minimale invloed is van stoorgeluiden.

Uit de gemeten niveaus op de gekozen referentiepunten kunnen de geluidsimmissieniveaus op de beoordelingspunten door het toepassen van rekencorrecties worden bepaald.

Extrapolaties worden met name toegepast bij het bepalen van de geluidsimmissie op beoordelingspunten. Deze extrapolaties mogen alleen in de richting van bron-ontvanger plaatsvinden, tenzij aangetoond wordt dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt. Boven de onnauwkeurigheden, die bij de immissiemeting optreden, komt nog de fout vanwege de rekencorrectie. In situaties zonder afscherming en reflecties zal bij extrapolatie over kleine afstanden de extra onnauwkeurigheid gering zijn. In gevallen, waarbij de situatie met betrekking tot afscherming en bodemfactoren tussen referentie- en immissiepunt verschilt, is het gebruik van de extrapolatiemethode af te raden, bijvoorbeeld als van een positie vóór de woonbebouwing naar een positie tussen de woonbebouwing wordt geëxtrapoleerd.

Interpolaties worden toegepast voor het vastleggen van bijvoorbeeld contourlijnen. De nauwkeurigheid wordt bepaald door het aantal meetpunten en de nauwkeurigheid waarmee de niveaus op de posities zijn bepaald.

4.3 Berekenen van de geluidsimmissie uit emissiegegevens

Het geluidsimmissieniveau kan worden bepaald uit een bekende bronsterkte in combinatie met een overdrachtsberekening. In bestaande situaties wordt deze methode toegepast omdat hiermee de bijdragen van afzonderlijke bronnen tot het geluidsimmissieniveau kunnen worden vastgesteld. Het voordeel van bronsterktemetingen is dat nabij de bron weersomstandigheden geen rol spelen; bovendien is daar de invloed van stoorgeluiden gering.

In geprojecteerde, dat wil zeggen nog niet bestaande situaties, is dit de enige manier om geluidsimmissieniveaus te bepalen.

4.3.1 Geluidsemissiemetethoden

Voor de geluidsemissie is alleen het geluid van belang dat door de bron in de richting van het immissiepunt wordt uitgestraald. Dit wordt aangeduid met het begrip immissierelevante bronsterkte. Waar in het vervolg in deze Handleiding gesproken wordt over bronsterkte, wordt daarmee steeds de immissierelevante bronsterkte bedoeld. Deze bronsterkte kan in volgorde van afnemende nauwkeurigheid worden bepaald uit:

- metingen in de betreffende situatie;
- metingen aan vergelijkbare installaties elders;
- karakteristieke gegevens van bepaalde typen installaties in combinatie met empirische formules;
- kengetallen die voor globale planologie worden gebruikt.

De Handleiding richt zich vooral op de eerste en, in prognose-situaties, op de tweede categorie.

De emissiemeetmethoden zijn in een vijftal submethoden onderverdeeld:

Geconcentreerde bronmethode

Er is sprake van een geconcentreerde bron als de afstand R waarop gemeten wordt, groot is ten opzichte van de grootste afmeting, d , van de bron. In de Handleiding wordt als criterium aangehouden dat $R > 1,5 d$.

Als aan deze voorwaarde is voldaan, kan uit een meting op één positie de immissierelevante bronsterkte in de richting van die positie worden bepaald.

Fouten ten gevolge van het geometrische nabijheidsveld en het akoestische nabijheidsveld spelen bij deze methode in de praktijk geen rol van betekenis.

Indien deze emissiemethode kan worden toegepast zonder dat stoorgeluiden de metingen beïnvloeden, heeft deze methode de voorkeur boven de andere emissiemeetmethoden omdat deze eenvoudig en het meest nauwkeurig is.

Aangepast meetvlakmethode

Bij deze methode worden metingen verricht op een groot aantal posities, gelegen op een omhullend meetvlak dat aangepast is aan de vorm van de geluidsbron. De afstand tot de bron bedraagt een halve tot enkele meters bij geluidsuitstralende objecten. Bij openingen kan tot in het vlak van de opening worden gemeten, tenzij relatief hoge luchtstroomsnelheden in de opening optreden, die de geluidsmeting verstoren.

Uit de grootte van het oppervlak van het aangepaste meetvlak en de gemeten niveaus kan het geluidsvermogen worden bepaald. Soms kan met behulp van aannamen op basis van het type geluidsbron een indicatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluidsuitstraling worden verkregen. Het grote voordeel van deze methode is dat in een situatie waarin de bronnen dicht bij elkaar staan de afzonderlijke bronsterkten van deelbronnen kunnen worden bepaald. Vooral bij het treffen van maatregelen zal daarom deze methode worden toegepast.

Indien toegepast op relatief grote installaties is deze methode veel bewerkelijker dan de rondommethode. Voor fouten ten gevolge van het geometrisch nabijheidsveld wordt voor een deel gecorrigeerd. Op een afstand van circa 1 meter of meer zijn de fouten ten gevolge van het akoestische nabijheidsveld veelal verwaarloosbaar.

De mogelijke invloed van stoorgeluid is bij deze metingen tot een minimum teruggebracht doch de nauwkeurigheid wordt beperkt door de onzekerheid over de richtingskarakteristiek van de bronnen.

Rondommethode (alleen methode II)

De rondommethode heeft als kenmerk dat de bronsterkte wordt afgeleid uit geluidsniveaus die op een voorgeschreven aantal posities op een voorgeschreven meetlijn rondom de bron zijn gemeten waarbij de meetpunten relatief dicht bij de bron liggen.

Met de rondommethode kan slechts een over de horizontale richtingen gemiddelde bronsterkte worden afgeleid.

Alleen met behulp van aannamen over de positie van de belangrijkste bronnen kan enige richtingsinformatie worden verkregen. In het algemeen zal echter geen informatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluidsuitstraling in het horizontale vlak beschikbaar komen. Het geluid dat naar boven wordt uitgestraald en dus geen bijdrage geeft tot de geluidsimmissie, blijft bij deze methode buiten beschouwing.

De rondommethode is derhalve geschikt voor geluidsbronnen die:

- in horizontale richting veel uitgestrekter zijn dan in verticale richting;
- zelf niet gericht uitstralen of opgesteld staan in een omgeving met veel geluidsreflecterende en -verstrooiende objecten.

Door de geometrie die bij de rondommethode is vereist, is het akoestische nabijheidsveld niet van belang. Het effect van het geometrische nabijheidsveld is in de methode verwerkt.

De nauwkeurigheid van de methode hangt sterk van de situatie af. Een voordeel van deze meetmethode is dat de onderlinge afscherming op het fabrieksterrein in de bronsterkte kan worden verwerkt.

Intensiteitsmetingen (alleen methode II)

Bij deze methode wordt met behulp van een speciale intensiteitsmeetprobe de geluidsintensiteit bepaald die door een omsloten oppervlak rond een geluidsbron stroomt. Uit het product van intensiteit en oppervlak is het geluidsvermogen van de bron te bepalen. Deze methode leent zich goed bij situaties met stoorgeluid, doch vereist bijzondere deskundigheid.

Snelheidsmetingen (alleen methode II)

Van bepaalde (delen van) constructies of machines kan het geluidsvermogen afgeleid worden uit de door snelheidsmetingen (ook wel trillingmetingen genoemd) vast te stellen snelheidsniveaus, de oppervlakte van de betreffende geluidsafstralende onderdelen en de afstraalgraad. De afstraalgraad is de verhouding tussen de trillingenergie van een object en de daardoor afgestraalde geluidsenergie. De mate van nauwkeurigheid is sterk afhankelijk van de betrouwbaarheid van de afstraalgraad.

4.3.2 Bepalen van de geluidsoverdracht

De geluidsoverdracht wordt in het algemeen door middel van berekeningen bepaald. Een overdrachtsberekening bevat elementen die altijd optreden, zoals verzwakking door geometrische uitbreiding en luchtabsorptie, en elementen die sterk van de situatie afhangen zoals bodemeffecten, afscherming, enzovoort. Bij complexe overdrachtssituaties is vooral de invloed van deze laatste elementen belangrijk maar vaak ook moeilijk te berekenen.

In een groot aantal situaties zal een voldoende nauwkeurige berekening kunnen worden uitgevoerd met het overdrachtsmodel van methode I, dat wil zeggen als de bron-ontvangerafstand klein is en geen afscherming optreedt.

Het overdrachtsmodel van methode I kan ook toegepast worden voor een eenvoudige situatie met afscherming. De rekenresultaten zijn evenwel indicatief en conservatief, en kunnen afwijken van de resultaten die met methode II gevonden zouden worden. In complexe situaties waarbij ingewikkelde en/of meervoudige afschermingen en reflecties een rol spelen, zullen de verzwakkingen met methode I niet nauwkeurig berekend kunnen worden. Het overdrachtsmodel van de specialistische methode II kan dan worden gebruikt.

De geluidsniveaus berekend met het overdrachtsmodel van methode II zijn meestal nagenoeg gelijk met de geluidsniveaus die volgen uit de berekeningen met het overdrachtsmodel van methode I, mits laatstgenoemde methode onder de gestelde randvoorwaarden wordt toegepast.

5 Reproduceerbaarheid en representativiteit

5.1 Reproduceerbaarheid

Een van de belangrijkste voorwaarden voor het uitvoeren van geluidsmetingen en -berekeningen is dat de resultaten reproduceerbaar zijn. Dit betekent dat indien de metingen of berekeningen binnen de randvoorwaarden van de methode op een willekeurig ander tijdstip en/of door anderen met andere apparatuur worden herhaald, dezelfde resultaten binnen de gestelde nauwkeurigheidsmarge worden verkregen. Aan resultaten die niet aan de randvoorwaarden voldoen kan geen waarde worden toegekend.

Ter wille van de vereiste reproduceerbaarheid dienen de omstandigheden waaronder de metingen worden verricht en/of waarop de berekeningen betrekking hebben, te worden vastgelegd. Het is hierbij belangrijk een onderscheid te maken tussen:

- representatieve bedrijfssituatie (zie paragraaf 5.2);
- representatieve geluidsoverdracht (zie paragraaf 5.3).

De bedrijfssituatie is bepalend voor de geluidsproductie. Omdat een inrichting deze bedrijfs- situatie bepaalt, kan de inrichting invloed uitoefenen op de geluidsproductie. De eventuele variaties in de geluidsproductie moeten zowel kwalitatief als kwantitatief zoveel mogelijk worden gescheiden van de variaties in de overdracht. Bij grote afstanden kunnen deze variaties in de geluidsoverdracht toevallig en grillig zijn.

In hoofdstuk 2 zijn voor het toetsen aan grenswaarden richtlijnen gegeven voor de meet- en beoordelingshoogte. In hoofdstuk 7 is de wijze toegelicht waarop de beoordelingsgrootheden herleidbaar en controleerbaar worden vastgesteld. Deze richtlijnen berusten niet op louter akoestische gronden, doch zijn mede bepaald door praktische en beleidsmatige overwegingen.

5.2 Representatieve bedrijfssituatie

Metingen aan een inrichting moeten zoveel mogelijk worden uitgevoerd bij een representatieve bedrijfssituatie, dat wil zeggen de resultaten van de meting/berekening moeten kenmerkend zijn voor de geluidssituatie over een beoordelingsperiode. Daarbij kan de representatieve bedrijfssituatie onderverdeeld zijn in verschillende doch eenduidig definieerbare bedrijfstoestanden. Bij elke meting per bedrijfstoestand hoort derhalve ook een technische omschrijving van deze bedrijfstoestand. De gedetailleerdheid van deze beschrijving wordt bepaald door het doel van de meting en de beschikbare informatie.

De beschrijving van de representatieve bedrijfssituatie en de daarbij behorende bedrijfstoestanden vormen in de praktijk vaak de zwakste schakel bij geluidsmetingen. De bedrijfstoestanden, de meetplaatsen en de meetomstandigheden vormen met de gemeten geluidsniveaus een geheel. Wordt een van deze zaken weggelaten, dan is het resultaat in het algemeen niet bruikbaar.

Bij een geluidsinventarisatie dient in het algemeen de volgende informatie verkregen te worden:

- het aantal en type afzonderlijke bronnen of brongroepen dat tijdens de meting en in de representatieve bedrijfssituatie in bedrijf is;
- de bedrijfstoestand van de bronnen of brongroepen tijdens de metingen en in de representatieve bedrijfssituatie, zoals de in werking zijnde installaties, eventueel het vermogen, het toerental, de gebruikte productiecapaciteit en dergelijke;
- geometrische afmetingen van de bronnen c.q. brongroepen en voor de geluidsimmissie relevante objecten;
- de tijd dat de bronnen of brongroepen binnen de drie beoordelingsperioden (dag, avond, nacht) in werking zijn (uitgezonderd de binnen de vergunning mogelijk optredende maximale bedrijfssituatie en calamiteiten);
- de positie en de hoogte van de individuele relevante geluidsbronnen binnen het (te meten) brongebied.

Maar ook andere voor de geluidsproductie relevante gegevens moeten worden vastgesteld, want de geluidsemmissie van een bedrijf kan soms sterk veranderen zonder dat bedrijfsparameters, zoals de gebruikte productiecapaciteit, wijzigen. In de praktijk komt het vaak voor dat de bedrijfsleider van de betrokken inrichting opgeeft dat een bedrijfstoestand onveranderd is gebleven, terwijl de geluidsimmissie toch is gewijzigd. Voorbeelden van dit soort gevallen zijn het openen en sluiten van deuren, ramen en/of daklichten van een geluidswerend gebouw waarbinnen de geluidsbronnen zijn opgesteld, of

ventilatievoorzieningen die, afhankelijk van de buitentemperatuur, worden aan- of uitgezet of waarvan het toerental is gewijzigd.

De meetperiode dient zodanig te zijn, dat het resultaat niet beïnvloed wordt door de keuze van het begin- of eindtijdstip van de metingen. De meetperiode is afhankelijk van het type geluid, zie paragraaf 6.4. Vaak zal het niet nodig zijn om gedurende de gehele beoordelingsperiode te meten. Een meting van korte duur tijdens de representatieve bedrijfstoestand kan voldoen. Blijken tijdens de beoordelingsperioden verschillende bedrijfstoestanden op te treden, dan kan het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau met behulp van enkele aanvullende berekeningen uit de metingen betreffende de verschillende bedrijfstoestanden worden bepaald.

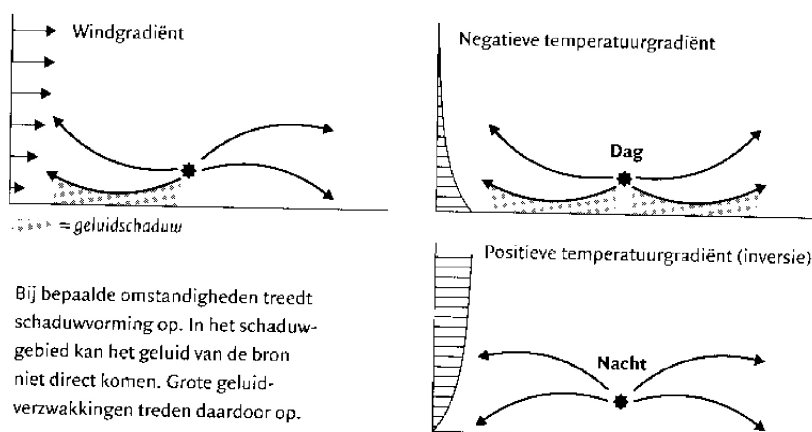
Bij zeer grote of complexe bedrijven (Hoogovens, scheepswerven) kan het voorkomen dat afzonderlijke bedrijfstoestanden niet afzonderlijk vast te leggen zijn. In deze gevallen kan meerdere malen steekproefsgewijs worden gemeten. Ook dan wordt geadviseerd zoveel mogelijk de bedrijfstoestand tijdens de metingen te beschrijven.

5.3 Representatieve geluidsoverdracht

Door meteorologische invloeden kan de geluidsoverdracht sterk variëren, met name bij afstanden groter dan 50 m. Bij meewind of sterke temperatuurinversies (positieve temperatuurgradiënt) zijn de immissieniveaus hoger dan bij tegenwind of sterk negatieve temperatuurgradiënten, waarbij zich een zogenaamde 'geluidsschaduw' kan vormen (zie figuur A.5.1). Bovendien blijkt de overdracht bij meewind en temperatuurinversie veel stabiel te zijn dan bij andere meteorologische omstandigheden.

De meteorologische omstandigheden waaronder deze goede en stabiele overdracht plaatsvindt, zijn vastgelegd in een zogenaamd 'meteoraam' (zie module B en C). Metingen op een afstand van meer dan 50 m of op een afstand $r_i > 10 (h_b + h_m)$ mogen alleen worden uitgevoerd als de weersomstandigheden aan de eisen van het meteoraam voldoen. Maar zelfs bij weersomstandigheden binnen het meteoraam zal de geluidsoverdracht nog variëren. Daarom wordt een energetische middeling over een minimum aantal metingen voorgeschreven.

Bij overdrachtsberekeningen wordt uitgegaan van een geluidsoverdracht zoals deze plaatsvindt onder meteoraamomstandigheden.



FIGUUR A.5.1 Kromming van geluidsstralen door wind- en temperatuurgradiënten

Het niveau dat bepaald is onder meteoraamomstandigheden is echter altijd hoger dan het niveau dat gemiddeld over een lange tijd (meerdere dagen) optreedt, omdat er ook meteorologische omstandigheden optreden waaronder de overdracht slecht is (bijvoorbeeld schaduwvorming).

Voor toetsing aan grenswaarden wordt uitgegaan van de meteorogemiddelde geluidsoverdracht, dat wil zeggen de gemiddelde overdracht bij het Nederlands klimaat. Dit wordt aangeduid als de representatieve geluidsoverdracht.

De meteogemiddelde geluidsniveaus (langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$) worden berekend door van de onder meteoraamomstandigheden bepaalde niveaus een zogenaamde meteocorrectieterm C_m af te trekken (zie paragraaf 7.2.1).

De meteocorrectieterm is afhankelijk van de bronhoogte h_b , de beoordelingshoogte h_o en de afstand bron-immissiepunt r_i en wordt toegepast op het A-gewogen geluidsniveau.

Een bijzonder probleem kan optreden bij immissiemetingen als van een industrieterrein gelijktijdig delen wel en delen niet aan het meteoraam voldoen. Aangeraden wordt in dat geval gebruik te maken van de in methode II omschreven emissiemeetmethoden.

5.4 Nauwkeurigheid van de methoden I en II

5.4.1 Vereiste meetnauwkeurigheid

In tabel A.5.1 zijn richtwaarden gegeven voor de nauwkeurigheid die gehanteerd moeten worden bij verschillende grootheden. Algemeen uitgangspunt is dat door onnauwkeurigheden in afstanden, geometrieën, tijdsperioden en aflezingen van geluidsmeters c.q. apparatuur die de geluidsgegevens verwerkt, in het eindresultaat geen grotere fout veroorzaakt mag worden dan 1 dB.

De grootste fouten treden met name op bij de vaststelling van de tijdsduur van een bedrijfstoestand. In hoeverre deze fouten doorwerken in het eindresultaat hangt af van de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen. De te stellen nauwkeurigheid aan de bedrijfsduur hangt dus mede af van de mate waarin een bron bepalend is voor het eindresultaat.

Grootheid	Vereiste nauwkeurigheid
afstand	5%
oppervlak	10%
tijdsperioden	10%
gemiddelde windsnelheid	30% of 1 m/s
gemiddelde windrichting	20
afleesnauwkeurigheid bij geluidsniveaubepaling	0,5 dB*
* De afleesnauwkeurigheid speelt geen rol indien gebruik wordt gemaakt van integrerende geluidsniveaumeters (L_{eq} -bepaling) met digitale aflezing.	

TABEL A.5.1 Minimale vereiste nauwkeurigheid

5.4.2 Verwaarlozingscriterium

Als algemene stelregel wordt gehanteerd dat door verwaarlozing van bijdragen tot het geluidsniveau het eindresultaat met niet meer dan 1 dB mag worden beïnvloed.

De verwaarlozing kan onder meer betrekking hebben op de volgende geluidsbijdragen:

- Deelbronnen
Als de gezamenlijke bijdrage van bepaalde deelbronnen meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze bronnen buiten beschouwing worden gelaten.
- Bepaalde frequentiebanden (alleen bij methode II)
Als de gezamenlijke bijdrage van bepaalde frequentiebanden meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze banden buiten beschouwing worden gelaten. Vaak blijkt dat de geluidsniveaus in de octaafbanden 31,5 en 8000 Hz voor de bepaling van de geluidsniveaus kunnen worden genegeerd.
- Reflecties
Als aangetoond kan worden dat de totale bijdrage via reflecties meer dan 7 dB onder het reeds bepaalde geluidsniveau ligt, mag deze worden verwaarloosd.

Men dient er evenwel op toe te zien dat door opeenstapeling van verwaarlozingen de algemene stelregel in de eerste zinsnede geen geweld wordt aangedaan.

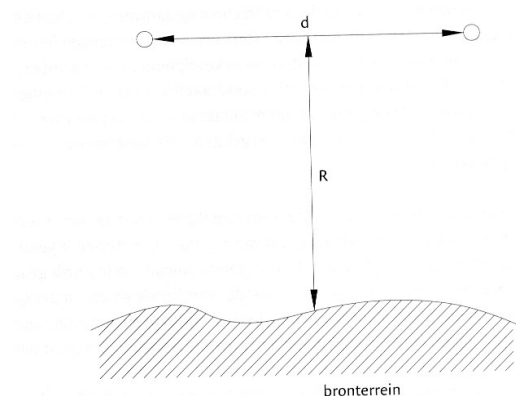
5.4.3 Interpolatievoorschriften

Voor planningsdoeleinden zijn vaak geluidscontouren gewenst. Een geluidscontour is een lijn, die punten van gelijk geluidsniveau (op een bepaalde beoordelingshoogte) met elkaar verbindt. Bij de constructie van een contour uit meetgegevens op een beperkt aantal punten dient men:

- rekening te houden met de wijze van de geluidsuitbreiding (bolvormig, vlak, afschermeffecten enzovoort);
- geen interpolaties uit te voeren voor punten waarvoor de overdracht sterk verschilt ten opzichte van de nabijgelegen meetpunten.

Lineaire interpolatie tussen een aantal meet- of berekeningspunten is mogelijk mits aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- het verschil in geluidsniveau tussen de punten dient minder dan 5 dB te bedragen;
- de afstand R van het te interpoleren punt tot het bronterrein dient groter te zijn dan de afstand d tussen de beide punten waartussen wordt geïnterpoleerd (zie figuur A.5.2).



Toelichting afstandseis bij interpolatie

FIGUUR A.5.2 Toelichting afstandseis bij interpolatie

5.4.4 Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen

Als algemene regel kan worden gesteld dat de immissiemeetmethode nauwkeuriger is dan de emissie-overdrachtsmethode, mits de representatieve bedrijfssituatie op de juiste wijze in de uitwerking is verdisconteerd. De nauwkeurigheid van de immissiemeetmethode wordt in belangrijke mate bepaald door de deskundigheid waarmee de methode wordt toegepast. Tevens is de invloed van stoorgeluid van belang. De nauwkeurigheid van meten en rekenen volgens methode I bedraagt bij afstanden tot 150 m $\pm$ 2 dB. Voor afstanden groter dan 150 m neemt de nauwkeurigheid van de immissiemetingen of overdrachtsberekeningen volgens methode I af ten opzichte van de nauwkeurigheid die met methode II kan worden bereikt. Immissiemetingen op afstanden tot de bron groter dan 150 m zijn bij methode I door de afnemende meetnauwkeurigheid onbetrouwbaar, zodat de resultaten slechts indicatief te noemen zijn. De afname in nauwkeurigheid van de immissiemetingen wordt grotendeels bepaald door de mate waarin voor stoorgeluid kan worden gecorrigeerd. Methode II biedt hiervoor meer mogelijkheden dan methode I. De nauwkeurigheid van meten en rekenen volgens methode II is over het algemeen bij deskundige toepassing < 2 dB. Indien noodzakelijk kan deze nauwkeurigheid in veel situaties worden verbeterd tot ± 1 dB door het aantal metingen te verhogen.

De nauwkeurigheid van de methode, waarbij de immissieniveaus bepaald worden met de bronsterktebepaling in combinatie met berekeningen met het overdrachtsmodel, wordt met name bepaald door:

- de complexiteit van de inrichting en de wijze waarop dit in een model kan worden vertaald;
- de afstand van het immissiepunt tot de inrichting.

De nauwkeurigheid waarmee een bronsterkte uit emissiemetingen kan worden bepaald, is afhankelijk van de situatie ter plaatse. In situaties waar schermwerking aanwezig is, dan wel geluidsverstrooiende elementen in de overdrachtsweg aanwezig zijn, kan de nauwkeurigheid van de verkregen bronsterkte bij methode I sterk verslechteren tot een foutenmarge van meer dan 10 dB. Met methode II kan een grotere nauwkeurigheid bereikt worden. Ook bij methode II geldt echter dat het in sommige situaties noodzakelijk is van de in methode II omschreven regels af te wijken om tot een betrouwbaar resultaat te komen. In voornoemde gevallen wordt dit aan het inzicht van de deskundigen overgelaten. Hiervoor worden in methode II enkele handreikingen gedaan.

De emissie-overdrachtsmethode van methode I en II geeft voor de meest voorkomende situaties resultaten binnen een nauwkeurigheid van ± 2 dB. Bij methode II geldt dat in complexe situaties waar de nauwkeurigheid van deze methode onvoldoende wordt geacht, gemotiveerd gebruik dient te worden gemaakt van een voor de betreffende situatie meer geëigende methode. Daar waar bijvoorbeeld stoorgeluid een niet vermijdbare en niet nauwkeurig vast te stellen invloed heeft, kunnen correlatietechnieken of antennesystemen uitkomst bieden.

De te realiseren nauwkeurigheid bij het vaststellen van het maximale geluidsniveau L_{Amax} is gelijk aan de nauwkeurigheid bij de bepaling van het equivalente geluidsniveau. Men dient echter rekening te houden met de mogelijke fluctuaties in de geluidsemissie en de daarmee samenhangende onzekerheid of tijdens de metingen het juiste maximale geluidsniveau is vastgesteld.

5.4.5 Afrondingen

De rekenkundige tussenresultaten worden gepresenteerd tot één cijfer achter de komma. De beoordelingsgrootheden worden opgegeven in hele dB's. Deze getallen worden afgerond conform NEN 1047. Hierbij geldt dat indien het af te ronden getal achter de komma op een 5 eindigt deze wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde gehele even getal.

Dit betekent bijvoorbeeld dat 40,5 dB(A) wordt afgerond naar 40 dB(A) en 45,5 dB(A) naar 46 dB(A). Indien het eindresultaat een etmaalwaarde betreft (zie paragraaf 5.3) vindt afronding plaats voor de toepassing van de toeslag van 5 dB op het beoordelingsniveau $L_{A,LT}$ voor de avondperiode.

6 Aspecten bij de uitvoering van metingen

6.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden aspecten behandeld die van algemeen belang zijn bij de uitvoering van metingen. In module B en C (respectievelijk methode I en II) wordt daarom veelal met een korte beschrijving volstaan.

6.2 Stoorgeluid

6.2.1 Algemeen

Stoorgeluid is al het geluid, dat niet van de te onderzoeken bron afkomstig is. Het geluid van de te onderzoeken bron wordt signaal genoemd. De sterkte van het stoorgeluid bepaalt mede de toe te passen methode. Stoorgeluid kan namelijk het meten op kortere afstand van de bron noodzakelijk maken. Geluid van een (deel)bron is immers alleen te bepalen indien zó dicht bij de (deel)bron wordt gemeten, dat het signaal het stoorgeluid afkomstig van de andere (deel)bronnen overheerst. Indien lage geluidsniveaus worden gemeten (30-50 dB(A)) is ook stoorgeluid veroorzaakt door de wind van belang: direct door windruis op het microfoonkapsel, indirect door het ruisen van bomen en dergelijke. Vooral als het signaal in enkele octaafbanden is geconcentreerd, kan, hoewel dit signaal goed hoorbaar is, het geluidsniveau in dB(A) toch mede bepaald worden door wind. Daarnaast kunnen geluiden van natuurlijke oorsprong in een octaafband aanzienlijke stoorniveaus opleveren (vogelgetsjip: 4 kHz).

De bijdrage van het stoorgeluid is en blijft een onzekere factor. Daarom is het vereist de meetmethode en de meetcondities zo te kiezen, dat de invloed van het stoorgeluid minimaal is. Bij alle metingen moet het stoorgeluid kwalitatief worden beoordeeld.

6.2.2 Vermijden van stoorgeluid

Bij de selectie van de meetmethoden en het uitvoeren van de metingen dient veel aandacht te worden besteed aan het vermijden van stoorgeluid door:

- een geschikte plaats en tijdstip voor het uitvoeren van de metingen te kiezen (bijvoorbeeld rond een continu bedrijf in verband met verkeerslawaaï 's nachts meten);
- de metingen te onderbreken tijdens incidenteel optredende stoorgeluiden, zoals passerend verkeer, vogels e.d.;
- geluidsbronnen, met uitzondering van de te onderzoeken bron, uit te schakelen;
- het gebruik van speciale apparatuur, zoals richtmicrofoons en intensiteitsmeters. Dit wordt in methode II behandeld.

Men dient te beseffen dat voor de beoordeling van het stoorgeluid de microfoonpositie maatgevend is. Op oorhoogte kan door afscherming en bodemeffecten een geheel andere geluidssituatie heersen dan bijvoorbeeld op 5 m hoogte.

Indien het niet mogelijk is het stoorgeluid te vermijden dan bieden zowel methode I als methode II de mogelijkheid te corrigeren voor het stoorgeluid.

6.2.3 Stoorgeluidscorrectie

De stoorgeluidscorrectie is beperkt tot maximaal 3 dB op het totale niveau of 7 dB in een octaafband (methode II). In het laatste geval mag door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd worden.

Het niveau van het stoorgeluid moet zo mogelijk op verschillende manieren worden vastgesteld, onder andere door (in volgorde van afnemende nauwkeurigheid):

- de te onderzoeken bron, zo mogelijk intermitterend, aan en uit te zetten. Met name indien het stoorgeluid niet constant in de tijd is, kan door het intermitterend aan- en uitzetten van de bron in meerdere perioden het stoorgeluid worden vastgesteld;
- tegelijkertijd onder identieke omstandigheden het stoorgeluid te meten op een punt, dat verder van de bron verwijderd is (bijvoorbeeld op grotere afstand van de inrichting, maar op vergelijkbare afstand tot de verkeersweg als stoorgeluidsbron);
- emissiemetingen nabij de stoorbronnen te verrichten en de geluidsbijdrage daarvan op het immissiepunt door middel van overdrachtsberekeningen te bepalen.

6.3 Weersomstandigheden en meteoraam

De weersomstandigheden tijdens de metingen mogen een betrouwbare werking van de apparatuur niet in de weg staan of tot een geluidsoverdracht leiden die niet als representatief te beschouwen is. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage of hoge temperatuur dienen derhalve te worden vermeden.

Windgeruis (direct en indirect door ritselen van bladeren) mag de meting niet beïnvloeden. Als algemene richtlijn geldt dat het windgeruisniveau tenminste 7 dB onder het te meten geluidsniveau moet liggen bij het uitvoeren van geluidsmetingen.

Als extra richtlijn gelden de in tabel A.6.1 gegeven maximale windsnelheden bij geluidsmetingen. Voor windgeruis (als vorm van stoorgeluid) mag in methode I niet worden gecorrigeerd. In buitensituaties dient echter te allen tijde de windbol te worden gebruikt.

Geluidsdrukniveau groter dan	[dB(A)]	30	40	50	60
Windsnelheid tijdens de meting kleiner dan	[m/s]	2	4	6	8

TABEL A.6.1 *Maximaal toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)*

De meteorologische omstandigheden waaronder metingen mogen worden uitgevoerd, zijn gedefinieerd in het meteoraam voor industrielawaai.

Bij de methoden I en II zijn de eisen ten aanzien van de meteoraamcondities omschreven.

6.4 Typen geluid

Het onderscheiden van het type geluid is van belang voor de wijze waarop geluidsmetingen uitgevoerd moeten worden, bijvoorbeeld ten aanzien van de meetduur en de meetinstrumenten. Daarnaast is dit onderscheid van belang voor het eventueel toepassen van toeslagen (zie paragraaf 2.3). Bij de karakterisering van industriegeluid onderscheidt deze Handleiding de volgende typen geluid.

Continu geluid

Een geluid met verwaarloosbaar kleine niveauvariëaties. Voor gebruik in het kader van deze Handleiding wordt een spreidingsbreedte kleiner dan circa 6 dB aangehouden. Zie figuur A.6.1a.

Fluctuerend geluid

Een geluid waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert. De variaties kunnen zowel periodiek als niet-periodiek zijn. Zie figuur A.6.1b en A.6.1c.

Intermitterend geluid

Een geluid waarvan het niveau meerdere keren en vaak min of meer regelmatig abrupt terugvalt tot wezenlijk lagere niveaus, bijvoorbeeld dat van het omgevingsgeluid, waarbij het geluidsniveau tijdens de verhoging continu is, en aanhoudt gedurende een periode van 1 seconde of meer. Zie figuur A.6.1d.

Impulsachtig geluid

Een geluid dat bestaat uit geluidsstoten, die minder dan 1 seconde duren. Zie figuur A.6.1e.

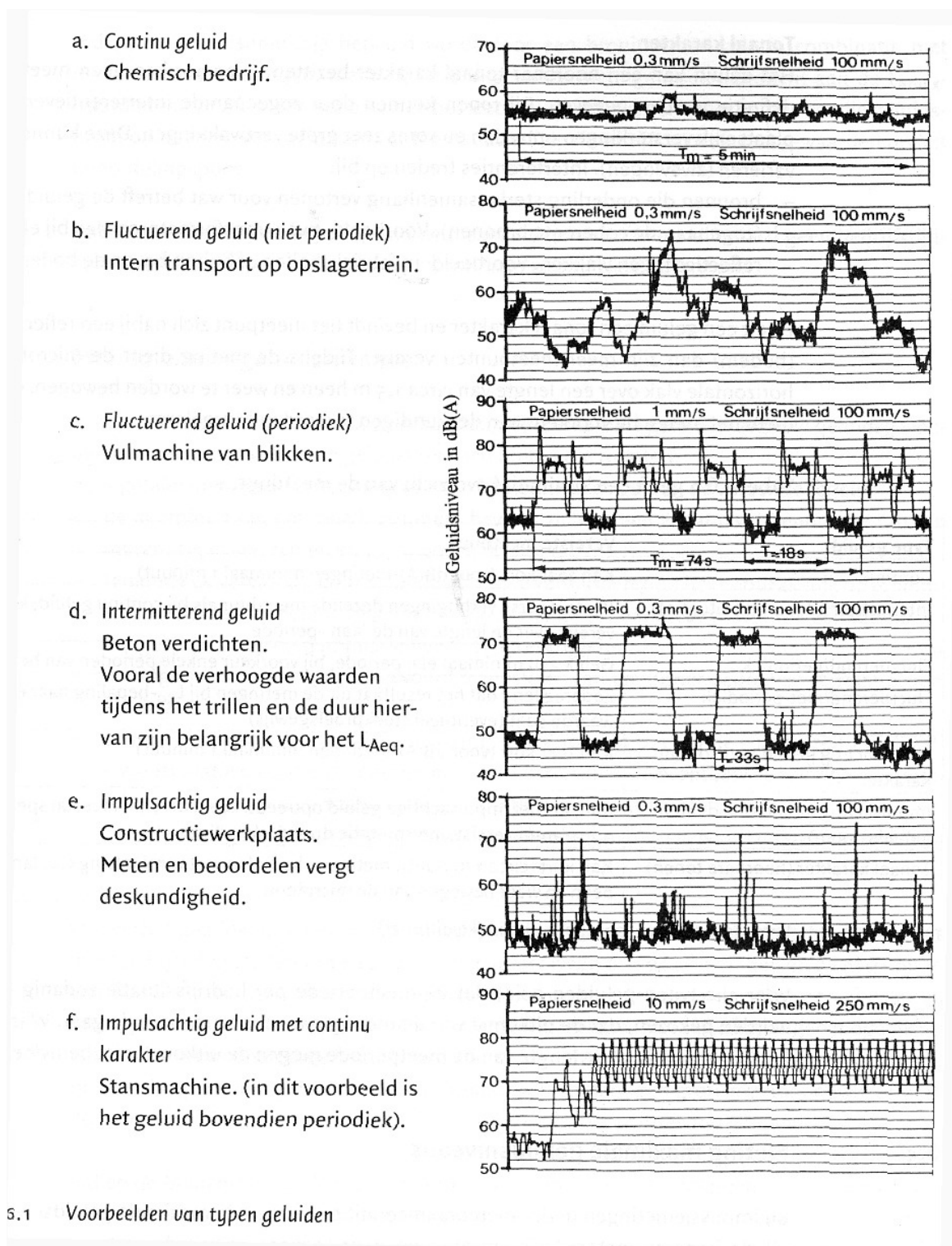
Impulsachtig geluid met continu karakter

Een opeenvolging van geluidsstoten van vergelijkbaar niveau met tussenpozen van maximaal 0,2 seconde. Zie figuur A.6.1f.

Het meten en analyseren van impulsachtig geluid verdient de nodige aandacht. De bijdrage van impulsachtig geluid kan bijvoorbeeld met een aantal typen instrumenten niet correct worden gemeten. De zogenaamde crestfactor van de apparatuur kan onvoldoende zijn (indicatie op de meetapparatuur: overload).

De meting van impulsachtige geluiden dient dan ook bij voorkeur door deskundigen te worden uitgevoerd.

FIGUUR A.6.1 Voorbeelden van typen geluiden



De hierboven aangegeven karakterisering heeft betrekking op het verloop van het geluidsniveau in de tijd. Daarnaast is de frequentie-inhoud van belang.

Tonaal karakter

Het geluid kan een hoorbaar tonaal karakter bezitten. Hiervoor kan geen meettechnische definitie worden gegeven. Bij tonen kunnen door zogenaamde interferentieverschijnselen plaatselijk versterkingen optreden en soms zeer grote verzwakkingen. Deze kunnen in de tijd variëren (zwevingen). Interferenties treden op bij:

- bronnen die onderling sterke samenhang vertonen voor wat betreft de geluidsuitstraling (zogenaamde coherente bronnen). Voorbeeld: twee transformatoren vlak bij elkaar;
- reflecties tegen vlakken. Voorbeeld: in fabriekshallen of buiten boven de bodem.

Heeft een geluid een tonaal karakter en bevindt het meetpunt zich nabij een reflecterend vlak (bodem) dan zijn meer meetpunten vereist. Tijdens de meting dient de microfoon in het horizontale vlak over een lengte van circa 1,5 m heen en weer te worden bewogen. Ook hierbij dient het meten bij voorkeur aan deskundigen te worden overgelaten.

Tabel A.6.2 geeft een kwalitatief overzicht van de meetduur.

Type geluid	Vereiste meetduur
Continu	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen minimaal 1 minuut)
Intermitterend (aan/uit situatie)	Bij de diverse verhogingen dezelfde meetduur als bij continu geluid; kennis vereist over de lengte van de 'aan'-periode
Fluctuerend/periodiek	Gelijk aan minimaal één periode, bij voorkeur enkele perioden van het geluid
Fluctuerend/niet-periodiek	Zodanig lang dat het resultaat uit de metingen bij L_{eq} -bepaling naar één waarde gaat (eventueel steekproefsgewijs)
Impulsachtig geluid met continu karakter	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen minimaal 1 minuut)
Impulsachtig geluid (incidentele geluidsstoten)	Kan als het impulsachtige geluid optreedt zeer kort zijn. Meestal speciale apparatuur vereist interpretatie door deskundigen
Tonaal karakter (hoorbare tonen) Kan kort (circa 1 minuut)	metingen herhalen met verplaatsing c.q. langzaam heen en weer bewegen van de microfoon

TABEL A.6.2 Vereiste meetduur voor typen geluid (kwalitatief)

Voor alle typen geluiden geldt dat de meetperiode per bedrijfssituatie zodanig lang moet worden gekozen, dat de uitkomst van de meting naar een vaste waarde gaat. Wijzigingen in het begintijdstip of de lengte van de meetperiode mogen de uitkomst niet beïnvloeden.

6.5 Meting maximale geluidsniveaus

Bij immissiemetingen onder meteoraamcondities worden de maximale geluidsniveaus L_{Amax} uit de hoogste meteraflezingen afgeleid door toepassing van de meteocorrectieterm (zie paragraaf 2.2.4). De meteocorrectieterm dient te worden toegepast voor de bron die bepalend is voor L_{Amax} , rekening houdend met de bronhoogte en afstand van die bron tot het meetpunt.

Men dient er evenwel op bedacht te zijn dat de bedrijfstoestanden die bepalend zijn voor de equivalente geluidsimmissieniveaus niet bepalend behoeven te zijn voor de maximale geluidsniveaus. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn indien regelmatig terugkerende en luidruchtige gebeurtenissen, zoals het verwisselen van stalen afvalcontainers, op een andere dag plaatsvinden dan op de dag waarop de representatieve bedrijfssituatie optreedt.

Indien de geluidsimmissie bepaald wordt door een broninventarisatie in combinatie met overdrachtsberekeningen, dient bij de brongerichte metingen ook aandacht aan de L_{Amax} -waarden van de

afzonderlijke bronnen besteed te worden. Dit geldt met name voor die geluidsbronnen waarvan verwacht kan worden dat deze bepalend zijn voor de L_{Amax} -waarden op het beoordelingspunt.

Daarnaast dient bij de bepaling van de maximale geluidsniveaus uiteraard geen bedrijfstijdcorrectie toegepast te worden bij niet-continu in bedrijf zijnde bronnen.

6.6 Meting binnengeluidsniveaus

In bepaalde gevallen worden eisen gesteld aan de toelaatbare geluidsniveaus in geluidsgevoelige ruimten ten gevolge van geluidsbronnen buiten die ruimten.

Voor geluidsmetingen ter bepaling van die binnenniveaus gelden de volgende regels.

- de microfoon van het meetinstrument bevindt zich op een afstand van tenminste 1 m van muren, 1,5 m van ramen en 1,5 m boven de vloer;
- teneinde de verstoring door staande golven te verminderen, is het noodzakelijk op tenminste drie punten te meten. De gemeten waarden moeten energetisch worden gemiddeld om het gestandaardiseerd immissieniveau L_i te verkrijgen;
- metingen moeten worden uitgevoerd bij gesloten ramen, buitendeuren en ventilatievoorzieningen;
- stoorgeluidsbijdragen ten gevolge van geluidsbronnen binnen de ruimte zelf (koelkast, c.v.-installatie e.d.) dienen geminimaliseerd te worden. De eventueel aanwezige mechanische ventilatie dient voorzover mogelijk buiten werking te worden gesteld;
- geluiden ten gevolge van weersomstandigheden buiten (regen, wind) mogen de metingen niet verstoren.

Omdat het geluidsniveau in een ruimte afhankelijk is van de ruimte-akoestische parameters moeten bij het opstellen van eisen aan het geluidsniveau ook de afmetingen en de nagalmtijd van die ruimte worden vermeld. De meetresultaten worden genormaliseerd op een nagalmtijd van 0,5 seconde. Indien deze gegevens niet verwerkt worden, dan zijn afwijkingen mogelijk tot 5 dB en kan een eenduidige beoordeling van de situatie discutabel zijn.

Bij sterk laagfrequent geluid kunnen bij binnengeluidsmetingen grote meetonnauwkeurigheden optreden. De metingen moeten dan ook als indicatief worden bestempeld.

Indien de binnengeluidsniveaus veroorzaakt worden door niet-aanliggende inrichtingen dienen de metingen binnen het meteoraam plaats te vinden. Deze voorwaarde geldt niet bij metingen van binnengeluidsniveaus ten gevolge van geluidsbronnen in bijvoorbeeld aanliggende bedrijfsruimten van inrichtingen of andere geluidstransmissiesituaties waarbij weersomstandigheden geen rol kunnen spelen.

7 Aspecten bij de beoordeling

7.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de stappen toegelicht die nodig zijn om de beoordelingsgrootheden te bepalen. Allereerst worden daartoe enige begrippen gegeven die van belang zijn bij het vaststellen van de geluidsimmissie op een locatie. Vervolgens wordt beschreven hoe uit de geluidsimmissieniveaus de beoordelingsgrootheden worden bepaald. In tabel A.7.1 is een samenvatting gegeven van de rekenmethodiek van methode I en II. Voor de specifieke formules waarmee de beoordelingsgrootheden kunnen worden berekend, wordt verwezen naar de beschrijvingen van methode I en methode II.

7.2 Begrippen

7.2.1 Tijdsperiodes

De meting of berekening, alsmede de wettelijke beoordeling van industriegeluid hebben doorgaans betrekking op een equivalent geluidsniveau over een bepaalde periode. In het kader van deze Handleiding worden de volgende perioden gehanteerd:

Meetperiode T_m

Het tijdsinterval waarover het geluid daadwerkelijk gemeten wordt (door middeling van de gekwadrateerde geluidsdrukken; zie ook paragraaf 2.2.1).

Beoordelingsperiode T_b

Het tijdsinterval dat relevant is voor de beoordeling van het geluid. Dit betreft in het algemeen de dag-, avond- en/of nachtperiode (zie ook paragraaf 7.2.3).

Bedrijfsperiode T_b

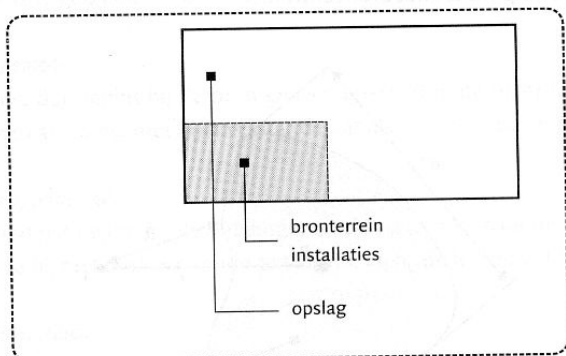
Het tijdsinterval waarin een bepaalde en gespecificeerde bedrijfstoestand binnen een beoordelingsperiode optreedt.

Voorbeeld: Een generator is van 06.00 tot 12.00 uur in bedrijf. De bedrijfsperiode gedurende de nachtperiode is van 06.00 tot 07.00 uur ($T_b = 1$ uur). Gedurende de dag is de bedrijfsperiode van 07.00 tot 12.00 uur ($T_b = 5$ uur). Hoewel de bedrijfssituatie niet verandert, worden twee bedrijfsperiodes onderscheiden.

7.2.2 Geometrische parameters

Bij de reken- en meetmethoden wordt een aantal geometrische parameters gehanteerd. De belangrijkste worden zowel in de tekst als in figuur A.7.1 en A.7.2 toegelicht.

- industrieterrein: terrein bestaande uit een of meerdere fabrieksterreinen al of niet gezoneerd ex Wgh;
- fabrieksterrein: terrein waarop een industriële inrichting is gevestigd;
- bronterrein: het deel van het fabrieksterrein, waarbinnen de geluidsbronnen staan opgesteld (let op onderscheid brongebied, zie paragraaf 7.1.3).



FIGUUR A.7.1 De onderverdeling van een industrieterrein

Broncentrum B

Het geometrisch zwaartepunt van het bronterrein, tenzij aangetoond kan worden dat slechts een deel van de bronnen van belang is. In dat geval wordt het broncentrum te midden van deze bronnen gelokaliseerd.

Brondiameter d

De grootste horizontale afstand binnen het bronterrein. Als echter de verticale afmetingen groter zijn dan de horizontale bronafmetingen, is de grootste verticale afmeting maatgevend.

Bronhoogte h_b

Bronhoogte ten opzichte van het plaatselijk maaiveld (bij bronnen die in verticale richting uitgestrekt zijn, wordt bij berekeningen de bronhoogte van de vervangende puntbron op tweederde deel van de hoogte gekozen).

Voorbeelden: Een kleine hijskraanmotor op 9 m hoogte: $h_b = 9$ m

Een geluidsafstralende fabriekswand van 15 m hoogte: $h_b = 10$ m

Beoordelingshoogte h_o

Hoogte van het beoordelingspunt boven het plaatselijke maaiveld.

N.B. De meethoogte betreft de hoogte van een meetpunt, bijvoorbeeld bij een referentiepunt.

Immissiepunt I

Het punt waar de geluidsimmissie wordt bepaald.

Bron-ontvanger-afstand r_i

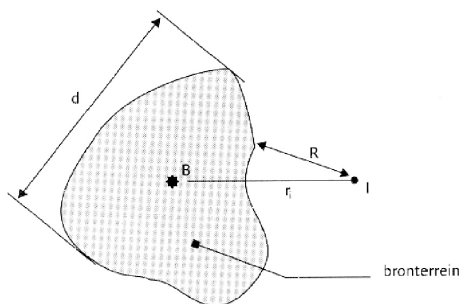
Afstand tussen broncentrum en immissiepunt.

Referentieafstand r_{ref}

Afstand tussen broncentrum en referentiepunt.

Meetafstand bij emissiemetingen R

De kortste afstand van het meetpunt tot de buitenste begrenzing van de bron bij rondom- metingen en aangepast meetvlak. Bij emissiemetingen aan geconcentreerde bronnen is R de afstand van het meetpunt tot het broncentrum.



FIGUUR A.7.2 Toelichting op B, I, r_i , R en d

7.2.3 Bodemtypen en bodemgebieden

De geluidsoverdracht wordt sterk bepaald door de akoestische eigenschappen van de bodem. Er worden twee typen bodem onderscheiden: hard en absorberend. Voorbeelden van een harde bodem zijn: water, beton, asfalt, bestratingen. Voorbeelden van een absorberende bodem zijn: grasland, begroeide bodems, landbouwgrond.

Bij meethoogten kleiner dan 5 m kan bij een absorberende bodem, zoals gras, bouwland en dergelijke, een grote geluidsverzwakking ontstaan in een breed frequentiegebied tussen circa 100 en circa 1000 Hz, het zogenaamde bodemeffect. Boven harde bodems treedt dit effect in een smaller frequentiegebied op. Dit betekent dat het geluidsimmissieniveau op een bepaalde afstand van een geconcentreerde bron bij een harde bodem hoger is dan bij een absorberende bodem.

Het bodemeffect boven absorberende bodems wordt vaak verstoord door de aanwezigheid van geluidsverstrooiende objecten. Dit verschijnsel doet zich vooral voor op industrieterreinen waarop veel installaties staan en opslag aanwezig is. In de woonomgeving is door afscherming en verstrooiing door meervoudige reflecties tegen omringende huizen, schuurtjes, geparkeerde auto's e.d. het effect van de bodem ook minder sterk dan theoretisch wordt verwacht. Tot nu toe is het noch mogelijk, noch zinvol gebleken een meer verfijnde indeling van bodemtypen te maken voor zeer nauwkeurige berekeningen van bodemeffecten in het type reken- en meetmethoden van deze Handleiding.

Het bodemeffect is sterk afhankelijk van de meetsituatie, het weer en de bodemgesteldheid.

Blijkt een bodem voor een gedeelte hard te zijn dan kan met methode II lineair tussen het effect van een harde en absorberende bodem worden geïnterpoleerd.

In een overdrachtsberekening zijn niet alle delen van de bodem tussen bron en immissiepunt van belang. Bij grote afstanden zijn met name de bodems in de omgeving van de bron en de ontvanger maatgevend voor de bodemeffecten. Voor overdrachtsberekeningen worden derhalve drie gebieden onderscheiden:

Brongebied

Gebied dat begint bij de bron en zich uitstrekt in de richting van het immissiepunt over een lengte van $30 h_b$, met dien verstande dat als $r_i < 30 h_b$ de lengte gelijk is aan r_i .

Ontvangergebied

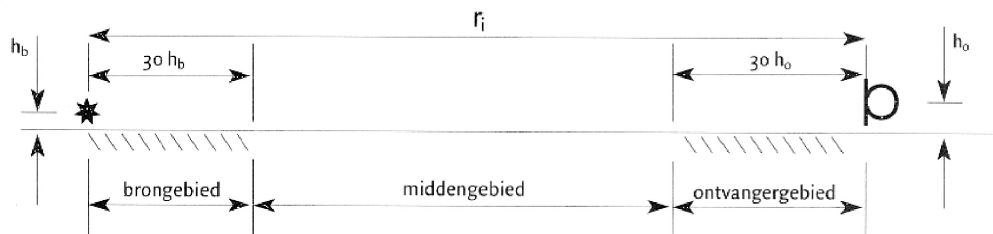
Gebied dat begint bij de ontvanger en zich uitstrekt in de richting van de bron over een lengte van $30 h_o$, met dien verstande dat als $r_i < 30 h_o$ de lengte gelijk is aan r_i .

Middengebied

Gebied tussen het bron- en het ontvangergebied.

Voor $r_i \leq 30 (h_b + h_o)$ is er geen middengebied en overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar gedeeltelijk of geheel.

Zie voor een nadere toelichting figuur A.7.3.

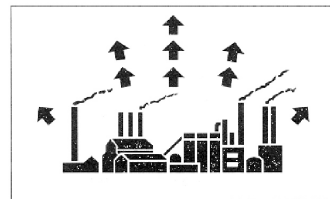


FIGUUR A.7.3 Onderverdeling bodemgebieden

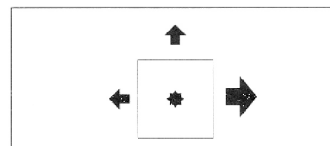
7.2.4 Immissierelevante bronsterkte L_{WR}

Voor de immissie van geluid, afkomstig van fabrieken en installaties, is bij geluidsoverdracht buiten alleen het geluid dat in ongeveer horizontale richtingen wordt afgestraald van belang; meestal is het geluid dat afgestraald wordt in de hoek tussen 0° en 20° boven de horizontaal bepalend. In de akoestische handboeken wordt vaak met het totale akoestische vermogen van de bron gewerkt. Bij industriële bronnen wordt weinig aandacht besteed aan de richtingsafhankelijkheid van de geluidsafstraling. Dit vormt geen probleem als de geluidsbronnen in elke richting evenveel geluid afstralen (een zogenaamde monopool). Vele industriële bronnen zijn echter geen monopool, maar stralen richtingsafhankelijk af. Dit wordt geïllustreerd en toegelicht in figuur A.7.4.

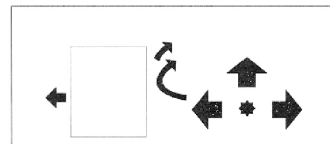
- a. Bij grote industriecomplexen wordt door verstrooiing en absorptie op het industrieterrein meer geluid in verticale dan in horizontale richting uitgestraald.



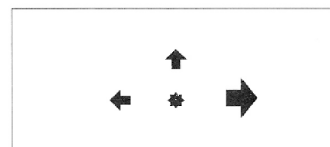
- b. De gevels van gebouwen kunnen verschillende geluidsreducerende eigenschappen hebben.



- c. Afscherming in combinatie met reflectie tegen achterliggende objecten.



- d. De bron zelf straalt richtingsafhankelijk uit.



FIGUUR A.7.4 De vier voornaamste oorzaken van richtingsafhankelijke uitstraling door industriële bronnen

Voor overdrachtsberekeningen is alleen de geluidsuitstraling in de richting van de ontvanger (direct of via een reflectie) relevant. Om rekentechnische redenen is daarom het begrip immissierelevante bronsterkte LWR gedefinieerd:

De bronsterkte L_{WR} is gelijk aan het geluidsvermogen van een monopool, die op plaats van de bron gedacht wordt en in de beschouwde richting dezelfde geluidsdrumniveaus veroorzaakt als de werkelijke bron. Het effect van de bodem wordt niet bij de bron maar bij de overdracht in rekening gebracht.

Een industriële bron kan dus voor verschillende richtingen verschillende bronsterkten hebben.

Bij het vaststellen van de bronsterkte is het nodig de elementen aan te geven, die tot de bron worden gerekend. Afschermingen en reflecties nabij de bron kunnen of bij de bron of bij de overdracht in rekening worden gebracht.

De immissierelevante bronsterkte van een bron met een specifieke richtingskarakteristiek (bijvoorbeeld stralende vlakken) wordt uit het totale geluidsvermoggenniveau, L_W , afgeleid door een richtingsindex DI in rekening te brengen volgens:

In figuur A.7.5 zijn ter illustratie vijf voorbeelden gegeven. Eenvoudigheidshalve is hierbij de luchtdemping buiten beschouwing gelaten.

A. Algemeen

1. Bron in een akoestisch vrij veld

$$L_{WR} = L_p + 10 \log 4\pi R^2$$

Bron boven een bodem

$$L_{WR} = L_p + 10 \log 4\pi R^2 + D_{\text{bodem}}$$

2. Bron hoog in de wand van een gebouw

$$L_{WR1} = L_p + 10 \log 4\pi R^2$$

$$L_{WR1} > L_{WR2}$$

Idem, maar nabij grond

$$L_{WR} = L_p + 10 \log 4\pi R^2 + D_{\text{bodem}}$$

$$L_{WR1} > L_{WR2}$$

3. Bron op het dak van een gebouw, hoog geplaatst

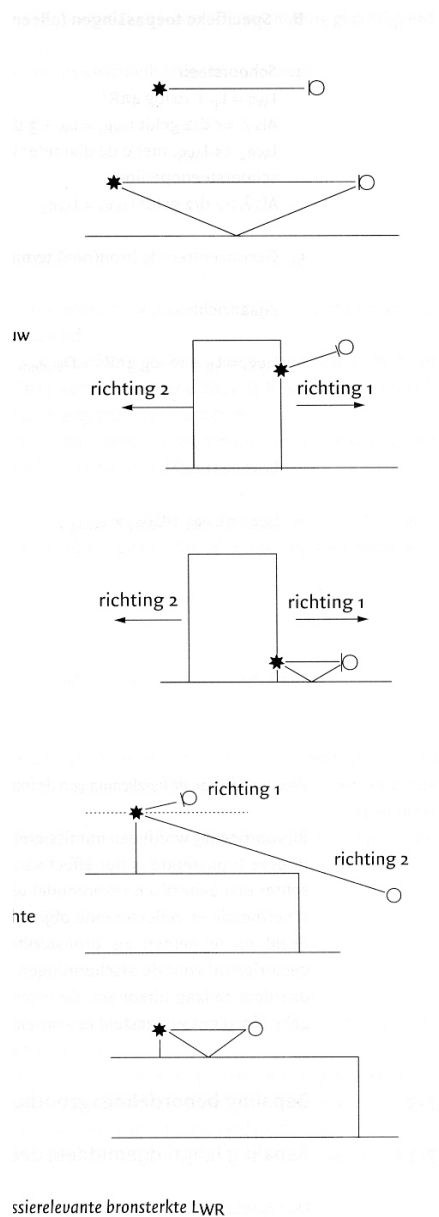
$$LWR = L_p + 10 \log 4\pi R^2$$

Voorkeur onder 3-12. Echter bij een immissiepunt dat laag ligt ten opzichte van bron: immissierelevant

Idem, nabij het dakvlak geplaatst

$$L_{WR} = L_p + 10 \log 4\pi R^2 + D_{\text{bodem}}$$

(dakvlak is bodem)



FIGUUR A.7.5 Voorbeelden van de berekening van de immissierelevante bronsterkte L_{WR}

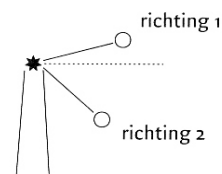
B. Specifieke toepassingen (alleen methode II)

4. Schoorsteen

$$L_{WR} = L_p + 10 \log 4\pi R^2$$

Als $l < d/2$ geldt $L_{WR1} = L_W + 3 \text{ dB}$ en $L_{WR2} < L_{WR1}$ met d de diameter van de schoorsteenopening

Als $l > d/2$ geldt $L_{WR1} = L_{WR2}$



5. Geconcentreerde bron(nen) temidden van reflecterende en afschermende objecten

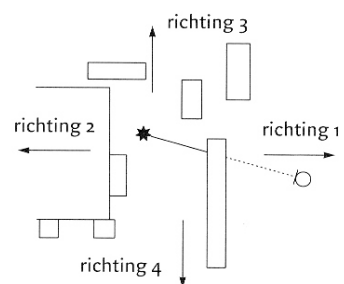
Zijaanzicht:

$$L_{WR1} = L_p + 10 \log 4\pi R^2 + D_{\text{bodem}}$$



Bovenaanzicht:

$$L_{WR1} \neq L_{WR2} \neq L_{WR3} \neq L_{WR4}$$



FIGUUR A.7.5 (VERVOLG) Voorbeelden van de berekening van de immissierelevante bronsterkte L_{WR} . Bij voorbeeld 5 wordt een immissierelevante bronsterkte bepaald uit meting op enige afstand. In deze bronsterkte is het effect van lokale afschermingen en reflecties verdisconteerd. Als echter een akoestisch rekenmodel wordt opgesteld waarin, naast voornoemde L_{WR} , alle afschermende en reflecterende objecten zijn opgenomen, is het niet juist de L_{WR} uit het voorbeeld op te nemen als bronsterkte van de puntbron. Deze bronsterkte is namelijk al gecorrigeerd voor de afschermingen en reflecties; het berekende geluidsimmissieniveau zal daardoor te laag uitkomen. De bronsterkte die in een rekenmodel inclusief objecten wordt gebruikt, dient vastgesteld te worden volgens één van de andere voorbeelden (1 tot en met 4).

7.3 Bepaling beoordelingsgrootheden

7.3.1 Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

De representatieve bedrijfssituatie kan bestaan uit verschillende bedrijfstoestanden (zie ook paragraaf 5.2). Per bedrijfstoestand wordt het immissieniveau bepaald uit het energetisch gemiddelde van de gemeten (geldige) geluidsniveaus $L_{Aeq,T}$, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid.

De (energetische) middeling van geluidsniveaus geschiedt volgens de formule:

(7.2)

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right)$$

met N = aantal metingen
 L_x = equivalente geluidsniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden, kan hieruit het gestandaardiseerde immissieniveau in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidsniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

Het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand i wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens de formule:

$$L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (7.3)$$

In het volgende wordt op de verschillende termen in formule 7.3 ingegaan.

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b

De bedrijfsduurcorrectieterm brengt de periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand tijdens een beoordelingsperiode T_0 (dag, avond, nacht) blijft bestaan.

Hierbij worden de volgende beoordelingsperioden aangehouden, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld:

- dagperiode: 07.00-19.00 uur; $T_0 = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_0 = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_0 = 8$ uur

De meteocorrectieterm C_m

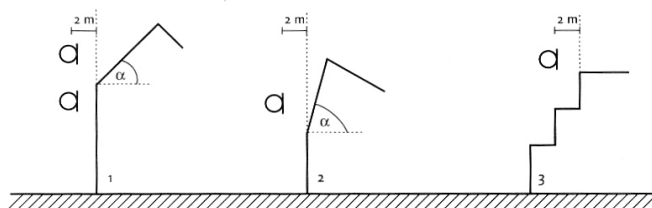
De wijze waarop deze wordt bepaald, wordt per methode aangegeven; zie voor methode I paragraaf 3.5.5 en voor methode II paragraaf 3.4.3.

Voor methode II bestaat tevens de mogelijkheid om indien de meting een bronterrein betreft dat onder een zichthoek $\Psi > 120^\circ$ vanuit het immissiepunt wordt gezien en waarbij geldt $r_i > 10 (h_b + h_o)$, metingen te corrigeren voor een meteogemiddelde situatie. De metingen dienen dan plaats te vinden bij windrichtingen die gelijkmatig zijn verdeeld over deze zichthoek.

De gevelcorrectieterm C_g

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het invallend geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Indien het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau L_i een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen (zie figuur A.7.6). De in figuur A.7.6 aangegeven afstand van 2 m voor de gevel dient bij metingen in acht te worden genomen.

In het geval dat door het bevoegd gezag uitdrukkelijk wordt aangegeven dat inclusief gevelreflectie moet worden beoordeeld, dient de meetlocatie bij voorkeur zodanig te zijn gekozen dat deze gevelreflectie wordt gemeten.



Dwarsdoorsnede huis 1: $C_g = 3$ dB voor de onderste microfoon c.q. beoordelingspositie
 $C_g = 0$ dB ($\alpha < 70^\circ$) voor de bovenste microfoon c.q. beoordelingspositie

Dwarsdoorsnede huis 2: $C_g = 3$ dB ($\alpha \geq 70^\circ$)

Dwarsdoorsnede huis 3: $C_g = 3$ dB

FIGUUR A.7.6 Toelichting op gevelreflectie

7.3.2 Toeslag voor bijzondere geluiden K_x

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau vanwege de betreffende inrichting een geluid met een duidelijk tonaal of een impulsachtig karakter kan worden waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand met dit specifieke karakter een toeslag berekend van:

- tonaal: $K_1 = 5$ dB;
- impuls: $K_2 = 5$ dB.

Per bedrijfstoestand kan maar één toeslag worden toegepast. Zie voor de toepassing van dergelijke toeslagen ook de uiteenzetting in paragraaf 2.3.

Wanneer op een beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege de betreffende inrichting geluid met een duidelijk muziekkarakter wordt waargenomen, dan wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand een toeslag berekend van: $K_3 = 10$ dB.

Indien deze toeslag wordt toegepast, wordt voor deze bedrijfstoestand geen toeslag meer voor tonaal en/of impulsgeluid toegepast.

7.3.3 Bepaling beoordelingsniveau L_{etmaal}

Indien diverse bedrijfstoestanden binnen één beoordelingsperiode optreden, worden voor de bepaling van het beoordelingsniveau de langtijdgemiddeld deelgeluidsniveaus energetisch gesommeerd. In algemene zin geschiedt een energetische sommatie van geluidsniveaus volgens formule 7.4.

(7.4)

$$L = 10 \log \left(\sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right)$$

met N = aantal bedrijfstoestanden
 L_x = equivalente geluidsniveau van bedrijfstoestand

Als de verschillende bedrijfstoestanden wel in dezelfde beoordelingsperiode maar niet in hetzelfde etmaal optreden, mogen de desbetreffende niveaus niet (energetisch) gesommeerd worden. Dan dient eerst per beoordelingsperiode (dag, avond en nacht) het beoordelingsniveau te worden bepaald. De beoordelingsperiode met het hoogste beoordelingsniveau is in dat geval bepalend voor de representatieve bedrijfssituatie.

Het beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor de verschillende beoordelingsperiodes vastgesteld:

- dagperiode: $L_{dag} = L_{Ar,LT}$; (07.00-19.00 uur);
- avondperiode: $L_{avond} = L_{Ar,LT}$; (19.00-23.00 uur);
- nachtperiode: $L_{nacht} = L_{Ar,LT}$; (23.00-07.00).

De etmaalwaarde L_{etmaal} alsmede de geluidsbelasting B_i is de hoogste van de volgende drie waarden:

- L_{dag} ;
- $L_{avond} + 5$ dB;
- $L_{nacht} + 10$ dB.

Voor zonebeheer en hogere waardeprocedures wordt altijd het invallend geluidsniveau bedoeld en worden geen toeslagen voor impulsachtig, tonaal of muziekgeluid toegepast.

7.3.4 Rekenschema

In tabel A.7.1 zijn ter informatie de achtereenvolgende stappen ter bepaling van het beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} in de vorm van een rekenschema samengevat. In de modules B en C wordt hierop nader ingegaan.

7.3.5 Bepaling maximale geluidsniveau L_{Amax}

Het maximale A-gewogen geluidsniveau wordt onder meteoraamcondities gemeten in de meterstand 'fast'. Op het gemeten maximale geluidsniveau $L_{i,max}$ wordt de meteocorrectieterm C_m toegepast voor het verkrijgen van de beoordelingsgrootheid L_{Amax} . Tot een afstand van $r_i = 150$ m bedraagt de meteocorrectie C_m meestal minder dan 4 dB. De C_m -waarde betreft de bron die het maximale niveau veroorzaakt.

Bij de gemeten waarde dient te worden vermeld waardoor het maximale niveau wordt veroorzaakt.

7.3.6 Bepaling binnengeluidsniveaus

7.3.6.1 Binnengeluidsniveaus ten gevolge van niet-aanliggende inrichtingen

De Wet geluidhinder kent voorschriften omtrent geluidsniveaus in geluidsgevoelige ruimten van een woning of in andere geluidsgevoelige bestemmingen. De Wet geluidhinder beperkt zich ten aanzien van industrielawaai tot gezoneerde industrieterreinen, waarbij het binnenniveau in het kader van saneringssituaties aan de orde kan komen.

Daarnaast kent de Handreiking industrielawaai en vergunningverlening bepalingen omtrent het geluidsniveau in een woning of andere geluidsgevoelige bestemmingen, bijvoorbeeld ten aanzien van de verkeersaantrekkende werking van een inrichting (indirecte hinder).

De eisen die gesteld worden aan de binnengeluidsniveaus beogen een aanvaardbare geluids- situatie binnen te waarborgen in situaties waarin hogere geluidsbelastingen buiten voor de gevel zijn toegelaten.

Uit meetgegevens worden, rekening houdend met de representatieve bedrijfssituatie, de binnenniveaus op overeenkomstige wijze vastgesteld als voor de bepaling van de geluidsniveaus op de gevel van de betreffende geluidsgevoelige bestemming is voorgeschreven. De meetresultaten worden gecorrigeerd met dezelfde meteocorrectieterm die geldt bij de beoordeling van het geluidsniveau op de gevel van de betreffende geluidsgevoelige bestemming.

In dit kader is uiteraard geen sprake van een gevelcorrectieterm C_g .

7.3.6.2 Binnengeluidsniveaus ten gevolge van aanliggende inrichtingen

Voor het meten van geluidsniveaus ten gevolge van activiteiten in aanliggende inrichtingen gelden gelijke voorwaarden als voor de binnenniveaumetingen van niet-aanliggende inrichtingen, behoudens dat het meteoraam en de meteocorrectieterm C_m hier niet van toepassing zijn.

Omschrijving	Grootheid	Bewerking	Parameters
Gemeten equivalent geluidsniveau voor bedrijfstoestand i	$L_{Aeq,T}$	zonodig stoorgeluidscorrectie per meting, bij meerdere metingen energetisch middelen	$L_i = L_i^* - C_{stoer}$
Gestandaardiseerd immissieniveau voor bedrijfstoestand i	L_i	zonodig stoorgeluidscorrectie per meting, bij meerdere metingen energetisch middelen op referentiepunt (methode)* $L_i = L_{i,ref} - C_{ref}$	$C_{stoer} = -10 \log \left(1 - 10^{\frac{L_{stoer} - L_1^*}{10}} \right)$ met L_i^* is geluidsniveau inclusief stoorgeluid $C_{ref} = 20 \log \left(\frac{r_i}{r_{ref}} \right) + 0,004(r_i B r_{ref}) + K_4$ met: $K_4 = 0$ dB als harde bodem $K_4 = 0$ dB als absorberende bodem en $h_o \geq 2,5$ m $K_4 = -1,5$ dB als absorberende bodem en $h_o < 2,5$ m
Langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau voor bedrijfstoestand i	$L_{Aeqi,LT}$	$L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g$	$C_b = -10 \log \frac{T_b}{T_o}$ per etmaalperiode $C_m = 0$ dB als $r_i \leq 10 \cdot (h_b + h_o)$ $C_m = 5 - 50 (h_b + h_o)/r_i$ als $r_i > 10 (h_b + h_o)$ invallend geluid: $C_g = 3$ dB indien L_i gemeten op 2 m voor gevel
Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau voor bedrijfstoestand i	$L_{Ari,LT}$	$L_{Ari,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x$	tonaal $K_1 = 5$ dB impuls $K_2 = 5$ dB muziek $K_3 = 10$ dB; $K_1 + K_2 \leq 5$; $K_1 + K_2 + K_3 \leq 10$ N.B. slechts één toeslag wordt gehanteerd in een combinatie van bovenstaande parameters
Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau	$L_{Ar,LT}$	$L_{Ar,LT} = 10 \log \left[\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}} \right]$ $L_{dag} = L_{Ar,LT}$ $L_{avond} = L_{Ar,LT}$ $L_{nacht} = L_{Ar,LT}$	met N: aantal bedrijfstoestanden dag: 07.00-19.00 uur avond: 19.00-23.00 uur nacht: 23.00-07.00 uur

Etmaalwaarde (is gelijk aan geluidsbelasting B_i)	L_{etmaal}	Hoogste waarde van L_{dag} ; $L_{\text{avond}} + 5 \text{ dB}$; $L_{\text{nacht}} + 10 \text{ dB}$	
Maximaal geluidsniveau	L_{Amax}	Maximaal geluidsniveau verminderd met meteocorrectieterm C_m	
* Bij methode II andere systematiek bij referentiepuntmeting; zie module C.			

TABEL A.7.2 *Rekenschema ter bepaling van beoordelingsgrootheden*

Literatuurlijst

- [A.1] `Handreiking industrielawaai en vergunningverlening', Ministerie VROM (oktober 1998)

- [A.2] Ir. B. van Steenbrugge, Ing. W.C. Verboom, `Richtlijnen voor de karakterisering en meting van omgevingsgeluid', ICG-rapport IL-HR-15-01 (1981)

- [A.3] `Circulaire Schietlawaai', Ministerie VROM (1979)

- [A.4] ISO 7196: 1995 `Acoustics-Frequency-Weighting characteristics for infrasound measurements'

- [A.5] NSG-richtlijn laagfrequent geluid, Nederlandse Stichting Geluidshinder (1999)

MODULE B METHODE I

1	Inleiding 61
2	Meet- en rekenmethode industrielawaai I voor eenvoudige situaties (methode I) 62
2.1	Structuur 62
2.2	Toepassingsgebied 62
2.3	Vereist kennisniveau 63
2.4	Nauwkeurigheid van methode I 63
2.4.1	Vereiste nauwkeurigheid 63
2.4.2	Verwaarlozingscriterium 64
2.4.3	Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen 64
2.4.4	Afrondingen 65
3	Immissiemetingen (methode I.1) 66
3.1	Algemeen 66
3.2	Toepassingsgebied 66
3.3	Meetapparatuur 66
3.4	Vaststelling van de representatieve bedrijfssituatie 67
3.5	Uitvoering van de geluidsmetingen 67
3.5.1	Meetduur 67
3.5.2	Aantal metingen 68
3.5.3	Stoorgeluid 68
3.5.4	Invloed van zuivere tooncomponenten op het meetpunt 69
3.5.5	Weersomstandigheden (meteoraam) 69
3.6	Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau op het beoordelingspunt 70
3.6.1	Keuze van de meetlocatie 70
3.6.2	Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i 71
3.7	Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau via meting op een referentiepunt 71
3.7.1	Keuze van de meetlocatie 71
3.7.2	Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i op het beoordelingspunt 72
3.8	Stoorgeluidscorrectie 73
4	Bronsterktebepaling en overdrachtsberekening 74
4.1	Algemeen 74
4.2	Toepassingsgebied 74
4.3	Meetapparatuur 75
4.4	Geconcentreerde bronmethode (methode I.2) 75
4.4.1	Algemeen 75
4.4.2	Toepassingsgebied 75
4.4.3	Vaststelling van de meetcondities 75
4.4.3.1	Brongeometrie en representatieve bedrijfssituatie 75
4.4.3.2	Keuze van de meetlocatie 76
4.4.4	Uitvoering van de geluidsmetingen 77
4.4.4.1	Meetduur 77
4.4.4.2	Aantal metingen 77
4.4.5	Berekening van de immissierelevante bronsterkte L_{WR} 77
4.5	Aangepast meetvlakmethode (methode I.3) 77
4.5.1	Algemeen 77
4.5.2	Toepassingsgebied 78
4.5.3	Vaststelling van de meetcondities 78
4.5.3.1	Brongeometrie 78
4.5.3.2	Keuze van de meetlocaties 79
4.5.4	Uitvoering van de geluidsmetingen 81
4.5.4.1	Algemeen 81
4.5.4.2	Meetduur 82
4.5.4.3	Aantal metingen 82
4.5.5	Bepaling immissierelevante bronsterkte L_{WR} 82

4.6	Gebruik van bekende bronsterkten	83
4.7	Overdrachtsberekeningen	84
4.7.1	Basisformule	84
4.7.1.1	D_o	84
4.7.1.2	D_s	85
4.7.2	Versterking door reflectie(s)	86
4.7.2.1	Algemeen	86
4.7.2.2	Reflectievlak achter het beoordelingspunt	87
4.7.2.3	Reflectievlak achter de bron	87
4.7.3	Bepaling beoordelingsgrootheden	87
5	Bepaling beoordelingsgrootheden	88
5.1	Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeq,LT}$	88
5.2	Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$	89
5.3	Bepaling beoordelingsniveau L_{etmaal}	90
5.4	Maximaal geluidsniveau L_{Amax}	90
5.5	Rapportage	91
6	Definities	92

1 Inleiding

Methode I van de Handleiding meten en rekenen Industrielawaai (Handleiding) is een methode ter bepaling van de beoordelingsniveaus in eenvoudige situaties. De beoordeling vindt plaats op basis van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{A,r,LT}$ en het maximale geluidsniveau $L_{A,max}$.

Methode I omvat een immissiemeetmethode en een tweetal emissiemeetmethoden. Met de emissiemeetmethoden kunnen geluidsbrongegevens verkregen worden, waarmee in combinatie met een overdrachtsrekenmodel de geluidsimmissieniveaus bepaald kunnen worden.

Deze methoden worden met name toegepast in relatief eenvoudige situaties. Daarbij kan de geluidssituatie rondom een inrichting op relatief eenvoudige wijze beschreven worden door:

- immissiemetingen op beoordelingspunten en/of referentiepunten tussen beoordelingspunt(en) en de inrichting;
- emissiemetingen en overdrachtsberekeningen.

De metingen en berekeningen worden uitsluitend uitgevoerd in dB(A). Voor een spectrale beschouwing of voor meer complexe situaties die buiten het toepassingsgebied van methode I vallen, dient methode II toegepast te worden.

Binnen het toepassingsgebied en de aangegeven randvoorwaarden van methode I worden resultaten verkregen die nagenoeg gelijk zijn aan de resultaten bij toepassing van methode II.

De volgende situaties vallen gewoonlijk binnen het toepassingsgebied van methode I:

- inrichtingen die vergunningplichtig zijn in het kader van de Wet milieubeheer (Wm). Een akoestisch onderzoek kan noodzakelijk zijn ten behoeve van de aanvraag van een Wm-vergunning of uit oogpunt van handhaving;
- inrichtingen die vallen onder een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) ex artikel 8.40 Wm, en waarbij een akoestisch onderzoek voorgeschreven of gewenst is als onderdeel van de melding, dan wel onderdeel uitmaakt van een handhavingsactie;
- bestaande of nieuwe inrichtingen op een gezoneerd industrieterrein, waarbij het gewenst is indicatief te bepalen of de geprojecteerde verandering of oprichting inpasbaar is binnen de zonegrens.

2 Meet- en rekenmethode industrielawaai I voor eenvoudige situaties (methode I)

2.1 Structuur

Meet- en rekenmethode I omvat de volgende methoden ter bepaling van de geluidsimmissieniveaus op beoordelingspunten:

- een immissiemeetmethode;
- een tweetal emissiemeetmethoden gecombineerd met een eenvoudig overdrachtsreken-model.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het toepassingsgebied, het vereiste kennisniveau en de nauwkeurigheid van de methode. Hoofdstuk 3 omschrijft op welke wijze met de immissiemeetmethode het immissieniveau bepaald kan worden. In hoofdstuk 4 worden de beide emissiemeetmethoden en het overdrachtsmodel beschreven, waarmee het immissieniveau berekend kan worden. Hoofdstuk 5 geeft aan hoe op basis van immissieniveaus de beoordelingsgrootheden worden bepaald.

Voor achtergrondinformatie over de grootheden en aspecten bij de uitvoering van metingen en beoordeling wordt verwezen naar module A.

In het volgende overzicht is een en ander samengevat.

Hoofdstuk	Methode I voor eenvoudige situaties	Aanduiding
3	Immissiemetingen op beoordelings- en referentiepunt	I.1
4	Bronsterktebepaling en vereenvoudigde overdrachtsberekening	
	- geconcentreerde bronmethode	I.2
	- aangepast meetvlakmethode	I.3

TABEL B.2.1 *Structuur methode I met diverse methoden*

2.2 Toepassingsgebied

Methode I kan worden toegepast bij inrichtingen waar voor de beoordeling van de geluids- situatie een eenduidige representatieve bedrijfssituatie kan worden gedefinieerd. Indien van toepassing dient de representatieve bedrijfssituatie op ondubbelzinnige wijze te kunnen worden onderverdeeld in representatieve bedrijfstoestanden die voor het verrichten van metingen en berekeningen relevant zijn. Uit beide beschrijvingen moeten op herleidbare en controleerbare wijze de beoordelingsgrootheden kunnen worden vastgesteld.

Immissiemeetmethode I.1 is toepasbaar voor bron-ontvangerafstanden tot 150 m.

Het overdrachtsmodel behorende bij de meetmethoden I.2 en I.3 kan worden gebruikt voor afstanden tussen bron en ontvanger tot 500 m mits rekening wordt gehouden met een afnemende nauwkeurigheid naarmate de afstand tot de bron toeneemt.

De randvoorwaarden voor het toepassen van de methoden worden bij de verschillende hoofdstukken specifiek vermeld.

Methode I kan niet worden toegepast voor zoneringsdoeleinden, maar binnen de daarvoor geldende randvoorwaarden wel voor het indicatief vaststellen of een inrichting op een gezonde industrieterrein inpasbaar is binnen de zonegrens.

De langtijdgemiddeld beoordelingsniveaus en de maximale geluidsniveaus worden in deze methode uitsluitend in dB(A) bepaald.

2.3 Vereist kennisniveau

Van de gebruikers wordt kennis van akoestische begrippen, meettechnieken, theorie op MBO-niveau en enige ervaring verwacht. Met name moeten zij kennis hebben van de gevolgen van de keuze van de meetlocatie op de geluidsmetingen. Ook dienen gebruikers de invloed van stoorgeluid en van de bedrijfsvoering (vaststelling representatieve bedrijfssituatie) op de uitkomsten van metingen en berekeningen te kunnen beoordelen en inschatten. Tevens moeten zij gevoel ontwikkeld hebben voor de invloed van meteorologische omstandigheden op de metingen (meteoraambeoordeling en invloed van stoorgeluid door weersinvloeden). Enige praktijkervaring onder deskundige begeleiding moet als voorwaarde worden gesteld om de meet- en beoordelingsmethodiek op de juiste wijze te kunnen toepassen. Dit geldt met name ook voor het toepassen van de emissiemeetmethode en het overdrachtsmodel.

Onderscheidingsvermogen is vereist om te kunnen bepalen in hoeverre een situatie met methode I, dan wel met methode II dient te worden benaderd.

2.4 Nauwkeurigheid van methode I

2.4.1 Vereiste nauwkeurigheid

In tabel B.2.2 zijn de richtwaarden gegeven betreffende de minimale nauwkeurigheid die vereist is bij de vaststelling van verschillende grootheden. Algemeen uitgangspunt is dat door onnauwkeurigheden in afstanden, geometrieën, tijdspannen en aflezingen van geluidsmeters c.q. apparatuur die de geluidsgegevens verwerkt, in het eindresultaat geen grotere fout veroorzaakt mag worden dan 1 dB. De grootste fouten treden met name op bij de vaststelling van de tijdsduur van een bedrijfstoestand.

Grootheid	Vereiste nauwkeurigheid
afstand	5%
oppervlak	10%
tijdspanne	10%
gemiddelde windsnelheid	30% of 1 m/s
gemiddelde windrichting	20
afleesnauwkeurigheid bij geluidsniveaubepalingen	0,5 dB

TABEL B.2.2 *Minimaal vereiste meetnauwkeurigheid*

2.4.2 Verwaarlozingscriterium

Als algemene stelregel wordt gehanteerd dat door verwaarlozing van bijdragen tot het geluidsniveau het eindresultaat met niet meer dan 1 dB mag worden beïnvloed.

De verwaarlozing kan onder meer betrekking hebben op de volgende geluidsbijdragen:

- Deelbronnen
Als de gezamenlijke bijdrage van de te verwaarlozen deelbronnen meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze bronnen worden verwaarloosd.
- Reflecties
Als aangetoond kan worden dat de totale bijdrage van reflecties meer dan 7 dB onder het reeds bepaalde geluidsniveau ligt, mogen deze worden verwaarloosd.

2.4.3 Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen

In de praktijk wordt de nauwkeurigheid van methode I voornamelijk bepaald door de nauwkeurigheid waarmee de representatieve bedrijfssituatie en de daarin te onderscheiden bedrijfstoestanden kunnen worden bepaald en welke invloed stoorgeluid op de metingen heeft. De nauwkeurigheid van meten en rekenen volgens immissiemeetmethode I.1 bedraagt voor afstanden tot 150 m $\pm$ 2 dB. Deze nauwkeurigheidsmarge geldt zowel voor de directe immissiemetingen als ook voor de extrapolatiemetingen en -berekeningen.

Indien noodzakelijk, kan door een verhoging van het aantal metingen in veel situaties de nauwkeurigheid worden verbeterd tot ± 1 dB.

De nauwkeurigheid waarmee de bronsterktebepaling in combinatie met overdrachtsberekeningen kan worden uitgevoerd is sterk afhankelijk van:

- de nauwkeurigheid waarmee de invoergegevens kunnen worden vastgesteld (veelal bepaald door de definitie van de representatieve bedrijfssituatie);
- de complexiteit van de geluidsbron waaraan emissiemetingen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld vanwege mogelijke richtingseffecten;
- de complexiteit van de geluidsoverdrachtsituatie.

Indien geluidsafschermende of geluidsverstrooiende objecten in de overdrachtsweg aanwezig zijn, kan de nauwkeurigheid sterk verslechteren tot een afwijking van meer dan 10 dB. In die gevallen is slechts sprake van een indicatieve afschatting. Een dergelijke indicatieve schatting kan soms toereikend zijn. Indien bijvoorbeeld zonder het beschouwen van de geluidsafschermende werking van objecten blijkt dat ruimschoots aan de grenswaarden wordt voldaan, zouden aanvullende berekeningen met een grotere nauwkeurigheid achterwege kunnen blijven. Een en ander is uiteraard afhankelijk van het doel van de geluidsberekeningen. Indien een grotere nauwkeurigheid vereist is, dient methode II toegepast te worden. In eenvoudige situaties kan een nauwkeurigheid met de bronsterktebepaling in combinatie met overdrachtsberekeningen worden bereikt van ± 2 dB. In complexe situaties of in die gevallen waar een grotere nauwkeurigheid noodzakelijk is, dient methode II te worden toegepast.

Voor afstanden groter dan 150 m neemt de nauwkeurigheid van de immissiemetingen en de overdrachtsberekeningen volgens methode I af ten opzichte van de nauwkeurigheid die met methode II kan worden bereikt.

De afname in nauwkeurigheid van de immissiemetingen van methode I ten opzichte van methode II wordt grotendeels bepaald door de mate waarin voor stoorgeluid kan worden gecorrigeerd. Methode II biedt hiervoor meer mogelijkheden dan methode I.

De afname in nauwkeurigheid van de bronsterktebepaling in combinatie met overdrachtsberekeningen van methode I ten opzichte van methode II is een gevolg van het feit dat op een afstand > 150 m de frequentie-afhankelijkheid van de overdracht een belangrijke rol gaat spelen. Met name voor lage beoordelingshoogten (bijvoorbeeld 1,5 m boven het plaatselijk maaiveld) kunnen boven zachte bodems grote afwijkingen optreden.

Methode I berekent in dat geval hogere waarden dan methode II.

2.4.4 Afrondingen

De rekenkundige tussenresultaten worden gepresenteerd tot één cijfer achter de komma. De beoordelingsgrootheden worden opgegeven in hele dB's. Deze getallen worden afgerond conform NEN 1047. Hierbij geldt dat indien het af te ronden getal achter de komma op een 5 eindigt deze wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde gehele even getal.

Dit betekent bijvoorbeeld dat 40,5 dB(A) wordt afgerond naar 40 dB(A) en 45,5 dB(A) naar 46 dB(A). Indien het eindresultaat een etmaalwaarde betreft (zie paragraaf 5.3) vindt afronding plaats voor de toepassing van de toeslag van 5 dB op het beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor de avondperiode.

3 Immissiemetingen (methode I.1)

3.1 Algemeen

Het doel van deze methode is het bepalen van het geluidsimmissieniveau onder de in hoofdstuk 3.2 genoemde voorwaarden door metingen direct op het beoordelingspunt, dan wel door metingen op een referentiepunt met een extrapolatieberekening naar het beoordelingspunt.

De onderzoeksresultaten die gebaseerd zijn op metingen die verricht zijn op het beoordelingspunt zullen in het algemeen nauwkeuriger zijn dan de resultaten gebaseerd op metingen die verricht zijn op een referentiepunt in combinatie met extrapolatie-berekeningen. De extrapolatie-berekening introduceert namelijk een extra onnauwkeurigheid.

3.2 Toepassingsgebied

Voor immissiemetingen volgens methode I.1 gelden de volgende voorwaarden:

- bron-ontvangerafstanden tot 150 m;
- alle relevante bronnen behorend tot een gedefinieerde bedrijfstoestand moeten tegelijkertijd binnen het meteoraam kunnen worden gemeten;
- de akoestisch relevante bedrijfstoestanden ten behoeve van het bepalen van de 'langtijdgemiddeld deelgeluidsniveaus' kunnen eenduidig worden gedefinieerd;
- ter plaatse van de meetlocatie mag er geen significante stoorgeluidsbeïnvloeding aanwezig zijn, dan wel dient daarvoor te kunnen worden gecorrigeerd overeenkomstig de omschreven methodiek (zie paragraaf 3.8).

3.3 Meetapparatuur

Voor het verrichten van metingen dient men minimaal te beschikken over:

- een precisie geluidsniveaumeter met A-filter volgens de specificaties van IEC-publicatie 651: 1979, type I met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidsniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impulsgeluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn); daartoe kan een integrerende geluidsniveaumeter volgens IEC-publicatie 804: 1992 gewenst zijn;
- een windkap of een windbol;
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

De geluidsniveaumeter dient de mogelijkheid te bieden de microfoon los te koppelen van de meter om de microfoon op een statief (tot 5 m hoogte) te kunnen plaatsen. De aanwezigheid van een aansluiting voor een koptelefoon verdient aanbeveling, daar geluidsniveaus op 5 m hoogte wezenlijk kunnen verschillen van die op 'oorhoogte'. In sommige gevallen kan het gebruik van een windsnelheidsmeter zinvol zijn.

Voor en na iedere meetserie moet de geluidsniveaumeter, inclusief de microfoon en aangesloten kabel(s), worden gekalibreerd met behulp van een akoestische ijkbron die een constant signaal (binnen 0,5 dB) afgeeft. Indien na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), dienen de desbetreffende metingen opnieuw uitgevoerd te worden.

De geluidsniveaumeter en de ijkbron dienen tenminste iedere twee jaar uitgebreid te worden getest in een daartoe uitgerust laboratorium.

Het eigen ruisniveau van de meter moet tenminste 6 dB lager zijn dan het niveau van het te meten signaal. Er moet op een goed functioneren van het meetsysteem worden gelet, met name indien metingen worden uitgevoerd tijdens weersomstandigheden met zeer hoge luchtvochtigheid en zeer lage temperaturen.

3.4 Vaststelling van de representatieve bedrijfssituatie

De representatieve bedrijfssituatie wordt gedefinieerd als die situatie waarbij de geluidssituatie kenmerkend is voor de beoordelingsperiode. In de meest eenvoudige situatie is de bedrijfstoestand tijdens

de meting gelijk aan de representatieve bedrijfssituatie gedurende de gehele beoordelingsperiode. De beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} kunnen dan rechtstreeks uit minimaal één meting verkregen worden.

In andere situaties zullen verschillende bedrijfstoestanden tezamen de voor de geluidsbeoordeling representatieve bedrijfssituatie vormen. De immissiemetingen worden in dit geval uitgevoerd tijdens elke bedrijfstoestand. Er moet dan wel sprake zijn van reproduceerbare bedrijfstoestanden. Uit de metingen wordt per bedrijfstoestand het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau en het maximale geluidsniveau bepaald. Uit deze waarden worden vervolgens de beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} afgeleid.

3.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

3.5.1 Meetduur

Teneinde de overdrachtsvariaties voldoende uit te middelen, dient de meetduur voor metingen op een afstand tot 50 m tenminste 1 minuut te bedragen. Voor afstanden tot 150 m bedraagt de meetduur tenminste 3 minuten. In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn veel langer te meten, bijvoorbeeld vanwege het karakter van het te meten geluid en/of de cyclusduur van bepaalde bedrijfsactiviteiten.

Meestal is het niet mogelijk, of zal het niet noodzakelijk zijn, om gedurende de gehele beoordelingsperiode(n) te meten. Volstaan kan worden met een meettijd waarbinnen de geluidsemisatie van de beschouwde bedrijfstoestand voldoende nauwkeurig is vastgesteld. Indien het niet mogelijk is binnen een zekere meetduur een representatieve bedrijfstoestand te definiëren, dient ofwel de bedrijfstoestand ofwel de meetduur te worden aangepast.

Het kan van belang zijn langer dan de zuivere meetduur op de locatie aanwezig te blijven om een zo goed mogelijke indruk van de geluidssituatie ter plaatse te verkrijgen.

Bij de vaststelling van stoorgeluid dient gedurende een relatief lange periode gemeten te worden, eveneens vanwege het uitmiddelen van overdrachts- en stoorgeluidsvariaties.

3.5.2 Aantal metingen

Indien de afstand r_i tussen het broncentrum en de meetlocatie kleiner is dan of gelijk is aan 50 m kan per bedrijfstoestand met één meting volstaan worden.

Vanwege mogelijke variaties in de geluidsoverdracht tijdens de meetduur worden bij metingen op grotere afstanden ($50 < r_i \leq 150$ m) minimaal twee metingen voorgeschreven. In tabel B.3.1 is een en ander samengevat.

Meetafstand r_i [m]	Minimaal aantal metingen
$r_i \leq 50$	1
$50 < r_i \leq 150$	2

TABEL B.3.1 *Minimaal aantal metingen*

Indien voor dezelfde bedrijfstoestand meer dan 1 meting moet worden verricht, moet tussen de metingen minimaal 4 uur tijdverschil bestaan, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat meerdere metingen geen andere conclusies zullen geven.

De meetresultaten worden na stoorgeluidscorrectie per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. Indien als gevolg van meteorologische variaties een meetresultaat van de desbetreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

3.5.3 Stoorgeluid

Tijdens de meting dient nagestreefd te worden dat stoorgeluid de betrouwbaarheid van de meting niet of zo min mogelijk beïnvloedt.

Het stoorgeluid kan zowel in sterkte, invalrichting als in spectrum variëren. Beïnvloeding door stoorgeluid dient, zo mogelijk, te worden vermeden door:

- de keuze van de meetlocatie;
- de keuze van het meettijdstip (bijvoorbeeld in de avond- of nachtperiode);
- de analyse stopzetten tijdens de aanwezigheid van stoorgeluid (bijvoorbeeld verkeer);

- de stoorbron uit te schakelen.

De invloed van het stoorgeluid dient in ieder geval kwalitatief vermeld te worden en wel onder gebruikmaking van de volgende beoordelingsschaal:

- stoorgeluid verwaarloosbaar;
- stoorgeluid hoorbaar, te beoordelen geluid sterker;
- stoorgeluid en te beoordelen geluid ongeveer gelijke sterkte;
- stoorgeluid dominant (meting indicatief).

Het niveau van het stoorgeluid moet zo mogelijk kwantitatief worden vastgesteld, bijvoorbeeld op de volgende manieren (in volgorde van afnemende nauwkeurigheid):

- de te onderzoeken bron tijdens de metingen, bij voorkeur intermitterend, aan en uit te zetten;
- tegelijkertijd onder identieke omstandigheden het stoorgeluid te meten op een punt, dat verder van de bron verwijderd is (bijvoorbeeld verder langs de storende verkeersweg);
- emissiemetingen nabij de stoorbronnen te verrichten en de geluidsbijdrage van deze stoorbronnen op de meetlocatie te bepalen door de overdracht te berekenen.

Voor de wijze van uitvoeren van de stoorgeluidscorrectie wordt verwezen naar paragraaf 3.8.

3.5.4 Invloed van zuivere tooncomponenten op het meetpunt

Indien het geluid op het meetpunt zuivere tonen bevat, dient de microfoon tijdens de meting in het horizontale vlak tenminste twee keer langzaam heen en weer te worden bewogen teneinde het gemiddelde niveau te bepalen. De 'zwaaiafstand' hangt af van de golflengte λ van de zuivere tonen in het te meten geluid en bedraagt minimaal een kwart golflengte. Een zwaaiafstand van circa 1,5 m is in het algemeen voldoende.

3.5.5 Weersomstandigheden (meteoraam)

Door meteorologische invloeden kan de geluidsoverdracht sterk variëren, met name bij afstanden $r_i > 50$ m. Bij afstanden die voldoen aan het criterium $r_i \leq 50$ m en $r_i \leq 10 (h_b + h_m)$ mag onder alle meteorologische omstandigheden gemeten worden. De weersomstandigheden mogen een betrouwbare werking van de apparatuur evenwel niet belemmeren. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage temperatuur moeten om deze reden zoveel mogelijk worden vermeden. Ook metingen tijdens heldere dagen met hoge temperaturen dienen te worden vermeden vanwege onbekende temperatuurseffecten op de geluidsoverdracht door warmteafstraling. Voorts mag windgeruis de metingen niet beïnvloeden. Als richtlijn geldt dat windgeruis tenminste 7 dB onder het signaal moet liggen.

Metingen op grotere afstanden dienen echter onder specifieke meteorologische omstandigheden te worden verricht. Deze omstandigheden worden 'meteoraamcondities' genoemd; de randvoorwaarden hierbij zijn in tabel B.3.2 gedefinieerd.

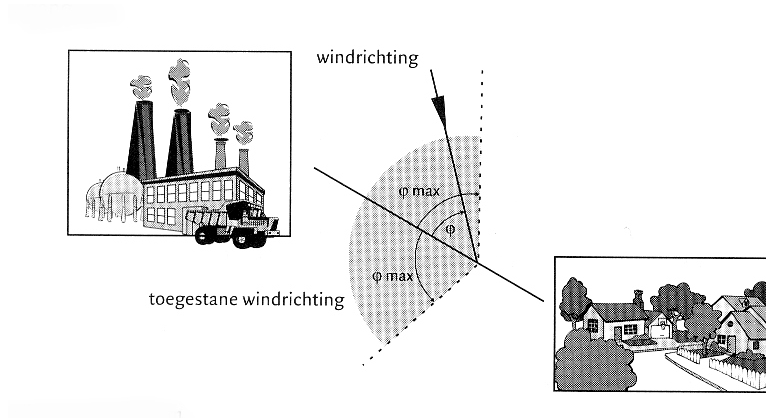
Betreft		toegestane windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	toegestane maximum windhoek ϕ [°]
meteorologische dag	oktober t/m mei	> 1	60
	juni t/m september	> 2	60
meteorologische nacht	meer dan 1/8 bewolkt	> 1	60
	minder dan 1/8 bewolkt	> 0	60

TABEL B.3.2 Meteoraam industrielawaai

Definities van grootheden die voor het vaststellen van het meteoraam van belang zijn:

- *gemiddelde windsnelheid*: de gemiddelde windsnelheid in het open veld (buiten het invloedsgebied van obstakels) op 10 m hoogte op of nabij de meetlocatie. De windsnelheid wordt bepaald uit metingen tussen 2 en 10 m hoogte. De gemeten snelheid op 2 m hoogte moet met 1,4 en de snelheid op 5 m hoogte met 1,2 vermenigvuldigd worden;
- *gemiddelde windrichting*: deze wordt gemeten buiten de invloed van obstakels in het vrije veld. De meethoogte kan vrij gekozen worden tussen 2 en 20 m;

- *windhoek* ϕ : hoek tussen de lijn van bron naar immissiepunt en de gemiddelde windrichting (zie figuur B.3.1);
- *meteorologische dag*: periode tussen een uur na zonsopgang en een uur voor zonsondergang;
- *meteorologische nacht*: periode tussen een uur voor zonsondergang en een uur na zonsopgang.



FIGUUR B.3.1 Toelichting meteoraam

De wijze waarop de meteocorrectieterm berekend dient te worden, is uiteengezet in paragraaf 5.1.

3.6 Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau op het beoordelingspunt

3.6.1 Keuze van de meetlocatie

Het beoordelingspunt is het punt waarop de geluidsbeoordeling plaatsvindt. Het immissiepunt (meetpunt) ligt op het beoordelingspunt of daar zodanig dichtbij dat er geen verschil in uitkomst tussen het immissiepunt en het beoordelingspunt wordt verwacht. De keuze van de meetlocatie dient aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- afstand van het broncentrum tot het immissiepunt $r_i < 150$ m;
- meethoogte h_m (microfoonhoogte):
 - $h_m \geq 1,5$ m boven het plaatselijk maaiveld indien $r_i \leq 50$ m;
 - $h_m \geq 5$ m boven het plaatselijk maaiveld indien $50 < r_i \leq 150$ m.

Tenzij uitdrukkelijk anders is aangegeven, wordt het *invallend* geluidsniveau gemeten, dat wil zeggen het geluidsniveau zonder eventuele bijdrage van reflecties van een achter het meetpunt gelegen reflecterend oppervlak (gevel). Indien het geluidsniveau inclusief gevelreflectie wordt of moet worden vastgesteld, dient de afstand van de microfoon tot het verticale vlak van de achterliggende gevel circa 2 m te bedragen.

In alle gevallen verdient een meethoogte van $h_m \geq 5$ m de voorkeur, tenzij op een beoordelingspunt wordt gemeten waar een lagere beoordelingshoogte is voorgeschreven. De meethoogte h_m dient zo mogelijk gelijk gekozen te worden aan de beoordelingshoogte h_o . Een correctie van het immissieniveau voor een van de beoordelingshoogte afwijkende meethoogte is niet toegestaan.

Indien de gevelbelasting van gebouwen van grotere hoogte moet worden beoordeeld en wanneer het aannemelijk is dat op een grotere hoogte dan 5 m de geluidsniveaus significant hoger zijn, dient het geluidsniveau ter plaatse van de hoogst belaste verdieping (op 2/3 van de verdiepingshoogte) te worden bepaald.

De positie van de microfoon kan afwijkend van het voorgaande worden gekozen indien dit in de vergunning of anderszins uitdrukkelijk anders is voorgeschreven. Hierbij dient men zich te bedenken dat de reproduceerbaarheid van de meting bij meethoogten $h_m < 5$ m boven een absorberende bodem afneemt ten gevolge van de invloed van de bodem op de meting.

3.6.2 Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i

Op het immissie(meet)punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidsniveau gemeten. Indien tijdens een bedrijfstoestand meerdere metingen zijn uitgevoerd, wordt uit het aantal verrichte (geldige) geluidsmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid (zie paragraaf 3.8), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald. De energetische middeling van geluidsniveaus wordt algemeen bepaald volgens:

(3.1)

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right)$$

met N = aantal metingen
 L_x = equivalente geluidsniveau van de x-de meting

3.7 Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau via meting op een referentiepunt

3.7.1 Keuze van de meetlocatie

Het referentiepunt is een punt dat gekozen wordt indien het beoordelingspunt niet bruikbaar is als meetlocatie (vanwege stoorgeluid, bereikbaarheid, lokale omstandigheden). Het immissie(meet)punt is dan gelegen op het gekozen referentiepunt. Dit referentiepunt kan als een immissie(meet)punt of handhavingspunt in een vergunning zijn opgenomen (al dan niet tezamen met een beoordelingspunt bij een geluidsgevoelige bestemming).

Een referentiepunt kan ook uitsluitend als een meetpunt worden geselecteerd. Uit het op dat punt vastgestelde geluidsniveau kan vervolgens door extrapolatieberekeningen het beoordelingsniveau op het beoordelingspunt berekend worden.

De locatiekeuze dient aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- $r_{ref} \geq 1,5 d$ en $r_{ref} < 150$ m, met r_{ref} = afstand van het broncentrum tot het referentiepunt; d = grootste afmeting van de bron of het brongebied.
- zowel vanuit het beoordelingspunt als vanuit het referentiepunt dient er vrij zicht op de bron te zijn. De overdrachtswegen (bodem) van de bron tot het referentiepunt en vanuit de bron tot het beoordelingspunt dienen niet significant van elkaar af te wijken;
- het op het referentiepunt te meten geluidsniveau mag niet significant worden beïnvloed door geluidsbijdragen van reflecterende vlakken (gebouwen) buiten het brongebied. Het referentiepunt mag dan ook niet in de nabijheid van belangrijk reflecterende vlakken zijn gelegen;
- de meethoogte h_m op het referentiepunt dient bij voorkeur 5 m boven het plaatselijk maaiveld te bedragen.

3.7.2 Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i op het beoordelingspunt

Op het referentiepunt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluids- niveau gemeten. Indien tijdens een bedrijfstoestand meerdere metingen zijn uitgevoerd, wordt uit het aantal verrichte (geldige) geluidsmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid (zie paragraaf 3.8), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,ref}$ bepaald (conform vergelijking 3.1).

Uit dit op het referentiepunt berekende gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,ref}$ wordt het op het beoordelingspunt te verwachten gestandaardiseerde immissieniveau berekend volgens:

(3.2)

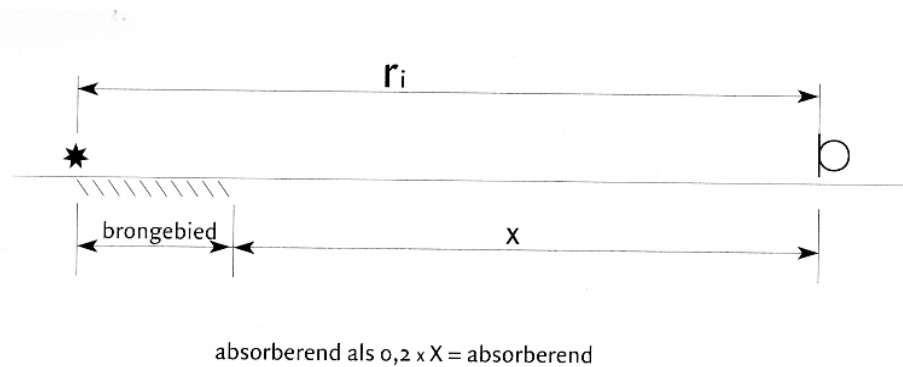
$$L_i = L_{i,ref} - C_{ref}$$

(3.3)

$$C_{ref} = 20 \log \left(\frac{r_i}{r_{ref}} \right) + 0,004(r_i - r_{ref}) + K_4$$

met $K_4 = 0$ dB voor een beoordelingspunt boven:
 – een harde bodem
 – een absorberende bodem met $h_o \geq 2,5$ m
 $K_4 = +1,5$ dB voor een beoordelingspunt boven een absorberende bodem met $h_o < 2,5$ m

N.B. Een beoordelingspunt ligt boven een absorberende bodem als het gebied tussen het brongebied en het beoordelingspunt voor meer dan 20% als absorberend te kenmerken is; zie figuur B.3.2.



FIGUUR B.3.2 Definitie absorberende bodem bij beoordelingspunt

3.8 Stoorgeluidscorrectie

Indien de immissiemeting is beïnvloed door stoorgeluid, wordt uit het gemeten niveau L_i^* (inclusief stoorgeluid) en het gemeten dan wel berekende niveau van het stoorgeluid L_{stoor} als volgt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i berekend (zie ook figuur B.3.3).

$$L_i = L_i^* - C_{stoor} \quad (3.4)$$

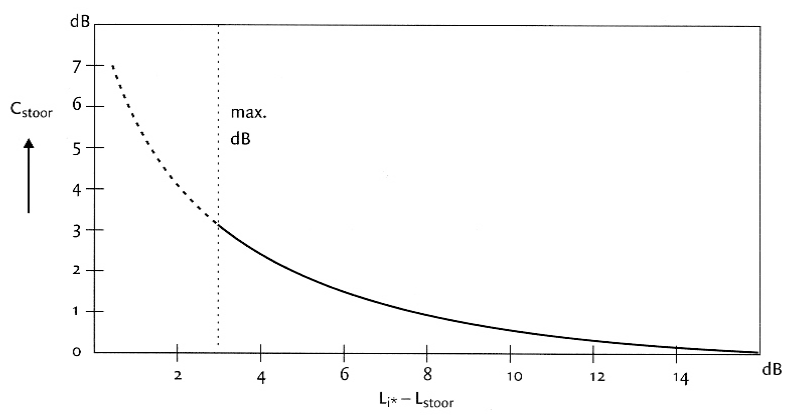
$$C_{stoor} = -10 \log \left(1 - 10^{\frac{(L_{stoor} - L_i^*)}{10}} \right) \quad (3.5)$$

De stoorgeluidscorrectie C_{stoor} wordt op elke meting afzonderlijk toegepast.

De stoorgeluidscorrectie kan eveneens worden afgelezen van figuur B.3.3. Hier is op de horizontale as het verschil uitgezet tussen het gemeten geluidsniveau van de bron met stoorgeluid L_i^* en het apart bepaalde stoorgeluidsniveau L_{stoor} . Op de verticale as is de correctie weergegeven waarmee het gemeten geluidsniveau L_i^* dient te worden verlaagd om het geluidsniveau L_i van alleen de bron te bepalen.

De stoorgeluidscorrectie C_{stoor} mag alleen worden toegepast wanneer het stoorgeluidsniveau L_{stoor} meer dan 3 dB onder het gemeten geluidsniveau L_i^* van bron met stoorgeluid ligt. In andere gevallen is sprake van een ongeldig meetresultaat en dient een nieuwe meting verricht te worden.

¹ Errata 1999: was - (minus) 1,5



FIGUUR B.3.3 Stoorgeluidscorrectie

4 Bronsterktebepaling en overdrachtsberekening

4.1 Algemeen

Het gestandaardiseerd geluidsimmissieniveau kan, naast het direct meten van de immissie, ook worden bepaald door een bronsterktebepaling met behulp van metingen, aangevuld met berekeningen van de geluidsoverdracht naar het beoordelingspunt. Dit kan noodzakelijk zijn indien immissiemetingen niet mogelijk zijn, bijvoorbeeld vanwege de volgende omstandigheden:

- er is een te grote invloed van stoorgeluid op het beoordelingspunt c.q. het referentiepunt;
- er is sprake van veelvuldig veranderde bedrijfssituaties bij de inrichting(en) die niet zijn onder te verdelen in meerdere goed gedefinieerde bedrijfstoestanden;
- de meteorologische omstandigheden tijdens de meetperiode vallen niet binnen het meteoraam;
- het betreft prognosestudies van nog niet aanwezige eenvoudige installaties of inrichtingen;
- de wens afzonderlijke bijdragen te kennen van de geluidsbronnen.

Met de emissiemeetmethoden en het overdrachtsmodel van methode I kan een aantal eenvoudige situaties worden behandeld met als doel een heldere conclusie te kunnen trekken op basis van een indicatieve waarde van de te verwachten geluidsimmissie op het beoordelingspunt.

Voor zonebeheer dient de toepassing van het overdrachtsmodel uit methode I te geschieden met het inzicht en de deskundigheid, die zijn vereist voor de toepassing van methode II. Bij de beoordeling van de resultaten dient echter rekening te worden gehouden met de voor grotere afstanden geldende toenemende onnauwkeurigheid.

Methode I kent twee emissiemeetmethoden:

- de geconcentreerde bronmethode (methode I.2);
- de aangepaste meetvlakmethode (methode I.3).

In paragraaf 4.3.1 van module A is een overzicht van beide emissiemeetmethoden gegeven.

4.2 Toepassingsgebied

De bronsterktebepaling en overdrachtsberekeningen kunnen worden toegepast onder de volgende condities:

- de afstand van bron tot beoordelingspunt bedraagt maximaal 150 m en voor specifieke toepassingen tot 500 m. De afstand van bron tot beoordelingspunt is hierbij groter dan 1,5 maal de grootste brondiameter ($r_i > 1,5 d$);
- alleen plaatsvast bronnen kunnen worden beschouwd;
- er moet voldaan worden aan de specifieke randvoorwaarden van de te gebruiken emissiemeetmethoden.

Beide submethoden van bronsterktebepaling volgens methode I zijn geschikt voor eenvoudige brongeometrieën met solitaire bronnen of brongroepen van relatief kleine afmetingen. Voorwaarde bij deze submethoden is dat de bronnen zijn gelegen in een goed te omschrijven omgeving waarin de akoestische overdrachtscondities goed kunnen worden gedefinieerd. De overdrachtsberekening geschiedt met behulp van een eenvoudige overdrachtsformule, zoals opgenomen in paragraaf 4.7.

4.3 Meetapparatuur

De meetapparatuur voor het verrichten van emissiemetingen dient te voldoen aan de in hoofdstuk 3.3 gestelde eisen.

4.4 Geconcentreerde bronmethode (methode I.2)

4.4.1 Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte van een geluidsbron of een stelsel van geluidsbronnen in een bepaalde richting tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie. Deze geluidsbronnen worden beschouwd als puntbronnen.

4.4.2 Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R als klein te beschouwen is (puntbron). Voorwaarde is dat $1,5 d \leq R \leq 50 \text{ m}$.

Toepassing van deze geconcentreerde bronmethode is alleen toegestaan als:

- de grootste brondimensie $d \leq 10 \text{ m}$ bedraagt;
- direct zicht bestaat vanuit het meetpunt op de bron of brongroep en er geen (deels) afschermende objecten aanwezig zijn;
- de bodem tussen de bron c.q. het brongebied en het meetpunt hard is;
- de metingen niet worden beïnvloed door reflecties van nabijgelegen reflecterende vlakken;
- geen stoorgeluid optreedt dan wel hiervoor gecorrigeerd kan worden (paragraaf 3.8).

4.4.3 Vaststelling van de meetcondities

4.4.3.1 Brongeometrie en representatieve bedrijfssituatie

De metingen dienen te worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfstoestand. Indien de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, dient bij alle toestanden te worden gemeten. Het is belangrijk bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluidsuitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden dienen te worden bepaald:

- de bedrijfsperiode T_b van de bron binnen een beoordelingsperiode per bedrijfstoestand;
- de bronhoogte h_b ;
- de brondiameter d ;
- de bedrijfstoestand van de bron, voor zover relevant voor de geluidsemissie (toerental, capaciteit en dergelijke).

4.4.3.2 Keuze van de meetlocatie

Indien op basis van meerdere immissiepunten rondom de geluidsbron, is van belang dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt.

Gesteld kan worden dat een geluidsbron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, indien de geluidsniveaus, gemeten op drie posities rond de bron op gelijke afstand en hoogte, onderling niet meer dan 1,5 dB (A) afwijken.

Indien op basis van de aard van de geluidsbron aangenomen kan worden dat een bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, kan ongeacht het aantal immissiepunten met slechts een meetpunt in een willekeurige richting worden volstaan.

Indien er geen horizontaal gelijkmatige uitstraling optreedt, kan alleen dan gebruik gemaakt worden van methode I.2 als sprake is van een beperkt aantal immissieposities waarbij de geluidsemissie per immissierelevante richting bepaald kan worden. In andere gevallen dient naar methode II uitgeweken te worden (zie tevens figuur A.7.5 uit module A).

Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron. Voor de keuze van de meetlocatie gelden de volgende voorwaarden.

Meetpunten op hele bol

Rond hoog geplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum. De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1,5 d \leq R \leq 0,5 h_b$ waarbij h_b de hoogte van de bron is boven de grond of het dakvlak. De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindinglijn van broncentrum en meetpunt dient in het algemeen 3 tot 12 te bedragen.

In specifieke gevallen (een hoog gelegen bron, bijvoorbeeld een verticaal uitstromende schoorsteen, met ook op korte afstand laag gelegen immissiepunten) kan de meting evenwel een te hoge of te lage bronsterkte opleveren voor de immissiepunten op korte afstand. Immers de geluidsuitstraling in richtingen met een (negatieve) hoek onder het horizontale vlak kan vanwege specifieke richtingseffecten minder of meer zijn. In een dergelijke situatie is ook het verrichten van metingen in die immissierelevante richting naar het punt op korte afstand noodzakelijk. In kritische gevallen dient gebruik te worden gemaakt van methode II.

Meetpunten op halve bol

Indien een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd, wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen. Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestraatte bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1,5 d$.

De meetpunten liggen dan op het oppervlak van de halve bol op een meethoogte h_m van:
 $h_b + 0,05R \leq h_m \leq h_b + 0,2R$. Dit komt overeen met de bovengenoemde 3 tot 12 .

4.4.4 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.4.4.1 Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidsemisatie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden. Als voorwaarde geldt dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidsniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

4.4.4.2 Aantal metingen

Per bedrijfstoestand kan, rekening houdend met de in paragraaf 4.4.3.2 gestelde randvoorwaarden, volstaan worden met één meting per immissierelevante richting op een bepaalde afstand van de bron. Het verdient echter de voorkeur meerdere metingen in deze richting te verrichten. Meerdere meetresultaten per meetrichting worden, na eventuele stoorgeluidscorrectie (zie paragraaf 3.8) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld volgens formule 3.1.

4.4.5 Berekening van de immissierelevante bronsterkte L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluidsniveau $L_{Aeq,T}$ in dB(A) afgeleid. De immissierelevante bronsterkte L_{WR} bedraagt dan:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 \quad (4.1)$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + D_{\text{bodem}} \quad (4.2)$$

$$\text{met } \frac{D_{\text{bodem}}}{R} = -2 \text{ dB} \quad = \text{meetafstand tot de bron}$$

Met de verkregen bronsterkte wordt vervolgens het immissieniveau L_i bepaald door de verzwakking door geluidsoverdracht in rekening te brengen. In paragraaf 4.7 wordt hierop ingegaan.

4.5 Aangepast meetvlakmethode (methode I.3)

4.5.1 Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte van een solitaire bron tijdens een goed gedefinieerde bedrijfstoestand. Kenmerkend voor deze emissiebepaling is dat de bronsterkte wordt verkregen uit metingen die verricht worden dicht bij de bron.

Omdat met deze methode in principe het geluidsvermogen wordt bepaald en geen richtings- informatie wordt verkregen, heeft gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur. Indien stoorgeluid aanwezig is, is het echter noodzakelijk om op kortere afstand dan $R = 1,5 d$ te meten, hetgeen tot toepassing van deze methode leidt.

4.5.2 Toepassingsgebied

De methode mag, naast de in paragraaf 4.2 genoemde algemene voorwaarden, alleen worden toegepast onder de volgende condities:

- het betreft vlakke bronnen zoals bijvoorbeeld roosters en deuren in gevels met bronafmetingen kleiner dan 25 m^2 . Het beoordelingspunt wordt hierbij gezien binnen een hoek van 85° met de normaal op het vlak van de bron; (voor andere situaties is een benaderingsmethode gedefinieerd, zie paragraaf 4.5.5);

óf

- het betreft een solitaire bron of samengestelde bron (zoals bijvoorbeeld de combinatie aandrijving-overbrenging-installatie) met een brondiameter van ten hoogste 5 m;

Overige condities zijn:

- er treedt geen significant stoorgeluid op of hiervoor kan worden gecorrigeerd;
- de grootste brondiameter is klein ten opzichte van de afstand tot het beoordelingspunt ($r_i \geq 1,5 d$)
- de bron dient over het gehele referentievlak (gedefinieerd in de volgende paragraaf) gelijkmatig uit te stralen. Wanneer op enig punt op het meetvlak het verschil tussen het maximaal en minimaal te meten geluidsniveau meer dan 2 dB bedraagt, dient men gebruik te maken van methode II.

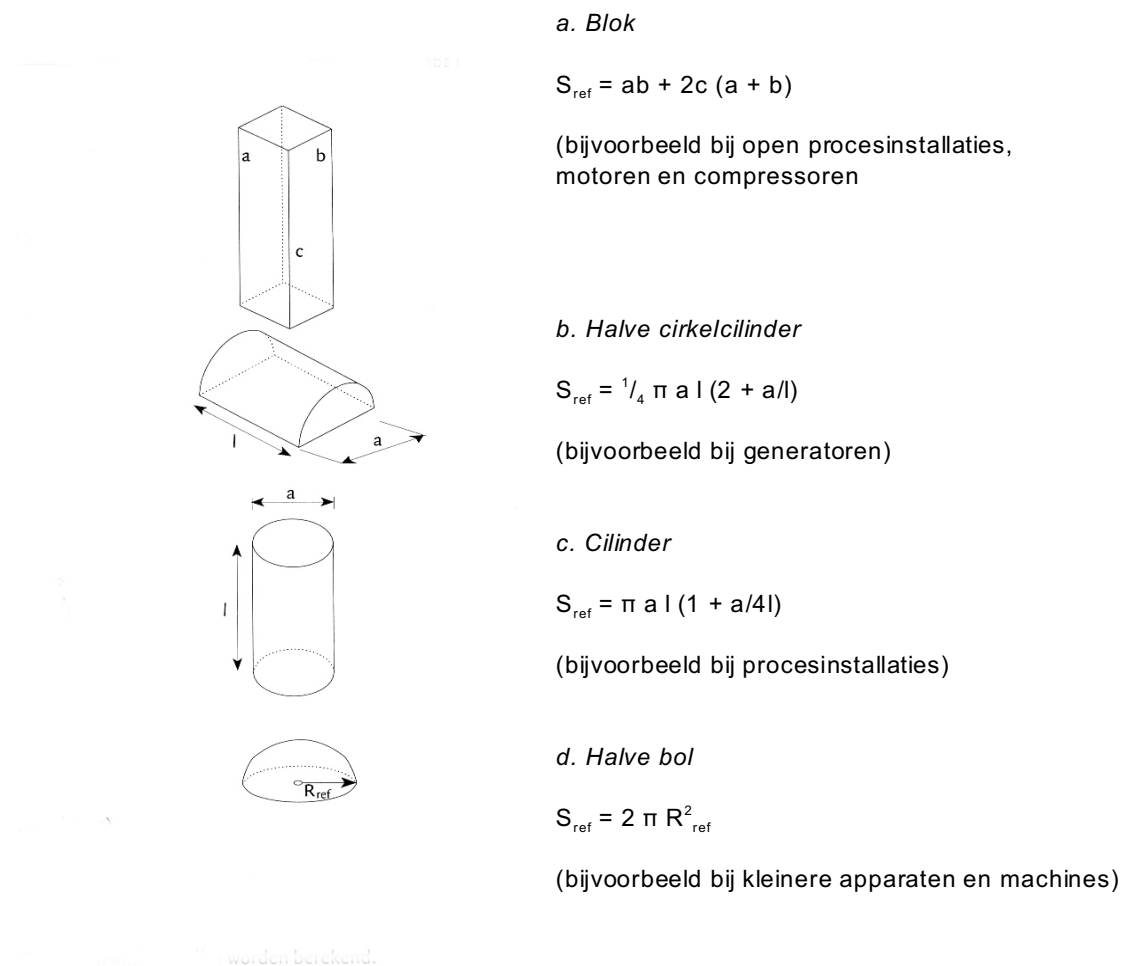
4.5.3 Vaststelling van de meetcondities

4.5.3.1 Brongeometrie

Op enige afstand van de bron wordt een referentielichaam gelegd dat de contouren van de bron benadert. Dit referentielichaam behoeft de contouren van de bron niet nauwsluitend te volgen, maar dient van een zo eenvoudig mogelijke vorm te zijn (blok, cilinder, plat vlak en dergelijke). Figuur B.4.1 geeft voorbeelden van mogelijke vormen van het referentielichaam. Combinaties van referentielichamen zijn ook mogelijk.

De metingen bij de bron vinden plaats op het aangepast meetvlak. Dit meetvlak is gelegen op enige afstand van het referentievlak en heeft een gelijke vorm als het referentievlak.

Het grondoppervlak van het referentielichaam maakt geen deel uit van het meetvlak en wordt bij de bepaling van het oppervlak van het meetvlak niet beschouwd.



FIGUUR B.4.1 Vormen van referentielichamen

N.B. Het oppervlakte van het meetvlak S_m kan op analoge wijze worden berekend.

4.5.3.2 Keuze van de meetlocaties

De meetpunten worden gekozen op het aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:

- op een vaste afstand ligt van het referentie lichaam;
- de bron volledig wordt omsloten of aansluit op de bodem c.q. niet geluidsafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

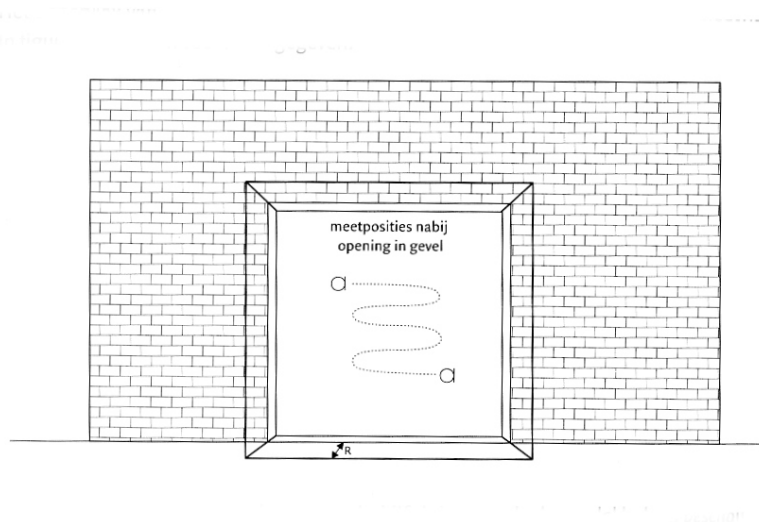
Per type bron worden de volgende specifieke eisen geformuleerd.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:

- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden verricht en verder buiten beschouwing blijft.

Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m . In figuur B.4.2 is een voorbeeld gegeven.



FIGUUR B.4.2 Bronsterktemeting van een open deur van een bedrijf; de bron wordt als een vlakke bron beschouwd

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak geldt volgens tabel B.4.1:

Soort vlakke bron	Meetafstand R [m]
Opening in wanden	$0 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidsafstralende wanden, platen	$0,5 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$

TABEL B.4.1 Afstand R afhankelijk van de soort bron

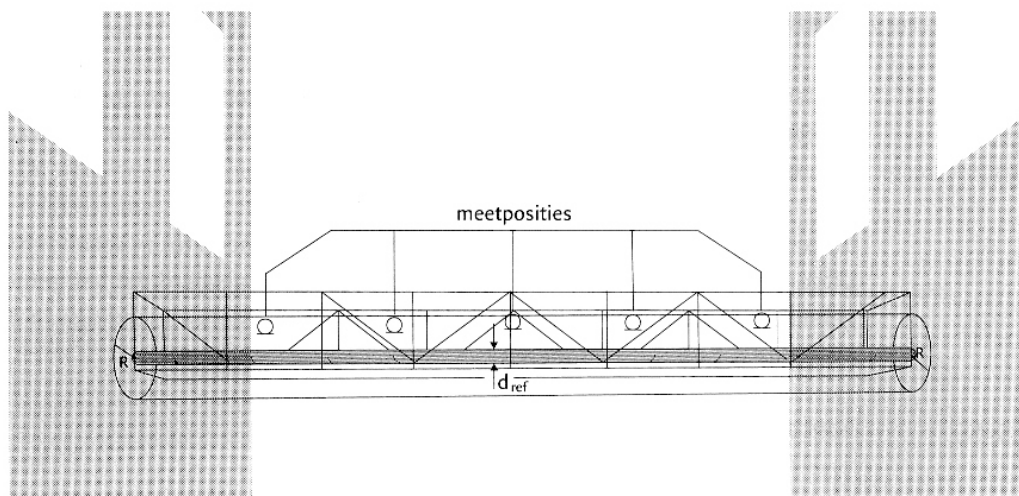
Lijnbron

Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is aan het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

- $R < 0,2 l$

- $R \geq 0,8 d_{ref}$
- $R \geq 0,5 d_{ref} + 0,5$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam en l de lengte van de cilinder. In figuur B.4.3 is een voorbeeld gegeven. In dit voorbeeld komt het referentielichaam overeen met de compressorleiding.



FIGUUR B.4.3 Voorbeeld van een bronsterktemeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:

$$\text{Hele cilinder: } S_m = 2 \pi R l \quad (4.3)$$

$$\text{Halve cilinder: } S_m = \pi R l \quad (4.4)$$

Overige bronnen

Het meetvlak is gelijkvormig met het referentiële lichaam. In het oppervlak van het meetvlak is het bodemvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.

Voor de afstand tussen referentievlak en meetvlak moet worden voldaan aan:

$$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2 \sqrt{S_{\text{ref}}}$$

4.5.4 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.5.4.1 Algemeen

Omdat bij methode I.3 erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt er van uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidscorrectie, zoals beschreven in paragraaf 3.8 worden toegepast. Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden. Indien verwacht kan worden dat met name de lage frequenties de meetwaarde beïnvloeden, dient gebruik te worden gemaakt van de in methode II gegeven methodieken.

Indien openingen worden gemeten waar sprake is van een luchtstroom (bijvoorbeeld uitblaasroosters), dient erop te worden toegezien dat deze luchtstroom niet de metingen beïnvloedt. In een dergelijk geval dient net buiten de luchtstroom te worden gemeten.

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan dat deze de metingen niet mogen beïnvloeden (regen, vocht, windgeruis, enzovoort).

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

4.5.4.2 Meetduur

Er dient zorg voor te worden gedragen dat bij cyclische processen op alle meetpunten tenminste een gehele cyclus wordt gemeten. Bij zwaaien dient de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen te omvatten.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt. Uitgangspunt is hierbij dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat het gemeten equivalente geluidsniveau een eindwaarde benadert, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB zou veranderen.

4.5.4.3 Aantal metingen

Discrete punten

Het aantal meetpunten N dient aan de volgende voorwaarden uit tabel B.4.2 te voldoen.

Betreft	Aantal meetpunten
Geluidsafstralende objecten	$N \geq S_m / (4R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m} \quad (S_m \text{ in } m^2)$

TABEL B.4.2 Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron

Zwaaien

Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten. Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaatsvinden. Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt als het criterium uit tabel B.4.3.

Betreft	Afstand d_z [m]
Geluidsafstralende objecten	$d_z \leq 2 R$
Openingen	$d_z \leq 1 \text{ m}$

TABEL B.4.3 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Bij voorkeur dient een scan over een oppervlak driemaal te worden herhaald, waarbij zo mogelijk ook andere zwaai patronen gekozen worden.

4.5.5 Bepaling immissierelevante bronsterkte L_{WR}

Per meetpunt op het meetvlak wordt het geluidsniveau voor elke bedrijfstoestand gemeten. Bij meerdere metingen worden de resultaten daarvan energetisch gemiddeld. Bij de zwaaimethode wordt één waarde per bedrijfstoestand vastgesteld.

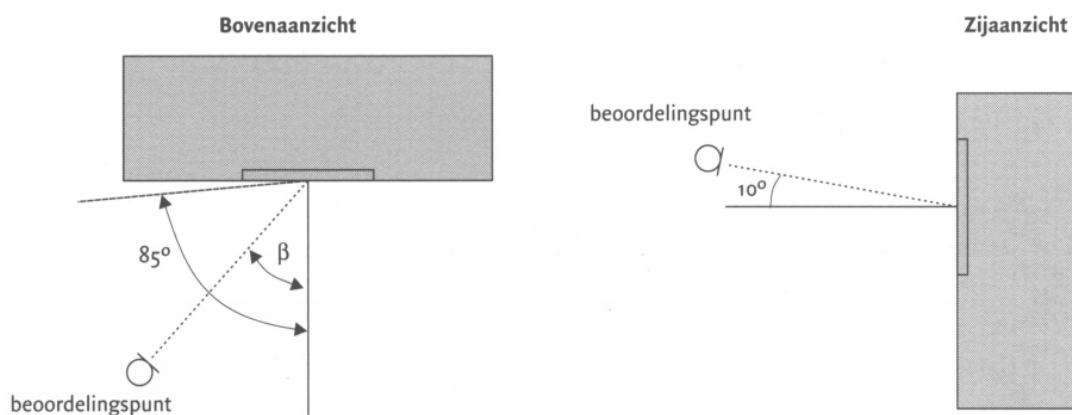
Het geluidsniveau over het meetvlak wordt gedefinieerd als het A-gewogen meetvlakniveau $\langle L_{sA} \rangle$. De bronsterkte L_{WR} wordt berekend met behulp van de formule:

$$L_{WR} = \langle L_{sA} \rangle + 10 \log S_m - 1 + DI \quad (4.5)$$

met $\langle L_{sA} \rangle$ = energetisch gemiddelde geluidsniveau in dB(A) gemeten op het meetvlak
 S_m = oppervlak van het meetvlak
 DI = richtingsindex van de betreffende bron

De richtingsindex van de betreffende bron is afhankelijk van de hoek β en wordt bepaald volgens tabel B.4.4. In figuur B.4.4 is de hoek β weergegeven.

FIGUUR B.4.4 Definitie hoek β



β [°]	DI [dB]
grote vlakke bronnen	
0-85	+3
85-115	-2
115-180	-7
rondom stralende bronnen	0

TABEL B.4.4 Richtingsindex voor een hoek β

De nauwkeurigheid van berekeningen van vlakke bronnen volgens methode I neemt af bij een groter wordende hoek β .

Toepassing van deze methode voor hoeken groter dan 180° zal leiden tot gelijke of hogere geluidsimmissieniveaus dan met methode II zullen worden berekend, mits geen overheersende reflecties in de overdrachtsweg optreden (conservatieve benadering).

Na bepaling van de bronsterkte wordt in combinatie met het overdrachtsmodel in paragraaf 4.7 het geluidsimmissieniveau bepaald.

4.6 Gebruik van bekende bronsterkten

Indien sprake is van bekende immissierelevante bronsterkten, bijvoorbeeld verkregen op een wijze zoals in methode II is omschreven, kan het geluidsimmissieniveau worden bepaald met de overdrachtsberekening overeenkomstig de in paragraaf 4.7 gegeven methodiek. Het uitgangspunt voor deze berekening is dan de bronsterkte in dB(A).

Wanneer geluidsvermogengegevens door leveranciers worden verstrekt, zijn deze meestal gebaseerd op geluidsvermogenmetingen volgens ISO- of DIN-normen. Deze gegevens verschillen in het algemeen van de immissierelevante bronsterkten, zoals in het kader van de Handleiding van toepassing zijn. Veelal zijn de volgens ISO of DIN geformuleerde geluidsvermogens niet gecorrigeerd voor het geometrisch nabijheidsveld en de richtingsindex DI. Toepassing van deze waarden mag alleen in methode II plaatsvinden.

4.7 Overdrachtsberekeningen

4.7.1 Basisformule

Het doel van de overdrachtsberekening is de bepaling van het gestandaardiseerd immissie- niveau uit de (gemeten) bronsterkte. Het gestandaardiseerd immissieniveau L_i per bron wordt berekend volgens:

$$L_i = L_{WR} - D_o - D_s \quad (4.6)$$

met D_o = geluidsverzwakking bij vrije uitbreiding
 D_s = geluidsverzwakking door afscherming

4.7.1.1 D_o

De geluidsverzwakking bij vrije uitbreiding wordt bepaald door de geometrische uitbreiding, luchtdemping en bodemverzwakking. Rekening houdend met deze factoren kan de overdrachtdemping voor een beoordelingspunt boven een harde bodem of $h_o \geq 2,5$ m boven een absorberende bodem worden berekend met behulp van de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0,005 r_i + 9,1 \quad (4.7)$$

óf voor een beoordelingspunt op $h_o < 2,5$ m boven een absorberende bodem met de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0,01 r_i + 10,1 \quad (4.8)$$

De maximale afstand van broncentrum tot beoordelingspunt tot waar de overdracht binnen de vereiste nauwkeurigheid kan worden bepaald, is $r_i = 150$ m (zie ook paragraaf 2.4.3). Voor grotere afstanden kan de nauwkeurigheid van de methode sterk verslechteren. Wanneer deze afname in nauwkeurigheid acceptabel wordt geacht, bijvoorbeeld voor een indicatieve bepaling van de geluidssituatie, kan de methode ook voor afstanden tot 500 m worden toegepast, mits de beoordelingshoogte $h_o \geq 5$ m bedraagt.

N.B. De ligging van een beoordelingspunt boven een absorberende bodem is gedefinieerd in paragraaf 3.7.2.

4.7.1.2 D_s

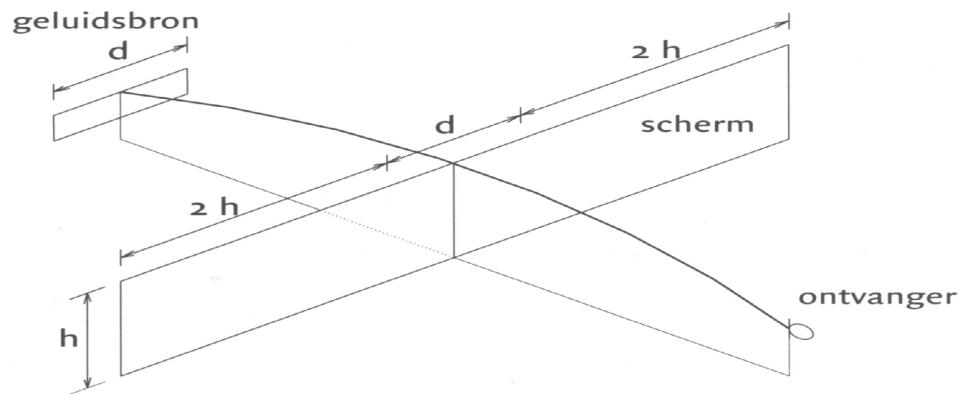
Met methode I kan geen exacte invloed van afschermingen worden berekend. Uitsluitend ter indicatie kan voor een eenvoudige bron-schermgeometrie met een plaatsvaste bron een te verwachten minimale afschermende werking worden bepaald (conservatieve schatting) en wel onder de volgende voorwaarden.

Verticale afschermingen

- de afscherming bestaat uit een geheel gesloten structuur (geen struiken, bomen, enzovoort);
- de massa van het scherm bedraagt tenminste 10 kg/m^2 ;
- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- vanuit het beoordelingspunt gezien is er geen reflecterend vlak achter de bron gelegen (gevels);
- er is sprake van een scherm en niet van een geluidswal. Een wal heeft namelijk een andere geluidsafschermende werking dan een scherm.

Tevens voldoet het scherm aan de volgende ruimtelijke specificaties:

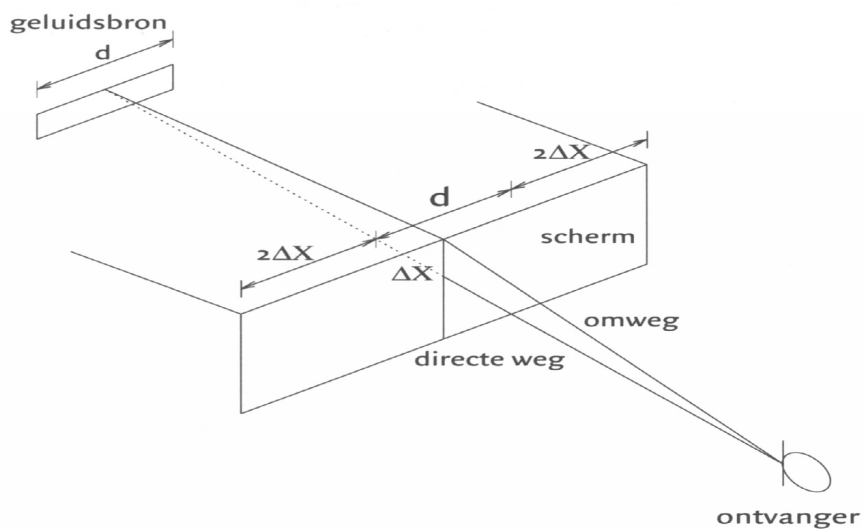
- in het horizontale vlak loopt het scherm aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte van het scherm (zie figuur B.4.5);
- het scherm heeft een hoogte die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- het scherm is op een afstand van de bron van ten hoogste 25 m geplaatst.



FIGUUR B.4.5 Toelichting ruimtelijke specificatie verticale afschermingen

Afschermingen (dakranden)

- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- in het horizontale vlak loopt de dakrand aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte Δx . Deze hoogte komt overeen met de lengte van de verbindingslijn tussen de directe lijn en de omweg. De verbindingslijn staat hierbij loodrecht op de directe lijn (zie figuur B.4.6);
- de dakrand heeft een hoogte Δx die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- de afstand van het 'scherm' tot de bron bedraagt ten hoogste 25 m.



FIGUUR B.4.6 Toelichting ruimtelijke specificatie afschermingen

Indien voldaan wordt aan deze condities is de term D_s gelijk aan 5 dB(A). Bij het *niet* voldoen aan deze condities is de term D_s gelijk aan 0 dB(A).

Voor een meer kwantitatieve benadering wordt verwezen naar methode II.

4.7.2 Versterking door reflectie(s)

4.7.2.1 Algemeen

Randvoorwaarde voor de toepassing van resultaten van brongerichte geluidsmetingen is dat er geen reflecties nabij de bron aanwezig zijn die de bronsterkte zullen beïnvloeden. Bij een opgegeven bronsterkte (vastgesteld uit metingen elders waarbij reflecties zijn geëlimineerd) kunnen overdrachtsberekeningen worden uitgevoerd voor situaties met een reflecterend vlak achter het beoordelingspunt (gezien vanaf de bron) of met een reflecterend vlak achter de bron (gezien vanuit het beoordelingspunt). Voor andere situaties wordt verwezen naar methode II.

4.7.2.2 Reflectievlak achter het beoordelingspunt

Onder een reflecterend vlak achter het beoordelingspunt wordt verstaan een verticaal gevelvlak met afmetingen gelijk aan tenminste 2 x de afstand van het beoordelingspunt tot het gevelvlak. Als hieraan niet voldaan wordt, dient een andere meetlocatie te worden gekozen, zodanig dat eenduidig is vast te stellen of er sprake is van een situatie met of zonder reflectievlak.

De reflectie in het gevelvlak dat als reflectievlak te kenmerken is, wordt niet in de beoordeling meegenomen ($C_g = 0$ dB), tenzij dit uitdrukkelijk in een vergunning of anderszins is geregeld. Wanneer de 'eigen gevelreflectie' dient te worden verdisconteerd, kan dit op gelijke wijze geschieden als in paragraaf 5.1 is aangegeven.

4.7.2.3 Reflectievlak achter de bron

Wanneer een reflecterend vlak achter een bron (gezien vanuit een beoordelingspunt) een afmeting heeft gelijk aan tenminste 2 x de projectie van die bron op dit vlak én de afstand van de bron tot dit vlak kleiner dan 10 m is, wordt het gestandaardiseerd immissieniveau ten gevolge van de betreffende bron met 2 dB(A) verhoogd.

4.7.3 Bepaling beoordelingsgrootheden

In paragraaf 4.7.1 is beschreven op welke wijze, uitgaande van de bronsterkte, het gestandaardiseerde immissieniveau per bedrijfstoestand c.q. bron wordt bepaald, zonodig gecorrigeerd voor reflecties volgens paragraaf 4.7.2. De bepaling van de beoordelingsgrootheden op basis van dit gestandaardiseerde immissieniveau geschiedt op dezelfde wijze als bij immissiemetingen op een beoordelings- of referentiepunt. Voor de te volgen procedure wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

5 Bepaling beoordelingsgrootheden

5.1 Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

De representatieve bedrijfssituatie kan bestaan uit verschillende bedrijfstoestanden. Per bedrijfstoestand wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald uit het energetisch gemiddelde van de verrichte geldige geluidsmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid (zie paragraaf 3.8).

Het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$ ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens:

$$L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (5.1)$$

De **bedrijfsduurcorrectieterm** C_b brengt de periode T_b in rekening dat een bedrijfstoestand duurt tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht).

$$C_b = -10 \log (T_b/T_o) \quad (5.2)$$

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld, worden de volgende beoordelingsperioden aangehouden:

- dagperiode: 07.00-19.00 uur; $T_o = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_o = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_o = 8$ uur

De **meteocorrectieterm** C_m wordt berekend volgens:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10 (h_b + h_o) \quad (5.3)$$

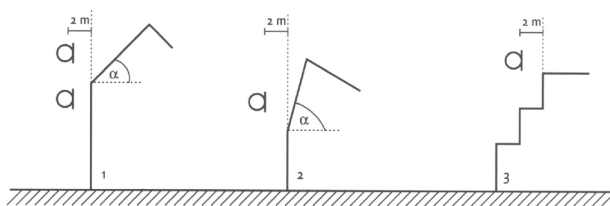
$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$

Deze meteocorrectieterm is altijd positief ($C_m \geq 0$).

De **gevelcorrectieterm** C_g

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het *invalend* geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) gemeten. Indien het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau L_i een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen (zie figuur B.5.1).

In het geval dat uitdrukkelijk wordt aangegeven dat inclusief gevelreflectie moet worden beoordeeld, dient de meetlocatie bij voorkeur als volgt te zijn gekozen.



Dwarsdoorsnede huis 1: $C_g = 3$ dB voor de onderste microfoon c.q. beoordelingspositie
 $C_g = 0$ dB ($\alpha < 70^\circ$) voor de bovenste microfoon c.q. beoordelingspositie
 Dwarsdoorsnede huis 2: $C_g = 3$ dB ($\alpha \geq 70^\circ$)
 Dwarsdoorsnede huis 3: $C_g = 3$ dB

Dwarsdoorsnede huis 1: $C_g = 3$ dB voor de onderste microfoon c.q. beoordelingspositie
 $C_g = 0$ dB ($\alpha < 70^\circ$) voor de bovenste microfoon c.q. beoordelingspositie

Dwarsdoorsnede huis 2: $C_g = 3$ dB ($\alpha \geq 70^\circ$)

Dwarsdoorsnede huis 3: $C_g = 3$ dB

FIGUUR B.5.1 Meetlocatie bij vaststelling geluidsniveau inclusief gevelreflectie, en gevel- correctieterm

5.2 Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ari,LT}$

Wanneer op het beoordelingspunt bij een bepaalde bedrijfstoestand binnen het totaal aanwezige geluidsniveau vanwege de betreffende inrichting een geluid met een duidelijk hoorbaar tonaal of impulsachtig karakter wordt waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt, een toeslag toegepast voor:

- tonaal: $K_1 = 5$ dB;
- impuls: $K_2 = 5$ dB.

Bij een bedrijfstoestand waar zowel sprake is van een tonaal en een impulsachtig geluid wordt of K of K_2 toegepast. Deze toeslagen worden dus niet gesommeerd.

Wanneer op het beoordelingspunt bij een bepaalde bedrijfstoestand binnen het totaal aanwezige geluidsniveau vanwege de betreffende inrichting geluid met een duidelijk muziekkarakter wordt waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de betreffende bedrijfstoestand een toeslag toegepast van: $K_3 = 10$ dB.

Indien deze toeslag wordt toegepast, wordt voor de betreffende bedrijfstoestand geen toeslag meer voor tonaal of impulsachtig geluid toegepast.

Het langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand (kortweg deelbeoordelingsniveau) $L_{Ari,LT}$ wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode als volgt bepaald:

$$L_{Ari,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x \quad (5.4)$$

Hierin is K_x gelijk aan K_1 , K_2 of K_3 .

Het totale beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de deelbeoordelingsniveaus volgens:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ar,LT}}{10}} \quad (5.5)$$

5.3 Bepaling beoordelingsniveau L_{etmaal}

Indien diverse bedrijfstoestanden binnen één beoordelingsperiode optreden worden de deelbeoordelingsniveaus energetisch gesommeerd. Als de verschillende bedrijfstoestanden wel in dezelfde beoordelingsperiode maar niet in hetzelfde etmaal optreden, mogen de desbetreffende niveaus niet (energetisch) gesommeerd worden. Dan dient eerst per beoordelingsperiode (dag, avond en nacht) het beoordelingsniveau te worden bepaald. De beoordelingsperiode met de hoogste beoordelingsniveau is in dat geval bepalend voor de representatieve bedrijfssituatie.

Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor de verschillende beoordelingsperioden vastgesteld:

- dagperiode: $L_{dag} = L_{Ar,LT}$ (07.00-19.00 uur); (5.6)
- avondperiode: $L_{avond} = L_{Ar,LT}$ (19.00-23.00 uur);
- nachtperiode: $L_{nacht} = L_{Ar,LT}$ (23.00-07.00).

De etmaalwaarde L_{etmaal} (deze waarde is voor gezoneerde industrieterreinen gelijk aan de geluidsbelasting B_i) wordt bepaald uit de hoogste van de volgende waarden:

- L_{dag}
- $L_{avond} + 5 \text{ dB}$
- $L_{nacht} + 10 \text{ dB}$

Voor zonebeheer en hogere grenswaardeprocedures wordt altijd het invallend geluidsniveau bedoeld en worden geen toeslagen voor impulsachtig, tonaal of muziekgeluid toegepast.

5.4 Maximaal geluidsniveau L_{Amax}

De beoordeling van geluiden die kortstondig optreden geschiedt aan de hand van het maximale A-gewogen geluidsniveau L_{Amax} . Het maximale geluidsniveau L_{Amax} is de hoogste aflezing in de meterstand 'fast', verminderd met de meteocorrectieterm C_m (zie paragraaf 5.1).

Bij de gemeten waarde dient te worden vermeld waardoor het maximale niveau wordt veroorzaakt.

5.5 Rapportage

In het meetrapport dienen de volgende gegevens te worden vermeld.

Algemeen

- opdrachtgever;
- het doel (en kader) van het onderzoek;
- verwijzing naar het gebruikte meetvoorschrift;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toepaste kalibratiemethode;
- plattegrond van de meetsituatie met daarin aangegeven de positie van de bronnen, afschermende en reflecterende vlakken van het type bodem;
- opgave van de beoordelingslocatie en -hoogte h_o ;
- beschrijving van de bron(nen) met betrekking tot de representatieve bedrijfssituatie(s), de geometrische afmetingen d en h_b en de bedrijfsperiode T_b ;
- beschrijving van het karakter van het geluid (tonaal/impuls/muziek);
- andere relevante gegevens, zoals een korte omschrijving van de subjectieve ervaring van de meetsituatie tijdens de metingen;
- aantal metingen;
- berekening L_i uit bedrijfstoestand, toegepaste toeslagen;
- beoordelingsgrootheden, eventueel bepalen stoorgeluidsniveau en -correctie.

Immissiemetingen

- op plattegrond meetlocatie aangeven;
- afstand r_i en de microfoonhoogte h_m ;

- meetperiode T_m , datum en tijd van de metingen en meetresultaten;
- weersomstandigheden;
- wijze L_i -bepaling.

Emissiemetingen en overdrachtsberekening

- meetperiode T_m en gemeten niveaus;
- het gekozen referentievlak;
- de berekende immissierelevante bronsterkte.

6 Definities

Symbool	Eenheid	Omschrijving
β		Hoek tussen de normaal op het uitstralende oppervlak en de denkbeeldige lijn met het immissiepunt
ϕ		Windhoek
$\phi_{\max}$		Maximale windhoek
C_b	dB	Bedrijfsduurcorrectieterm per beoordelingsperiode
C_g	dB	Gevelreflectieterm
C_m	dB	Meteocorrectieterm
C_{ref}	dB	Correctieterm voor de meetafstand bij extrapolaties
C_{stoor}	dB	Stoorgeluidscorrectie
d	m	Bron- of brongebieddiameter
d_{ref}	m	Diameter van het referentielichaam bij een lijnbron
D_{xxx}	dB	Symbool voor verzwakkingsterm, voorzien van diverse indices, in het overdrachtsmodel
DI	dB	Richtingsindex (directivity index)
h_b	m	Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_m	m	Hoogte van een meetpunt ten opzichte van het plaatselijk maaiveld
h_o	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
K_x		
$x = 1, 2 \text{ of } 3$	dB	Toeslagen voor zuivere tonen, impulsachtig geluid en muziekgeluid respectievelijk K_1 , K_2 en K_3
K_4	dB	Correctiefactor voor bodeminvloed
l	m	Lengte van een lijnbron
$L_{Aeqi,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau
$L_{Ari,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{Ar,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau
$L_{Aeq,T}$	dB(A)	A-gewogen equivalent geluidsniveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μPa over de periode T
$L_{\text{dag}}/L_{\text{avond}}$		
$L_{\text{nacht}}/L_{\text{etmaal}}$	dB(A)	Beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor respectievelijk de dag-, avond-, nacht- en etmaalperiode
L_i	dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau
L_i^*	dB(A)	Het niet voor stoorgeluid gecorrigeerde gestandaardiseerde immissieniveau
$L_{i,ref}$	dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau op een referentiepunt
L_{Amax}	dB(A)	A-gewogen maximale geluidsniveau in meterstand 'fast' verminderd met C_m
$\langle L_{SA} \rangle$	dB(A)	Geluids(druk)niveau op het denkbeeldige meetvlak
L_{stoor}	dB(A)	Geluids(druk)niveau van het stoorgeluid
L_{WR}	dB(A)	Immissierelevante bronsterkte
N	-	Aantal meetpunten of metingen
r_i	m	Afstand tussen bron en immissiepunt
r_{ref}	m	Afstand tussen broncentrum en referentiepunt
R	m	Afstand tussen bron en meetpunt ten behoeve van bronsterktebepaling
S_m	m^2	Oppervlak van het meetvlak bij aangepast meetvlakmethode
T_b	uur	Bedrijfsperiode
T_m	uur	Meetperiode
T_o	uur	Beoordelingsperiode

MODULE C METHODE II

- 1 Inleiding 99**
- 2 Meet- en rekenmethode industrielawaai voor complexe situaties (methode II) 100**
 - 2.1 Structuur 100
 - 2.2 Toepassingsgebied 100
 - 2.3 Vereist kennisniveau 101
 - 2.4 Relatie met ISO-, EN- en NEN-normen 101
 - 2.5 Nauwkeurigheid van methode II 101
 - 2.5.1 Vereiste nauwkeurigheid 101
 - 2.5.2 Verwaarlozingscriterium 102
 - 2.5.3 Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen 102
 - 2.5.4 Afrondingen 102
- 3 Immissiemetingen (methode II.1) 103**
 - 3.1 Algemeen 103
 - 3.2 Toepassingsgebied 103
 - 3.3 Meetapparatuur 103
 - 3.4 Vaststelling van de meetcondities 104
 - 3.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie 104
 - 3.4.2 Keuze van de meetlocatie 105
 - 3.4.3 Weersomstandigheden 106
 - 3.5 Uitvoering van de geluidsmetingen 106
 - 3.5.1 Meetduur 106
 - 3.5.2 Aantal metingen 107
 - 3.5.3 Stoorgeluidscorrectie 107
 - 3.6 Bijzondere bewerkingen 108
 - 3.6.1 Extra- en/of interpolatie 108
 - 3.6.2 Directe bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau 109
 - 3.6.3 Gestandaardiseerde meteorologische omstandigheden 109
 - 3.7 Bepaling beoordelingsgrootheden 109
 - 3.8 Rapportage 110
 - 3.9 Immissiemeetmethode windturbines 110
- 4 Bronsterkebepaling 111**
 - 4.1 Algemeen 111
 - 4.1.1 Immissierelevante bronsterkte L_{WR} 111
 - 4.1.2 Relevant frequentiegebied 111
 - 4.1.3 Indeling emissiemeetmethoden 112
 - 4.1.4 Aansluiting bij overdrachtsberekeningen 113
 - 4.2 Geconcentreerde bronmethode (methode II.2) 114
 - 4.2.1 Algemeen 114
 - 4.2.2 Toepassingsgebied 114
 - 4.2.3 Meetapparatuur 114
 - 4.2.4 Vaststelling van de meetcondities 114
 - 4.2.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie 114
 - 4.2.4.2 Keuze van de meetlocatie 114
 - 4.2.4.3 Weersomstandigheden 116
 - 4.2.5 Uitvoering van de geluidsmetingen 116
 - 4.2.5.1 Algemeen 116
 - 4.2.5.2 Meetduur 116
 - 4.2.5.3 Aantal metingen 117
 - 4.2.6 Berekening van de bronsterkte L_{WR} 117
 - 4.2.7 Rapportage 118
 - 4.3 Aangepast meetvlakmethode (methode II.3) 118
 - 4.3.1 Algemeen 118
 - 4.3.2 Toepassingsgebied 119
 - 4.3.3 Meetapparatuur 119

4.3.4	Vaststelling van de meetcondities	119
4.3.4.1	Brongeometrie en bedrijfssituatie	119
4.3.4.2	Keuze van de meetlocatie	121
4.3.4.3	Weersomstandigheden	123
4.3.5	Uitvoering van de geluidsmetingen	123
4.3.5.1	Algemeen	123
4.3.5.2	Meetduur	124
4.3.5.3	Aantal metingen	124
4.3.6	Berekening van de bronsterkte L_{WR}	125
4.3.6.1	Meetvlakniveau $<L_s>$	125
4.3.6.2	Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F	125
4.3.6.3	Richtingsindex DI	126
4.3.6.4	Berekening bronsterkte L_{WR}	127
4.3.7	Rapportage	127
4.4	Rondommethode (methode II.4)	127
4.4.1	Algemeen	127
4.4.2	Toepassingsgebied	129
4.4.3	Meetapparatuur	129
4.4.4	Vaststelling van de meetcondities	129
4.4.4.1	Brongeometrie en bedrijfssituatie	129
4.4.4.2	Keuze van de meetlocaties	129
4.4.4.3	Weersomstandigheden	131
4.4.5	Uitvoering van de geluidsmetingen	131
4.4.5.1	Algemeen	131
4.4.5.2	Meetduur	131
4.4.5.3	Aantal metingen	131
4.4.6	Berekening van de bronsterkte L_{WR}	131
4.4.7	Rapportage	133
4.5	Intensiteitsmetingen (methode II.5)	133
4.5.1	Algemeen	133
4.5.2	Toepassingsgebied	134
4.5.3	Meetapparatuur	134
4.5.4	Uitvoering van intensiteitsmetingen	134
4.5.5	Rapportage	135
4.6	Snelheidsmetingen (trillingsmetingen, methode II.6)	135
4.6.1	Algemeen	135
4.6.2	Toepassingsgebied	135
4.6.3	Meetapparatuur	136
4.6.4	Uitvoering van de snelheidsmetingen	136
4.6.5	Berekening van het geluidsvermogen L_w	136
4.7	Uitstraling gebouwen (methode II.7)	137
4.7.1	Algemeen	137
4.7.2	Aanvullende metingen	138
4.7.3	Berekening van de bronsterkte L_{WR}	138
4.7.4	Overdrachtsberekening	140
4.8	Internationale standaarden en/of andere meetmethoden	140
4.8.1	Algemeen	140
4.8.2	Beknopt overzicht normen en voorschriften	141
4.8.3	Rapportage	143
5	Overdrachtsmodel (methode II.8)	144
5.1	Algemeen	144
5.2	Bronbeschrijving	144
5.2.1	Samenvoegen van bronnen	144
5.2.2	Splitsen van bronnen	145
5.3	Basisformule	145
5.3.1	D_{geo}	146
5.3.2	D_{lucht}	146
5.3.3	D_{refl}	147
5.3.4	D_{scherm}	149

5.3.5	D_{veg}	156
5.3.6	$D_{terrein}$	157
5.3.7	D_{bodem}	158
5.3.8	D_{huis}	161

6 Substitutiemethode (methode II.9) 162

7 Hybride methoden (methode II.10) 164

8 Bepaling beoordelingsgrootheden 166

8.1	Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeq,LT}$	166
8.2	Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$	167
8.3	Bepaling beoordelingsniveau L_{etmaal}	168
8.4	Maximaal geluidsniveau L_{Amax}	169

9 Definities 170

Literatuurlijst 173

1 Inleiding

Methode II van de Handleiding meten en rekenen Industrielawaai (Handleiding) is een methode ter bepaling van geluidsimmissieniveaus in complexe situaties. De geluidsimmissieniveaus betreffen het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{A,r,LT}$ en het maximale geluidsniveau $L_{A,max}$.

Methode II omvat een immissiemeetmethode en een groot aantal emissiemeetmethoden gecombineerd met een uitgebreid overdrachtsrekenmodel.

Deze metingen en berekeningen worden spectraal uitgevoerd.

De methode wordt met name toegepast bij:

- inrichtingen die in het kader van de Wet milieubeheer (Wm) vergunningplichtig zijn en waar sprake is van een complexe situatie met vele geluidsbronnen en/of meerdere bedrijfstoestanden. Een akoestisch onderzoek kan noodzakelijk zijn voor een Wm- vergunning of uit het oogpunt van handhaving;
- inrichtingen waarvoor vergunningverlening of handhaving in het kader van het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer (Ivb) ex artikel 2.4 van toepassing is;
- bestaande of nieuwe inrichtingen op een gezonde industrieterrein. Een akoestisch onderzoek kan verricht worden in het kader van zonering en sanering van een industrieterrein.

Voor minder complexe situaties kan gebruik gemaakt worden van methode I. Deze methode I kan worden toegepast voor eenvoudige situaties; metingen en berekeningen worden hierbij uitsluitend in dB(A) uitgevoerd.

2 Meet- en rekenmethode industrielawaai voor complexe situaties (methode II)

2.1 Structuur

Meet- en rekenmethode II omvat de diverse methoden ter bepaling van bronsterkten en beoordelingsgrootheden op beoordelingspunten. In tabel C.2.1 is een overzicht gegeven van de methoden.

In paragraaf 4.1.3 worden de diverse emissiemeetmethoden verder toegelicht.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op het toepassingsgebied, het vereiste kennisniveau en de nauwkeurigheid van de methode. Hoofdstuk 3 omschrijft op welke wijze het immissieniveau bepaald kan worden met de immissiemeetmethode. In hoofdstuk 4 zijn diverse emissiemeetmethoden beschreven waarmee in combinatie met het overdrachtsmodel uit hoofdstuk 5 het immissieniveau kan worden berekend. In hoofdstuk 6 en 7 zijn aanvullende methoden opgenomen en in hoofdstuk 8 wordt aangegeven op welke wijze de beoordelingsgrootheden kunnen worden bepaald uit de immissieniveaus. Voor achtergrondinformatie over grootheden en aspecten bij de uitvoering van metingen en beoordeling wordt verwezen naar module A.

Hoofdstuk	Methode II voor complexe situaties	Aanduiding
3	Immissiemetingen	II.1
4	Bronsterktebepaling:	
	– geconcentreerde bronmethode	II.2
	– aangepast meetvlakmethode	II.3
	– rondommethode	II.4
	– intensiteitsmetingen	II.5
	– snelheidsmetingen	II.6
	– bepaling geluidsuitstraling gebouwen	II.7
5	Overdrachtsmodel	II.8
6	Substitutiemethode	II.9
7	Hybride methoden	II.10

TABEL C.2.1 *Structuur methode II met diverse methoden*

2.2 Toepassingsgebied

De methode II kent, in tegenstelling tot methode I, geen algemene beperkingen met betrekking tot afstand, beoordelingshoogte, omvang van de inrichting en spectrale inhoud van het geluid. De specifieke randvoorwaarden worden bij iedere submethode gegeven.

2.3 Vereist kennisniveau

Van de gebruikers van methode I wordt een gedegen kennis van akoestische begrippen, meettechnieken en theorie geëist, bijvoorbeeld blijkend uit het met goed resultaat hebben doorlopen van een cursus akoestiek op HBO-niveau alsmede adequate praktijkervaring.

Ook is enige kennis van het productieproces en de werkcyclussen van de bron vereist, teneinde de representatieve bedrijfstoestanden en -perioden te kunnen vaststellen. Zelfstandig toepassen van de methode vergt gedegen ervaring, opgedaan door samenwerking met meer ervaren deskundigen.

2.4 Relatie met ISO-, EN- en NEN-normen

De ISO-, EN- en NEN-normen zijn een bruikbaar alternatief, echter:

- het meten van de immissierelevante bronsterkte prevaleert boven het bepalen van het geluidsvermogen. In de bovengenoemde normen wordt over het algemeen uitgegaan van het geluidsvermogen en er is dus geen richtinginformatie bekend. Tevens wordt in de normbladen meestal geen rekening gehouden met het geometrische nabijheidsveld (zie paragraaf 4.4.6);
- relevant gebruik prevaleert boven omschreven gebruik in ISO of EN;
- het Nederlandse overdrachtsmodel prevaleert boven ISO 9613.

2.5 Nauwkeurigheid van methode II

2.5.1 Vereiste nauwkeurigheid

In tabel C.2.2 zijn de richtwaarden gegeven voor de minimale nauwkeurigheid die vereist is bij de vaststelling van de verschillende grootheden. Algemeen uitgangspunt is dat door onnauwkeurigheden bij het bepalen van afstanden, geometrieën, tijdspannen en aflezingen van geluidsmeters c.q. apparatuur die de geluidsgegevens verwerkt, in het eindresultaat geen grotere fout veroorzaakt mag worden dan 1 dB.

De grootste fouten kunnen met name optreden bij de vaststelling van de tijdsduur van een bedrijfstoestand.

Grootheid	Vereiste nauwkeurigheid
afstand	5%
oppervlak	10%
tijdspannen	10%
gemiddelde windsnelheid	30% of 1 m/s
gemiddelde windrichting	20
afleesnauwkeurigheid bij geluidsniveaubepalingen	0,5 dB

TABEL C.2.2 *Minimaal vereiste nauwkeurigheid*

2.5.2 Verwaarlozingscriterium

Als algemene stelregel wordt gehanteerd dat door verwaarlozing van bijdragen tot het geluidsniveau het eindresultaat met niet meer dan 1 dB mag worden beïnvloed.

De verwaarlozing kan onder meer betrekking hebben op de volgende geluidsbijdragen:

- Deelbronnen
Als de gezamenlijke bijdrage van de te verwaarlozen deelbronnen meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze bronnen worden verwaarloosd.
- Bepaalde frequentiebanden
Als de gezamenlijke bijdrage van bepaalde frequentiebanden meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze worden verwaarloosd. Vaak blijkt dat de geluidsniveaus in de octaafbanden 31,5 en 8000 Hz voor de bepaling van de geluidsniveaus kunnen worden genegeerd.
- Reflecties
Als aangetoond kan worden dat de totale bijdrage via reflecties meer dan 7 dB onder het reeds bepaalde geluidsniveau ligt, mag deze worden verwaarloosd.

2.5.3 Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen

Als algemene regel kan worden gesteld dat de immissiemeetmethode nauwkeuriger is dan de emissie-overdrachtsmethode, mits de representatieve bedrijfssituatie op de juiste wijze in de uitwerking is verdisconteerd. Met de emissie-overdrachtsmethode wordt immers de werkelijke geluidsemisatie en overdracht gemodelleerd.

De onnauwkeurigheid van meten en rekenen volgens methode II is over het algemeen bij deskundige toepassing < 2 dB. Indien noodzakelijk kan deze onnauwkeurigheid in veel situaties worden teruggebracht tot ± 1 dB door een verhoging van het aantal metingen.

De emissie-overdrachtsmethode van methode II kan voor de meest voorkomende situaties binnen een onnauwkeurigheid van ± 2 dB worden uitgevoerd.

Bij methode II geldt dat in complexe situaties waar de nauwkeurigheid van de submethoden van methode II onvoldoende wordt geacht, gebruik kan worden gemaakt van een voor de betreffende situatie meer geëigende methode mits deze keus gemotiveerd wordt.

2.5.4 Afrondingen

De rekenkundige tussenresultaten worden gepresenteerd tot één cijfer achter de komma. De beoordelingsgrootheden worden opgegeven in hele dB's. Deze getallen worden afgerond conform NEN 1047. Hierbij geldt dat indien het af te ronden getal op een 5 eindigt deze wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde gehele even getal.

Dit betekent bijvoorbeeld dat 40,5 dB(A) wordt afgerond naar 40 dB(A) en 45,5 dB(A) naar 46 dB(A). Indien het eindresultaat een etmaalwaarde betreft (zie paragraaf 8.3) vindt afronding plaats voor de toepassing van de toetsing van 5 dB op het beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor de avondperiode.

3 Immissiemetingen (methode II.1)

3.1 Algemeen

De immissiemeetmethode is in principe eenvoudig doordat de beoordelingsgrootheid, het langtijdgemiddeld geluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$, direct gemeten wordt zonder aanvullende berekeningen. Om deze reden zal de methode vaak nauwkeuriger zijn dan de emissiemethoden waarbij een overdrachtsberekening wordt uitgevoerd. De immissiemetingen kunnen ofwel in de octaafbandfrequenties 31,5 Hz – 8000 Hz of smalbandiger worden uitgevoerd.

Indien stoorgeluid niet van belang is en de bedrijfstoestand van de bron eenduidig is, verdient de immissiemeetmethode de voorkeur boven andere methoden.

3.2 Toepassingsgebied

De methode voorziet in een directe meting van het geluid in de buitenlucht waarna het meetresultaat nog gecorrigeerd kan worden voor stoorgeluid. In incidentele gevallen kan het gewenst zijn het meetresultaat ook nog te corrigeren voor een temperatuur en luchtvochtigheid in een standaardatmosfeer (zie paragraaf 3.6.3).

Methode II.1 kan ook gevolgd worden, indien voor het bepalen van de bronsterkte metingen moeten worden uitgevoerd op grotere afstand van de bron.

Er zijn geen algemene beperkingen aan het toepassingsgebied. Wel kan stoorgeluid en/of de mogelijkheid om de representatieve bedrijfssituatie eenduidig vast te stellen, de toepassing bemoeilijken c.q. onmogelijk maken.

3.3 Meetapparatuur

Voor het verrichten van metingen dient men minimaal te beschikken over:

- een precisie geluidsniveaumeter volgens de specificaties van IEC-publicatie 651: 1979, type I met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidsniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impulsgeluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn);
- een windkap of een windbol;
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

Voor metingen op grotere afstand is het van belang, dat ook de relatieve vochtigheid en de temperatuur wordt vastgesteld. Deze vaststelling kan plaatsvinden door metingen ter plaatse of het raadplegen van actuele meteogegevens verzorgd door derden.

Ook kunnen digitale analysesystemen worden gebruikt die door snelle bemonstering van tijdsignalen geluidsdrukken kunnen meten. De microfoons, voorversterkers en functionaliteit van de software dienen overeenkomstig de eisen van de genoemde IEC-publicatie te zijn.

Voor vele meetsituaties is het gewenst te beschikken over:

- een integrerende geluidsniveaumeter volgens IEC-publicatie 804: 1992;
- een (band)recorder (analoog of digitaal zoals bijvoorbeeld DAT of PCM). Tijdens de opname dient bij voorkeur tevens het geluidsniveau (in dB(A)) te worden afgelezen en te worden geregistreerd;
- een hoofdtelefoon voor het afluisteren van het signaal tijdens de metingen;
- een microfoonstatief tot 10 m hoogte;
- octaafbandfilters volgens de specificatie van IEC-publicatie 1260: 1995. De middenfrequenties van de octaafbanden dienen gekozen te worden overeenkomstig ISO 266: 1975 en de banden 31,5 Hz tot en met 8000 Hz te omvatten.

Voor en na iedere serie metingen dient het gehele meetsysteem, inclusief microfoons en kabels, op de voor de apparatuur voorgeschreven wijze te worden gekalibreerd met een akoestische ijkbron, die binnen een marge van 0,5 dB een constant signaal geeft. Indien na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat de meetsysteem niet betrouwbaar is (de afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter

dan 0,5 dB), dienen de desbetreffende metingen opnieuw uitgevoerd te worden. Bij langdurige metingen is het aan te raden om ook tussendoor nog eens het meetsysteem te kalibreren.

Bij gebruik van een (band)recorder dient het goed functioneren van het systeem over het gehele frequentiegebied regelmatig gecontroleerd te worden.

Voorts dient het gehele systeem, inclusief ijkbron(nen), tenminste iedere twee jaar uitgebreid en controleerbaar te worden getest.

3.4 Vaststelling van de meetcondities

3.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

Van de te onderzoeken inrichting dient allereerst het gebied met de relevante bronnen te worden vastgesteld. Dit is het brongebied. De grootste afmeting binnen het brongebied is de brondiameter d . Vervolgens dient het broncentrum en de bronhoogte h_b bepaald te worden. Het broncentrum is het 'akoestisch zwaartepunt' van het gebied met de relevante bronnen voor het betreffende immissiepunt. Meestal kan hiervoor het midden van het brongebied worden gekozen, maar als de maatgevende bronnen sterk excentrisch liggen kan een betere keuze worden gemotiveerd. De bronhoogte h_b is de hoogte van dit akoestische zwaartepunt boven het maaiveld. Tenslotte dient de meetafstand r_i te worden bepaald. Dit is de afstand tussen het immissiepunt en het broncentrum.

De bedrijfssituatie van de te meten bronnen moet zo exact mogelijk worden vastgelegd, maar niet uitgebreider dan nodig. Het gaat om de kenmerken die voor geluid van belang zijn. Het kan bijvoorbeeld ten behoeve van de metingen en analyse van de bedrijfssituatie nodig zijn diverse bedrijfstoestanden te definiëren, waaruit de representatieve bedrijfssituatie wordt opgebouwd.

Vastgesteld moet worden of de bedrijfssituatie c.q. bedrijfstoestanden representatief zijn voor het doel van de meting.

Indien het in een bepaalde situatie niet mogelijk is een representatieve bedrijfssituatie vast te stellen, dan wel voor de metingen representatieve bedrijfstoestanden te definiëren, kan het zinvol zijn de meetperiode te verlengen. In uitzonderingsgevallen zal de meetperiode gelijk moeten zijn aan de gehele beoordelingsperiode of moet steekproefsgewijs een groot aantal metingen worden verricht. Aanbevolen wordt dan emissiemetingen te verrichten aangevuld met overdrachtsberekeningen.

De duur van de bedrijfssituatie moet voor de dag-, avond- en/of nachtperiode worden vastgelegd.

3.4.2 Keuze van de meetlocatie

De gekozen meethoogte dient zoveel mogelijk overeen te komen met de beoordelingshoogte. Indien de beoordelingshoogte niet nader wordt gespecificeerd in een vergunning of anderszins, geldt voor de meethoogte uit het oogpunt van reproduceerbaarheid de volgende uitgangspunten.

Meetafstand r_i [m]	Meethoogte h_m [m]
≤ 50	$\geq 1,5$ (voorkeur: 5)
> 50	$\geq 5^*$
* Om het geluidsimmissieniveau ter hoogte van woongebouwen te bepalen moet voor de gevel van de hoogste verdieping waar zich geluidsgevoelige ruimten bevinden, worden gemeten op 2/3 verdiepingshoogte. Als echter aannemelijk kan worden gemaakt dat het geluidsniveau niet relevant met de hoogte zal toenemen, kan met een meting op 5 m hoogte worden volstaan. Voor eenlaagsbebouwing kan de meethoogte kleiner zijn dan 5 m.	

TABEL C.3.1 Meethoogte h_m (bij ontbreken van specificaties)

Reflecties

Tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven wordt zo mogelijk het *invalend* geluidsniveau gemeten. Indien het immissieniveau vóór een gevel moet worden bepaald, wordt op een afstand van 2 m voor het verticale

vlak gemeten. Alle vlakken met een elevatie van $\alpha = 70^\circ$ of meer worden als verticaal beschouwd. Indien de elevatie minder dan 70° is, wordt er procedureel van uitgegaan dat er geen reflectie plaatsvindt en wordt geen gevelcorrectieterm toegepast (zie paragraaf 8.1). De aanwezige reflecterende vlakken worden in het meetrapport vermeld.

Indien het geluid (brom-)tonen bij lagere frequenties bevat, bijvoorbeeld bij transformatorstations, wordt aangeraden de microfoon tijdens de meting rustig over een bereik van circa 1,5 m heen en weer te zwaaien. Algemeen kan gesteld worden dat indien het geluidsniveau gedomineerd wordt door componenten in de onderste vier octaafbanden (31,5 t/m 250 Hz band) deze zwaaietechniek aan te bevelen is.

3.4.3 Weersomstandigheden

Door meteorologische invloeden kan de geluidsoverdracht sterk variëren, met name bij afstanden $r_i > 50$ m. Bij afstanden die voldoen aan het criterium $r_i \leq 50$ m en $r_i \leq 10 (h_b + h_m)$ mag onder alle meteorologische omstandigheden gemeten worden. De weersomstandigheden mogen een betrouwbare werking van de apparatuur evenwel niet belemmeren. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage temperatuur moeten om deze reden zoveel mogelijk worden vermeden. Metingen tijdens heldere dagen met hoge temperaturen dienen vermeden te worden vanwege onbekende temperatuurseffecten op de geluidsoverdracht door warmteafstraling. Voorts mag windgeruis de metingen niet beïnvloeden. Als richtlijn geldt dat windgeruis tenminste 7 dB onder het signaal moet liggen.

Metingen op grotere afstanden dienen echter onder specifieke meteorologische omstandigheden verricht te worden. Deze omstandigheden worden 'meteoraamcondities' genoemd en de randvoorwaarden hierbij zijn in tabel C.3.2 gedefinieerd.

Betreft		toegestane windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	toegestane maximum windhoek φ [°]
meteorologische dag	oktober t/m mei	> 1	60
	juni t/m september	> 2	60
meteorologische nacht	meer dan 1/8 bewolkt	> 1	60
	minder dan 1/8 bewolkt	> 0	60

TABEL C.3.2 *Meteoraam industrielawaai*

Definities van grootheden die voor het vaststellen van het meteoraam van belang zijn:

- *gemiddelde windsnelheid*: de gemiddelde windsnelheid in het open veld (buiten het invloedsgebied van obstakels) op 10 m hoogte op of nabij de meetlocatie. De windsnelheid wordt bepaald uit metingen tussen 2 en 10 m hoogte. De gemeten snelheid op 2 m moet met 1,4 en die op 5 m met 1,2 vermenigvuldigd worden;
- *gemiddelde windrichting*: deze wordt gemeten buiten de invloed van obstakels in het vrije veld. De meethoogte kan vrij gekozen worden tussen 2 en 20 m;
- *windhoek φ* : hoek tussen de lijn van bron naar immissiepunt en de gemiddelde windrichting;
- *meteorologische dag*: periode tussen een uur na zonsopgang en een uur voor zonsondergang;
- *meteorologische nacht*: periode tussen een uur voor zonsondergang en een uur na zonsopgang.

3.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

3.5.1 Meetduur

De meetduur wordt enerzijds bepaald door de variatie van de geluidsemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden en anderzijds door variaties in de geluidsoverdracht.

Voorwaarde is: de meetduur moet zodanig lang zijn dat het equivalente geluidsniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Teneinde over overdrachtsvariaties te middelen dienen de in tabel C.3.3 aangegeven *minimale* tijden te worden aangehouden. Het betreft hier de pure meettijd. Duidelijk langer is de tijd dat men op een meetlocatie aanwezig moet zijn om zich bewust te worden van de akoestische situatie. Een en ander hangt af van de situatie, maar ook van de deskundigheid van de uitvoerder.

Bij de vaststelling van stoorgeluid dient gedurende een relatief lange periode gemeten te worden.

Meetafstand r_i [m]	Meetperiode T_m
$r_i \leq 50$ en $r_i \leq 10 (h_b + h_m)$	15 seconden
$r_i \leq 150$	1 minuut
$r_i \leq 1000$	2 minuten
$r_i > 1000$	5 minuten

TABEL C.3.3 *Minimale meetduur bij constant emissieniveau*

3.5.2 Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen meer dan één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. Tijdens de meting wordt het gestandaardiseerd immissieniveau L_i vastgesteld.

Meetafstand r_i [m]	Minimum aantal metingen
$r_i \leq 50$	1
$50 < r_i \leq 150$	2
$150 < r_i \leq 1000$	3
$r_i > 1000$	4

TABEL C.3.4 *Minimum aantal metingen*

Minimaal moet er tussen twee immissiemetingen 4 uur tussenruimte zijn, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken. Indien echter aannemelijk gemaakt kan worden dat meer metingen geen andere conclusies zullen geven, kan met minder metingen worden volstaan. De meetresultaten worden na stoorgeluidscorrectie (zie de volgende paragraaf) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. Indien als gevolg van meteorologische variaties een meetresultaat van de betreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

3.5.3 Stoorgeluidscorrectie

De stoorgeluidscorrectie is beperkt tot maximaal 3 dB op het totale niveau of 7 dB in een octaafband. In het laatste geval mag door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd worden.

Het niveau van het stoorgeluid moet zo mogelijk op meer manieren kwantitatief worden vastgesteld, bijvoorbeeld op de volgende manieren (in volgorde van afnemende nauwkeurigheid):

- de te onderzoeken bron tijdens de metingen, bij voorkeur intermitterend, aan en uit te zetten;
- tegelijkertijd onder identieke omstandigheden het stoorgeluid te meten op een punt, dat verder van de bron verwijderd is (bijvoorbeeld verder langs de storende verkeersweg);
- emissiemetingen nabij de stoorbronnen te verrichten en de overdracht te berekenen.

Het berekende geluids(druk)niveau van de bron L_i wordt bepaald uit het ongecorrigeerde gemeten geluids(druk) niveau L_i^* en het gemeten dan wel berekende niveau van het stoorgeluid L_{stoor} .

$$L_i = L_i^* - C_{\text{stoer}} \quad (3.1)$$

$$C_{\text{stoer}} = -10 \log \left(1 - 10^{\frac{(L_{\text{stoer}} - L_i^*)}{10}} \right) \quad (3.2)$$

3.6 Bijzondere bewerkingen

3.6.1 Extra- en/of interpolatie

Indien het geluidsniveau op een andere plaats (beoordelingspunt) moet worden bepaald dan waar gemeten is (referentiepunt), wordt met behulp van het overdrachtsmodel van methode II een berekening gemaakt van deze correctie. Hierbij wordt de volgende procedure gevolgd:

1. Het brongebied moet vanuit het referentiepunt en vanuit het beoordelingspunt op te vatten zijn als een geconcentreerde bron (zie paragraaf 4.2).
2. Vanuit de bron gezien moet het beoordelingspunt in dezelfde richting liggen als het referentiepunt.
3. Het brongebied kan voor deze berekening worden vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt. Uitgaande van deze puntbron worden met het overdrachtsmodel van methode II berekeningen uitgevoerd.
In het model moet de werkelijke bodem van het midden- en ontvangergebied worden ingevoerd. De bodemfactor van het brongebied is bij extrapolatie niet wezenlijk van belang.
4. Op het referentiepunt wordt per octaafband het gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,\text{ref}}$ op 5 m hoogte gemeten.
5. Er wordt een (arbitraire) bronsterkte per octaafband aangenomen, genormeerd op 0 dB. Indien een normering op 0 dB met rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook gekozen worden voor een bronsterkte van 100 dB per octaafband.
6. Met het overdrachtsmodel wordt, uitgaande van deze bronsterkte, op het referentiepunt en het beoordelingspunt per octaafband het geluidsdrukniveau $L'_{i,\text{ref}}$ en L'_i berekend.
7. Per octaafband wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i op het beoordelingspunt bepaald uit:

$$L_i = L'_i - (L'_{i,\text{ref}} - L_{i,\text{ref}})$$

8. Het geluidsniveau in dB(A) op het beoordelingspunt wordt bepaald door de energetische optelling van de berekende A-gewogen octaafbandwaarden.

Het kan voor bepaalde doeleinden gewenst zijn een indicatie te hebben van het A-gewogen geluidsniveau op grotere afstand dan het meetpunt. In deze situatie kan een bovengrens van het geluidsniveau worden verkregen door gebruik te maken van de methode die in paragraaf 3.7.2 van methode I is aangegeven.

3.6.2 Directe bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau

Indien op een bepaalde meetpunt op willekeurige momenten zeer veel geluidsmetingen zijn verricht bij dezelfde representatieve bedrijfsomstandigheden onder allerlei weersomstandigheden, dan mogen deze resultaten direct energetisch worden gemiddeld. Er vindt dan geen meteocorrectie plaats.

Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan geluidsbewakingssystemen rond grote continu-industrieën. De volgende randvoorwaarden gelden hierbij:

- aantal metingen is groter dan 10;
- tenminste 20% van de metingen vond plaats bij weersomstandigheden die aan het meteoraam industrielaawaai voldeden;
- de windrichtingen tijdens de metingen zijn gelijkmatig over de windroos verspreid;
- stoorgeluid heeft de metingen niet beïnvloed.

Uitdrukkelijk wordt gesteld dat deze benadering niet kan worden gebruikt om over duidelijk herkenbare emissievariaties te middelen. Van seizoenbedrijven bijvoorbeeld wordt de geluidsemisatie bij vol bedrijf in het seizoen als maatgevend gekozen of worden beide (of meerdere) situaties beschouwd.

3.6.3 Gestandaardiseerde meteorologische omstandigheden

In specifieke gevallen kan het gewenst zijn de resultaten om te rekenen naar een standaard atmosfeer. De geluidsniveaus worden dan bepaald voor de situatie met 10 °C en 80% relatieve vochtigheid. Voor de

afwijkende omstandigheden tijdens de metingen wordt gecorrigeerd op basis van ISO 9613-1 [C.1]. Deze correctie is van belang als frequenties boven de 500 Hz het geluidsniveau bepalen en er sprake is van (zeer) grote afstanden.

3.7 Bepaling beoordelingsgrootheden

Op basis van de (voor stoorgeluid gecorrigeerde) gestandaardiseerde immissieniveaus L_i dient het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau te worden bepaald. Hier wordt in hoofdstuk 8 op ingegaan.

3.8 Rapportage

In het meetrapport, waarin immissiemetingen behandeld worden, moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- het doel en karakter van de toepassing;
- verwijzing naar dit meetvoorschrift;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- plattegrond van de meetsituatie met daarin aangegeven de positie van de bronnen, de meetplaats, eventuele stoorbronnen, reflecterende vlakken, het type bodem;
- opgave van het beoordelingspunt en -hoogte h_o ;
- de afstand r_i en microfoonhoogte h_m ;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de representatieve bedrijfssituatie, de geometrische afmetingen d en h_b en de bedrijfsperioden T_b ;
- beschrijving van het karakter van het geluid (tonaal, impulsachtig, muziek);
- meetperiode T_m en wijze van L_i -bepaling;
- eventueel: wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de -correctie;
- weersomstandigheden;
- aantal metingen, tijdstip van de metingen en meetresultaten;
- berekening L_i per bedrijfstoestand en de daarop toegepaste correcties;
- beoordelingsgrootheden;
- andere relevante gegevens zoals een korte omschrijving van het geluidsklimaat, die voor een verdere bewerking of beoordeling van de meetdata relevant kunnen zijn;
- conclusies.

3.9 Immissiemeetmethode windturbines

Voor metingen aan windturbines moet het geluid van de turbine worden bepaald bij een windsnelheid van 7 ± 2 m/s op 10 m hoogte.

Windsnelheidsbepaling

De volgende omrekeningsformules van een windsnelheid op respectievelijk 2 m en 5 m naar die op 10 m kunnen worden gebruikt bij immissiemetingen.

$$U_{10m} = 1,4 \cdot U_{2m} \quad (3.3)$$

$$U_{10m} = 1,2 \cdot U_{5m}$$

Verdere beoordeling

Door de hoge windsnelheid bij in werking zijnde windturbines en relatief lage geluidsniveaus, zijn directe immissiemetingen alleen onder bepaalde randvoorwaarden mogelijk. Indien hieraan niet wordt voldaan, dient er gebruik te worden gemaakt van een emissiemeetmethode (bijvoorbeeld IEC 1400-11 [C.2]) en een overdrachtsberekening.

4 Bronsterktebepaling

4.1 Algemeen

4.1.1 *Immissierelevante bronsterkte L_{WR}*

Het doel van de emissiemeetmethoden is de immissierelevante bronsterkte van geluidsbronnen zo goed mogelijk te bepalen.

Deze immissierelevante bronsterkte L_{WR} is een rekengrootheid. De bronsterkte is gelijk aan het vermogen van een rondom afstralende puntbron die op de plaats van de echte geluidsbron c.q. het broncentrum van een stelsel geluidsbronnen staat en op het immissiepunt hetzelfde geluidsniveau geeft als deze geluidsbron(nen).

De immissierelevante bronsterkte is wezenlijk een andere grootheid dan het geluidsvermogen van de bron. Het geluidsvermogen L_W is een maat voor de totale geluidsenergie die per seconde door de bron wordt geproduceerd. Tussen beide grootheden geldt het volgende verband:

$$L_{WR} = L_W + DI \quad (4.1)$$

Met DI = richtingsindex (zie paragraaf 4.3.6.3)

Voor geluidsoverdracht buiten is meestal alleen het geluid van belang dat wordt afgestraald in een hoek van 0 tot 20 met de horizontaal. In specifieke situaties kan de immissierelevante richting anders zijn, bijvoorbeeld bij hoge bronnen (schoorstenen, dakuitlaten e.d.) waarbij bovendien het beoordelingspunt in de directe omgeving op lagere hoogte ligt.

Verder stralen in het horizontale vlak vele geluidsbronnen richtingsafhankelijk af. Het is daarom van belang dat alleen in de immissierelevante richting de bronsterkte wordt bepaald. Bij grotere industriële inrichtingen kan het totaal opgestelde geluidsvermogen tot wel 5 dB hoger zijn dan de immissierelevante bronsterkte.

De internationale normen (bijvoorbeeld ISO 3740 tot en met ISO 3747) en buitenlandse (DIN-45635) hebben vrijwel alle betrekking op het bepalen van het geluidsvermogen van de geluidsbronnen. Voor toepassing in het kader van berekening van het geluidsimmissieniveau in de omgeving zijn deze normen dan ook veelal niet zonder aanvullingen bruikbaar.

4.1.2 *Relevant frequentiegebied*

De geluidsmetingen voor het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte vinden zowel in dB(A) als in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de octaafbanden met middenfrequenties van 31,5 Hz tot en met 8000 Hz omvat. Indien kan worden aangetoond dat de bronsterkte in bepaalde frequentiebanden een verwaarloosbare bijdrage geeft tot het immissieniveau behoeft in deze banden geen waarde te worden vastgesteld. Voor rekendoeleinden ten behoeve van vergunningprocedures kan een arbitrair lage waarde in deze frequentiebanden worden ingevoerd.

4.1.3 *Indeling emissiemeetmethoden*

In dit voorschrift worden de volgende emissiemeetmethoden beschreven:

1. *Geconcentreerde bronmethode – methode II.2*

Deze methode wordt toegepast als de afmetingen van de bronnen aanzienlijk kleiner zijn dan de meetafstand.

2. *Aangepast meetvlakmethode – methode II.3*

Met deze methoden wordt het geluidsvermogen van de geluidsbron bepaald. De afstand tot de bron is bij deze methoden in het algemeen kleiner dan de bronafmeting. In tegenstelling tot de 'Rondommethode' wordt hier ook de geluidsafstraling naar boven in de geluidsvermogenbepaling betrokken. Met deze methode kan geen richtingsinformatie worden verkregen. Het gebrek hieraan kan de betrouwbaarheid van de met overdrachtsberekening bepaalde niveaus sterk verminderen.

3. *Rondommethode – methode II.4*

Deze methode wordt toegepast voor uitgestrekte bronnen (vele tientallen meters) waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale en waarbij de geluidsuitstraling in het horizontale vlak weinig richtingsafhankelijk is.

Voorts moet in het brongebied de bronverdeling min of meer uniform zijn.

4. Intensiteitsmetingen – methode II.5

Het geluidsvermogen wordt bepaald uit de geluidsintensiteit die uit een omsloten oppervlak rond een geluidsbron stroomt. Deze methode stelt in principe geen beperkingen aan de geluidsbronnen.

5. Snelheidsmetingen (trillingsmetingen) – methode II.6

Het geluidsvermogen wordt bepaald door vaststelling van de mate waarin een oppervlak met een bepaald snelheidsniveau geluid afstraalt. De methode kan worden toegepast als door aanwezigheid van stoorgeluid, het afgestraalde geluid niet direct gemeten kan worden.

6. Uitstraling gebouwen – methode II.7

Met deze methode kan de geluidstransmissie door wanden en daken worden berekend.

Het bepalen van de geluidsvermogens kan met verschillende meettechnieken plaats vinden. Dit geeft ook consequenties voor de toepassing van de voorschriften. Deze worden daarom afzonderlijk behandeld. Het zijn met name deze methoden die in internationaal verband zijn vastgelegd (ISO 3740 serie (geluidsdrukmetingen), ISO 9614 (intensiteitsmetingen), DIN-45635 en vervolgbladen (geluidsdrukmetingen)).

Voor industriële inrichtingen zijn er geluidsbronnen als deuropeningen, leidingbruggen die niet direct binnen de toepassingsgebieden liggen van de meer apparaatgeoriënteerde internationale (en in Nederland overgenomen) normen.

Verder is er een groot aantal normen dat per apparaatsoort specifieke aanwijzingen geeft over de omstandigheden waaronder gemeten moet worden. De gegevens kunnen bruikbaar zijn, mits de in de methode voorgeschreven bedrijfsomstandigheden dezelfde zijn als bij het werkelijk gebruik.

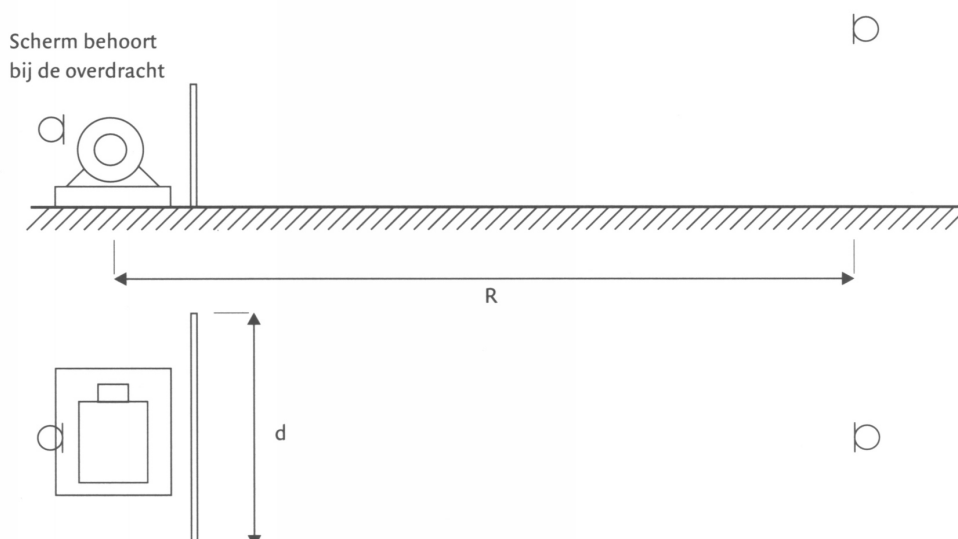
De geconcentreerde bronmethode heeft uit het oogpunt van betrouwbaarheid de voorkeur. Vaak zal echter stoorgeluid (bijvoorbeeld van andere bronnen op het industrieterrein) de toepasbaarheid beperken. Met de geconcentreerde bronmethode en de rondommethode wordt de immissierelevante bronsterkte bij min of meer ongericht afstralende bronnen beter benaderd dan met een aangepast meetvlakmethode.

4.1.4 Aansluiting bij overdrachtsberekeningen

De grens tussen bron en overdracht is in sommige gevallen niet eenduidig aan te geven en hangt af van de benadering van de situatie door de akoesticus. Indien de immissierelevante bronsterkte wordt bepaald, kunnen effecten van afscherming en reflecties hierin worden betrokken. Deze effecten kunnen echter ook bij de overdracht worden betrokken. In het kader van deze methode geldt de volgende richtlijn.

De afschermende en reflecterende objecten die in de bronbeschrijving, en dus in de bronsterkte, zijn opgenomen maken deel uit van de 'vervangende bron' en worden bij de overdrachtsberekening buiten beschouwing gelaten (zie tevens module A, paragraaf 7.1.4).

Een uitzondering vormt de bodem die altijd in de overdrachtsberekening wordt opgenomen. Zo nodig dienen de metingen van de geluidsemissie te worden opgeschoond van bodeminvloeden, c.q. dienen de metingen zodanig te worden ingericht dat deze invloed verwaarloosbaar is.



FIGUUR C.4.1 *Voorbeeld van scheiding bron-overdracht*

In bovenstaand voorbeeld kunnen twee situaties worden onderscheiden. Indien de situatie vanaf links wordt beschouwd, wordt het scherm afzonderlijk bij de overdracht in rekening gebracht. Als de situatie vanaf rechts wordt beschouwd, kan het scherm onderdeel uitmaken van de 'vervangende bron'.

4.2 Geconcentreerde bronmethode (methode II.2)

4.2.1 Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte in een bepaalde richting vanuit een geluidsbron of een stelsel van geluidsbronnen tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

4.2.2 Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R tussen het meetafstand en broncentrum als klein te beschouwen zijn (geconcentreerde bronnen).

Voorwaarde is dat $R \geq 1,5 d$.

4.2.3 Meetapparatuur

De meetapparatuur dient te voldoen aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (paragraaf 3.3).

4.2.4 Vaststelling van de meetcondities

4.2.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen dienen te worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Indien de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn dienen deze allemaal te worden gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluidsuitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden dienen te worden bepaald:

- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b ;
- de brondiameter d .

4.2.4.2 Keuze van de meetlocatie

Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron. De meetpunten dienen telkens in de richting van een beoordelingspunt c.q. immissiepunt te liggen. Indien in meer richtingen informatie nodig is, wordt voor deze richtingen de procedure analoog uitgevoerd. De meetafstand mag hierbij per richting verschillen. Eventuele symmetrie-eigenschappen kunnen worden gebruikt bij de bepaling van de immissierelevante bronsterkte.

In het geval dat aangenomen kan worden, dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt kan, ongeacht het aantal immissiepunten, met slechts één meetpunt in een willekeurige richting worden volstaan (bijvoorbeeld bij metingen aan een verticaal uitstromende schoorsteen).

In het onderstaande is een aantal voorwaarden gegeven waaraan de meetposities dienen te voldoen.

Meetpunten op hele bol

Rond hoog geplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum.

De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1,5 d \leq R \leq 0,5 h_b$, waarbij h_b de hoogte van de bron boven de grond of het dakvlak is.

De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindinglijn tussen het broncentrum en het meetpunt dient 3 tot 12 te bedragen. Het meetpunt dient vanuit de bron gezien in de richting van het immissiepunt te liggen.

Bij situaties waar sprake is van zeer hoog gelegen bronnen en laag gelegen immissieposities, dienen tevens metingen in de immissierelevante richting te worden verricht.

Meetpunten op halve bol

Indien een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen.

Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestraatte en grasachtige bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1,5 d$.

De meetpunten liggen dan op het oppervlak van de halve bol op een hoogte h_m waarvoor geldt dat $h_b + 0,05 R \leq h_m \leq h_b + 0,2 R$ (dit komt overeen met de reeds genoemde 3 tot 12).

Er mag een meethoogte van 10 m worden gebruikt indien $h_b + 0,05 R > 10$ en indien aannemelijk gemaakt kan worden dat op de gewenste meethoogte hetzelfde geluidsniveau optreedt als op dezelfde afstand op de gewenste hoogte.

Reflecties en afschermingen

Er mogen geen afschermende objecten tussen de meetpunten en de bronnen aanwezig zijn (vrij zicht van meetpunt naar bron).

Daarnaast dienen, voor zover mogelijk, de meetpunten zodanig te worden gekozen, dat het geluidsniveau niet beïnvloed wordt door objecten, die niet als een onderdeel van de bron kunnen worden beschouwd.

Een mogelijkheid om aan deze voorwaarden te voldoen is de meetafstand R zo groot te kiezen, dat de reflecterende en afschermende objecten als behorend bij de bron kunnen worden beschouwd (zie paragraaf 4.1).

Aangezien bij het samennemen van bronnen de onderlinge afscherming vaak onnauwkeurig in rekening kan worden gebracht, wordt aanbevolen de meetafstand R zo groot te kiezen dat de bronnen tezamen als geconcentreerde bron kunnen worden gemeten, in plaats van als afzonderlijke deelbronnen.

Het verdient uiteraard de voorkeur de situatie met behulp van diverse metingen vast te stellen, zodat metingen met elkaar vergeleken kunnen worden en tot een nauwkeurige analyse gekomen kan worden van de situatie.

4.2.4.3 Weersomstandigheden

Aanbevolen wordt R en h_m zo te kiezen dat voor alle bronnen in het brongebied geldt dat $R \leq 10 (h_b + h_m)$ en $R \leq 50$ m. Indien dit niet het geval is moet aan het meteoraam industrielawaai worden voldaan (zie paragraaf 3.4.3).

4.2.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.2.5.1 Algemeen

Indien het geluid hoorbare zuivere tonen bevat, dient de microfoon tijdens de meting in de richting van de bodem of het van belang zijnde reflecterende vlak tenminste twee keer langzaam over circa 1,5 m heen en weer te worden bewogen.

Door een geschikte keuze van meettijdstip en meetplaats dient de invloed van stoorgeluid te worden geminimaliseerd. Het zal bij vele metingen niet te voorkomen zijn dat in bepaalde frequentiebanden stoorgeluid optreedt. Als voorbeeld hiervan kunnen windturbulenties genoemd worden. In de praktijk bepalen windturbulenties in de lage frequenties nog wel eens de meetwaarde.

Omdat de keuze van het meetpunt betrekkelijk vrij is, dient er zorg voor te worden gedragen dat stoorgeluidscorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidsniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met de te berekenen geluidsniveaus op grotere afstand. Door het effect van luchtabsorptie in het midden- en hoogfrequente gebied neemt het belang van de laagfrequente componenten op grote afstand toe.

Voor de toepassing van stoorgeluidscorrecties gelden de regels zoals gesteld voor de immissiemeetmethode (zie paragraaf 3.5.3).

4.2.5.2 Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidsemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden.

Voorwaarde is dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidsniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Indien op een afstand wordt gemeten waarbij aan het meteoraam industrielawaai moet worden voldaan, gelden de algemene regels van de immissiemeetmethode ten aanzien van de minimale meetduur (zie paragraaf 3.5.1).

4.2.5.3 Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen minimaal één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. In tabel C.4.1. is het een en ander samengevat.

Meetafstand R [m]	Minimum aantal metingen
$R \leq 50$	1
$50 < R \leq 150$	2
$R > 150$	3

TABEL C.4.1 *Minimum aantal metingen*

De meetresultaten worden na stoorgeluidscorrectie per bedrijfsperiode energetisch gemiddeld. Indien een meetresultaat van een bedrijfstoestand als gevolg van niet optimale meteorologische omstandigheden 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door een nieuwe meting.

4.2.6 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluidsdrukniveau $L_{Aeq,T}$ per frequentieband afgeleid door middel van energetische middeling van de afzonderlijke resultaten.

De immissierelevante bronsterkte wordt voor meetafstanden kleiner dan 20 m met de volgende formule bepaald.

Voor afstanden $R < 20$ m:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 \quad (4.2)$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 - 2$$

Voor afstanden $R \geq 20$ m:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + a_{lu} R \quad (4.3)$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} - L_{fictief}$$

met a_{lu} = luchtabsorptiecoëfficiënt (zie paragraaf 5.3.2)

Toelichting

Voor de halve-bolmethode wordt het overdrachtsmodel van methode II gebruikt om de overdracht te bepalen tussen de 'vervangende puntbron' en het meetpunt.

1. Het brongebied wordt voor deze berekening vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt, waarbij de werkelijke bodemeigenschappen worden ingevoerd in het overdrachtsmodel van methode II.
2. Er wordt per octaafband een bronsterkte $L_{WR,fictief}$ aangenomen van 0 dB. Indien een normering van 0 dB met de gebruikte rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook worden gekozen voor een bronsterkte van 100 dB per octaafband.

3. Met het overdrachtsmodel wordt op het meetpunt per octaafband het geluidsdrukkniveau L_{fictief} berekend.
4. Per octaafband wordt de bronsterkte bepaald uit: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + (L_{WR,\text{fictief}} - L_{\text{fictief}})$. Hierin is $L_{Aeq,T}$ het op het meetpunt gemeten geluidsniveau in de desbetreffende octaafband.

Specialistische rekenmodellen

In uitzonderingsgevallen is het gewenst bij de halve bol methode met de specifieke frequentie-eigenschappen van een bodemreflectie rekening te houden. Hierbij zijn metingen in tertsbanden of fijner een vereiste. Het optreden van bodemeffecten kan bepaald worden met specifieke stralensberekeningen c.q. andere gevalideerde specialistische methoden. De overdrachtsberekening van het overdrachtsmodel van methode II kan dan door deze vaak veel complexere berekeningen worden vervangen (zie hoofdstuk 7: Hybride methoden).

4.2.7 Rapportage

In het rapport moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- de beoogde toepassing;
- verwijzing naar dit meet- en berekeningsvoorschrift;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- situatieschets waarin de bron en het meetpunt(en) met de bijbehorende hoogten zijn aangegeven, alsmede de positie van eventuele stoorbronnen voor zover deze tot de te meten niveaus bijdragen;
- de reflecterende vlakken en het type bodem;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de bedrijfssituatie, de brondiameter d en de bedrijfsperiode T_b ;
- weersomstandigheden indien aan meteoraam industrielaawaai moet worden voldaan;
- meetperiode T_m ;
- indien van toepassing: beoordeling van het stoorgeluid, wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de stoorgeluidscorrectie;
- aantal metingen, tijdstippen van de metingen en gemeten niveaus;
- andere relevant geachte gegevens;
- berekende immissierelevante bronsterkte.

4.3 Aangepast meetvlakmethode (methode II.3)

4.3.1 Algemeen

Het doel van deze methode is de bepaling van het geluidsvermogen van een bron uit geluidsmetingen die op korte afstand van de bron zijn verricht.

Het oogmerk hierbij is veelal om het geluidsvermogen van (kleine) apparaten te bepalen. Dit maakt dat deze methoden vaak niet direct toepasbaar zijn voor in situ metingen in de industrie (zie paragraaf 4.5). In dit hoofdstuk wordt een afzonderlijke meetmethode beschreven, die een wijder toepassingsgebied heeft.

Omdat met deze methode het geluidsvermogen wordt bepaald en principieel geen richtingsinformatie wordt verkregen, heeft het gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur boven deze methode. Veelal zal de aanwezigheid van stoorgeluid het echter noodzakelijk maken om op kortere afstand dan $R = 1,5 d$ te meten hetgeen tot toepassing van deze methode leidt. De meetpunten liggen dan op een denkbeeldig meetvlak, waarvan de vorm is aangepast aan de vorm van de bron.

Deze meetmethode wordt ook in internationale standaarden aangegeven.

4.3.2 Toepassingsgebied

De methode wordt toegepast in situaties waarbij zeer dicht bij de bron moet worden gemeten. De methode is in principe toepasbaar voor alle soorten bronnen met afmetingen die groter zijn dan circa 2 m.

Voorbeelden zijn:

- gebouwen en onderdelen ervan;
- openingen in gebouwen;
- pijpleidingen.

4.3.3 Meetapparatuur

De meetapparatuur dient te voldoen aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (zie hoofdstuk 3.3).

4.3.4 Vaststelling van de meetcondities

4.3.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen dienen te worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Indien de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, dienen deze allemaal te worden gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie te maken van de bedrijfstoestanden van bronnen die voor de geluidsuitstraling van belang zijn. Onder bronnen worden alleen de geluidsafstralende onderdelen van machines, apparaten en gebouwen verstaan. Alle onderdelen waarvan op basis van een beoordeling ter plaatse duidelijk is dat hun geluidsafstraling verwaarloosbaar is, worden buiten beschouwing gelaten.

In de overdrachtsberekening kan het gewenst zijn een bron in deelbronnen op te splitsen in verband met afschermingen en reflecties nabij de bron. Vooraf moet beoordeeld worden of de splitsing in deelbronnen aanvullende metingen behoeft.

De brongeometrie wordt geschematiseerd met een zogenaamd referentievlak of -lichaam. Dit is een (gebogen) oppervlak met simpele geometrie dat de bron zo nauw mogelijk omsluit. De bronnen worden geclassificeerd zoals in tabel C.4.2 is aangegeven.

Soort	Omschrijving/referentievlak	Voorbeeld
Vlakke bronnen	het referentievlak is een plat vlak	gevels, grote openingen in gebouwen
Lijnbronnen	het referentievlak is een cilinder of als de lijnbron nabij de grond staat, een halve cilinder	pijpleidingen, spleetvormige openingen, transportbanden
	ook een reeks langs een lijn gesitueerde identieke puntbronnen zijn te beschouwen als lijnbron	pompenstraten, rij ventilatoren, rij branders van een fornuis, vracht- wagenroutes
Overige bronnen	alle bronnen die noch als vlakke, noch als lijnbronnen kunnen worden geclassificeerd	apparaten, koelbanken, etc.

TABEL C.4.2 Classificatie van bronnen voor aangepast meetvlak

Het referentielichaam voor de overige bronnen omsluit de bron zo nauw mogelijk, waarbij uitstekende onderdelen die geen geluid afstralen buiten beschouwing worden gelaten. Bij de keuze van het referentielichaam dient men zich te beperken tot de (combinaties van de) volgende vormen (zie figuur C.4.2):

- blok (rechthoekig parallellepipedum);
- halve cilinder;
- cilinder;
- halve bol.

Het referentielichaam mag niet inspringen of inkepingen vertonen. Tevens sluit het referentielichaam altijd aan bij de grond, zowel harde als absorberende bodems of bij een ander vlak, zoals wanden en daken van gebouwen etc.

De volgende grootheden dienen te worden bepaald:

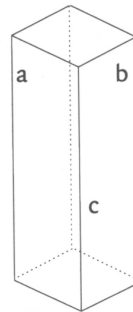
- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b ;

- de oppervlakte S_{ref} van het referentielichaam.

a. Blok

$$S_{ref} = ab + 2c(a + b)$$

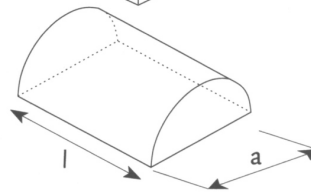
(bijvoorbeeld bij open procesinstallaties, motoren en compressoren)



b. Halve cirkelcilinder

$$S_{ref} = \frac{1}{4} \pi a l (2 + a/l)$$

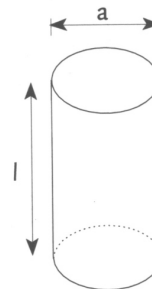
(bijvoorbeeld bij generatoren)



c. Cilinder

$$S_{ref} = \pi a l (1 + a/4l)$$

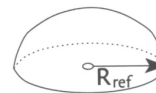
(bijvoorbeeld bij procesinstallaties)



d. Halve bol

$$S_{ref} = 2 \pi R_{ref}^2$$

(bijvoorbeeld bij kleinere apparaten en machines)



FIGUUR C.4.2 Vormen van referentielichamen

N.B. Het oppervlakte van het meetvlak S_m kan op analoge wijze worden berekend.

4.3.4.2 Keuze van de meetlocatie

De meetpunten gekozen op een aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:

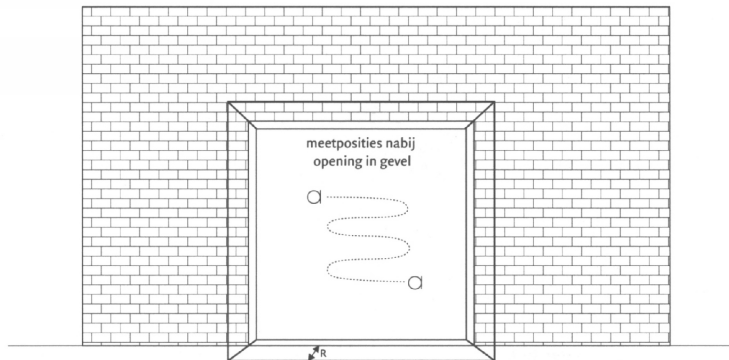
- op een vaste afstand ligt van het referentievlak;
- de bron volledig omsluit of aansluit op de bodem c.q. niet geluidsafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

Per type bron worden specifieke eisen geformuleerd.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:

- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden verricht en verder buiten beschouwing blijft.



Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m . In figuur C.4.3 is een voorbeeld gegeven.

FIGUUR C.4.3 Bronsterktemeting van een open deur van een bedrijf. De bron wordt als een vlakke bron beschouwd.

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak gelden de afstanden uit tabel C.4.3.

Soort vlakbron	Meetafstand R [m]
Openingen in wanden	$0 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidsafstralende wanden, platen	$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$

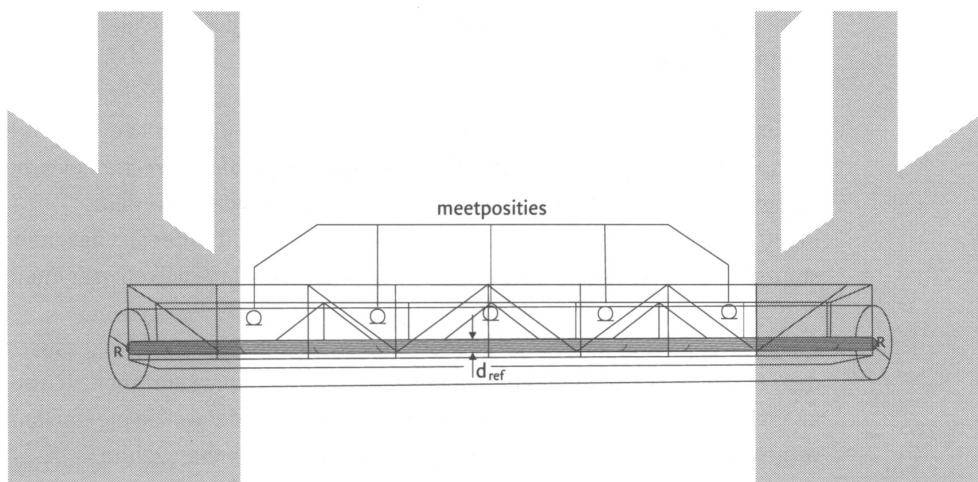
TABEL C.4.3 Afstand R afhankelijk van de soort bron

Lijnbron

Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is met het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

$$\begin{aligned} R &< 0,2 l \\ R &\geq 0,8 d_{ref} \\ R &\geq 0,5 d_{ref} + 0,5 \end{aligned}$$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam (in dit geval gelijk aan de compressorleiding) en l de lengte van de cilinder. In figuur C.4.4 is een voorbeeld gegeven.



FIGUUR C.4.4 Voorbeeld van een bronsterktemeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:

Hele cilinder: $S_m = 2\pi RI$ (4.4)

Halve cilinder: $S_m = \pi RI$

Overige bronnen

Het meetvlak is gelijkvormig aan het referentie lichaam. In het oppervlak van het referentievlak is het bodemvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.

Voor de afstand tussen referentievlak en meetvlak moet voldoen aan:

$$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{\text{ref}}}$$

4.3.4.3 Weersomstandigheden

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan in paragraaf 3.4.3 is aangegeven.

4.3.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.3.5.1 Algemeen

Indien het geluidsniveau met de verschillende bedrijfstoestanden varieert en verwacht mag worden dat de variaties op alle meetpunten ongeveer gelijk zouden zijn, kan worden volstaan met een meting van de variaties op enkele referentiepunten. Voor de meest van belang zijnde bedrijfstoestand moet echter de gehele methode worden gevolgd.

Als blijkt dat op het meetvlak het geluidsniveau van enige punten meer dan 10 dB *boven* het gemiddelde niveau uitkomen dient een andere brondefinitie te worden gemaakt. Meestal is de verhoging een gevolg van een zeer sterke lokale bron, die mogelijk met een geconcentreerde bronmethode kan worden gemeten.

Omdat erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt er van uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidscorrectie zoals beschreven bij de algemene immissiemeetmethode (paragraaf 3.5.3) worden gebruikt.

Richtmicrofoons in de nabijheid van bronnen werken in dit kader niet naar behoren. Bij ernstige stoorgeluidproblematiek wordt zodoende aangeraden uit te wijken naar intensiteitsmetingen.

Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden. Indien vooral in het lage frequentiebereik grote nauwkeurigheid wordt gevraagd, wordt aangeraden uit te wijken naar de intensiteitsmethode, danwel de meetafstand tot objecten te vergroten tot minimaal een kwart golflengte van het te meten geluid.

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

4.3.5.2 Meetduur

Bij cyclische processen dient op alle meetpunten tenminste een cyclus te worden gemeten.

Bij zwaaien dient de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen te omvatten.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt.

Uitgangspunt is dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat er een eindwaarde benaderd wordt, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB verandert.

4.3.5.3 Aantal metingen

De meetpunten worden gelijkmatig verdeeld over het meetvlak.

Discrete meetpunten

Het aantal meetpunten N dient aan de volgende voorwaarden uit tabel C.4.4 te voldoen.

Betreft	Aantal meetpunten
Geluidsafstralende objecten	$N \geq S_m / (4R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m} \quad (S_m \text{ in m}^2)$

TABEL C.4.4 *Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron*

Indien aannemelijk is dat de bron over zijn oppervlak min of meer gelijkmatig geluid uitstraalt en het aantal meetpunten volgens bovenstaande tabel onpraktisch hoog wordt, kan met een kleiner aantal punten volstaan worden. Richtlijn is voor kleine bronnen $N \geq 5$ en voor bronnen met een referentieoppervlak S_{ref} groter dan 200 m^2 $N \geq 10$. Bovendien moet de standaarddeviatie van het gemiddelde (Σn) voldoen aan $\Sigma n \leq 1$ met:

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(L_{pA}(i) - L_{pA})^2}{N(N-1)} \quad (4.5)$$

Zwaaien

Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten. Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaats vinden.

Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt het criterium in tabel C.4.5

Betreft	Afstand d_z [m]
Geluidsafstralende objecten	$d_z \leq 2 R$
Openingen	$d_z \leq 1 \text{ m}$

TABEL C.4.5 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Bij voorkeur dient een scan over een oppervlak drie maal te worden herhaald waarbij zo mogelijk ook andere zwaailijnen gekozen worden.

4.3.6 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

4.3.6.1 Meetvlakniveau $\langle L_s \rangle$

Van het aangepast meetvlak wordt het oppervlak S_m bepaald. Vervolgens wordt per deelvlak (met oppervlak S_k) het geluidsniveau L_k per frequentieband gemeten. Vervolgens wordt hiermee het meetvlakniveau bepaald volgens:

$$\langle L_s \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{S_m} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} S_k \right) \quad (4.6)$$

Indien de oppervlakken van de deelvlakken minder dan 20% van het gemiddelde deelvlak- oppervlak verschillen mag direct over de meetpunten worden gemiddeld.

$$\langle L_s \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (4.7)$$

4.3.6.2 Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

Als dicht op de bron wordt gemeten, is er sprake van een geometrisch nabijheidsveld. Hiervoor kan worden gecorrigeerd door toepassing van de nabijheidsveldcorrectie ΔL_F . Maatgevend voor deze correctieterm is Q , die gedefinieerd wordt als de verhouding tussen het oppervlak van het referentieveld en het meetvlak. De bodem, de muren en ook andere niet afstralende zijvlakken worden niet meegeteld bij de bepaling van het meetvlak.

$Q = S_{ref}/S_m$	ΔL_F [dB]	Voorbeelden
$0,9 \leq Q < 1$	-3	vlakke bronnen
$0,7 \leq Q < 0,9$	-2	lange cilindrische meetvlakken om pijpen enzovoort
$0,4 \leq Q < 0,7$	-1	vele van de gangbare meetvlakken rond grote apparaten
$0 \leq Q < 0,4$	0	vormt overgang naar geconcentreerde bron
algemeen:		
$Q \geq 0,4$	$-5 * (Q-0,4)$	
$Q < 0,4$,	0	

TABEL C.4.6 Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

4.3.6.3 Richtingsindex DI

Voor de bepaling van de richtingsindex moet de oriëntatie van de bron worden vastgesteld.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een richtingsindex aangehouden zoals deze telt voor gebouwvlakken in het overdrachtsmodel. Overdrachtsmodellen kennen vaak gebouwen als een afzonderlijk item. Als de richting is vastgelegd, brengt het rekenmodel de richtingsindex in rekening (zie paragraaf 4.7.3). In het geval dat het rekenmodel geen gebouwen kent, dienen de vlakke bronnen als puntbronnen te worden gemodelleerd, die in kritische situaties voor de verschillende richtingen voorzien zijn van verschillende richtingsindices (een en ander ter deskundige beoordeling). Ten behoeve van het overdrachtsmodel dient te worden opgemerkt dat de betreffende DI slechts in een bepaalde richtingssector geldig is.

Overige bronnen

- indien de bron gelijkmatig in alle richtingen straalt, is de richtingsindex $DI = 0$;
- indien de bron vrij opgesteld staat maar richtingsafhankelijk uitstraalt, zal de DI door metingen bepaald moeten worden;
- indien de bron richtingsafhankelijk uitstraalt, maar temidden van verstrooiende objecten staat, zal het richteffect verloren gaan. Meestal zal dan een term D_{terrein} (zie paragraaf 5.3.6) bij de overdracht in rekening moeten worden gebracht;
- indien de bron is opgesteld voor één of meer verticale reflecterende vlakken die deel uitmaken van de bron wordt een richtingsindex vastgesteld:

$$DI = 10 \log (4\pi/\Omega) \quad (4.8)$$

met Ω : de niet afgeschermdde ruimtehoek

DI houdt geen rekening met de bodem, waardoor deze bodem buiten beschouwing blijft.

Ten behoeve van het overdrachtsmodel dient te worden aangegeven dat deze DI in een bepaalde richtingssector geldig is.

4.3.6.4 Berekening bronsterkte L_{WR}

De immissierelevante bronsterkte wordt berekend volgens:

$$L_{WR} = \langle L_s \rangle + 10 \log S_m + \Delta L_F + DI \quad (4.9)$$

De berekening vindt per octaafband plaats of in smallere banden, waarna de A-gewogen bronsterkte uit de bijdrage van de diverse frequentiebanden wordt berekend.

Indien in bepaalde gevallen alleen een schatting van de A-gewogen bronsterkte is vereist, kan de procedure in zijn geheel direct op A-gewogen geluidsniveaus worden toegepast.

4.3.7 Rapportage

In het rapport moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- de beoogde toepassing;
- verwijzing naar dit meet- en berekeningsvoorschrift;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- plattegrond en zij-aanzicht van de bron, alsmede de positie van eventuele stoorbronnen en reflecterende vlakken voor zover deze tot de te meten niveaus bijdragen;
- type bron aangevuld met een beschrijving van het referentie lichaam, meetvlak en de gekozen meetpunten;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de representatieve bedrijfssituaties en de bedrijfsperiodes T_b ;
- opgave bronhoogte h_b ;
- beschrijving van het karakter van het geluid;
- meetperiode T_m , wijze van L_{eq} -bepaling;
- indien van toepassing: de beoordeling van het stoorgeluid, de wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de -correctie;
- berekening van de bronsterkte L_{WR} ;
- andere relevant geachte gegevens;
- conclusies.

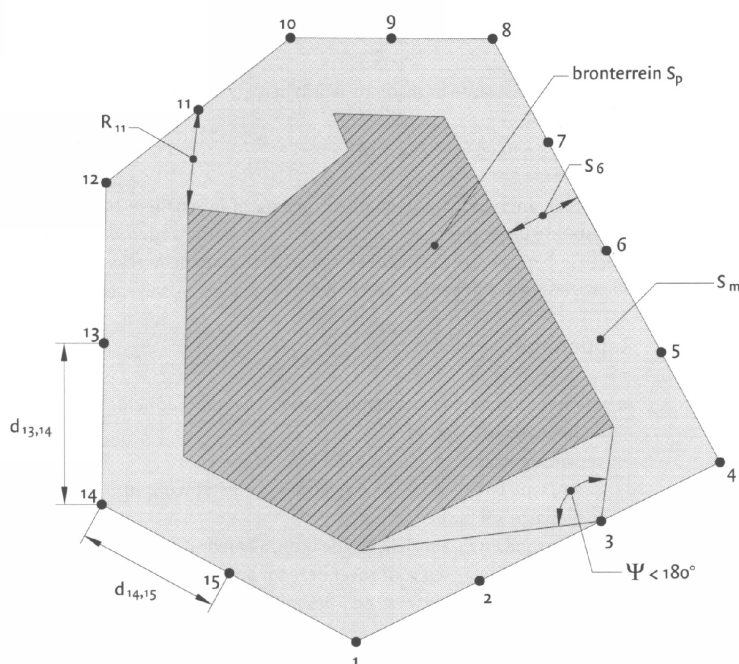
4.4 Rondmethode (methode II.4)

4.4.1 Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte van uitgestrekte installaties, waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale afmetingen. Deze bronnen dienen min of meer gelijkmatig afstralen tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

De metingen vinden in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de 31,5 Hz tot en met 8000 Hz octaafband omvat.

De metingen en berekeningen worden verricht volgens ISO: 8297 [C.3]. Deze methode kan als volgt worden beschreven.



FIGUUR C.4.5 Toelichting bij de keuze van de meetpunten

Ter bepaling van de bronsterkte wordt allereerst het geluidsdrukniveau gemeten op een aantal punten op een meetlijn, die op kleine afstand rond het brongebied ligt (zie figuur C.4.5). Met de resultaten van de metingen kan met de formules uit paragraaf 4.4.6 de bronsterkte bepaald worden. Bij het bepalen van de bronsterkte wordt uitgegaan van $D_{b,br} = -1$. De bepaalde bronsterkte bevat geen richtingsinformatie (de bron mag deze immers niet bevatten).

Het grote voordeel van de methode is dat in complexe situaties op betrekkelijk eenvoudige wijze een emissie wordt gevonden waarin interne afschermingen en verstrooiing door installaties op het bronterrein reeds verdisconteerd zijn.

In het algemeen is door de uitgestrektheid van het bronterrein en de verschillende bronhoogten, het effect van een afscherming zeer onnauwkeurig te berekenen, tenzij het scherm dichtbij het immissiepunt is gesitueerd.

Voor uitgestrekte bronterreinen, waarbij veel verstrooiing van geluid optreedt, is het over- drachtsmodel voldoende nauwkeurig. Een verfijnder overdrachtsmodel zal de nauwkeurigheid dan in het algemeen niet verbeteren. Wel dient te worden overwogen dat indien het bronterrein te midden van andere volgebouwde terreinen is gelegen, het effect van afscherming door andere installaties door berekeningen mogelijk enigszins wordt onderschat.

Dit kan worden ondervangen door het bronterrein in verscheidene delen van gelijke sterkte op te splitsen. De interne afscherming van het gehele brongebied wordt niet in de overdrachtsberekening betrokken, wel die van de naast het bronterrein gelegen installaties.

4.4.2 Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor installaties en industrieën die in horizontale richtingen veel uitgestrekter zijn dan in verticale. De horizontale afmetingen van het door de bronnen ingenomen oppervlak zijn beperkt door de voorwaarde:

$$16 \leq \sqrt{S_p} \leq 320 \text{ m}$$

Hierin is S_p gelijk aan de grootte van het bronterrein.

De methode kan niet worden toegepast indien de bron sterk richtingsafhankelijk afstraalt.

De vastgestelde bronsterkte kan worden gebruikt als het immissiepunt op een afstand R van het bron-centrum ligt, waarvoor geldt:

$$R \geq 1,5\sqrt{S_p}$$

4.4.3 Meetapparatuur

Bij gebruik van een omnidirectionele microfoon moet worden voldaan aan het gestelde bij de immissiemeting (zie paragraaf 3.3).

4.4.4 Vaststelling van de meetcondities

4.4.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen dienen te worden uitgevoerd tijdens een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Naast een kwalitatieve bronomschrijving worden de volgende grootheden vastgesteld:

- de tijd dat de bron in werking is, c.q. de duur van de akoestisch onderscheidbare bedrijfstoestanden;
- de gemiddelde bronhoogte h_b (voor grote complexe industrieën is in het algemeen $5 \text{ m} < h_b < 20 \text{ m}$).
- het oppervlakte S_p van het bronterrein, de brondiameter d en het broncentrum B .

4.4.4.2 Keuze van de meetlocaties

Keuze van de meetlijn

De meetpunten liggen op een gesloten meetlijn rondom het brongebied (zie figuur C.4.5). Bij het vastleggen van de meetlijn moet aan de volgende randvoorwaarden worden voldaan:

- De gemiddelde afstand R_m (en bij voorkeur de afstand van ieder meetpunt) van de meetlijn tot aan de begrenzing van het brongebied moet voldoen aan:

$$R_m \geq 0,05\sqrt{S_p} \text{ en } R_m \geq 5 \text{ m}$$

- De afstand R_m wordt zo groot mogelijk gekozen als door stoorgeluid wordt toegelaten, mits:

$$R_m \leq 0,5\sqrt{S_p} \text{ en } R_m \leq 35 \text{ m}$$

- Vanuit ieder punt op de meetlijn is de hoek Ψ waaronder het bronterrein wordt gezien kleiner of gelijk aan 180° .

Aantal meetpunten en meethoogte

Het aantal meetpunten is afhankelijk van de afstand van de meetlijn tot het broncentrum en de lengte l van de meetlijn. De afstand $d_{k,k+1}$ tussen twee naast elkaar gelegen meetpunten k en $k + 1$ moet voldoen aan:

$$d_{k,k+1} \leq 2R_m$$

Hierin is R_m de gemiddelde afstand tussen de meetpunten en het bronterrein en wordt berekend volgens:

$$R_m = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N R_K \quad (4.10)$$

De meetpunten moeten op gelijke afstand (binnen een foutenmarge van 10%) van elkaar liggen. Als bepaalde meetpunten niet bereikbaar zijn, moet dit in de rapportage worden vermeld. Als op meer dan 10% van de punten niet kan worden gemeten moet een nieuwe meetlijn worden gekozen.

De meethoogte h_m wordt gekozen op basis van de (gemiddelde) bronhoogte h_b en het oppervlak S_m volgens:

$$h_m = h_b + 0,025 \sqrt{S_m} \text{ en minimaal } h_m = 5 \text{ m} \quad (4.11)$$

Als een grotere hoogte dan 5 m wordt gewenst en de meethoogte is praktisch niet realiseerbaar, dient zo hoog mogelijk te worden gemeten. Dit is alleen toegestaan wanneer aannemelijk kan worden gemaakt dat op de werkelijke meethoogte dezelfde waarden worden gevonden als op de gewenste meethoogte.

Reflecties en afschermingen

Bij de keuze van de meetlijnen dient men ernaar te streven dat wordt voldaan aan de volgende eisen:

- geen reflecterende vlakken buiten de meetlijn, die van invloed zijn op het te meten geluidsdrumniveau;
- geen afschermende objecten tussen meetlijn en bronterrein (b.v. bronnen op daken, zoals dakventilatoren, koelaggregaten e.d. mogen niet door de dakrand worden afgeschermd).

4.4.4.3 Weersomstandigheden

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan is aangegeven in paragraaf 3.4.3. Het meteoraam is niet van toepassing.

4.4.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.4.5.1 Algemeen

De geluidsmetingen worden uitgevoerd in octaafbanden van 31,5 Hz tot en met 8000 Hz.

Indien stoorgeluid de meting beïnvloedt, mag een stoorgeluidscorrectie worden toegepast. Deze correctie mag volgens de ISO-norm niet meer dan 1 dB op het totale niveau bedragen.

Indien de signaal/stoorverhouding minder dan 6 dB bedraagt moet er rekening mee worden gehouden dat de berekende bronsterkte te hoog is. Een aanvullende foutenanalyse moet dan deel uitmaken van de rapportage.

4.4.5.2 Meetduur

Op iedere meetplaats moet tenminste 1 minuut worden gemeten. Bij cyclische processen wordt aangeraden enige malen een geheel proces te meten.

4.4.5.3 Aantal metingen

Hoewel in principe voor elke bedrijfstoestand een complete rondommeting dient te worden uitgevoerd, kan, indien aannemelijk is dat de emissievariaties de niveaus op alle meetpunten nagenoeg gelijk beïnvloeden, worden volstaan met een meting van die variaties op vier meetpunten rondom het bronterrein.

In ieder geval dient één complete rondommeting te worden uitgevoerd.

Indien op het bronterrein zeer hoge en immisierelevante bronnen aanwezig zijn, waarvan de bijdragen door de rondommeting niet meegenomen worden (in verband met afscherming en/of richtwerking van deze bronnen), dient de bronsterkte van deze bronnen afzonderlijk te worden bepaald.

4.4.6 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

De berekening van de bronsterkte verloopt volgens het onderstaande schema:

Stap 1

Het gemiddelde meetlijnniveau $\langle L_p \rangle$ wordt uit het gemeten geluidsniveau L_k op punt k per octaafband berekend volgens:

$$\langle L_p \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (4.12)$$

Stap 2

Het verschil tussen het maximaal en minimaal vastgestelde niveau L_k mag ten hoogste 10 dB bedragen. Bij grotere verschillen moet een andere meetlijn c.q. andere bronsterktebepalings- methode worden toegepast.

De octaafbandniveaus van het geluidsniveau L_k die de octaafbandniveaus van het gemiddeld meetlijnniveau $\langle L_p \rangle$, zoals bepaald in stap 1 met meer dan 5 dB overschrijden, worden vervangen door de gecorrigeerde waarde $L_k^* = \langle L_p \rangle + 5$.

Stap 3

Er wordt per octaafband een gecorrigeerd gemiddeld meetlijnniveau $\langle L_p^* \rangle$ berekend volgens:

$$\langle L_p^* \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^n 10^{\frac{L_k^*}{10}} \right) \quad (4.13)$$

Stap 4

Een oppervlakteterm ΔL_s wordt bepaald volgens:

$$\Delta L_s = 10 \log \frac{2S_m + h_o l}{S_o} \quad (4.14)$$

Met $S_o = 1 \text{ m}^2$
 S_m = oppervlak omsloten door meetlijn in m^2
 l = lengte van de meetlijn, dit is $\sum d_k$

Stap 5

Een nabijheidsveldcorrectie ΔL_F wordt bepaald volgens:

$$\Delta L_F = \log \left(\frac{R_m}{4\sqrt{S_p}} \right) \quad (4.16)$$

Stap 6

Indien van een richtmicrofoon gebruik wordt gemaakt, moet een microfooncorrectie ΔL_M toegepast worden.

$$\Delta L_M = 3 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right) \quad (4.16)$$

met θ = hoek tussen de nul graden richting en de richting waarbij de gevoeligheid van de microfoon met 3 dB is teruggevallen. θ is maximaal 90°.

Stap 7

Voor de luchtabsorptieterm ΔL_α in de methode wordt de luchtabsorptiecoëfficiënt a_u gebruikt behorend bij de actuele weersomstandigheden volgens ISO 9613-1 [C.1] dan wel van de standaardomstandigheden

volgens het overdrachtsmodel van methode II (zie paragraaf 5.3.2). De luchtabSORPTIETERM kan worden bepaald volgens:

$$\Delta L_{\alpha} = 0,5 a_{lu} \sqrt{S_m} \quad (4.17)$$

Stap 8

De bronsterkte L_{WR} wordt per octaafband bepaald volgens:

$$L_{WR} = \langle L_p \rangle + \Delta L_S + \Delta L_F + \Delta L_M + \Delta L_{\alpha} \quad (4.18)$$

Stap 9

Indien nodig kan het A-gewogen geluidsniveau berekend worden uit de energetische som van de A-gewogen octaafbandresultaten.

4.4.7 Rapportage

In het rapport moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- de beoogde toepassing;
- verwijzing naar dit meet- en berekeningsvoorschrift of ISO 8297;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- plattegrond van het bronterrein met daarop aangegeven de meetlijn, de meetpunten, de meethoogte, de positie van eventuele stoorbronnen en reflecterende vlakken voor zover deze tot de te meten niveaus bijdragen en type bodem. Tevens dienen de posities van bronnen te worden opgegeven, die volgens andere emissiemeetmethoden zijn gemeten;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de representatieve bedrijfssituatie en de bedrijfstoestand;
- opgave van de gemiddelde bronhoogte h_b , de bedrijfsperiode T_b , het oppervlak van het bronterrein S_p , de lengte van de meetlijn l en het oppervlak binnen meetlijn S_m ;
- bespreking van de te verwachten effecten van afschermingen en reflecties op de meet- punten;
- beschrijving van het karakter van het geluid;
- weersomstandigheden;
- tijdstip van de metingen;
- meetperiode en wijze van L_{eq} -bepaling;
- indien van toepassing: de beoordeling van het stoorgeluid, de wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de -correctie;
- de berekening van de bronsterkte, opgave (in octaafbanden) van L_{WR} c.q. L_{WR} tezamen met de bronsterkten, die volgens andere emissiemeetmethoden zijn gemeten;
- conclusies.

4.5 Intensiteitsmetingen (methode II.5)

4.5.1 Algemeen

Het totale akoestische geluidsvermogen L_w wordt bepaald uit de geluidsintensiteit die uit een gesloten oppervlak rond een geluidsbron stroomt. Wiskundig is dit het product van de intensiteitsvector I_s en de normaalvector n op het oppervlak dS .

$$L_w = 10 \log \left[\frac{|W|}{W_o} \right] \quad (4.19)$$

met W_o = referentie geluidsvermogen ($= 10^{-12}$ W)

$$|W| = \int_s I_s \cdot n dS$$

Bij metingen op punten wordt deze integraal door de discrete som benaderd:

$$|W| = \left| \sum_{i=1}^N \langle I_s \rangle_i n S_i \right| \quad (4.20)$$

4.5.2 Toepassingsgebied

De intensiteitsmethode stelt in principe geen beperking aan de geluidsbronnen, hoewel de toepassing bij zeer grote apparaten of industriecomplexen (te) ingewikkeld wordt.

Ervaring met het toepassen van twee van toepassing zijnde ISO-voorschriften (paragraaf 4.5.4) bij middelgrote apparaten (bronafmetingen tot circa 4 m) leert dat in situaties, waarin het verschil tussen het oppervlaktgemiddelde intensiteitsniveau meer dan 5 dB onder het meetvlakgemiddelde geluidsniveau ligt, de toepassing van de zogenaamde F_4 -indicator (zie ISO 9614: 1) tot een onpraktisch hoog aantal meetpunten leidt. Omdat de intensiteitsmethode juist grote voordelen biedt als dit verschil groot is, zal de situatie met zeer veel meetpunten in veel gevallen optreden. Het gebruik van de scanningsmethode wordt daarom sterk aanbevolen.

4.5.3 Meetapparatuur

Een speciale intensiteitsprobe en meetapparatuur is vereist (zie ISO 9614). Voor de verwerking van meetgegevens is een computer zeer gewenst.

Bij metingen van de intensiteit bij lage frequenties (< 100 Hz) is een grotere spacer noodzakelijk. Bovendien moet de registratieapparatuur gecorrigeerd worden voor de instrument-fasefout.

4.5.4 Uitvoering van intensiteitsmetingen

De bepaling van het geluidsvermogen met behulp van intensiteitsmetingen is beschreven in:

- **ISO 9614-1: 1993** Acoustics- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity-Part 1: Measurements at discrete points
- **ISO 9614-2: 1996** Acoustics- Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity-Part 2: Measurements by scanning

Het grote voordeel van de intensiteitsmeetmethoden is dat in situaties met veel stoorgeluid het geluidsvermogen van een geluidsbron nog nauwkeurig is vast te stellen. Als vuistregel geldt dat indien stoorgeluid 10 dB meer bijdraagt op een meetvlak dan de te meten bron, met enige inspanning nog betrouwbaar kan worden gemeten. Bij hogere stoorgeluidsniveaus verliezen de engineering methoden sterk aan nauwkeurigheid.

In elk van de in de standaarden genoemde methoden is een procedure opgenomen om een schatting te maken van de nauwkeurigheid van de methoden. Hiertoe worden naast de intensiteit ook de geluidsdrumniveaus gemeten.

Intensiteitsmetingen dienen bij voorkeur door ervaren en goed opgeleide meettechnici plaats te vinden. Beide standaarden bevatten een goede literatuurlijst.

4.5.5 Rapportage

Naast de eisen die in paragraaf 4.3.7 en door de ISO-standaard zijn gesteld, dienen ook in de rapportage te worden opgenomen:

- beschrijving van de afwijkingen ten opzichte van de ISO 9614;
- het geluidsvermogeniveau in octaafbanden;
- berekening van de bronsterkte L_{WR} en toelichting op DI in de formule (4.1).

4.6 Snelheidsmetingen (trillingsmetingen, methode II.6)

4.6.1 Algemeen

De methode is gebaseerd op het gegeven dat er een relatie is tussen het snelheidsniveau L_v van het oppervlak en het afgestraalde geluid. Deze relatie wordt gegeven door de afstralgraad Σ of door de stralingsindex $10 \log \Sigma$.

Per deelopervlak S_k (waarvoor Σ constant mag worden verondersteld) geldt voor het afgestraalde geluidsvermogen L_{wk} .

$$L_{wk} = L_v + 10 \log S_k + 10 \log \sigma - 34 \quad (4.21)$$

Hierin is:

$$L_v = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{v(t)}{v_0} \right)^2 dt \right] \quad (4.22)$$

met $v(t)$ = snelheid van het oppervlak in m/s
 v_0 = referentiesnelheid (= 10^{-9} m/s)

4.6.2 Toepassingsgebied

De methode kan worden toegepast als er door stoorgeluid geen mogelijkheden zijn het afgestraalde geluid direct te meten.

De methode is vanwege de onzekerheid in de afstraalfactor niet erg nauwkeurig. Combinatie met of aanvulling van andere methoden wordt daarom aanbevolen.

In literatuur [C.4], [C.5] en [C.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

4.6.3 Meetapparatuur

Bij snelheidsmetingen wordt gebruik gemaakt van versnellingsopnemers. De mechanische bevestiging van deze versnellingsopnemers is aangegeven in ISO DIS 5348.

Er dient in ieder geval aandacht besteed te worden aan de door de fabrikant gegeven specificaties en eigenschappen (stijfheid van de bevestiging, eigenfrequentie opnemer, invloed eigen massa op trillingsgedrag object). Het gebruik van zogenaamde tasters wordt voor deze toepassingen niet toegelaten.

4.6.4 Uitvoering van de snelheidsmetingen

Bij de uitvoering van de metingen moet gelet worden op het meten van een voldoende aantal meetpunten. Bij kleine deeloppervlakken kan het snelheidsniveau op één meetpunt worden gebaseerd. In de praktijk zullen in het algemeen meer punten vereist zijn. Het snelheidsniveau dient dan over de meetpunten energetisch gemiddeld te worden (indicatie: 3 per oppervlakelement);

Afhankelijk van de bevestigingsmethode wordt een eigenfrequentie bij de metingen geïntroduceerd. In het verkregen spectrum wordt dit opgemerkt als een piek. Bij de bronsterktebepaling dient te worden opgelet dat deze pieken niet worden meegenomen. Hierdoor zou een te hoge bronsterkte bepaald worden. Bij het in de hand vasthouden van trillingafnemers bedraagt de eigenfrequentie 1000-2000 Hz. Bij het vastschroeven van de opnemer bedraagt de eigenfrequentie circa 3000 Hz.

Aanbevolen wordt de trillingsopnemers op voetjes te schroeven die vooraf op het oppervlak worden gelijmd.

4.6.5 Berekening van het geluidsvermogen L_w

Het totale geluidsvermogen van alle deeloppervlakken wordt vervolgens als volgt bepaald:

$$L_w = 10 \log \sum_i^n 10^{\frac{L_{w_i}}{10}} \quad (4.23)$$

De daadwerkelijke geluidsemissie ten gevolge van de trillingen is sterk afhankelijk van de afstralgraad Σ . Doorgaans wordt uitgegaan van $10 \log \Sigma = 0$. Met deze waarde zal het werkelijk afgestraalde vermogen veelal redelijk met het berekende geluidsvermogen overeenkomen.

Het werkelijk afgestraalde vermogen kan duidelijk kleiner zijn dan het berekende geluidsvermogen indien:

- de kleinste afmeting van het oppervlak kleiner is dan een halve golflengte;
- en/of
- het uitstralend vlak over afstanden groter dan een halve golflengte homogeen is en de frequentie beneden de grensfrequentie ligt.

Gebruikers worden aangemoedigd voor het bepalen van de afstralingsgraad theoretische of empirische modellen te gebruiken. Een samenvatting van bevindingen is onder andere vermeld in ICG-rapport IL-HR-13-04 [C.7].

4.7 Uitstraling gebouwen (methode II.7)

4.7.1 Algemeen

Ten behoeve van prognoses en als aanvulling op emissiemetingen in bestaande situaties, kan de transmissie door wanden en daken van gebouwen berekend worden.

Er wordt uitgegaan van een bekend geluidsdrukkniveau L_p aan de binnenzijde van de wand (of dak). De bronsterkte wordt vervolgens bepaald via:

$$L_{wi} = L_p + 10 \log S_i - R_i - C_d \quad (4.24)$$

met L_{wi} = geluidsvermogen van wanddeel i.
 L_{pi} = het geluidsdrukkniveau op 1 à 2 meter aan de binnenzijde voor het wanddeel i.
 S_i = het oppervlak van wanddeel i in m².
 R_i = luchtgeluidsisolatie van wanddeel i.
 C_d = correctieterm voor de diffusiteit van het veld in de ruimte.

N.B. Wanddelen worden afzonderlijk doorgerekend.

De correctieterm C_d kan in theorie waarden aannemen tussen 0 dB, in het directe veld met een volledig absorberende achterliggende wand, tot 6 dB, in ideaal diffuse ruimten. Binnen industriële gebouwen zal in veel situaties het geluid in belangrijke mate bepaald worden door het directe veld en slechts gedeeltelijk door het galmveld. De correctieterm C_d varieert in de praktijk daarom meestal tussen:

- $C_d = 5$ dB: galmende ruimten, sterk diffuse geluidsvelden en
- $C_d = 3$ dB: sterk gedempte ruimten, weinig diffuse geluidsvelden.

Een voorbeeld van een situatie met een sterk diffuus geluidsveld is een grote hal met weinig opslag, enkele verspreide machines, geen extra absorptie en weinig openingen ($C_d = 5$ dB).

Voorbeelden van een situatie met een weinig diffuus geluidsveld zijn:

- een hal met veel dicht op elkaar staande machines en/of veel opslag;
- een hal waarin een goed absorberend plafond is aangebracht;
- een hal waarbij de belangrijkste bron nabij de wand is opgesteld ($C_d = 3$ dB).

Voor het bepalen van de geluidsisolatie waarde R_i van wand-, gevel- en dakconstructies zijn er diverse tabellen in omloop.

Belangrijk daarbij is:

- door openingen en geluidstechnisch zwakke aansluitdetails zijn de optredende isolatiewaarden in veel praktijksituaties veel lager dan de aangegeven waarden;
- bij lichte wandconstructies is de isolatie in de praktijk aanzienlijk lager dan op basis van laboratoriummetingen verwacht mag worden. Deze afwijking wordt alleen niet veroorzaakt door constructiefouten, maar ook door het feit dat in het laboratorium de randeffecten een veel grotere rol spelen dan bij industriehallen en dergelijke waar veel grotere oppervlakken worden toegepast;
- ten gevolge van de variaties in het wandmateriaal, de wijze van bevestiging en meettechnische verschillen, zal de werkelijke isolatie kunnen afwijken van die in de tabel.

In module D (bijlage 4) is een tabel gegeven met enkele isolatiewaarden.

4.7.2 Aanvullende metingen

In bestaande situaties is het zinvol om de berekeningen van de geluidsisolatie van wanddelen te combineren met aanvullende metingen.

Een luchtgeluidsisolatiemeting met een kunstbron

Hierbij moet op het volgende worden gelet:

- de bron moet een groot oppervlak aanstralen onder een representatieve invalshoek of moet een diffuus geluidsveld in de hal veroorzaken;

- het geluidsniveau moet aan beide zijden van de wand op minimaal 1 m, en bij voorkeur op wat grotere afstand van de wand worden gemeten. In het algemene geval waarbij de wand als akoestisch hard mag worden beschouwd geldt:

$$R_i = \Delta L - 3 \quad (4.25)$$

waarbij ΔL het verschil in gemeten geluidsniveau aan beide zijden van de wand is. Indien wanddeel i volledig absorberend is, geldt:

$$R_i = \Delta L \quad (4.26)$$

Een contactgeluidsisolatiemeting

Een snelheidsmeting op de hoofdondersteuningsconstructie (de vloer en de wand zelf) kan worden verricht om na te gaan of door contactgeluid een bijdrage aan de afstraling van het gebouw wordt geleverd. Deze meting wordt meer van belang als de luchtgeluidsisolatie van de wand hoog is (boven 25 dB bij 500 Hz). Men moet onder meer met het volgende rekening houden:

- het luchtgeluid veroorzaakt ook trillingen in de bouwkundige constructie. De mate waarin, kan door combinatie met een luchtgeluidsisolatiemeting worden bepaald;
- relatief lichte wandbeplating kan enkele dB's sterker trillen dan de zwaardere vloer- en constructiedelen die deze wandbeplating aanstoten;

Indien in een prognosestadium voor wanden hoge luchtgeluidsisolatiewaarden worden voorspeld en zware machines worden opgesteld in de bedrijfsruimte, is het van belang de contactgeluidsisolatie te berekenen. Deze berekeningswijze valt buiten het kader van methode II.

4.7.3 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

In het algemeen geldt voor de wanden van een gebouw:

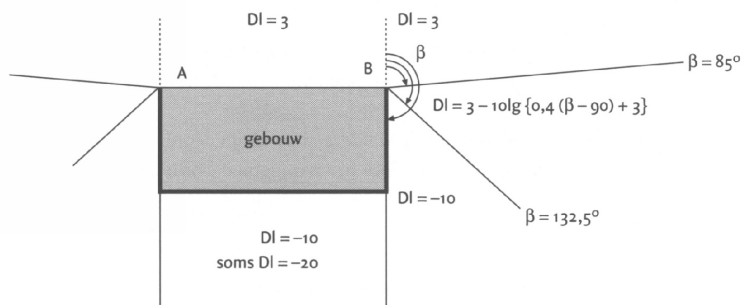
$$L_{WR} = L_W + DI \quad (4.27)$$

Hierbij zijn L_{WR} respectievelijk L_W de immissierelevante bronsterkte c.q. het geluidsvermogen van de wand en DI de richtingsindex. Voor wanden van een gebouw geldt een richtingsindex volgens tabel C.4.7.

β [°]	DI [dB]
0-85	3
85 - 132,5	$3 - 10 \log (0,4 (\beta - 90) + 3)$
$\geq 132,5$	-10

TABEL C.4.7 *Richtingsindex bij wanden voor een hoek β*

Hierin is β de hoek tussen de normaal en de immissierichting in graden (zie figuur C.4.6). Naar de



achterzijde van het gebouw kan de afscherming veel groter zijn, als er geen (zwakke) storende reflecties

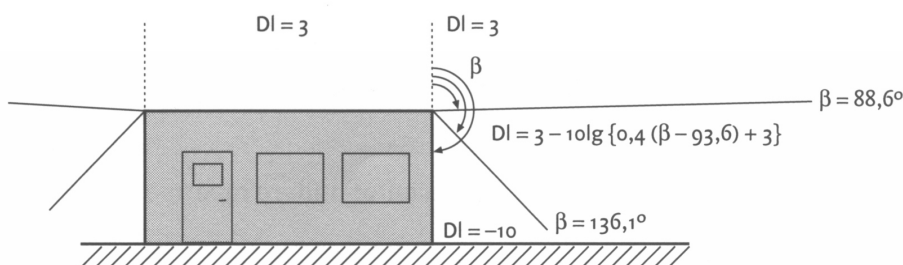
optreden. In die situatie mag als maximale afscherming $DI = -20$ dB worden aangehouden, waarbij deze keuze in de rapportage gemotiveerd moet worden.

FIGUUR C.4.6 De richtingsindex bij uitstraling van gevel (bovenaanzicht)

Voor de afstraling van daken moet rekening gehouden worden met de kromming van de geluidspaden tengevolge van meteorologische invloeden. Hierbij wordt een kromtestraal van $8r$ aangenomen (zie paragraaf 5.3.4). Voor horizontale vlakke daken geldt dan een richtingsindex volgens tabel C.4.8.

β [°]	DI [dB]
0 – 88,6	3
88,6 – 136,1	$3 - 10 \log (0,4 (\beta - 93,6) + 3)$
$\geq 136,1$	-10

TABEL C.4.8
Richtingsindex
bij daken voor
een hoek β



FIGUUR C.4.7 De richtingsindex bij afstraling van horizontale vlakke daken (zij-aanzicht)

4.7.4 Overdrachtsberekening

De overdrachtsberekening kan zowel voor de afzonderlijke wanddelen als voor een combinatie van wanddelen worden uitgevoerd. Combineren is alleen toegestaan als de wanddelen in het zelfde vlak liggen en de overdrachtssituatie voor de wanddelen vergelijkbaar is.

Bronopdeling

In verband met afscherming kan het gewenst zijn het gebouw in een of meer bronnen op te delen.

Bodemverzwakking

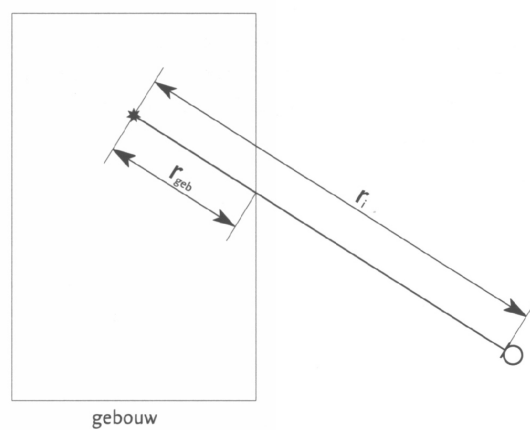
Voor horizontale dakvlakken geldt ten aanzien van de bodemfactor van het brongebied het volgende: Indien het immissiepunt op een afstand groter dan 10 keer de gebouwhoogte ligt wordt de bodem rond het gebouw als uitgangspunt voor de berekening gekozen.

Indien het immissiepunt op kleinere afstand ligt, wordt het dakvlak als maaiveld voor de bron gezien. De bodemfactor B_b voor het brongebied wordt dan als volgt berekend:
(vooralsnog)

$$B_b = \left(1 - \frac{r_{geb}}{r_i}\right) B \quad (4.28)$$

met r_i = afstand van bron naar immissiepunt

r_{geb} = dat deel van een lijn tussen bron en immissiepunt dat boven het gebouw ligt (zie figuur C.4.8)



FIGUUR C.4.8 Bodemverzwakking boven dakvlakken (bovenaanzicht)

4.8 Internationale standaarden en/of andere meetmethoden

4.8.1 Algemeen

Er is een groot aantal methoden in omloop waarmee een bronsterkte kan worden bepaald.

Belangrijke aspecten die mogelijk leiden tot fouten bij de bepaling van de immissierelevante bronsterkte zijn:

- omdat vaak alleen het geluidsvermogen wordt gegeven, is het moeilijk informatie te verkrijgen over richtingsafhankelijkheid;
- het toepassen van de term voor het geometrisch nabijheidsveld ontbreekt;
- de bedrijfstoestanden waarin het apparaat in de praktijk wordt gebruikt, wijken af van de toestanden waaronder is gemeten.
Vooral bij de zogenaamde typekeuringen, waarbij groepen soortgelijke apparaten onder specifieke bedrijfstoestanden worden vergeleken, treedt dit op. Bij deze typekeuringen waar het totale geluidsvermogen wordt vastgesteld, wordt grote nadruk gelegd op het onderling vergelijken van apparaten.

Tevens zijn voor bepaalde categorieën bronnen 'emissie-kengetallen' bekend, waaruit het geluidsvermogen direct kan worden afgeleid. De emissie-kengetallen zijn globaal en de nauwkeurigheid is dan ook duidelijk minder goed dan de geluidsvermogens die door metingen zijn vastgesteld.

4.8.2 Beknopt overzicht normen en voorschriften

Van belang zijn de volgende normen:

- **ISO 3740: 1980** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Guidelines for the use of basic standards and for the preparation of noise test codes.
- **ISO 3741: 1988** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms.
- **ISO 3742: 1988** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for discrete-frequency and narrow-band sources in reverberation rooms.
- **ISO 3743-1: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 1: Comparison method for hard-walled test rooms.
- **ISO 3743-2: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 2: Methods for special reverberation test rooms.
- **ISO 3744: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane.
- **ISO 3745: 1977** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms.
- **ISO 3746: 1995** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane.
- **ISO 3747: 1987** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Survey method using a reference sound source.
- **ISO 8297: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method.
- **ISO 9613-1: 1993** Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.
- **ISO 9614-1: 1993** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points.

ISO 3743 en 3746 zijn delen van een serie van tot nu toe zes basisnormen (de nummers 3741 t/m 3746) die betrekking hebben op het meten van het geluidsvermogeniveau van machines en werktuigen. De verschillende delen hebben betrekking op verschillende meetsituaties (galmveld, vrije veld, in situ) en op verschillen in meetnauwkeurigheid (precision, engineering, survey).

Een overzicht van de inhoud van deze normen wordt gegeven in ISO 3740, waarin tevens aanwijzingen worden gegeven voor de wijze waarop deze basisnormen dienen te worden verwerkt in meetnormen voor specifieke machines en werktuigen.

Van de ISO standaarden zijn overzichtsboeken beschikbaar en zijn titels van standaarden op internet beschikbaar.

Binnen de Europese Gemeenschap worden in het kader van opheffing van handelsbelemmeringen besprekingen gevoerd over typekeuringseisen voor diverse machines en apparaten.

De Europese normen (EN) zijn in principe niet bindend. CEN probeert waar mogelijk ISO te volgen. Indien een EN in een Europese richtlijn wordt genoemd, zijn nationale regeringen verplicht deze als wetgeving in te voeren. Dat is bijvoorbeeld het geval voor typekeuringsmeetmethoden en normen die worden toegepast in het kader van de Machinerichtlijn.

DIN (DIN-normen)

Van belang zijn de volgende normen:

DIN-45635, Blatt I 'Geräuschmessung an Maschinen. Luftschallmessung, Hüllflächen – Verfahren. Rahmen – Messvorschrift', januari 1972).

DIN-45635, Blatt 10 en verder Vervolgbladen met betrekking tot diverse categorieën machines.

In Blatt I wordt de basisopzet van de meetmethode gegeven. Deze is in essentie gelijk aan de opzet van de reeds besproken ISO-(ontwerp)normen. De norm is in principe geldig voor alle technische geluidsbronnen, zoals machines, werktuigen, installaties en complete fabrieken. Dit alles is toepasbaar boven een reflecterende of absorberende bodem en waar een (redelijk) vrij veld aanwezig is. Er wordt zowel in het meten van dB(A)-waarden als in octaaf- of tertsbandsniveaus voorzien. Voor de onderhavige toepassing in het kader van methode II worden metingen in octaafbanden aangehouden.

Het meetvlak dient een eenvoudige geometrische vorm te hebben en ruwweg parallel te lopen aan het buitenoppervlak van de machine. De meetafstand is in de regel 1 m. In het algemeen wordt per vierkante meter meetoppervlak één meetpunt gekozen.

Bij kleine machines moet men echter minstens 5 meetpunten nemen, terwijl men bij grote machines naar ongeveer 10 meetpunten moet streven.

Bij grote 'machines' zal een geluidsdruk-niveaumeting over een gesloten oppervlak vaak niet mogelijk zijn. Voor zulke gevallen raadt de norm aan het geluidsdruk-niveau te meten op een of meer meetlijnen in een horizontaal vlak ('Rundummessung'); in het algemeen zal ook hierbij de meetafstand 1 m bedragen. Daarnaast wordt aangeraden op diverse plaatsen in de omgeving geluidsmetingen te doen om een indruk te krijgen van de geluidsuitbreiding.

De hoofdzak van Blatt 10, Blatt 11 en de overige tweecijferige vervolgbladen van DIN- 45635 is de specifieke definitie van het meetvlak dat bij de betreffende machines moet worden toegepast.

Daarnaast bestaan nog enkele driecijferig genummerde bladen, die aanvullingen op eerder verschenen bladen bevatten.

Overige

Naast de boven vermelde standaardmeetvoorschriften bestaan er nog diverse andere (meestal buitenlandse of internationale) meetvoorschriften. Ter wille van de vergelijkbaarheid van de verkregen resultaten dienen deze alleen dan te worden toegepast indien zij in overeenstemming of tenminste niet in tegenspraak zijn met de eerstgenoemde normvoorschriften.

Genoemd kunnen worden:

- De VDI-voorschriften (VDI-3730 en vervolgbladen), 'Emissionskennwerte technischer Schallquellen', waarin emissie-kengetallen voor diverse categorieën machines worden gegeven.
- VNCI (Vereniging van Nederlandse Chemische Industrie) SCPI-51501.
- CONCAWE (Specifiek voor petrochemische industrie).
- PNEUROP (Specifiek voor pneumatische toestellen).

Voor de berekening van de geluidsoverdracht naar het immissiepunt wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

4.8.3 Rapportage

In het rapport, behorend bij de verrichte metingen volgens bovengenoemde normen en voorschriften, moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- de beoogde toepassingen;
- verwijzing naar de toegepaste standaardmeetvoorschriften;
- motivering waarom de betreffende methode is toegepast;
- beschrijving van de afwijkingen van de standaardmeetvoorschriften ten opzichte van deze Handleiding;
- berekening van de bronsterkte L_{WR} .

5 Overdrachtsmodel (methode II.8)

5.1 Algemeen

Het overdrachtsmodel voor methode II is ontwikkeld voor een zo nauwkeurig mogelijke berekening van de geluidsoverdracht. Het model van methode II berekent de geluidsoverdracht in situaties waarbij sprake is van een weerssituatie met een lichte tot matige wind in de richting van het immissiepunt en waarbij de temperatuurgradiënt geen noemenswaardige invloed heeft op de verticale geluidssnelheidsgradiënt. Van de in deze overdrachtssituatie berekende geluidsimmissie wordt een procedurele meteocorrectieterm afgetrokken, die een benadering vormt van de situatie met een meteogemiddelde geluidsoverdracht (zie module A, paragraaf 5.3). Het model is vooral gemaakt voor het prognosticeren van immissieniveaus uit bronsterktemetingen en overdrachtsberekeningen in complexere situaties. Het model is getoetst op afstanden van enige tientallen meters tot één à anderhalve kilometer van de bron. Voor metingen en berekeningen over grotere afstanden wordt het overdrachtsmodel echter ook gebruikt.

Voor het overdrachtsmodel zijn computerprogramma's beschikbaar. De invoermodellen moeten door de geluidstechnicus worden opgesteld. De nauwkeurigheid van de berekening wordt in belangrijke mate door drie factoren bepaald:

- De nauwkeurigheid van de invoergegevens (schattingen van de bedrijfsduurcorrectie, de nauwkeurigheid van de metingen die ten grondslag liggen aan een bronsterkebepaling e.d.);
- Het ontwerp van het model (simplificaties die aangebracht zijn om de werkelijkheid te kunnen modelleren, keuze van bodemhardheden, schematisering van afschermdende objecten e.d.);
- De kwaliteit van de software (de wijze waarop de rekenalgoritmen zijn geïmplementeerd).

De fouten nemen toe naarmate de situatie complexer is. De mate van deskundigheid die vereist is, neemt dan toe.

Bij de overdrachtsberekening worden de werkelijke geluidsbronnen gerepresenteerd door puntbronnen of vlakke bronnen. De bronsterkte van deze bronnen is bepaald volgens de procedure zoals omschreven in hoofdstuk 4. Deze bronsterkte kan per bedrijfstoestand en/of richting verschillen (immissierelevante bronsterkte).

5.2 Bronbeschrijving

5.2.1 Samenvoegen van bronnen

Indien voor een groep soortgelijke bronnen, die ongeveer gelijke hoogten hebben, ongeveer gelijke omstandigheden voor de overdracht naar het immissiepunt gelden, mag deze groep door één puntbron worden vervangen, indien de afstand van het midden van de geluidsbronnen tot het immissiepunt gelijk is aan of groter is dan anderhalf maal de grootste diameter van het betreffende brongebied, ofwel $R \geq 1,5 d$.

5.2.2 Splitsen van bronnen

Indien op relatief korte afstand van geluidsbronnen ($R < 1,5 d$) het geluidsimmissieniveau berekend moet worden of indien bij een uitgestrekte bron voor verschillende onderdelen andere overdrachtsomstandigheden gelden (met name voor afscherming), moet de bron worden opgedeeld in een aantal puntbronnen. Zeer sterke en/of uitzonderlijk hoog geplaatste bronnen dienen steeds apart in de berekening te worden betrokken.

Bij het opdelen van bronnen is het noodzakelijk om te weten of de deelbronnen incoherent of coherent zijn.

Incoherent

De verschillende geluidsimmissieniveaus op het beoordelingspunt ten gevolge van de deelbronnen kunnen eenvoudig energetisch gesommeerd worden. Indien er geen onderlinge afscherming van de deelbronnen optreedt, kan het geluidsdrukniveau hoog oplopen (voor monopolen in theorie tot oneindig) als de afstand tot het vlak van de deelbronnen veel kleiner wordt dan de dimensies van het vlak.

Coherent

Op korte afstand $R < 1,5 d$ mag, indien er sprake is van coherente bronnen, geen opdeling in deelbronnen worden uitgevoerd zonder dat de coherentie van de bronnen mede wordt beschouwd.

Op korte afstand van wanden, openingen en machinedelen moet hiermee rekening worden gehouden. De eenvoudigste vorm is isotrope afstraling. (Dit is de grondslag voor de benadering, die voor het geometrisch nabijheidsveld in paragraaf 4.3.6.2 is gegeven.)

5.3 Basisformule

Voor het berekenen van de geluidsimmissie wordt de immissierelevante bronsterkte van de verschillende bronnen verminderd met de geluidsoverdracht naar het immissiepunt, veelal het beoordelingspunt. Berekend wordt het invallend geluid.

De berekening van de geluidsoverdracht wordt uitgevoerd per bron, per immissiepunt en per octaafband volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - \Sigma D \quad (5.1)$$

met L_{WR} = de immissierelevante bronsterkte
 L_i = het gestandaardiseerde immissieniveau bij het immissiepunt (veelal het beoordelingspunt)
 ΣD = verzamelterm van alle verzwakkingen. Deze term bestaat uit:

$$\Sigma D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{refl} + D_{scherm} + D_{veg} + D_{terrein} + D_{bodem} + D_{huis} \quad (5.2)$$

met D_{geo} = afname van het geluidsniveau door geometrische uitbreiding
 D_{lucht} = afname van het geluidsniveau door absorptie in lucht
 D_{refl} = afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
 D_{scherm} = afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen)
 D_{veg} = afname vanwege geluidsverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
 $D_{terrein}$ = afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor zover deze niet in de overige termen is begrepen
 D_{bodem} = afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem (deze term kan ook negatief zijn)
 D_{huis} = afname door reflecties tegen bebouwing in de buurt van het immissiepunt. Ook de invloed van geluidsvoortplanting door de bebouwing (reflectie, buiging, verstrooiing) wordt in deze term betrokken.

In de navolgende paragrafen wordt op verschillende dampingstermen nader ingegaan.

5.3.1 D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens:

$$D_{geo} = 10 \log 4\pi r_i^2 = 20 \log r_i + 11 \quad (5.3)$$

met r_i = afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt.

5.3.2 D_{lucht}

De luchtabsorptie wordt bepaald uit:

$$D_{lucht} = a_{lu}(f) \cdot r_i \quad (5.4)$$

De waarden voor de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} zijn vermeld in tabel C.5.1.

Middenfrequentie	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
octaafbanden [Hz]	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$

Tertsbanden [Hz] a_w [dB/m]	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
f_{onder}	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$1,63 \cdot 10^{-3}$	$2,86 \cdot 10^{-3}$	$6,23 \cdot 10^{-3}$	$1,90 \cdot 10^{-2}$	$6,74 \cdot 10^{-2}$
f_{midden}	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,97 \cdot 10^{-3}$	$3,57 \cdot 10^{-3}$	$8,76 \cdot 10^{-3}$	$2,87 \cdot 10^{-2}$	$1,03 \cdot 10^{-1}$
f_{boven}	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,67 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$2,36 \cdot 10^{-3}$	$4,62 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-2}$	$4,39 \cdot 10^{-2}$	$1,57 \cdot 10^{-1}$

TABEL C.5.1 De luchtabSORPTIECOëFFICIëNT in dB/m in octaafbandwaarden en tertsbanden (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10 °C en een relatieve vochtigheid van 80%)

5.3.3 Drefl

Indien er geen reflecterende objecten zijn geldt: $D_{\text{refl}} = 0$ dB

Indien er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

- het reflecterend object heeft dwars op het geluidspad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid;
- het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van tenminste 5° in het horizontale vlak;
- de hoogte van het object moet groter zijn dan:

$$h_b + r_{br}/16 \text{ of } h_o + r_{or}/16 \quad (5.5)$$

met r_{br} = afstand van de bron tot het reflecterend object
 r_{or} = afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object

- het object heeft een min of meer vlakke en geluidsreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten;
- het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie figuren C.5.1 en C.5.2).

Bronsterkte van de spiegelbron

De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. Als de overdrachtsomstandigheden voor bron en spiegelbron weinig verschillen, dan wordt geen aparte spiegelbron in rekening gebracht, en is:

$$D_{\text{refl}} = -10 \log (1 + \rho) \quad (5.6)$$

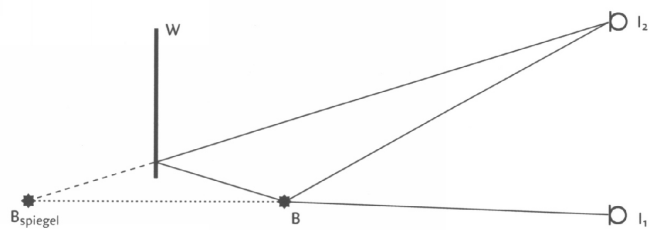
Enkele waarden voor ρ , de reflectiecoëfficiënt voor de geluidsenergie, worden gegeven in tabel C.5.2.

Blijkt dat de geluidsbijdrage via de reflectie sterk verschilt van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming (figuur C.5.3), dan wordt deze spiegelbron als een aparte bron berekend en is $D_{\text{refl}} = 0$ dB. Voor de bronsterkte van de spiegelbron geldt:

$$(L_{WR})_{\text{spiegel}} = L_{WR} + 10 \log \rho \quad (5.7)$$

Opmerkingen

- rekening moet worden gehouden met het feit dat de bronsterkte in de richting van het immissiepunt kan verschillen van de bronsterkte in de richting van het reflecterende object;
- reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;
- spiegelbronnen mogen worden verwaarloosd als hun bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidsimmissieniveau van de bron ligt.

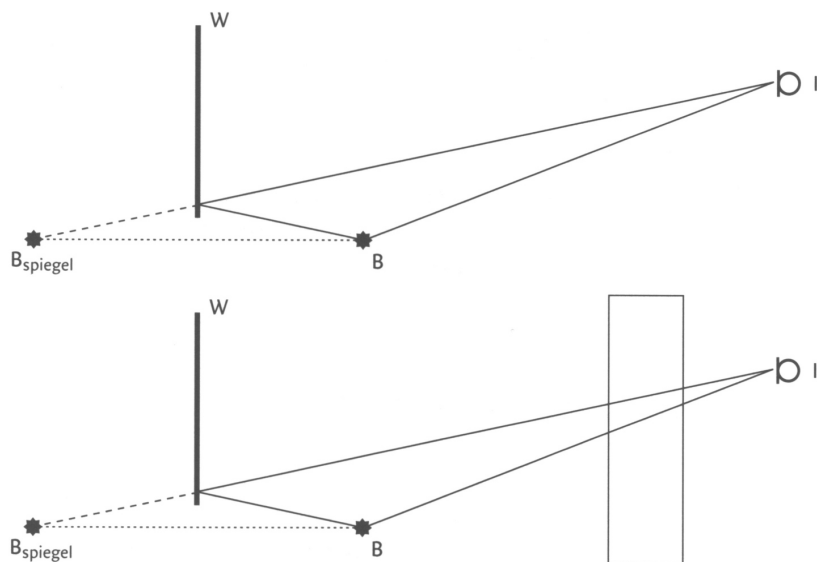


Het pad van het gereflecteerde geluid wordt gelijk aan dat van een gereflecteerde lichtstraal gedacht. De bron B wordt gespiegeld in het vlak van de reflecterende wand W.

Naar I_1 zijn geen reflecties mogelijk: $D_{\text{refl}} = 0 \text{ dB}$

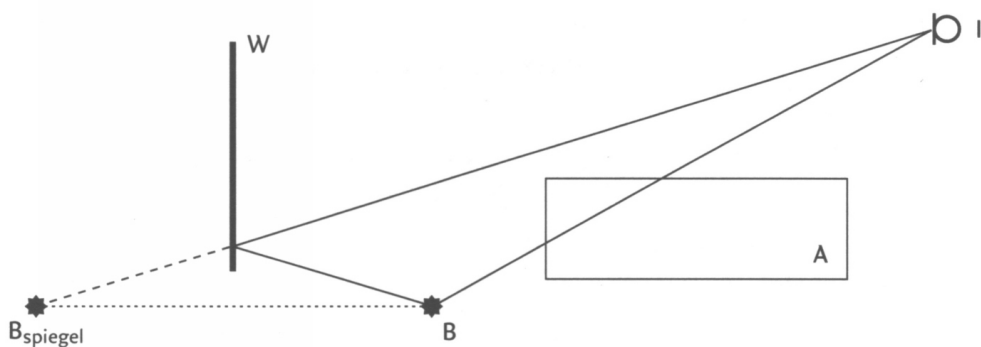
Naar I_2 zijn wel reflecties mogelijk: $D_{\text{refl}} = -2 \text{ dB}$

FIGUUR C.5.1 Toelichting op optische spiegeling



In beide gevallen zijn het directe geluidspad en het pad langs de reflecterende straal van gelijke grootteorde en zijn de overdrachtsomstandigheden niet sterk verschillend. Er kan met één bron gerekend worden, waarbij $D_{\text{refl}} = -2 \text{ dB}$.

FIGUUR C.5.2 Geen spiegelbron, $D_{\text{refl}} = -2 \text{ dB}$



De directe straal wordt afgeschermd door gebouw A en de gereflecteerde straal gaat langs het gebouw. De overdrachtseffecten langs de directe weg en langs de gereflecteerde weg verschillen sterk. Nu moet spiegelbron B_{spiegel} apart in rekening worden gebracht.

FIGUUR C.5.3 Wel spiegelbron in rekening brengen en $D_{\text{refl}} = 0 \text{ dB}$

Aard van het object	Reflectiecoëfficiënt ρ
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d \sin(\frac{\Psi}{2})}{2r_{bm}}$
open installaties	0

d = diameter cilinder
 r_{bm} = afstand bron tot het midden van de cilinder m
 Ψ = supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en I-m

TABEL C.5.2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt ρ

5.3.4 D_{scherm}

Eisen aan afschermende objecten

Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:

- de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10 kg/m^2 bedraagt;
- het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht;
- de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte van het geluid. Ofwel (zie figuur C.5.4 en C.5.6): $s_i + s_r > \lambda$

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_i toegepast volgens formule 5.13.

Schematiseren van objecten tot scherm

Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR' . De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken mogen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

Berekening D_{scherm}

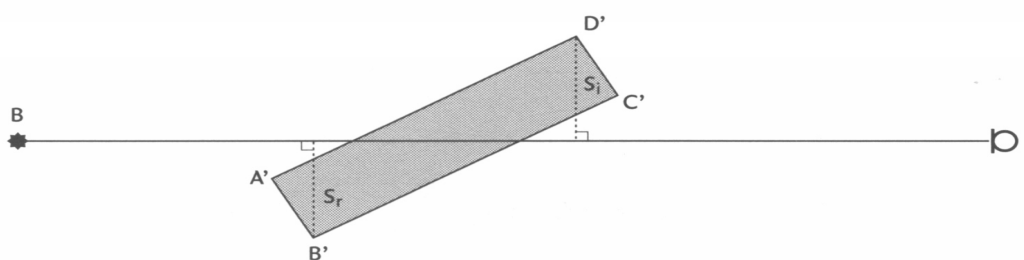
Door de lijn bron-immissiepunt BI wordt een verticaal vlak V geplaatst. Indien één of meer schermen wordt doorsneden door lijn BF , worden op elk scherm drie punten bepaald (zie figuur C.5.5), te weten:

- K , het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
- T , de top van het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);
- Q , het snijpunt van het (verlengde) schermvlak met een gekromde geluidsstraal, die de geluidsoverdracht beschrijft als het scherm er niet zou zijn (kromtestraal = $8r$).

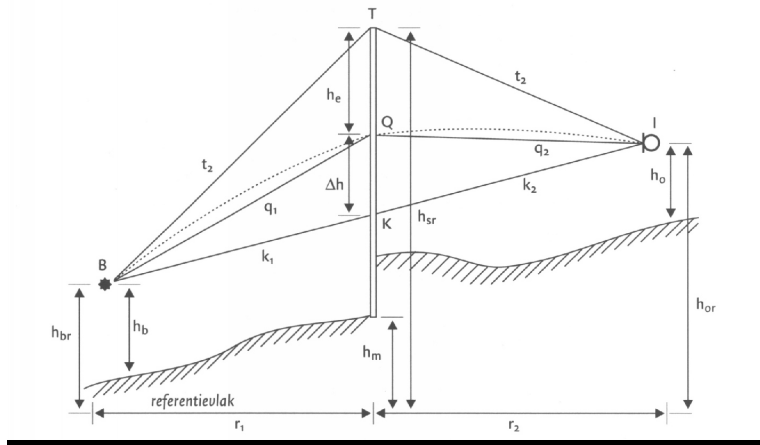
Het punt Q ligt altijd boven K en wel op een afstand Δh , die volgens onderstaande formule wordt berekend uit de horizontale afstand bron-scherm r_1 en de horizontale afstand immissiepunt-scherm r_2 volgens:

$$\Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1 + r_2)} \quad (5.8)$$

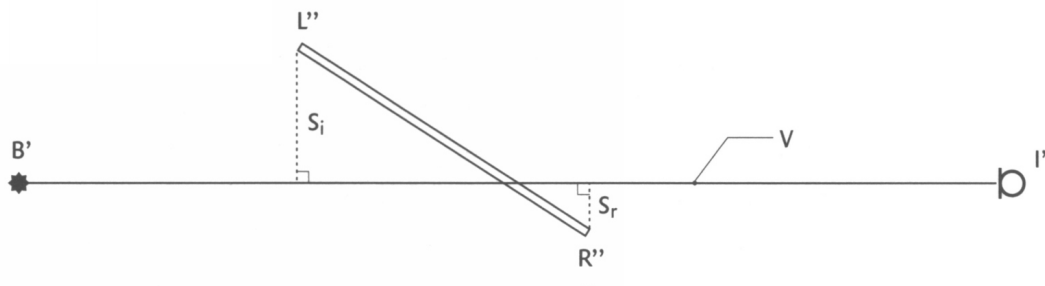
De afstand tussen Q en T is de effectieve schermhoogte h_e . Als Q boven T ligt is h_e negatief.



FIGUUR C.5.4 Toelichting bij de bepaling van s_i en s_r bij een gebouw



FIGUUR C.5.5 Toelichting op de geometrische parameters bij de berekening van D_{scherm}



FIGUUR C.5.6 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens behandeld worden:

- V snijdt geen enkel scherm;
- V snijdt één scherm;
- V snijdt meer dan een scherm.

a. V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen slechts grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidsveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB}$$

(5.9)

Opmerking: door de splitsing van geluidsbronnen in kleinere deelbronnen wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

b. V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K, Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindingen $k_1 = BK$, $k_2 = KI$, $q_1 = BQ$, $q_2 = QI$, $t_1 = BT$ en $t_2 = TI$ worden berekend (zie figuur C.5.5).

Hieruit is de verticale omweg e_v te bepalen volgens:

$$\text{Als } T \text{ boven } K \text{ ligt: } e_v = t_1 + t_2 - q_1 - q_2 \quad (5.10)$$

$$\text{Als } T \text{ onder } K \text{ ligt: } e_v = 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2$$

De horizontale omwegen worden berekend door de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL' en RR' snijden het referentievlak in L' en R' (zie figuur C.5.6).

$$\text{De rechter omweg: } e_r = B'R'' + R''I' - r_1 - r_2 \quad (5.11)$$

$$\text{De linker omweg: } e_l = B'L'' + L''I' - r_1 - r_2$$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal N bepaald:

$$\begin{aligned} N_v(f) &= 0,0059 e_v f \\ N_r(f) &= 0,0059 e_r f \\ N_l(f) &= 0,0059 e_l f \end{aligned} \quad (5.12)$$

Voor de frequentie f wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsband in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{\text{oct}}/2^{1/2}$) en bij berekening in tertsbanden de middenfrequentie van de betreffende tertsband. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd indien de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende maaivelden ($h_{sr} - h_{ma}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule (5.13).

Indien $N_v \leq -0,1$

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB}$$

Indien $N_v > -0,1$

$$D_{\text{scherm}} = 10H_f \left[\log \left(\frac{1}{20N_v+3} + \frac{1}{20N_r+3} + \frac{1}{20N_l+3} \right)^{-1} \right] - \Delta D \quad (5.13)$$

waarbij: $H_f = (h_{sr} - h_{ma}) f / 250$ als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 < 1$
 $H_f = 1$ als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 \geq 1$
 ΔD : zie tabel C.5.3

ΔD [dB]	Betreft
0	- alle gebouwen; - dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; - grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen
0	grondlichamen uit de groep $\Delta D = 2$ als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat tenminste even hoog is als het grondlichaam
2	- grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; - grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep $\Delta D = 0$ dat minder hoog is dan het grondlichaam

Als $D_{\text{scherm}} \leq 0$ dB dan wordt $D_{\text{scherm}} = 0$ dB Als $D_{\text{scherm}} \geq 20$ dB dan wordt $D_{\text{scherm}} = 20$ dB	

TABEL C.5.3 De waarden voor ΔD van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken

Opmerking: indien het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule 5.13 over in de formule van het oneindig lange scherm ($\Delta D = 0$ verondersteld).

$$D_{\text{scherm}} = 10H_f \log(20N_v + 3) \quad (5.14)$$

c. Vlak V snijdt twee of meer schermen.

We onderscheiden hier twee situaties namelijk:

- c.1 de algemene situatie;
- c.2 het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c.1 Algemene situatie

We onderscheiden:

- Voor geen of slechts één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.
In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat h_e kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).
- Meer schermen met $h_e \geq 0$.
Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermende object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen e.d. worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur C.5.7) tussen de schermen voldoet aan:

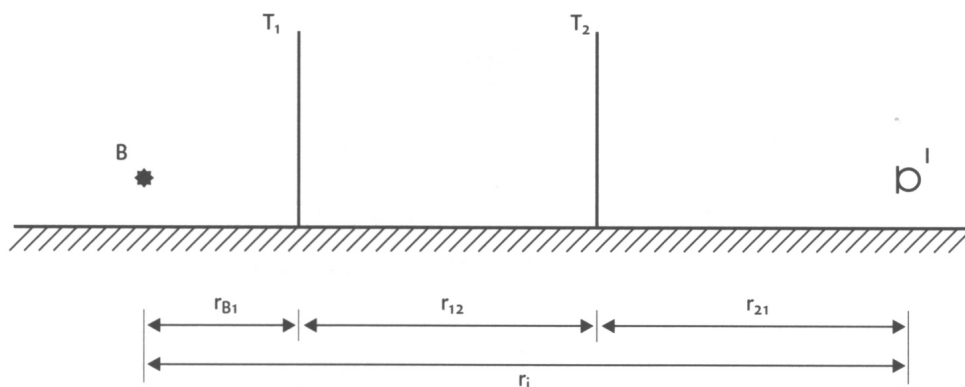
$$\frac{r_{12}}{r_i} > 0,2$$

kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in figuur C.5.8 schematisch wordt aangegeven:

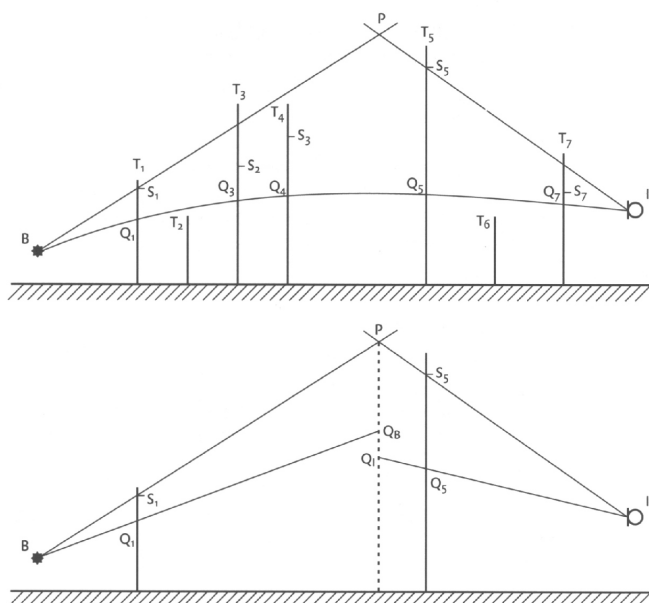
1. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.
2. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

$$s = h_e \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e}{s_l} + \frac{h_e}{s_r}} \right] \quad (5.15)$$

s_l en s_r zijn hierin de afstand van de linker- en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



FIGUUR C.5.7 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt



FIGUUR C.5.8 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen

3. De verbindingslijnen tussen bron B en S_i en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald. Vervolgens wordt de lijn BS_j geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Tevens wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
4. Indien de lijnen BS_j en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen.
In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_j en IS_k bepaald.
Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht.
Op p worden twee punten bepaald te weten:
 - Q_B , snijpunt p met de lijn BQ_j ;
 - Q_I , snijpunt p met de lijn IQ_k .

Bepaal de hypothetische omweg e_h

$$e_h = BP + PI + - BQ_B - IQ_I \quad (5.16)$$

5. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend door

$$D_{\text{scherm}} = 10 \log (0,118 e_h f + 3) \quad (5.17)$$

met f = de middenfrequentie van de laagste tertsbands in een octaafband bij berekening in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsbands bij berekening in tertsbands.

De waarde van D_{scherm} wordt in deze situatie als volgt begrensd:

$$4,8 \leq D_{\text{scherm}} \leq 20 \text{ dB}$$

c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie figuur C.5.9).

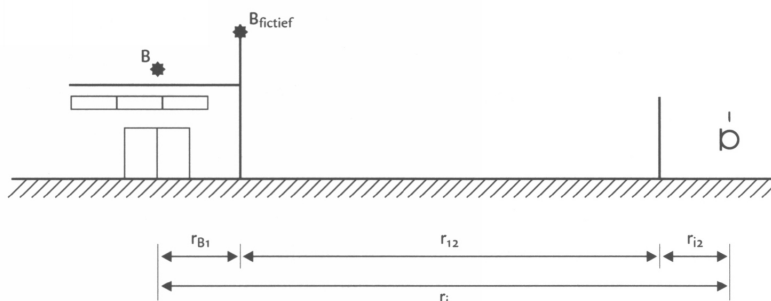
$$r_{B1} < 0,2 r$$

$$r_{I2} < 0,2 r$$

D_{scherm} is nu de som van twee termen.

$$D_{\text{scherm}} = D_1 + D_2$$

$$0 \leq D_{\text{scherm}} \leq 40 \text{ dB}$$



FIGUUR C.5.9 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie

D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Indien voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor $(D_1 + D_2)$ gebruikt in de berekening.

De nauwkeurigheid van toepassing van de methode voor het berekenen van lage schermen wordt beperkt door reflecties in het bron- of immissiegebied. Ook voor hoog gelegen schermen en grote afstanden tussen bron en immissiepunt neemt de betrouwbaarheid van de methode af ten gevolge van atmosferische invloeden. Spreidingen van + 5 dB in het niveau kunnen optreden. In uiterst kritische situaties kan het gewenst zijn de resultaten te verifiëren met behulp van daarvoor meer geëigende overdrachtsrekenmodellen zoals het golffrontextrapolatiemodel. Deze modellen zijn echter niet eenvoudig toepasbaar en vragen veelal lange rekentijden en zijn niet algemeen toegankelijk (zie hoofdstuk 7).

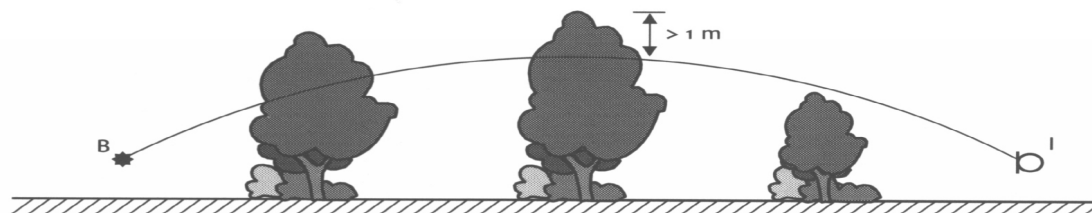
5.3.5 D_{veg}

Indien zich in het gekromde geluidspad (zie formule 5.8) van geluidsbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidsreductie worden gehanteerd. Deze geluidsreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in tabel C.5.4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie tenminste 1 m hoger dient te zijn dan de hoogte van het gekromde geluidspad ter plaatse van de afscherming (zie figuur C.5.10).

In de praktijk zal slechts in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden voldaan. Indien verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast. De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens tabel C.5.4 te berekenen reductie mag dan slechts voor de helft in rekening worden gebracht. Voorts mag in geen geval met meer dan 4 beplantingsstroken worden gerekend.

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
D_{veg} [dB]	0	0	1	1	1	1	2	3

TABEL C.5.4 Geluidsreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, welke meer dan 1 m boven het gekromde geluidspad van bron naar immissiepunt uitsteekt



FIGUUR C.5.10 Het gekromde geluidspad gaat door twee 'regels' vegetatie

5.3.6 D_{terrein}

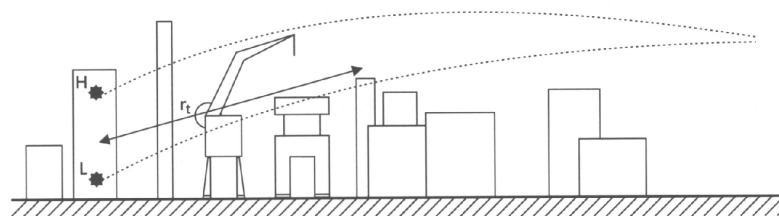
Op industrieterreinen kan, door geluidsverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term D_{terrein} . Als D_{terrein} in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. D_{terrein} is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling D_{terrein} door metingen vast te stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidsstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

$$D_{\text{terrein}} = t(f) \cdot r_t \quad (5.18)$$

$$D_{\text{terrein}} \leq D_{\text{max}}$$

met $t(f)$ = frequentie-afhankelijke factor voor de geluidsverzwakking door industrieterreinen, de indicatieve waarden van $t(f)$ staan in tabel C.5.5.

r_t = het deel van de gekromde geluidsstraal, dat door de 'open' installaties gaat (zie ook figuur C.5.11).



Als de geluidsstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot r_t worden gerekend.

D_{max} = maximale type-afhankelijke dempingswaarden (zie tabel C.5.5).

FIGUUR C.5.11 Toelichting r_i

Midde nfrequ entie octaaf bande n [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	$D_{\max}$ [dB]
type A	0	0	0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0	0	0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tanken -parke n	0	0	0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

TABEL C.5.5 Geluidsverzwakking $t(f)$ in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief)

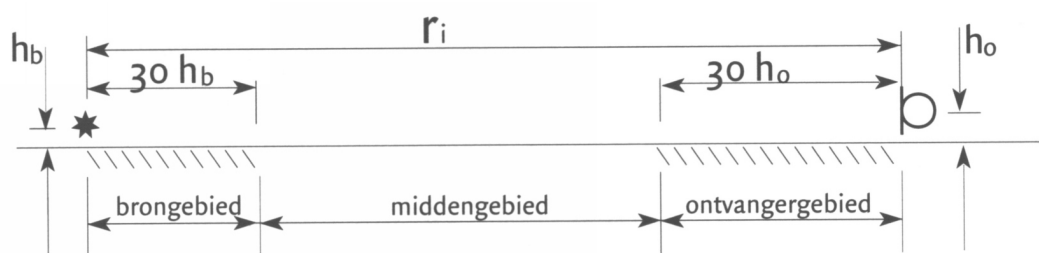
Bovengenoemde typen installaties kunnen gedefinieerd worden als:

- Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel dienen met de nodige voorzichtigheid te worden toegepast en gelden uitsluitend ter indicatie. Indien het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten, hebben deze de voorkeur.

5.3.7 D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd.



FIGUUR C.5.12 Onderverdeling van bodemgebieden

D_{bodem} wordt per octaafband bepaald. Het model is geschikt voor 'breedbandige' geluiden. Bij de berekening in tertsbanden wordt voor alle tertsbanden binnen de octaafband dezelfde waarde voor D_{bodem} aangehouden als voor de octaafband.

Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie figuur C.5.12).

a. Brongebied

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van r_b .

$$\begin{aligned} r_b &= 30 h_b & \text{als } r_i &\geq h_b \\ r_b &= r_i & \text{als } r_i < 30 h_b \end{aligned} \quad (5.19)$$

b. Ontvangergebied

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o .

$$\begin{aligned} r_o &= 30 h_o & \text{als } r_i &\geq h_o \\ r_o &= r_i & \text{als } r_i < 30 h_o \end{aligned} \quad (5.20)$$

c. Middengebied

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor B.

a. Harde bodems: B = 0

Dit zijn alle bodems die bestaan uit asfalt, bestrating, water, beton en alle bodems waarop veel reflecterende en geluidsverstrooiende objecten staan zoals open procesinstallaties e.d.

Vele industrieterreinen zijn als hard aan te merken.

b. Absorberende bodems: B = 1

Absorberende bodems zijn alle bodems waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen geluidsverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: B = n/100

Als een gebied voor n% uit absorberende bodem bestaat, dan is de bodemfactor

$$B = n/100 \quad (5.21)$$

Berekening van D_{bodem}

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het midden gebied aangeven.

$$D_{\text{bodem}} = D_{\text{b,br}} + D_{\text{b,ont}} + D_{\text{b,mid}} \quad (5.22)$$

De berekening van $D_{\text{b,br}}$ en $D_{\text{b,ont}}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{\text{b,br}}$ of $D_{\text{b,ont}}$ [dB]
31,5	-3
63	-3
125	$-1 + B_b (a(h) + 1)$
250	$-1 + B_b (b(h) + 1)$
500	$-1 + B_b (c(h) + 1)$

1000	$-1 + B_b (d(h) + 1)$
2000	$-1 + B_b$
4000	$-1 + B_b$
8000	$-1 + B_b$
met:	$a(h) = 3,0e^{-0,12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 5,7e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$
	$b(h) = 8,6e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$
	$c(h) = 14,0e^{-0,46h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$
	$d(h) = 5,0e^{-0,90h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$

TABEL C.5.6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied

Opmerking: voor $h = h_0 = 5$ m geldt:

$$a(5) = 3,0 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 0,6 \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right) \quad (5.23)$$

$$b(5) = 0,9 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$c(5) = 0,0$$

$$d(5) = 0,0$$

$D_{b,br}$

$D_{b,br}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodemfactor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h . De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b .

De hoogte h is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg ($D_{scherm} \geq 4,8$) en bovendien de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

$$h = h_b \text{ als } h_b \geq 5 \text{ m of } h_e \leq 0 \quad (5.24)$$

$$h = h_b + \frac{r_i - r_{bs}}{r_i} h_e \text{ als } h_b < 5 \text{ m en } h_e > 0$$

Voor uitstralende dakvlakken is een aangepaste berekening van de bodemfactor nabij het brongebied opgenomen, zie hiervoor paragraaf 4.7.4.

N.B. Bij de rondommethode wordt bij bepaling van immissieniveaus uitgegaan van $D_{b,br} = -1$.

$D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie tabel C.5.6).

$D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie tabel C.5.7).

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,mid}$ [dB]
31,5 en 63	-3 m
125 en hoger	+3 m ($B_m - 1$)
met: $m = 0$ als $r_i \leq 30 (h_b + h_o)$ $m = 1 - 30 (h_b + h_o)/r_i$ als $r_i > 30 (h_b + h_o)$	

TABEL C.5.7 *De bodemverzwakking in het middengebied*

5.3.8 D_{huis}

In het geval dat meervoudige reflecties nabij het immissiepunt een rol spelen, wordt aangeraden voor deze situatie een hybride methode toe te passen (zie hoofdstuk 7). Bij enkelvoudige reflecties kan de bijdrage via de reflectie worden berekend. De reflecterende objecten moeten voldoen aan de criteria die in paragraaf 5.3.3 zijn genoemd, waarbij dan voor 'de bron' 'het immissiepunt' moet worden gelezen. De berekening gaat verder analoog (zie paragraaf 5.3.3).

Voor het bepalen van een 'gemiddelde dempingsterm voor woongebieden' kan gebruik worden gemaakt van [C.8] en [C.9]. Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term ' D_{huis} ' worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

6 Substitutiemethode (methode II.9)

Het doel van de substitutiemethode is het met een kunstbron (veelal een luidspreker) bepalen van de overdrachtsverzwakking tussen de locatie van een bestaande bron en de locatie van een immissiepunt. Bij deze methode moeten drie metingen worden verricht (meestal per octaafband):

- de immissierelevante bronsterkte van de kunstbron;
 - het geluidsdrukniveau op het immissiepunt, veroorzaakt door de kunstbron;
 - óf het geluidsdrukniveau op het immissiepunt afkomstig van de echte bron
- óf de immissierelevante bronsterkte van de echte bron.

Afhankelijk van de laatstgenoemde meting, kunnen de resultaten van de geluidsmetingen als volgt gebruikt worden:

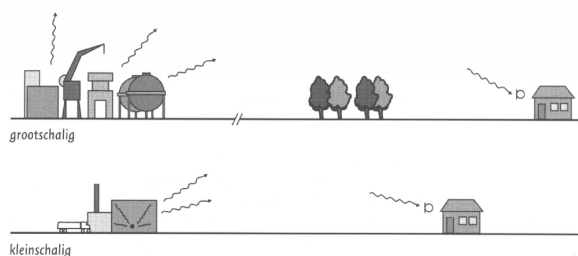
- als de immissie ten gevolge van de bestaande bron bekend is, kan de emissie van deze bron worden bepaald;
- als de emissie van een bron bekend is, kan de immissie ten gevolge van die bron worden bepaald.

Mogelijke fouten

In de praktijk treden bij toepassing de volgende problemen op:

- Indien slechts één positie van de kunstbron wordt gehanteerd, kunnen zeer grote interferentie-effecten optreden. De meeste industriële bronnen hebben enige omvang en een diffuse uitstraling. Een kunstbron is klein van afmeting en vertoont een min of meer gerichte uitstraling. Hierdoor treedt ten aanzien van o.a. reflecties en bodemdemping een andere overdrachtsverzwakking op dan bij de te onderzoeken bron. In dat geval kan een beter resultaat verkregen worden door de bron op meerdere plaatsen en in verschillende richtingen te laten uitstralen en hierover te middelen.
- De kunstbron kan vaak niet exact op de plaats van de werkelijke bron staan. In plaats daarvan zal de kunstbron vaak vóór of boven de te onderzoeken bron moeten worden geplaatst. De substitutie is dan niet volledig.
- Door het combineren van de bovengenoemde drie metingen worden onnauwkeurigheden geïntroduceerd.
Allereerst is in die zin de reproduceerbaarheid van het zendvermogen van de kunstbron noodzakelijk. Vervolgens moeten de metingen zeer nauwkeurig uitgevoerd kunnen worden om in het eindresultaat, alleen al op basis van meetfouten, een nauwkeurigheid te kunnen bereiken die valt binnen enkele dB's. Deze nauwkeurigheid heeft betrekking op iedere octaafband die voor het eindresultaat van belang is.
- Stoorgeluid kan het resultaat van de geluidsmetingen beïnvloeden. Zodoende moet het stoorgeluidsniveau bij de drie metingen in het algemeen laag zijn (zie paragraaf 3.5.3), en de immissierelevante bronsterkte van de kunstbron zeer hoog. Deze eisen blijken in veel praktijksituaties niet goed haalbaar. Een controle hierop kan worden uitgevoerd door de kunstbron intermitterend aan en uit te zetten.

Bij kleinschalige industriële situaties is de fout, genoemd onder punt d, veelal te vermijden door het kiezen van een krachtige kunstbron. Indien rond de kunstbron, als gevolg van veelvuldige reflecties, een diffuus veld optreedt (afgesloten ruimte, binnenplaats e.d.) zijn de fouten onder punt a en b ook goed te onderdrukken, zodat dan het gebruik van de substitutiemethode tot betrouwbare resultaten kan leiden.



FIGUUR C.6.1 De toepassing van een kunstbron in groot- en kleinschalige situaties

Toepassingen

Bij grootschalige industriële situaties is de methode zelden geschikt voor het meten van volledige, grote overdrachtstrajecten tussen bron en immissiepunt, in verband met de bovengenoemde oorzaken van systematische en toevallige fouten. Wel kunnen in een dergelijk geval de geluidsverzwakking over delen van het overdrachtstraject worden gemeten en worden gecombineerd met berekeningen.

Zie hybride methoden (hoofdstuk 7).

Substitutiemethoden kunnen veelvuldig worden toegepast bij het optreden van contactgeluid in de vorm van reciprociteitsmetingen. Dit wordt hier niet nader besproken doch er wordt verwezen naar [C.4], [C.5] en [C.6].

Rapportage

De rapportage moet, naast de in paragraaf 3.7 genoemde punten, aandacht besteden aan de vier aangegeven oorzaken van fouten als hiervan sprake is tijdens geluidsmetingen

7 Hybride methoden (methode II.10)

Onder hybride-methoden wordt verstaan:

- dat berekeningsresultaten worden gecontroleerd en bijgesteld op basis van meetresultaten, verkregen op gekozen punten tussen bron en immissiepunt (meest voorkomende vorm), óf;
- dat onbetrouwbaar geachte meetresultaten (stoorgeluid, instrumentatie, weersinvloeden) op basis van berekeningen worden gecontroleerd (zie toepassing 3).

Het verdient bijna altijd aanbeveling meet- en berekeningsresultaten met elkaar te vergelijken, ten einde fouten te vermijden. In complexe situaties wordt dit sterk aanbevolen. Deze vergelijking dient op dB(A)-waarde te gebeuren, maar ook op spectraal niveau. Het kan voorkomen dat de dB(A)-waarde goed overeenkomt, maar dat spectraal zeer grote verschillen bestaan.

Hybride-methoden kunnen in vele vormen worden toegepast. Derhalve wordt hier volstaan met enkele voorbeelden van toepassingen.

Toepassing 1

Een drietal bronnen is gelegen op 500 tot 700 m afstand van het immissiepunt. In dezelfde richting als het immissiepunt veroorzaakt de brongroep een bepaald geluidsniveau in een woonwijk. Aan de rand van de wijk komt het op 10 m hoogte gemeten geluidsniveau overeen met het berekende geluidsniveau. In de bebouwing treden echter verschillen op tussen de meet- en berekeningsresultaten. De metingen tussen de bebouwing worden betrouwbaar geacht (er zijn meerdere metingen per meetpunt verricht). De berekening van de geluidsoverdracht in de bebouwing is echter gebaseerd op bepaalde kengetallen. Deze overdrachtsberekening mag voor het traject in de bebouwing voor elk van de bronnen op dezelfde wijze worden bijgesteld.

Een zelfde bijstelling mag plaatsvinden indien de industrie ver van het immissiepunt verwijderd is, en de meet- en berekeningsresultaten op grote hoogte (bijvoorbeeld 10 m) overeenstemmen, terwijl op geringe hoogte (bijvoorbeeld 1,5 m) het niveau moet worden vastgesteld. Indien door de specifieke aard van de bodem het bodemeffect niet nauwkeurig berekend kan worden, kan het bodemeffect worden bepaald met behulp van het gemiddelde meetresultaat verkregen op 1,5 m hoogte.

Toepassing 2

De geluidsemissie van één of een aantal individuele bronnen kan in een immissierelevante bronsterkte voor het hele bronterrein worden omgerekend door de overdrachtsweg op het terrein in rekening te brengen (bijvoorbeeld met behulp van een isolatieberekening (paragraaf 4.7), D_{ref} , $D_{terrein}$ en D_{scherm} (zie hoofdstuk 5)). Deze berekende immissierelevante bronsterkte kan worden gecontroleerd door het bepalen van de bronsterkte van het hele terrein op basis van:

- een rondom-meting (zie paragraaf 4.4);
- geluidsimmissiemetingen rond het terrein en uit deze resultaten met de geconcentreerde bronmethode (zie paragraaf 4.2) de bronsterkte van het hele terrein te bepalen.

Uit de vergelijking van de berekende en de gemeten resultaten kan een bijstelling van de berekende overdrachtsverzwakking plaatsvinden.

Toepassing 3

Metingen waarbij weersinvloeden een belangrijke rol hebben gespeeld, dan wel waarbij (mogelijk) stoorgeluid aanwezig was, kunnen worden gecontroleerd door een emissiebepaling aangevuld met een overdrachtsberekening of door metingen op een dicht bij de bron gelegen punt, waarbij een extrapolatieberekening wordt toegepast.

Deze controle wordt vooral aanbevolen bij geluidsmetingen op grote afstand van de bron, omdat daar het spectrum van het omgevingsgeluid en het spectrum van de bron minder goed van elkaar zijn te onderscheiden. Vaak blijkt dat in bepaalde octaafbanden het stoorgeluid van invloed is, terwijl dit met het gehoor niet waarneembaar is.

Tot de Hybride methoden kunnen evenzeer gerekend worden de overdrachtsmodellen, gebaseerd op golffront extrapolatie en het gebruik van geavanceerde meetsystemen, gebaseerd op microfoon arrays. Met name in zeer complexe situaties waar de conclusies kunnen leiden tot grote gevolgen, kan het toepassen van andere technieken dan in methode II omschreven, leiden tot meer inzicht. In al deze

gevallen dient de rapportage vergezeld te gaan van een uitgebreide documentatie van de toegepaste techniek.

8 Bepaling beoordelingsgrootheden

8.1 Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

De representatieve bedrijfssituatie kan bestaan uit verschillende bedrijfstoestanden.

Per bedrijfstoestand wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald uit het energetisch gemiddelde van de verrichte (geldige) geluidsmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid. Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden kan hieruit het totale gestandaardiseerde immissieniveau L_i in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidsniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

Het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau.

$$L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (8.1)$$

De **bedrijfsduurcorrectieterm** C_b brengt de periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht) duurt.

$$C_b = -10 \log (T_b / T_o) \quad (8.2)$$

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld, de volgende beoordelingsperioden aanhouden:

- dagperiode: 07.00-19.00 uur; $T_o = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_o = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_o = 8$ uur

De **meteocorrectieterm** C_m wordt berekend uit:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10 (h_b + h_o) \quad (8.3)$$

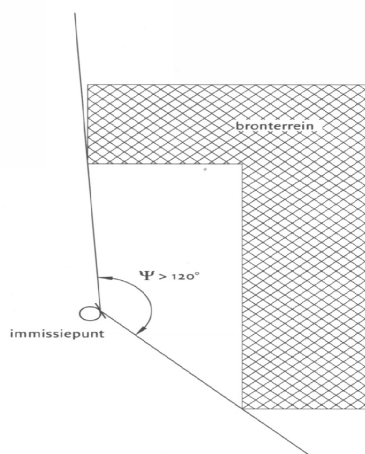
$$C_m = 5 - 50 \left(\frac{h_b + h_o}{r_i} \right) \text{ als } r_i > 10 (h_b + h_o)$$

Indien de meting een bronterrein betreft dat onder een zichthoek $\Psi > 120^\circ$ vanuit het immissiepunt wordt gezien en waarbij $r_i > 10 (h_b + h_o)$, dienen de metingen plaats te vinden bij windrichtingen die gelijkmatig zijn verdeeld over deze zichthoek (zie figuur C.8.1).

De meteocorrectieterm bedraagt dan:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10 (h_b + h_o) \quad (8.4)$$

$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \left(1 - 0,3 \cdot \frac{\Psi}{180} \right) \text{ als } r_i > 10 (h_b + h_o)$$



FIGUUR C.8.1 Definitie zichthoek Ψ

De **gevelcorrectieterm** C_g

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het *invallende* geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) gemeten. Indien het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau (L_i) een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen.

In het geval dat uitdrukkelijk wordt aangegeven dat inclusief gevelreflectie moet worden beoordeeld, dient de meetlocatie bij voorkeur als zodanig te zijn gekozen.

8.2 Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$

Wanneer op het *beoordelingspunt* binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege de betreffende inrichting een geluid met een duidelijk tonaal of een impulsachtig karakter kan worden waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:

- tonaal: $K_1 = 5$ dB;
- impuls: $K_2 = 5$ dB.

Per bedrijfstoestand wordt maximaal één toeslag in rekening gebracht.

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege de betreffende inrichting geluid met een duidelijk muziekkarakter wordt waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de betreffende bedrijfstoestand een toeslag berekend van: $K_3 = 10$ dB.

Indien deze toeslag wordt toegepast, wordt voor deze per bedrijfstoestand geen toeslag meer voor tonaal of impulsgebied toegepast. De totale toeslag kan daarom niet groter zijn dan 10 dB.

Het langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand (kortweg deelbeoordelingsniveau) $L_{Ari,LT}$ wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode als volgt bepaald:

$$L_{Ari,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x \quad (8.5)$$

Hierin komt K_x overeen met K_1 , K_2 of K_3 .

Het totale beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de deelbeoordelingsniveaus volgens:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}} \quad (8.6)$$

8.3 Bepaling beoordelingsniveau L_{etmaal}

Indien diverse bedrijfstoestanden binnen één beoordelingsperiode optreden worden de deelbeoordelingsniveaus energetisch gesommeerd. Als de verschillende bedrijfstoestanden wel in dezelfde beoordelingsperiode maar niet in hetzelfde etmaal optreden, mogen de desbetreffende niveaus niet (energetisch) gesommeerd worden. Dan dient eerst per beoordelingsperiode (dag, avond en nacht) het beoordelingsniveau te worden bepaald. De beoordelingsperiode met de hoogste beoordelingsniveau is in dat geval bepalend voor de representatieve bedrijfssituatie.

Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{\text{Ar,LT}}$ wordt voor de verschillende beoordelingsperioden vastgesteld:

- dagperiode: $L_{\text{dag}} = L_{\text{Ar,LT}} (07.00-19.00 \text{ uur}); (8.7)$
- avondperiode: $L_{\text{avond}} = L_{\text{Ar,LT}} (19.00-23.00 \text{ uur});$
- nachtperiode: $L_{\text{nacht}} = L_{\text{Ar,LT}} (23.00-07.00 \text{ uur}).$

De etmaalwaarde L_{etmaal} (deze waarde is gelijk aan de geluidsbelasting B_i) komt overeen met de hoogste van de volgende waarden:

- L_{dag}
- $L_{\text{avond}} + 5 \text{ dB}$
- $L_{\text{nacht}} + 10 \text{ dB}$

Voor zonebeheer en hogere waardeprocedures wordt altijd het invallend geluidsniveau bedoeld en worden geen toeslagen voor impulsachtig, tonaal of muziekgeluid toegepast.

8.4 Maximaal geluidsniveau L_{Amax}

De beoordeling van geluiden die kortstondig optreden geschiedt aan de hand van het maximale A-gewogen geluidsniveau L_{Amax} . Het maximale geluidsniveau L_{Amax} is de hoogste aflezing in de meterstand 'fast', verminderd met de meteocorrectieterm C_m (zie paragraaf 8.1).

Bij de gemeten waarde dient te worden vermeld waardoor het maximale niveau wordt veroorzaakt.

9 Definities

Symbol	Eenheid	Omschrijving
β		hoek tussen de normaal op het uitstralende oppervlak en de denkbeeldige lijn met het immissiepunt
ϵ_h/ϵ_v	m	Horizontale of verticale omweg om scherm
θ		Hoek tussen de nul graden richting en de richting waarbij de gevoeligheid van een richtmicrofoon met 3 dB is teruggevallen
λ	m	Golflengte
ρ	–	Reflectiecoëfficiënt voor de geluidsenergie
Σ	–	Stralingsfactor of afstralingsgraad
σ_n	–	Standaarddeviatie van het gemiddelde
ψ		Hoek waaronder het brongebied vanuit de waarnemer wordt gezien
φ		Windhoek
Ω	steradianen	Ruimtehoek
a_{lu}	dB/m	Frequentie-afhankelijke dempingsfactor voor de luchtabsorptie
B	–	Bodemfactor
B_b	–	Bodemfactor van het brongebied
B_i	dB(A)	Geluidsbelasting op het immissiepunt vanwege het industrieterrein
B_m	–	Bodemfactor van het middengebied
B_o	–	Bodemfactor van het ontvangergebied
C_b	dB	Bedrijfsduurcorrectieterm per beoordelingsperiode
C_d	dB	Diffusiecorrectie
C_g	dB	Gevelreflectieterm
C_m	dB	Meteocorrectieterm
C_{stoor}	dB	Stoorgeluidscorrectie
d	m	Bron- of brongebieddiameter
$d_{k,k+1}$	m	Afstand tussen punten gelegen op een meetlijn
d_{ref}	dB	Diameter van het referentielichaam bij een lijnbron
d_z	m	Afstand tussen zwaailijnen
D_{xxx}	dB	Symbol voor verzwakkingsterm
DI	m	Richtingsindex (directivity index)
ΔD	dB	Tophoekcorrectieterm
f	Hz	Frequentie
f_{onder}	Hz	Laagste frequentie in een bepaalde tertsband

f_{boven}	Hz	Bovenste frequentie in een bepaalde tertsbands
h_b	m	Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_e	m	Effectieve schermhoogte
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{ma}	m	Hoogte maaiveld ten opzichte van referentieveld
h_o	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{sr}	m	Hoogte van het scherm ten opzichte van referentieveld
l	–	Immissiepunt
I_s	W/m^2	Intensiteitsvector op opperveld S
K_x $x = 1, 2 \text{ of } 3$	dB	Toeslagen voor tonaal ($x = 1$), impulsachtig ($x = 2$) en muziekgeluid ($x = 3$)
l	m	Lengte van een lijnbron of meetlijn
$L_{Aeq,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau
L_{Amax}	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidsniveau
$L_{Ari,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{Ar,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau
$L_{Aeq,T}$	dB(A)	A-gewogen equivalent geluidsniveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μPa over de periode T
$\frac{L_{dag}}{L_{nacht}}$ / $\frac{L_{avond}}{L_{etmaal}}$	dB(A)	Beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor respectievelijk de dag-, avond-, nacht- en etmaalperiode
$L_{eq,T}$	dB	Equivalent geluids(druk)niveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μPa over de periode T
L_i	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau
$L_{i,ref}$	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau op het referentiepunt
L_k	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op punt k gelegen op een meetlijn bij rondommethode
L_p	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op de denkbeeldige meetlijn
$\langle L_s \rangle$	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op het denkbeeldige meetveld
L_v	dB/dB(A)	Snelheidsniveau
L_w	dB/dB(A)	Geluidsvermogeniveau van de bron
L_{wR}	dB/dB(A)	Immissierelevante bronsterkte
ΔL_α	dB	LuchtabSORPTIETERM bij rondommethode
ΔL_F	dB	Nabijheidsveldcorrectieterm bij rondom- en aangepast meetveld-methode
ΔL_M	dB	Richtmicrofooncorrectieterm bij rondommethode
ΔL_S	dB	Term die het uitstralende opperveld in rekening brengt

n	–	Normaalvector op oppervlak S
N	–	Aantal meetpunten of metingen
N_x	–	Fresnelgetal
Q	–	Verhouding tussen oppervlak referentievlak meetvlak
r_{bm}	m	Afstand tussen bron en het midden van cilinder m
r_{br}	m	Afstand tussen bron en reflecterend object
r_{geb}	m	Horizontale afstand van een lijn tussen bron en immissiepunt dat boven een gebouw ligt
r_i	m	Afstand tussen bron en immissiepunt
r_{im}	m	Afstand tussen immissiepunt en het midden van cilinder m
r_{or}	m	Afstand tussen immissiepunt en reflecterend object
r_t	m	Lengte van het deel van de geluidsstraal dat door 'open' installaties heen gaat
R	m	Afstand tussen bron en meetpunt ten behoeve van bronsterktebepaling
R_i	dB	Geluidsisolatie van wanddeel i
R_m	m	Gemiddelde afstand tussen het bron(terrein) en de meetlijn
S_m	m ²	Oppervlak van het meetvlak bij aangepast meetvlakmethode c.q. het door de meetlijn omsloten grondoppervlak bij de rondommethode
S_p	m ²	Oppervlak van het bronterrein
S_{ref}	m ²	Oppervlak van het referentielichaam
S_k	m ²	Oppervlak van deelvak k
S_i	m ²	Oppervlak van wanddeel i
s_l, s_r	m	Horizontale afmeting van afscherming dwars op de lijn van bron naar immissiepunt
$t(f)$	–	Factor voor de geluidsverzwakking door industrieterreinen
T_b	uren	Bedrijfsperiode
T_m	minuten	Meetperiode
T_o	uren	Beoordelingsperiode
U_x	m/s	Windsnelheid op x m hoogte
$v(t)$	m/s	Snelheid als functie van de tijd
v_0	m/s	Referentiesnelheid (10 ⁻⁹ m/s)
W_0	W	Referentie geluidsvermogen (10 ⁻¹² W)
W	W	Geluidsvermogen van een bron

Literatuurlijst

- [C.1] ISO 9613-1: 1993: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere
- [C.2] IEC 1400-1: 1998: Wind turbine generator systems – Part 2: Acoustic noise measurement techniques
- [C.3] ISO 8297: 1994: Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method
- [C.4] L. Cremer, M. Heckl en E. E. Ungar, 'Structure-Borne Sound', Springer Verlag 1973 Berlin, blz. 506 e.v.
- [C.5] H. F. Steenhoek, T. ten Wolde, 'The reciprocal measurements of mechanical- acoustical transfer functions', Acustica 23 (1970), 301.
- [C.6] K. J. Buhlert en J. Feldmann, 'Ein Messverfahren zur Bestimmung von Körperschallanregung und -übertragung', Acustica 42 (1979) p. 108-113.
- [C.7] Ir. M.L.S. Vercammen en ir. P.H. Heringa 'Berekening afstraalgraad verschillende constructies' ICG rapport IL-HR-13-04, 1989.
- [C.8] Dr. Ing. A. von Meier en Dr. G.J. van Blokland, 'Uitbreiding van industriegeluid in woonwijken met betrekking tot sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-03 (1989).
- [C.9] Ir. A. Moerkerken, 'Handleiding ter berekening van de geluidverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-05 (1989).

MODULE D

BIJLAGEN

- 1 Begrippen en definities 177**
 - 1.1 Symbolen 177
 - 1.2 Gebruikte begrippen 179
 - 1.3 Afkortingen 181

- 2 Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de handleiding-1981 182**
 - 2.1 Algemeen 182
 - 2.2 Overzicht verschillen met Handleiding-1981 182

- 3 Voorbeelden 186**

- 4 Isolatiewaarden 205**

- 5 Relatieve windkracht met windsnelheid 209**

1 Begrippen en definities

1.1 Symbolen

Symbol	Eenheid	Omschrijving
β		hoek tussen de normaal op het uitstralende oppervlak en de denkbeeldige lijn met het immissiepunt
θ		Hoek tussen de nul graden richting en de richting waarbij de gevoeligheid van een richtmicrofoon met 3 dB is teruggevallen
λ	m	Golflengte
ρ	-	Reflectiecoëfficiënt voor de geluidsenergie
Σ	-	Stralingsfactor of afstraalgraad
Σ_n	-	Standaarddeviatie van het gemiddelde
ψ		Hoek waaronder het brongebied vanuit de waarnemer wordt gezien
φ		Windhoek
Ω	steradianen	Ruimtehoek
a_{lu}	dB/m	Frequentie-afhankelijke dempingsfactor voor de luchtabsorptie
B	-	Bodemfactor
B_b	-	Bodemfactor van het brongebied
B_i	dB(A)	Geluidsbelasting op het immissiepunt vanwege het industrieterrein
B_m	-	Bodemfactor van het middengebied
B_o	-	Bodemfactor van het ontvangergebied
$C(h)_{c,q}, \Delta C(h)$	dB	Correctieterm indien L_i op een andere hoogte dan 5 m moet worden bepaald
C_b	dB	Bedrijfsduurcorrectieterm per beoordelingsperiode
C_d	dB	Diffusiecorrectie
C_g	dB	Gevelreflectieterm
C_m	dB	Meteocorrectieterm
C_{ref}	dB	Correctieterm voor de meetafstand bij extrapolaties
C_{stoor}	dB	Stoorgeluidscorrectie
d	m	Bron- of brongebieddiameter
d_{ref}	dB	Diameter van het referentielichaam bij een lijnbron
D_{xxx}	dB	Symbol voor verzwakkingsterm
DI	m	Richtingsindex (directivity index)
ΔD	dB	Tophoekcorrectieterm
f	H_z	Frequentie
h_b	m	Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld

h_{br}	m	Bronhoogte ten opzichte van referentievlak
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{ma}	m	Hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak
h_o	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{or}	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van referentievlak
h_{sr}	m	Hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak
I	–	Immissiepunt
K_x $x = 1, 2 \text{ of } 3$	dB	Toeslagen voor tonaal ($x = 1$), impulsachtig ($x = 2$) en muziekgeluid ($x = 3$)
l	m	Lengte van een lijnbron of meetlijn
$L_{Aeqi,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau
$L_{Ari,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{Ar,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau
$L_{Aeq,T}$	dB(A)	A-gewogen equivalent geluidsniveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μ Pa over de periode T
L_{dag}/L_{avond} L_{nacht}/L_{etmaal}	dB(A)	Beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor respectievelijk de dag-, avond-, nacht- en etmaalperiode
$L_{eq,T}$	dB	Equivalent geluids(druk)niveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 μ Pa over de periode T
L_i	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau
L_{Amax}	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidsniveau
L_k	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op punt k gelegen op een meetlijn bij rondommethode
L_p	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op de denkbeeldige meetlijn
$\langle L_s \rangle$	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau op het denkbeeldige meetvlak
L_{stoor}	dB/dB(A)	Geluids(druk)niveau van het stoorgeluid
L_v	dB/dB(A)	Snelheidsniveau
L_w	dB/dB(A)	Geluidsvermoggenniveau van de bron
L_{WR}	dB/dB(A)	Immissierelevante bronsterkte
ΔL_α	dB	Luchtabsorptieterm bij rondommethode
ΔL_F	dB	Nabijheidsveldcorrectieterm bij rondom- en aangepast meetvlak-methode
ΔL_M	dB	Richtmicrofooncorrectieterm bij rondommethode
ΔL_s	dB	Term die het uitstralende oppervlak in rekening brengt
N	–	Aantal meetpunten of metingen
$P_A(t)$	dB(A)	A-gewogen momentaan geluidsdruk

P_o	dB	Referentiedruk van 20 μ Pa
r_i	m	Afstand tussen bron en immissiepunt
r_{ref}	m	Afstand tussen broncentrum en referentiepunt
R	m	Afstand tussen bron en meetpunt ten behoeve van bronsterktebepaling
R_i	dB	Geluidsisolatie van wanddeel i
R_m	m	Gemiddelde afstand tussen het bron(terrein) en de meetlijn
S_m	m^2	Oppervlak van het meetvlak bij aangepast meetvlakmethode c.q. het door de meetlijn omsloten grondoppervlak bij de rondommethode
S_p	m^2	Oppervlak van het bronterrein
S_{ref}	m^2	Oppervlak van het referentielichaam
$t(f)$	–	Factor voor de geluidsverzwakking door industrieterreinen
T_b	uren	Bedrijfsperiode
T_m	minuten	Meetperiode
T_o	uren	Beoordelingsperiode
$v(t)$	m/s	Snelheid als functie van de tijd
v_o	m/s	Referentiesnelheid (10^{-9} m/s)
W_o	W	Referentie geluidsvermogen (10^{-12} W)
W	W	Geluidsvermogen van een bron

1.2 Gebruikte begrippen

Begrip/terminologie	Notatie	Omschrijving
Immissiepunt		De plaats waar het geluidsniveau wordt bepaald
Referentiepunt		Meet- of rekenpunt gebruikt als positie om van daaruit door extrapolatie het geluidsniveau op een beoordelingspunt te bepalen
Impulsachtig geluid		Geluid met een op het beoordelingspunt (binnen het aldaar aanwezige geluid) duidelijk waarneembaar impuls karakter. De waarneembaarheid van het impuls-karakter vindt op subjectieve wijze plaats

Muziekgeluid		Geluid met een op het beoordelingspunt (binnen het aldaar aanwezige geluid) duidelijk waarneembaar muziekkarakter. De waarneembaarheid van het muziekkarakter vindt op subjectieve wijze plaats
Tonaal geluid		Geluid met een op het beoordelingspunt (binnen het aldaar aanwezige geluid) duidelijk waarneembaar tonaal karakter. De waarneembaarheid van het tonale karakter vindt op subjectieve wijze plaats
Stoorgeluid		Het op een bepaalde plaats optredende geluid, veroorzaakt door andere geluidsbronnen dan die waarvan het geluidsniveau wordt bepaald
Dagperiode		De beoordelingsperiode van 07.00 tot 19.00 uur
Avondperiode		De beoordelingsperiode van 19.00 tot 23.00 uur
Nachtperiode		De beoordelingsperiode van 23.00 tot 07.00 uur
Meteoraam		De meteorologische omstandigheden waaronder een goede en stabiele geluidsoverdracht plaatsvindt
Gevel (uitwendige scheidingsconstructie)		Een bouwkundige constructie die een ruimte in een woning of gebouw scheidt van de buitenlucht, daaronder begrepen het dak
Monopool		Rondom gelijk uitstralende puntbron
Representatieve bedrijfssituatie		Situatie waarbij de voor de geluidsproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor een bedrijfsvoering bij volledige capaciteit in de te beschouwen etmaalperiode
Bedrijfstoestand		Toestand van een inrichting, die relevant is voor te verrichten metingen
Invallend geluidsniveau		Het geluidsniveau dat op een gevel invalt zonder dat hierbij de eigen gevelreflectie betrokken wordt

Meethoogte	h_m [m]	De hoogte van het immissiepunt boven maaiveld waarop de microfoon voor de geluidsmetingen zich bevindt
Beoordelingshoogte	h_o [m]	De hoogte van het beoordelingspunt boven het maaiveld
Beoordelingspunt		Het punt waar het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau wordt bepaald en getoetst aan (eventuele) grenswaarden
Equivalent geluidsniveau in dB(A)	$L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	Het energetisch gemiddelde van de fluctuerende niveaus van het ter plaatse, in de loop van een bepaalde periode optredende geluid $L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2}{P_0^2} dt \right]$ T: $t_2 - t_1$ P_A: A-gewogen momentane geluidsdruk P_0: Referentiedruk van 20 μPa
Gestandaardiseerd immissieniveau	L_i [dB(A)]	Het equivalente geluidsniveau dat tijdens een bepaalde bedrijfstoestand onder meteoraanomstandigheden op een bepaalde plaats en hoogte wordt vastgesteld
Immissierelevante bronsterkte	L_{WR} [dB(A)]	Het geluidsvermogen in octaafbanden of in dB(A) van een denkbeeldige monopool, gelegen in het centrum van de werkelijke geluidsbron, die in de richting van het immissiepunt dezelfde geluidsdrukniveaus veroorzaakt als de werkelijke geluidsbron
Langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau	$L_{Aeqi,LT}$ [dB(A)]	Equivalent A-gewogen geluidsniveau over een specifieke beoordelingsperiode ten gevolge van een specifieke bedrijfstoestand op een immissiepunt, bij een meteorogemiddelde geluidsoverdracht, zo nodig gecorrigeerd voor de gevelreflectie

Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau	$L_{Ari,LT}$ [dB(A)]	Equivalent A-gewogen geluidsniveau op een beoordelingspunt over een specifieke beoordelingsperiode ten gevolge van een specifieke bedrijfstoeestand op een beoordelingspunt, zo nodig gecorrigeerd voor de aanwezigheid van impulsachtig geluid, zuivere tooncomponent of muziekgeluid
Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau	$L_{Ar,LT}$ [dB(A)]	Energetische sommatie van de langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveaus: $L_{Ar,LT} = 10 \log \left[\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}} \right]$
Etmaalwaarde van het equivalente geluidsniveau vanwege het industrieterrein	L_{etmaal} [dB(A)]	De hoogste van de volgende drie waarden: $L_{Ar,LT}$ over de dagperiode; $L_{Ar,LT}$ over de avondperiode +5; $L_{Ar,LT}$ over de nachtperiode +10
Geluidsbelasting vanwege een industrieterrein	B_i [dB(A)]	Etmaalwaarde van het equivalente geluidsniveau ($L_{Ar,LT}$) in dB(A) op een bepaalde plaats afkomstig van een bepaalde bron of brongroep of inrichting(en) gelegen op een zoneringsplichtig industrieterrein
Grenswaarde	L_{Aeq} [dB(A)]	Op een beoordelingspunt nader te definiëren maximaal toelaatbaar geacht geluidsniveau (beoordelingsniveau of geluidsbelasting)
Piekgeluidsniveau	L_{Amax} [dB(A)]	Het maximaal te meten A-gewogen geluidsniveau, meterstand 'fast' gecorrigeerd met de meteocorrectieterm C_m

1.3 Afkortingen

AMvB = Algemene Maatregel van Bestuur
Ivb = Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer
MTG = Maximaal Toelaatbare Geluidbelasting
Wgh = Wet geluidhinder
Wm = Wet milieubeheer

2 Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de handleiding-1981

2.1 Algemeen

De herziene Handleiding is tekstueel gewijzigd qua indeling en opzet, en aangevuld met de resultaten van een aantal evaluatieonderzoeken. Inzicht in met name laatstgenoemde aanvullingen is van belang voor diegenen die reeds vele jaren gewerkt hebben met de voorgaande versie. Om die reden worden in het volgende de inhoud en de rekentechnische gevolgen van deze aanvullingen kort omschreven.

De evaluatieonderzoeken hebben geen doorslaggevende argumenten verschaft om het 'rekenhart' van met name methode C van de Handleiding meten en rekenen Industrielawaai (IL-HR-13-01) van 1981 (Handleiding-1981) op onderdelen fundamenteel te herzien. Daarbij speelde ook de overweging een rol dat dergelijke fundamentele wijzigingen zouden leiden tot wezenlijk andere onderzoeksresultaten, zonder dat de bedrijfstechnische parameters of omgevingsfactoren waren gewijzigd. Die consequentie zou uiteraard ongewenst zijn: bedrijven zouden nu juist wel of juist niet aan de vergunningvoorschriften voldoen, waar dat eerder niet het geval was; zonegrenzen zouden rekentechnisch qua vorm en omvang kunnen wijzigen; de saneringsprogramma's zouden aangepast moeten worden. Derhalve zijn alleen dié rekentechnische aanvullingen doorgevoerd die in bepaalde omstandigheden tot betere rekenresultaten leiden c.q. nadere (nuttige) informatie verschaffen.

Hoewel in het spraakgebruik en vele vergunningvoorschriften de term 'piekniveaus' voor L_{Amax} wordt gehanteerd, is in deze Handleiding systematisch sprake van 'maximale geluids- niveaus'. De achtergrond daarvoor is dat de term 'piekniveaus' in de praktijk tot verwarring met bijvoorbeeld 'impuls-hold'-waarden heeft geleid. Thans is ook voorgeschreven om op de door metingen en/of berekeningen bepaalde maximale geluidsniveaus een meteocorrectieterm toe te passen op overeenkomstige wijze als voor de equivalente geluidsniveaus.

Ook is een onderdeel toegevoegd betreffende het bepalen van binnengeluidsniveaus. Dit vloeit voort uit de grenswaarden ten aanzien van binnengeluidsniveaus die voorkomen in de Wgh (bij het onderwerp sanering), AMvB's ex artikel 8.40 Wm en de Circulaire omtrent 'indirecte hinder' (Circulaire d.d. 29 februari 1996 met kenmerk MBG96006131).

2.2 Overzicht verschillen met Handleiding-1981

Klassen A, B en C uit de Handleiding-1981 zijn vervangen door methode I en methode II. De vereenvoudigde methode I is geheel nieuw; om die reden worden geen verschillen omschreven.

In het volgende wordt een overzicht gegeven van de essentiële verschillen tussen de bestaande Handleiding-1981 en methode II. De hoofdstukken uit methode II, waarin de wijzigingen zijn opgenomen, zijn vetgedrukt weergegeven. Tussen haken is aangegeven, voorzover mogelijk, waar de oorspronkelijke tekst in de Handleiding-1981 te vinden is.

3.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

Een extra hoofdstuk is opgenomen om aan te geven hoe met brongebieden moet worden omgegaan.

3.4.2 Keuze van de meetlocatie (verg. 2B-32)

Voorkeur meethoogte is afhankelijk gesteld van de afstand tussen bron en meetpunt.
Alleen invallend geluid wordt gemeten, eventueel gecorrigeerd voor een gevelreflectie.

3.4.3 Weersomstandigheden (verg. 2A-8)

Toegestane windhoek is in alle gevallen 60°. Windstil weer valt buiten het meteoraam.
Aanvullende definities zijn gegeven voor het meteoraam voor het meten van relatief uitgestrekte brongebieden.

3.5.2 Aantal metingen (verg. 2B-12)

Het minimaal aantal metingen dat vereist wordt, is afhankelijk gesteld van de afstand tussen bron en meetpunt.

3.5.3 Stoorgeluidcorrectie (verg. 2B-13)

Toegevoegd zijn situaties waaronder een stoorgeluidscorrectie kan worden toegepast.

3.6.2 Directe bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau

Toegevoegd is een methode om het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau, op basis van metingen vast te stellen.

3.6.3 Correctie luchtabSORPTIE

Toegevoegd is de opmerking, dat in speciale gevallen het gewenst kan zijn om de resultaten om te rekenen naar de gestandaardiseerde meteorologische omstandigheden.

3.9 Immissiemeetmethoden specifieke bronnen

Toegevoegd is de immissiemeetmethode van windturbines.

4.2.6 Berekening van de bronsterkte L_{WR} (verg. 2B-41 en 2C-14)

Bodemdamping is voor afstanden > 20 m gebaseerd op het overdrachtsmodel van methode II. Voor complexe situaties wordt verwezen naar specialistische methoden.

4.3.5.1 Algemeen

10 dB-criterium toegevoegd.

4.3.5.3 Aantal metingen (verg. 2B-58)

Bij keuze voor aantal meetpunten formule 4.25 toegevoegd.
Zwaaien als alternatief toegevoegd.

Methode Colenbrander (verg. 2C-16)

Methode is vervallen.

4.4 Rondommethode (verg. 2C-15)

De rondommethode is zoveel mogelijk aangepast aan ISO-8297. Deze wijkt op de volgende punten af van hetgeen in de Handleiding-1981 staat:

- Grenzen van toepassingsgebied aangepast;
- Voorwaarden voor gemiddelde afstand R_m aangepast;
- Vrijheid van keuze meetpunten beperkt (moeten op gelijke afstand van elkaar liggen);
- Voorwaarden voor meethoogte aangepast;
- In berekening bronsterkte geen correctie voor afwijkingen in onderlinge afstand van meetpunten;
- Nabijheidsveldcorrectie toegevoegd;
- Correctiefactor voor gebruik van richtmicrofoon toegevoegd.

4.6 Snelheidsmetingen (verg. 2C-23)

Voor de afstralingsgraad zijn literatuurverwijzingen opgenomen.

4.7.3 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

De richtingsindex voor afstralende dakvlakken en gevels/wanden is vereenvoudigd tot een formule.

4.7.4 Overdrachtsberekening (verg. 2C-27)

Berekening bodemverzwakking bij uitsluitend dakvlak is aangepast.

5.3.2 D_{lucht} (verg. 2C-34)

Waarden van luchtdemping zijn aangepast conform ISO-9613-1.

5.3.4 D_{scherm} (verg. 2C-39)

Waarden van de tophoekcorrectie zijn aangepast.

5.3.6 $D_{terrein}$ (verg. 2C-43)

Tabel toegevoegd met waarden van de geluidsverzwakking in dB/m voor verstrooiing aan, reflectie tegen en afscherming door open procesinstallaties.

5.3.8 D_{huis} (verg. 4.3.8)

Literatuurverwijzing opgenomen voor berekening gemiddelde dempingsterm voor woon- gebieden.

7. Hybride methoden (verg. 2C-52)

Extra verwijzing opgenomen naar alternatieve berekeningsmethoden.

8.1 Gevelcorrectie (verg. 2B-5)

Alleen het invallend geluidsniveau wordt bepaald. Indien niet anders dan voor een gevel gemeten kan worden, wordt een 'procedurele gevelreflectie' voorgesteld.

8.1 Bepaling beoordelingsgrootheden

Meteocorrectieterm is aangepast voor omvangrijke of uitgestrekte bronterreinen.

8.2 Toeslagen voor zuivere tonen, impulsgebied en muziekgeluid (verg. 1-8)

Toeslagen worden toegepast op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand in plaats van op het L_{Aeq} van de representatieve bedrijfssituatie.

3 Voorbeelden

In het volgende wordt een aantal voorbeelden gegeven van de toepassing van methode I. Verwijzingen naar een paragraaf in de voorbeelden betreffen module B.

Voorbeeld 1: Directe immissiemeting bij een inrichting met verschillende representatieve bedrijfstoestanden over de dag-, avond- en nachtperiode

Stap 1: doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is controle van de geluidsimmissie aan vergunningvoorschriften van een meelfabriek. In de vergunning zijn voorschriften opgenomen ten aanzien van de equivalente en de maximale geluidsniveaus in de dag-, avond- en nachtperiode. Beoordeling conform deze Handleiding is voorgeschreven. In de vergunning is één, met straat en huisnummer gespecificeerde beoordelingspunt bij woningen opgenomen; de beoordelingshoogte bedraagt 5 m.

Stap 2: beschrijving representatieve bedrijfssituatie

Het betreft een volcontinu bedrijf, waarbij de relevante geluidsbronnen bestaan uit dakuitlaten ten behoeve van procesluchtafvoer en -toevoer, en dakventilatoren ten behoeve van ruimteventilatie van enkele technische ruimten. Tevens bevinden zich in de zuidgevel enkele gevelroosters ten behoeve van procesluchtafvoer.

Alle geluidsbronnen (ventilatoren, dakuitlaten, gevelroosters) zijn volcontinu in werking.

Wanneer de inrichting normaal functioneert, is de geluidsemissie van de stationaire bronnen constant. Er zijn geen te openen ramen en deuren (volledige luchtbehandeling). De geluidsemissie wordt niet beïnvloed door eventuele variaties in de productiecapaciteit.

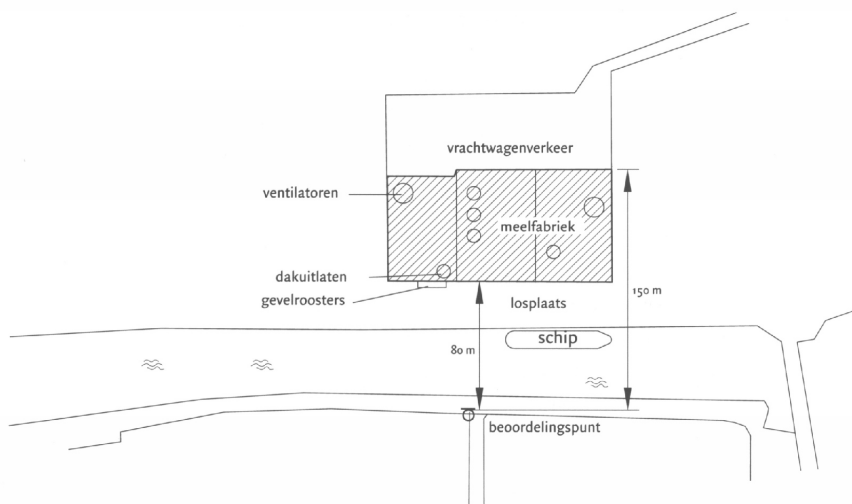
Aan de voorzijde is er een losplaats voor een schip; de daarbij aanwezige losinrichting (compressorinstallatie) maakt deel uit van de inrichting. Dit schip lost grondstoffen voor de meelfabriek aan de voorzijde van de fabriek langs het water. Dit geschiedt elke dag tussen 06.00 en 06.30 uur. De compressor is gedurende deze tijd effectief 15 minuten in bedrijf.

Gedurende de dagperiode komen drie vrachtwagens aan de achterzijde op het terrein. Daarnaast zijn er geen mobiele bronnen aanwezig.

Figuur D.1 geeft de situatie weer.

Bij de voor de geluidsbeoordeling te definiëren representatieve bedrijfssituatie dient onderscheid gemaakt te worden tussen drie perioden: de dagperiode (met vrachtverkeer), de avondperiode (geen vrachtverkeer) en de nachtperiode (schip lossen, geen vrachtverkeer).

De vrachtwagens aan de achterzijde van de inrichting zijn per afhandeling slechts 2 minuten geluidsrelevant binnen de inrichting (snelheid 15 km/h), dus totaal 6 minuten (3 vrachtwagens). Dit betekent een bedrijfsduurcorrectie van $C_b = 21$ dB (paragraaf 5.1). De routing ligt echter volledig in de afscherming van het gebouw. Gezien de locatie, de afstand tot de beoordelingspositie en de bedrijfsduur wordt geconcludeerd dat de vrachtwagenbewegingen aan de achterzijde geen immissierelevante bijdrage leveren op de beoordelingspositie en daarom kunnen worden verwaarloosd bij het onderzoek.



De maatgevende beoordelingsperiode is de nachtperiode. In deze periode is de meelfabriek volcontinu in bedrijf en worden grondstoffen vanuit het schip gelost.

Omdat alle immissierelevante bronnen van de meelfabriek (zonder losplaats) gelijktijdig en continu in werking zijn, kan voor de metingen deze toestand als een bedrijfstoestand worden gedefinieerd. Als tweede bedrijfstoestand wordt die toestand gedefinieerd waarbij het lossen van het schip plaatsvindt en waarin de voornoemde bronnen van de meelfabriek in bedrijf zijn.

Alle relevante geluidsbronnen liggen binnen een afstand van 150 m van de beoordelingspositie. De bedrijfssituatie is zodanig eenduidig te definiëren, dat methode I kan worden toegepast. Gedurende de dag- en avondperiode kan verwacht worden dat stoorgeluid ten gevolge van lokaal verkeer de meting te veel zal verstoren. Derhalve wordt besloten om de meting in de nacht uit te voeren. Bewust wordt gekozen voor directe immissiemetingen, omdat deze betrouwbaarder zijn dan extrapolatiemetingen en -berekeningen. Of deze metingen daadwerkelijk betrouwbaarder zijn, kan alleen ter plaatse tijdens het nachtelijke bezoek worden beoordeeld. Zo nodig kan dan alsnog worden besloten om een referentiepunt te kiezen.

Volgens paragraaf 3.5.5 moet onder meteoraamcondities worden gemeten.

Tijdens het bezoek blijkt dat metingen op de beoordelingspositie mogelijk zijn (geen stoorgeluid te constateren, mede door het gekozen tijdstip van de metingen). In het volgende overzicht zijn de meetresultaten samengevat.

Meting	Datum	Tijd	Meetduur [s]	Windsnelheid [m/s]	Windrichting	L_i [dB(A)]	L_{max} [dB(A)]	Tonaal impuls muziek	Stoorgeluid
1	25/8/97	05.30	900	2	W	45,0	47,2	nee	nee
2	25/8/97	06.00	900	2	W	57,0	60,1	nee	nee
3	26/8/97	06.15	480	2	NW	43,0	45,0	nee	nee
4	26/8/97	06.25	900	2	NW	55,0	59,4	nee	nee
meting 1: stationaire bronnen van de inrichting									
meting 2: lossen schip, tijdsduur 15 minuten									
meting 3: stationaire bronnen van de inrichting									
meting 4: lossen schip, tijdsduur 15 minuten									
meetlocatie: op het beoordelingspunt, zie figuur D.1									
meethoogte: op de beoordelingshoogte, 5 m									
gemiddelde bronhoogte: op basis van kennis van de inrichting geschat op 15 m, losinstallatie schip 1,5 m									
geen reflecterende vlakken in de meetomgeving									

Uit de meetresultaten van het lossen van het schip kan worden afgeleid dat deze meting niet wordt beïnvloed door 'stoorgeluid' vanwege de stationaire bronnen van de meelfabriek ($L_{i,schip} - 10 \text{ dB} > L_{i,fabriek}$).

De meetapparatuur is voor en na elke meting gecontroleerd op juiste werking en gekalibreerd.

N.B. Het kan voorkomen dat het apart meten van de geluidsbijdrage van het schip, dat wil zeggen zonder verwaarloosbare bijdrage ten gevolge van de stationaire bronnen van de meelfabriek, niet goed mogelijk is op het beoordelingspunt. Dan kan getracht worden op zodanig korte afstand van het schip te meten, dat de bijdrage van de rest van de meelfabriek wel verwaarloosbaar is. Wel dient een zodanige afstand tot het schip in acht te worden genomen, dat deze geluidsbron als puntbron kan worden beschouwd. Vervolgens kan de meetwaarde geëxtrapoleerd worden naar het beoordelingspunt (zie paragraaf 3.7.2).

Stap 5: bepaling beoordelingsgrootheden

Indien de geluidsmetingen per bron energetisch gemiddeld worden, volgt dat:

- stationaire bronnen: $L_i = 44,1 \text{ dB(A)}$
- schip lossen: $L_i = 56,1 \text{ dB(A)}$

Voor de losinstallatie geldt:

- $h_b = 1,5 \text{ m}$
- $h_o = 5 \text{ m}$
- $r_i = 80 \text{ m}$
- $r_i = 80 > 10 (5 + 1,5)$ dus de meteocorrectieterm van deze bron is niet gelijk aan 0.

Voor de losinstallatie geldt zodoende:

$$C_m = 5 - 50 \left(\frac{1,5 + 5,0}{80} \right) = 0,9$$

De meteocorrectieterm van de stationaire bronnen van de meelfabriek is gelijk aan 0.

Met de berekeningsmethode uit hoofdstuk 5 volgt:

Omschrijving	Periode	L_i [dB(A)]	C_b [dB]	C_m [dB]	C_g [dB]	$L_{Aeqi,LT}$ [dB(A)]	K_1 [dB]	K_2 [dB]	K_3 [dB]	$L_{Ari,LT}$ [dB(A)]
stationaire bronnen	dag	44,1	0	0	0	44,1	0	0	0	44,1
	avond	44,1	0	0	0	44,1	0	0	0	44,1
	nacht	44,1	0	0	0	44,1	0	0	0	44,1
lossen schip	nacht	56,1	15	0,9	0	40,2	0	0	0	40,2

Conform de formule:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}}$$

bedraagt het beoordelingsniveau per periode:

- $L_{Ar,LT} = 44,1 \text{ dB(A)}$ in de dagperiode
- $L_{Ar,LT} = 44,1 \text{ dB(A)}$ in de avondperiode
- $L_{Ar,LT} = 45,6 \text{ dB(A)}$ in de nachtperiode (ten gevolge van stationaire bronnen én lossen schip).

Dit betekent:

- $L_{dag} = 44 \text{ dB(A)}$
- $L_{avond} = 44 \text{ dB(A)}$

- $L_{\text{nacht}} = 46 \text{ dB(A)}$

Het gemeten maximale geluidsniveau in de meterstand 'fast' in de dag- en avondperiode bedraagt 47 dB(A) ten gevolge van (geringe) variaties in de geluidsemissie van de stationaire bronnen, respectievelijk 60 dB(A) in de nachtperiode vanwege geringe variaties in de geluidsemissie bij het lossen van het schip (stootgeluiden e.d.).

Het maximale geluidsniveau dat wordt getoetst aan de grenswaarden is gelijk aan het gemeten maximale geluidsniveau verminderd met de meteocorrectieterm. Voor de dagperiode geldt $L_{A_{\text{max}}} = 47 \text{ dB(A)}$ en voor de nachtperiode $L_{A_{\text{max}}} = 60,1 - 0,9 = 59 \text{ dB(A)}$.

Voorbeeld 2: Rekenvoorbeeld toeslagen

Toeslagen voor tonaal, impulsachtig en/of muziekgeluid zijn van toepassing indien op het *beoordelingspunt* het geluidsimmissieniveau als zodanig gekarakteriseerd kan worden.

N.B. Indien de geluidsemissie van een inrichting getoetst wordt op referentiepunten op kortere afstand van de inrichting in plaats van op beoordelingspunten bij geluidsgevoelige bestemmingen dient met dit aspect zorgvuldig omgegaan te worden. Indien op referentiepunten het geluid als tonaal wordt gekarakteriseerd, behoeft dit niet vanzelfsprekend te leiden tot geluidsimmissieniveaus met een tonaal karakter op de beoordelingspunten: andere geluidsbronnen van de inrichting kunnen dat tonale karakter maskeren.

De toeslag geldt voor de duur van het geluid waarbinnen de desbetreffende karakterisering van toepassing is.

De volgende voorbeelden zijn bedoeld om inzicht te geven in de wijze waarop in verschillende praktijksituaties met bijzondere geluiden omgegaan moet worden. De voorbeelden betreffen tonaal geluid, doch zijn qua principe gelijk voor impulsachtig of muziekgeluid.

In de volgende voorbeelden worden correctietermen die in dit kader niet relevant zijn, zoals C_g en C_m , 'gemakshalve' buiten beschouwing gelaten.

Voorbeeld 2A: Continue geluidsimmissie met hoorbaar tonaal karakter

Bij een bedrijf is een bron met een tonale geluidsemissie (en als zodanig hoorbaar op het beoordelingspunt) aanwezig. De geluidsbijdrage van deze bron op het beoordelingspunt bedraagt 40 dB(A) en de bron is continu in bedrijf. Overige geluidsbronnen behorend tot de inrichting, van belang voor het geluid naar de omgeving, zijn ook continu in bedrijf; de gezamenlijke geluidsbijdrage van deze overige bronnen op het beoordelingspunt bedraagt 42 dB(A).

Het beoordelingsniveau voor de dagperiode wordt met behulp van een overdrachtsmodel berekend; kort samengevat geldt dan:

Betreft	L_i [dB(A)]	C_b [dB]	$L_{Aeq,LT}^*$ [dB(A)]	K_1 [dB]	$L_{Ar,LT}$ [dB(A)]
Tonale bron	40	0	44,1	5	49,1
Overige bronnen	42	0			

* $L_{Aeq,LT} = 10 \log [10^{40/10} + 10^{42/10}]$

Hieruit volgt dus: $L_{\text{dag}} = 49 \text{ dB(A)}$

N.B. Indien sprake zou zijn van directe immissiemetingen, zou op het beoordelingspunt 44 dB(A) gemeten worden. Vanwege het hoorbare tonale karakter wordt een toeslag van 5 dB toegepast, hetgeen leidt tot $L_{Ar,LT} = 49 \text{ dB(A)}$.

De toeslag voor tonaal geluid dient dus niet toegepast te worden op alleen de geluidsimmissieniveaubijdrage van de tonale bron. Een foutieve berekening is derhalve:

Betreft	L_i [dB(A)]	C_b [dB]	$L_{Aeqi,LT}$ [dB(A)]	K_1 [dB]	$L_{Ari,LT}$ [dB(A)]
Tonale bron	40	0	40	5	45
Overige bronnen	42	0	42	0	42

dus:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log [10^{45/10} + 10^{42/10}] = 46,8 \text{ dB(A)}$$

$$L_{dag} = 47 \text{ dB(A)}$$

Voorbeeld 2B: Tonale geluidsbron niet hoorbaar op beoordelingspunt

Bij een fabriek zijn de geluidsbronnen continu in bedrijf. Het geluidsniveau op het beoordelingspunt bedraagt 50 dB(A). Eén bron met een duidelijk tonaal karakter qua geluidsemissie geeft een geluidsbijdrage van 35 dB(A) op dat punt. Deze tonale geluidsbijdrage is niet waarneembaar op het beoordelingspunt. Derhalve behoeft geen toeslag vanwege tonaliteit op het geluidsimmissieniveau van de hele inrichting te worden toegepast.

Voorbeeld 2C: Tonale geluidsbron hoorbaar, doch discontinu in bedrijf

Bij een bedrijf zijn de geluidsbronnen gedurende de dagperiode continu in bedrijf. Het geluidsimmissieniveau ten gevolge van deze bronnen op het beoordelingspunt bedraagt 50 dB(A). Daarnaast is echter een installatie 50% van de dagperiode in bedrijf, die geluid emitteert dat op een beoordelingspunt hoorbaar als tonaal te kenmerken is.

N.B. Indien deze bron op andere beoordelingspunten niet als tonaal waarneembaar is, behoeft voor de niveaus op die beoordelingspunten geen toeslag toegepast te worden.

Het geluidsimmissieniveau ten gevolge van deze bron bedraagt ook 50 dB(A). Het beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ op het beoordelingspunt is als volgt te berekenen:

Betreft	L_i [dB(A)]	C_b [dB]	$L_{Aeqi,LT}$ [dB(A)]	K_1 [dB]	$L_{Ari,LT}$ [dB(A)]
<i>Bedrijfstoestand A</i>					
Alleen overige bronnen	50	3	47	0	47
<i>Bedrijfstoestand B</i>					
Overige bronnen	50	3	50	5	55
Tonale bron	50	3			

Het beoordelingsniveau op het beoordelingspunt bedraagt:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log [10^{47/10} + 10^{55/10}] = 55,6 \text{ dB(A)}$$

$$L_{dag} = 56 \text{ dB(A)}.$$

Foutieve berekening:

Betreft	L_i [dB(A)]	C_b [dB]	$L_{Aeqi,LT}$ [dB(A)]	K_1 [dB]	$L_{Ari,LT}$ [dB(A)]
Overige bronnen	50	0	50	0	50
Tonale bron	50	3	47	5	52

Hieruit zou volgen:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log [10^{50/10} + 10^{52/10}] = 54,1 \text{ dB(A)}$$

$$L_{dag} = 54 \text{ dB(A)}$$

Voorbeeld 2D: Tonale geluidsbron continu, overige bronnen discontinu

Uit het voorgaande voorbeeld blijkt dat het van belang is te weten wanneer een bron met een tonaal karakter in werking is ten opzichte van andere geluidsbronnen én of deze bron hoorbaar is op het beoordelingspunt. Als van 07.00 – 13.00 uur het bedrijf een geluidsbijdrage op het beoordelingspunt heeft van 40 dB(A) en van 13.00 – 19.00 uur een geluidsbijdrage van 50 dB(A) zou een bron met een tonaal karakter 35 dB(A) op het beoordelingspunt tussen 07.00 -13.00 uur niet verwaarloosbaar en wel hoorbaar zijn, en tussen 13.00 – 19.00 uur wel verwaarloosbaar en niet hoorbaar.

Betreft	L _i [dB(A)]	C _b [dB]	L _{Aeqi,LT} [dB(A)]	K ₁ [dB]	L _{Ari,LT} [dB(A)]
Bedrijfstoestand A					
Overige bronnen	40	3	38,2	5	43,2
Tonale bron	35	3			
Bedrijfstoestand B					
Overige bronnen	50	3	47	0	47
Tonale bron	verwaarloosbaar				

Het beoordelingsniveau op het beoordelingspunt bedraagt:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log [10^{43,2/10} + 10^{47/10}] = 48,5 \text{ dB(A)}$$

$$L_{dag} = 48 \text{ dB(A)}.$$

N.B. Het kan voorkomen dat bij zeer complexe situaties de exacte tijden dat een bedrijfstoestand van een tonale bron en overige bronnen optreedt, niet bekend zijn. In een dergelijke situatie dient bij het bepalen van het beoordelingsniveau de toeslag met gezond verstand te worden toegepast.

Voorbeeld 3: Directe immissiemetingen bij een inrichting met een discontinue bedrijfssituatie

Stap 1: doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is toetsing van de geluidsimmissie ten gevolge van een drukkerij aan de vergunningvoorschriften. Beoordeling conform deze Handleiding is voorgeschreven.

Het invallende langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ en het maximale geluidsniveau L_{Amax} (dus exclusief gevelreflectie) dienen beoordeeld te worden op een beoordelingshoogte van $h_o = 5$ m op 2 m voor de gevel van woning nr. 23 (zie figuur D.2).

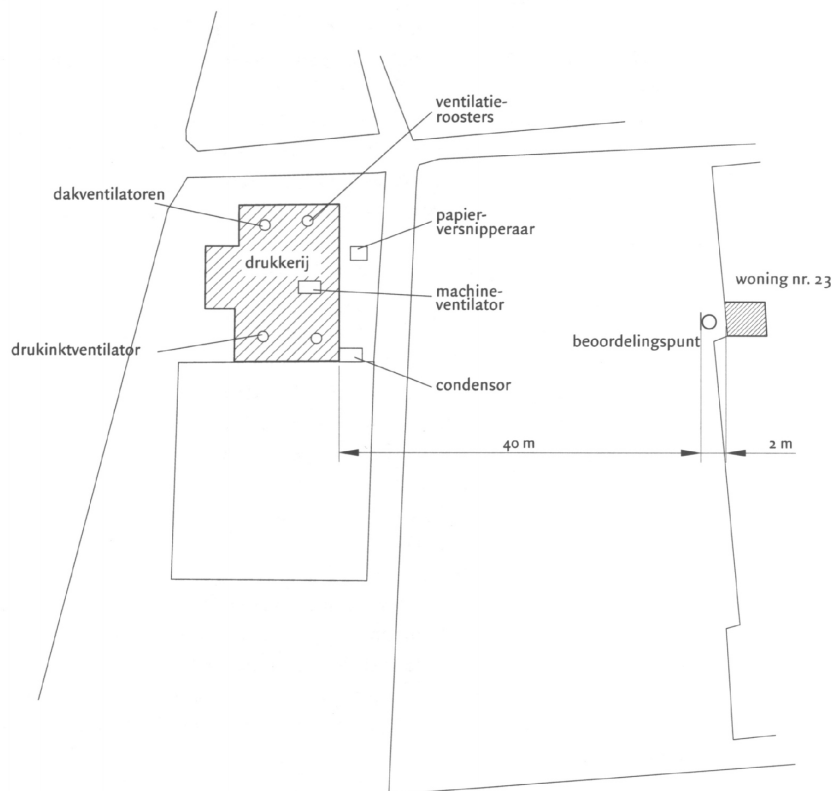
Stap 2: beschrijving representatieve bedrijfssituatie

De drukkerij is een bedrijf waar offset-machines en drukkerij-apparatuur staan opgesteld. In het bedrijf wordt gewerkt van 08.00 tot 17.00 uur met de mogelijkheid om van 18.30 tot 22.00 uur over te werken. Dit overwerken geschiedt gemiddeld twee maal per maand.

Van 12.30 tot 13.30 uur is de drukkerij niet in bedrijf vanwege de pauze. In de avondperiode wordt niet gepauzeerd.

Omdat er meer dan twaalf maal per jaar wordt overgewerkt, wordt de 'overwerk-situatie' tot de representatieve bedrijfssituatie gerekend. Voor de geluidsbeoordeling worden zodoende de dag- en avondperiode beschouwd.

Buiten staat een papierversnipperaar onder een houten overkapping opgesteld. Aan het eind van de werkdag en -avond wordt het overtollig papier versnipperd. Het geluid op het beoordelingspunt wordt aangemerkt als impulsachtig.



FIGUUR D.2 *Situering drukkerij ten opzichte van de omgeving*

Er vindt een locatiebezoek plaats, waaruit de volgende conclusies worden getrokken.

De drukkerij is gevestigd in een stenen gebouw met beglazing. De lawaaige ruimten in het gebouw zijn zodanig gesitueerd, dat van deze ruimten geen bijdrage via de gevels en het dak tot de geluidsimmissie plaatsvindt.

De geluidsemmissie naar de omgeving wordt veroorzaakt door:

- drie dakventilatoren (bronhoogte 8 m):
 - één voor de luchtbehandelingsinstallatie die gedurende de werktijd van 08.00-17.00 uur continu in bedrijf is. Wanneer in de avond wordt doorgewerkt, is de ventilator van de luchtbehandelingsinstallatie van 08.00-22.00 uur in bedrijf.
 - één ventilator voor de afzuiging van een aantal specifieke installaties, die eveneens gedurende de totale werktijd (van 08.00-22.00 uur) in bedrijf is, behoudens de avondstop van 17.00 tot 18.30 uur (dan is deze bron uitgeschakeld).

- één ventilator voor de mechanische luchttoevoer van een drukinktmaschine, die 50% van de tijd tussen 08.00 en 17.00 uur in werking is; gedurende het overwerk is deze bron niet in bedrijf.
- een luchtcondensor op maaiveldniveau (bronhoogte 1,5 m) die afhankelijk van de buitentemperatuur in- of uitschakelt. De condensor is met een tijd klok geregeld zodat de bron van 22.00 tot 07.00 uur uitgeschakeld is. Het bedrijf heeft aangegeven dat bij een warme zomerdag deze condensor 70% in de dagperiode in werking kan zijn en 30% in de avondperiode.
- twee roosters in de gevel voor luchtafvoer (bronhoogte 2 m), die gedurende het in werking zijn van de luchtbehandelingsinstallatie (van 08.00 tot 22.00 uur) geluid emitteren.
- de papierversnipperaar op maaiveldniveau (bronhoogte 1 m) buiten voor de gevel aan de achterzijde. Deze versnipperaar is maximaal 10 minuten in bedrijf, startend om 16.00 uur.

Alle ventilatoren hebben een vast toerental.

Daarnaast zijn geen geluidsimmissierelevante geluidsbronnen aanwezig.

Verkeersbewegingen ten behoeve van de drukkerij vinden plaats aan de voorzijde op de openbare weg (geen eigen terrein voor verkeer). Om deze reden behoeft de geluidsimmissie ten gevolge van deze verkeersbewegingen als onderdeel van de geluidsimmissie vanwege de totale inrichting niet beschouwd te worden.

Het beoordelingspunt is gelegen direct tegenover de inrichting aan de achterzijde op een afstand van 40 m (zie figuur D.2).

Stap 3: vaststellen bedrijfstoestanden ten behoeve van de metingen

Daar de individuele geluidsbronnen (ventilatoren, condensor, roosters en papierversnipperaar) verschillende bedrijfstoestanden kennen, is het niet mogelijk op basis van één meting de beoordelingsgrootheden vast te stellen. Het is dan ook noodzakelijk meerdere bedrijfstoestanden te definiëren. Tevens is het zinvol om, gezien de beoordelingslocatie, ook de invloed van stoorgeluid vast te stellen.

Om inzicht te verkrijgen in de bijdrage van individuele geluidsbronnen aan het totale geluidsimmissieniveau $L_{Aeq,LT}$ om bij overschrijding van de grenswaarden direct de maatgevende bron(nen) aan te kunnen geven, is besloten om de geluidsemmissie ten gevolge van alle geluidsbronnen apart te meten. Dit levert de volgende bedrijfstoestanden op:

- alle installaties buiten bedrijf (meting van het stoorgeluidsniveau);
- alleen de luchtbehandelingsinstallatie in werking waarmee de bijdrage van de ventilator en de gevelroosters wordt verkregen;
- alleen de 'installatieventilator' ten behoeve van afzuiging van installaties in bedrijf;
- alleen de drukinktventilator in bedrijf;
- alleen de luchtcondensor in bedrijf;
- alle installaties (uitgezonderd de papierversnipperaar) in bedrijf;
- alleen de papierversnipperaar in bedrijf.

Stap 4: uitvoeren van directe immissiemetingen

De geluidsmetingen worden uitgevoerd op het beoordelingspunt ter hoogte van woning nr. 23 in de avondperiode omdat dan de verschillende bedrijfstoestanden apart achter elkaar specifiek voor dit doel kunnen worden ingesteld.

Uit observatie bij de bronnen tijdens de metingen blijkt dat de geluidsemmissie vanwege de bedrijfstoestand waarin de luchtbehandelingsinstallatie in bedrijf is, hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door de ventilator; de bijdrage van de gevelroosters is verwaarloosbaar.

N.B. Het verdient de voorkeur het stoorgeluid tussen elke meting te bepalen, met name indien dit stoorgeluid niet constant is. In dit voorbeeld wordt het stoorgeluidsniveau constant verondersteld.

Voor en na de metingen wordt de apparatuur gecontroleerd op een juiste werking en gekalibreerd.

Samenvatting meetresultaten ter plaatse van woning nr. 23

Meting	Datum	Tijd	Bron	Meetdu ur [s]	Windsn elheid [m/s]	Windric hting	L_i [dB(A)]	L_{Amax} [dB(A)]	Tonaal impuls muziek
1	18/1/97	19.30	alles uit	300	2	–	35,1	–	nee
2	18/1/97	19.40	luchtbe handeli ng aan	180	1	–	42,8	45,0	nee
3	18/1/97	19.55	installat ieventil ator aan	240	1	–	38,3	41,1	nee
4	18/1/97	20.00	drukve ntilator aan	360	2	–	35,1*	36,4	nee
5	18/1/97	20.15	conden sor aan	300	2	–	35,1*	–	nee
6	18/1/97	20.30	alles aan	300	1	–	44,0	47,6	nee
7	18/1/97	20.40	papierv ersnipp eraar	180	2	–	55,6	65,1	impuls
meetlocatie: op de beoordelingslocatie, zie figuur D.2									
meethoogte: op de beoordelingshoogte, 5 m									
gemiddelde bronhoogte: volgens bepalende bron (luchtbehandeling): 8 m									

afstand tot broncentrum: 50 m

reflecterende vlakken in de meetomgeving: achter meetpositie

* Niet waarneembaar

Stap 5: bepaling beoordelingsgrootheden

Correctie voor stoorgeluid:

- luchtbehandeling: $L_{Aeq,T} = 42,8$ dB(A)
stoorgeluidsniveau: $L_{Aeq,T} = 35,1$ dB(A)
luchtbehandeling exclusief stoorgeluid: $L_i = 42,0$ dB(A)
- installatieventilator: $L_{Aeq,T} = 38,3$ dB(A)
stoorgeluidsniveau: $L_{Aeq,T} = 35,1$ dB(A)
installatieventilator exclusief stoorgeluid: $L_i = 35,5$ dB(A)
- drukventilator: verwaarloosbaar
condensor: verwaarloosbaar
- papierversnipperaar: $L_{Aeq,T} = 55,6$ dB(A)
stoorgeluidsniveau: $L_{Aeq,T} = 35,1$ dB(A)
papierversnipperaar exclusief stoorgeluid: $L_i = 55,6$ dB(A)

Met de berekeningsmethode uit hoofdstuk 5 volgt:

Bedrij fstoes tand	Perio de	Omschrijving	L_i dB(A)	C_b dB	C_m	C_g	$L_{Aeq,LT}$ dB(A)	K_1 dB	K_2	K_3	$L_{Ari,LT}$ dB(A)
--------------------------	-------------	--------------	----------------	-------------	-------	-------	-----------------------	-------------	-------	-------	-----------------------

A	dag	luchtbehandelingsventilator	42,0	9,0	0	3	30,0	0	0	0	30,0
B	dag	luchtbehandelingsventilator	42,0	1,1	0	3	38,8	0	0	0	38,8
		installatieventilator	35,6	1,1	0	3					
	avond	luchtbehandelingsventilator	42,0	1,3	0	3	38,6	0	0	0	38,6
		installatieventilator	35,5	1,3	0	3					
C	dag	luchtbehandelingsventilator	42,0	18,6	0	3	34,2	0	5	0	39,2
		installatieventilator	35,5	18,6	0	3					
		papierversnipperaars	55,6	18,6	0	3					

Conform de onderstaande formule worden de deelbijdragen van de verschillende bedrijfstoestanden per periode gesommeerd:

$$L_{Ar,LT} = 10 \cdot \log \sum 10^{\frac{L_{Ar,LT}}{10}}$$

en het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau bedraagt zodoende per periode:

$L_{Ar,LT} = 42,3$ dB(A) in de dagperiode

$L_{Ar,LT} = 38,6$ dB(A) in de avondperiode

Dit betekent:

$L_{dag} = 42$ dB(A)

$L_{avond} = 39$ dB(A)

Het maximale geluidsniveau gemeten in de meterstand 'fast' in de dagperiode bedraagt 65 dB(A) en wordt veroorzaakt door de papierversnipperaars. De meteocorrectieterm C_m voor deze bron is 0, dus $L_{Amax} = 65$ dB(A).

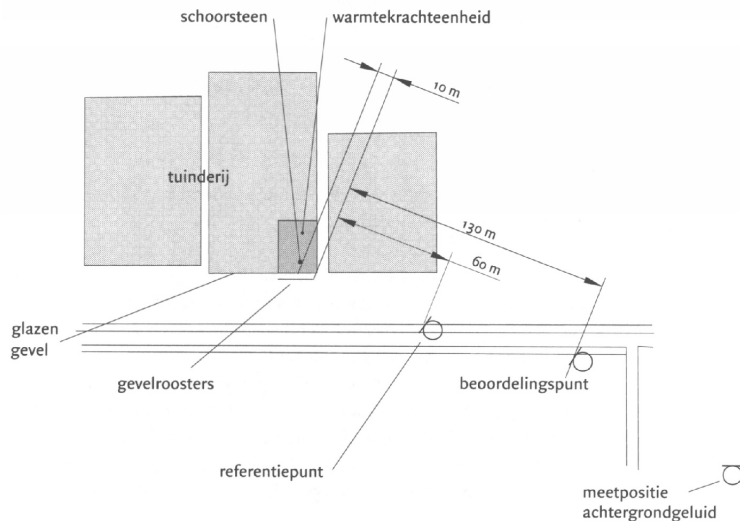
N.B. Indien het zeer complexe situaties betreft waar vele bedrijfstoestanden te onderscheiden zijn of het niet bekend is wanneer de bron met het bijzondere geluid exact optreedt, dient de toeslag op het emissieniveau plaats te vinden.

Voorbeeld 4: Metingen op een referentiepunt bij een inrichting met discontinue bronnen en aanwezigheid van een tonaal karakter

Stap 1: doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is de toetsing van de geluidsimmissie ten gevolge van een tuinderij aan de vergunningvoorschriften. Beoordeling conform deze Handleiding is voorgeschreven.

Het beoordelingspunt is gelegen op een hoogte van $h_o = 5$ m op een afstand van 130 m van de inrichting bij woning nr. 12 (beoordelingspunt, zie figuur D.3).



FIGUUR D.3 *Situering tuinderij ten opzichte van de omgeving.*

Stap 2: beschrijving representatieve bedrijfssituatie

In een glazen kas is een warmtekrachteenheid opgesteld. Deze eenheid is volcontinu in bedrijf. De relevante geluidsbronnen zijn de glazen gevels en het dak (hoogte 7 m) van het gebouw, een schoorsteen (hoogte 40 m) en een tweetal gevelroosters ten behoeve van ventilatielucht op een hoogte van 5 m. Tijdens het bezoek ter plaatse wordt een tonaal geluid waargenomen ter hoogte van het beoordelingspunt, afkomstig van de ventilatieroosters in de gevel. De ventilatieroosters zijn geschakeld aan een binnentemperatuurmeter. Volgens opgave is deze ventilatie-unit op warme dagen in de dagperiode 100% in werking, in de avondperiode maximaal 70% en in de nachtperiode 40%. De schoorsteen is een onderdeel van de warmtekrachteenheid en deze warmtekrachtinstallatie is het gehele etmaal in bedrijf.

Transport vindt circa 1x per dag met behulp van een bestelwagen in de daguren plaats. Gezien de frequentie van het transport en de verblijftijd op de inrichting (circa 2 minuten met draaiende motor), wordt deze activiteit beschouwd als niet relevant voor de beoordeling. De inrichting is in een landelijke omgeving gelegen.

De voor de geluidsbeoordeling representatieve bedrijfssituatie wordt in beginsel gedefinieerd in de drie beoordelingsperioden, waarvoor per periode twee bedrijfstoestanden kunnen worden onderscheiden.

Dagperiode

- geluidsemissie schoorsteen en gevels: 100% in bedrijf
- ventilatieroosters: 100% in bedrijf

Avondperiode

- geluidsemissie schoorsteen en gevels: 100% in bedrijf
- ventilatieroosters: 70% in bedrijf

Nachtperiode

- geluidsemissie schoorsteen en gevels: 100% in bedrijf
- ventilatieroosters: 40% in bedrijf

Stap 3: vaststelling bedrijfstoestand ten behoeve van de metingen

De warmtekrachteenheid kan niet worden uitgeschakeld ten behoeve van de metingen. Omdat de immissierelevante bronnen verschillende bedrijfstijden bezitten, worden voor de metingen de volgende bedrijfstoestanden gedefinieerd:

- alleen de warmtekrachteenheid in werking (schoorsteen en gevels);

- de warmtekrachteenheid in werking tezamen met de ventilatieroosters.
Deze meetomstandigheden zijn in overleg gesimuleerd. Geluidsimmissiemetingen op het beoordelingspunt zijn echter niet mogelijk (te hoog stoorgeluidsniveau). Zodoende dient het geluidsimmissieniveau te worden vastgesteld op een referentiemeetpunt.

Stap 4: uitvoeren van referentiemetingen

Tijdens de nachtelijke geluidsmetingen is een referentiepunt op 60 m van de inrichting gekozen, zodanig dat hier in tegenstelling tot het beoordelingspunt zonder relevante stoorgeluidsbeïnvloeding gemeten kan worden.

Op het referentiepunt moeten vanwege de afstand tenminste twee metingen worden verricht en moet onder meteoraamcondities worden gemeten.

Ter indicatie van de invloed van het achtergrondgeluid wordt op een andere locatie een geluidsmeting verricht, gelijktijdig met de metingen op het referentiepunt. Doordat het achtergrondgeluid aldaar bepaald wordt door algemeen omgevingsgeluid ten gevolge van ruisen van gras/begroeiing zal dit nagenoeg gelijk zijn aan het achtergrondgeluidsniveau op het referentiepunt.

In figuur D.3 zijn de meet- en beoordelingsposities aangegeven.

Voor en na de metingen werd de meetapparatuur gecontroleerd op goede werking en gekalibreerd.

Samenvatting meetresultaten

Meting	Datum	Tijd	Meetduur [s]	Windsnelheid [m/s]	Windrichting	$L_{i,ref}$ [dB(A)]	L_{Amax} [dB(A)]	Tonaal impuls muziek	Stoorgeluid
1	13/9/97	01.00	5	2	W	52,5	54	nee	geen
2	13/9/97	01.40	5	2	W	56,0	58	ja	geen
3	21/9/97	02.00	7	4	W	53,5	56	nee	geen
4	21/9/97	02.30	6	4	W	57,0	59	ja	geen
5	13/9/97	01.10	15	2	W	38,1	39	nee	-
6	21/9/97	01.30	10	3	W	40,0	42	nee	-
meetlocatie: op het referentiepunt en het controlemeetpunt voor stoorgeluid, zie figuur D.3									
meethoogte: 5 m									
bronhoogte: schoorsteen 40 m, gevel 5 m, wordt een 'gemiddelde' bronhoogte gesteld van > 10 m ter bepaling van C_m									
geen reflecterende vlakken in de meetomgeving									

meting 1: alleen schoorsteen met gevel, gemeten op referentiepunt

meting 2: als 1, tezamen met de ventilatieroosters

meting 3: alleen schoorsteen met gevel, gemeten op referentiepunt

meting 4: als 3, tezamen met de ventilatieroosters

meting 5: stoorgeluidsmeting op controlemeetpunt

meting 5: stoorgeluidsmeting op controlemeetpunt

Stap 5: bepaling beoordelingsgrootheden

Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau

Gezien het lage achtergrondgeluidsniveau kan worden gesteld dat de op het referentiepunt gemeten waarden bepaald worden door de tuinderij. De geluidsbijdrage van de ventilatieroosters kan worden

berekend uit het geluidsniveau ten gevolge van de warmtekrachteenheid inclusief de ventilatieroosters en het geluidsniveau ten gevolge van alleen de warmtekrachteenheid.

Omschrijving	$L_{i,ref}$ [dB(A)]	
	Meting 1	Meting 2
Schoorsteen met gevel en ventilatieroosters	56,0	57,0
Schoorsteen met gevel	52,5	53,5
Ventilatieroosters	53,4	54,4

Voor de beide bedrijfstoestanden is het gestandaardiseerde immissieniveau bepaald; deze bedragen op het referentiepunt:

- schoorsteen met gevel: 53,0 dB(A)
- alleen ventilatieroosters: 53,9 dB(A)

Het gestandaardiseerde immissieniveau op het beoordelingspunt wordt bepaald met behulp van:

$$L_i = L_{i,ref} - C_{ref}$$

$$C_{ref} = 20 \log\left(\frac{r_i}{r_{ref}}\right) + 0,004(r_i - r_{ref}) + K_4$$

Omschrijving	$L_{i,ref}$ [dB(A)]	r_i [m]	r_{ref} [m]	K_4	C_{ref}	L_i [dB(A)]
schoorsteen met gevel	53,0	140	70	0	6,3	46,7
ventilatieroosters	53,9	130	60	0	7,0	46,9

Het gestandaardiseerde immissieniveau bedraagt dan:

- schoorsteen met gevel: $L_i = 46,7$ dB(A)
- alleen ventilatieroosters: $L_i = 46,9$ dB(A)

Vervolgens geldt: $L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g$

Voor de brongroep 'schoorsteen met gevel' moet ten behoeve van het bepalen van de meteocorrectieterm een 'gemiddelde' bronhoogte worden geformuleerd. Gezien de afstand van de bronnen tot de beoordelingspositie zal C_m bij een bronhoogte van 10 m 0 dB bedragen. Gezien de hoogte van de schoorsteen en de gevel met het dak wordt aangehouden dat voor deze brongroep de meteocorrectieterm $C_m = 0$ dB bedraagt.

Voor de ventilatieroosters bedraagt $h_b = 5$ m, $h_o = 5$ m, $R = 130$ m, dus $R = 130 > 10 (5 + 5)$. Hieruit volgt voor de meteocorrectieterm:

$$C_m = 5 - 50 \left(\frac{5+5}{130} \right) = 1,2 \text{ dB}$$

De bepaling van beoordelingsgrootheden geschiedt volgens paragraaf 3.8.

Bedrijfstoestand	Periode	Omschrijving	L_i dB(A)	C_b dB	C_m	C_g	$L_{Aeq,LT}$ dB(A)	K_1 dB	K_2	K_3	$L_{Ari,LT}$ dB(A)
A	dag	schoorsteen met gevel	46,7	0	0	0	49,2	5	0	0	54,2
		ventilatie roosters	46,9	0	1,2	0					
	avond	schoorsteen met gevel	46,7	1,5	0	0	47,7	5	0	0	52,7
		ventilatie roosters	46,9	1,5	1,2	0					
	nacht	schoorsteen met gevel	46,7	4,0	0	0	45,2	5	0	0	50,2
		ventilatie roosters	46,9	4,0	1,2	0					
B	avond	schoorsteen met gevel	46,7	5,2	0	0	41,5	0	0	0	41,5
	nacht	schoorsteen met gevel	46,7	5,2	0	0	44,5	0	0	0	44,5

Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau gesommeerd over alle bedrijfstoestanden bedraagt dan:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}}$$

- $L_{Ar,LT} = 54,2$ dB(A) in de dagperiode
- $L_{Ar,LT} = 53,0$ dB(A) in de avondperiode
- $L_{Ar,LT} = 51,2$ dB(A) in de nachtperiode

Dit betekent:

- $L_{dag} = 54$ dB(A)
- $L_{avond} = 53$ dB(A)
- $L_{nacht} = 51$ dB(A)

Voorbeeld 5: Bronsterktebepaling en overdrachtsberekening bij een inrichting met discontinue geluidemissie

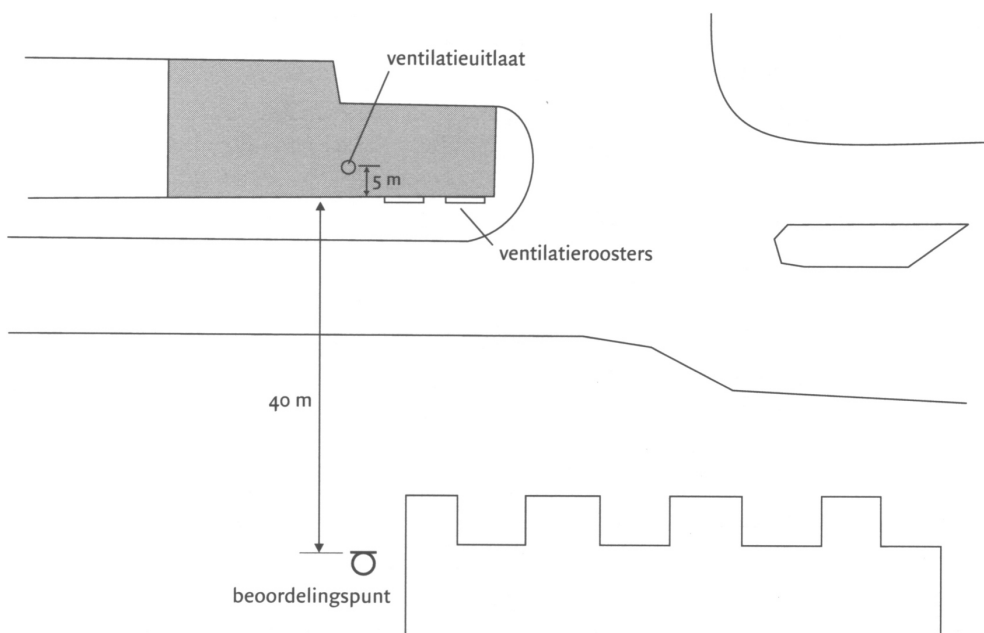
Stap 1: doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is de vaststelling van het geluidsimmissieniveau nabij woningen ten gevolge van een restaurant. Beoordeling conform deze Handleiding is voorgeschreven.

Het beoordelingspunt is gelegen op een afstand van 40 m van de inrichting en naast een woning, $h_o = 5$ m.

Stap 2: beschrijving representatieve bedrijfssituatie

Het betreft een restaurant met op het dak een uitlaat van de keukenafzuiginstallatie en in de gevel een tweetal roosters ten behoeve van de ruimteventilatie en -koeling.



De keukenafzuiging is continu in bedrijf van 11.00 uur tot 22.30 uur. De ruimteventilatie en -koeling is tijdens de representatieve zomerperiode continu in bedrijf gedurende de openingstijden van het restaurant van 12.30 uur tot 00.00 uur.

Figuur D.4 geeft de situatie weer.

FIGUUR D.4 *Situering restaurant ten opzichte van de omgeving*

Tijdens de voor de geluidsbeoordeling representatieve bedrijfssituatie zijn de keukenafzuiging en ruimteventilatie en -koeling gedurende de openingstijden van het restaurant in bedrijf. De bedrijfssituatie is als volgt opgebouwd:

dagperiode

- keukenafzuiging 66% in bedrijf
- ruimteventilatie 54% in bedrijf

avondperiode

- keukenafzuiging 87% in bedrijf
- ruimteventilatie 100% in bedrijf

nachtperiode

- ruimteventilatie 12,5% in bedrijf

Stap 3: emissiebepaling

Omdat er te veel stoorgeluid aanwezig is op het beoordelingspunt en geen verantwoord referentiepunt gekozen kan worden, wordt besloten om bronsterktemetingen in combinatie met overdrachtsberekeningen te verrichten.

De bronsterktemetingen worden bij elke bron afzonderlijk verricht.

A. Roosters van ruimteventilatie en -koeling

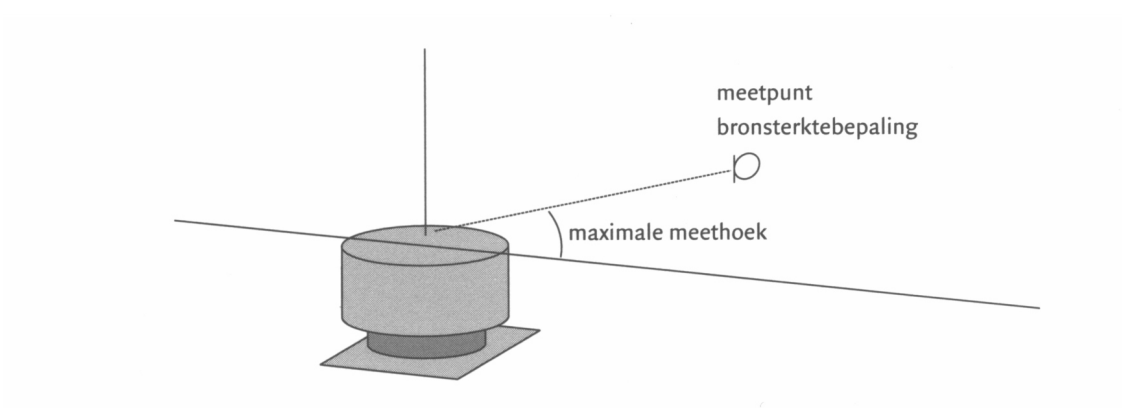
Direct voor het gehele roostervlak wordt met behulp van de zwaaimethode het geluidsniveau ($L_{sA} = L_i$) gemeten.

gemeten geluidsniveau $L_{sA} = 88,5 \text{ dB(A)}$

$$\begin{aligned}
10 \log S_m - 1, \text{ met } S_m &= 4 \text{ m}^2 & &= 5,0 \text{ dB} \\
\text{richtingsindex} &DI & &= 3,0 \text{ dB} \\
\text{immissierelevante bronsterkte} &L_{WR} & &= 96,5 \text{ dB(A)}
\end{aligned}$$

B. Keukenafzuiging

Van de afzuigeenheid wordt op 2 m van de opening onder een hoek van 10° met de horizontaal (zie figuur D.5) het geluidsniveau $L_{Aeq,T}$ op drie posities rond de ventilator gemeten.



FIGUUR D.5 Meetposities rond ventilator

Op deze 3 posities wordt een geluidsniveau vastgesteld van 71,5, 72,0 en 72,5 dB(A). Het energetisch gemiddelde hiervan is $L_{Aeq,T} = 72,0 \text{ dB(A)}$.

$$\begin{aligned}
\text{energetisch gemiddelde} &L_{Aeq,T} = 72,0 \text{ dB(A)} \\
10 \log 4 \pi R^2 - 2, R = 2 \text{ m} &= 15 \text{ dB} \\
L_{WR} &= 87,0 \text{ dB(A)}
\end{aligned}$$

Stap 4: berekening van de geluidsoverdracht

De geluidsoverdracht wordt berekend met:

$$L_i = L_{WR} - D_0$$

$$D_0 = 20 \log r_i + 0,005 r_i + 9,1$$

A. Roosters van ruimteventilatie en -koeling

$$\begin{aligned}
\text{bronsterkte} &L_{WR} = 96,5 \text{ dB(A)} \\
\text{overdrachtdemping, } r_i = 40 \text{ m} &D_0 = 41,1 \text{ dB}
\end{aligned}$$

$$\text{gestandaardiseerde immissieniveau} \quad L_i = 55,4 \text{ dB(A)}$$

B. Keukenafzuiging

$$\begin{aligned}
\text{bronsterkte} &L_{WR} = 87,0 \text{ dB(A)} \\
\text{overdrachtdemping, } r_i = 45 \text{ m} &D_0 = 42,4 \text{ dB}
\end{aligned}$$

$$\text{gestandaardiseerde immissieniveau} \quad L_i = 44,6 \text{ dB(A)}$$

Stap 5: bepaling beoordelingsgrootheden

Omschrijving	Periode	L_i dB(A)	C_b dB	C_m	C_g	$L_{Aeqi,LT}$ dB(A)	K_1 dB	K_2	K_3	L_{Ari} dB(A)	LT
--------------	---------	----------------	-------------	-------	-------	------------------------	-------------	-------	-------	--------------------	----

rooster	dag	55,4	2,7	0	0	52,7	0	0	0	52,7	
	avond	55,4	0	0	0	55,4	0	0	0	55,4	
	nacht	55,4	9,0	0	0	46,4	0	0	0	46,4	
afzuig eenheid	dag	44,6	1,8	0	0	42,8	0	0	0	42,8	
	avond	44,6	0,6	0	0	44,0	0	0	0	44,0	

Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau bedraagt dan:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ar,LT}}{10}}$$

- L_{Ar,LT} = 53,1 dB(A) in de dagperiode
- L_{Ar,LT} = 55,7 dB(A) in de avondperiode
- L_{Ar,LT} = 46,4 dB(A) in de nachtperiode

Dit betekent:

- L_{dag} = 53 dB(A)
- L_{avond} = 56 dB(A)
- L_{nacht} = 46 dB(A)

4 Isolatiewaarden

Enkele globale waarden voor de luchtgeluidsisolatie van diverse materialen en constructies, zoals deze door metingen zijn bepaald, worden gegeven in onderstaande tabellen. Hierbij dient benadrukt te worden dat bij deze waarden wordt uitgegaan van akoestisch goede randaansluitingen en afwezigheid van kieren.

Materiaal, omschrijving		Dikte in mm	Oppervlakte-massa in kg/m ²	R _i per octaafband in dB					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Hout									
H1	Triplex	4	3,5	3	9	12	18	26	29
H2	Spaanplaat (zwaar), multiplex, meubelplaat	ca. 15	12	15	20	24	27	25	29
H3	Duims vurenhout	25	16	17	23	28	25	30	36
Steenachtige materialen									
S1	Drijfsteen, 1/2 steens, 2-zijdig stuc*	110	110	28	32	33	36	45	50
S2	Drijfsteen, 1/1 steens, 2-zijdig stuc*	200	210	31	34	37	45	52	55
S3	Kalkzandsteen, boerengrauw, e.d.: 1/2 steens, 2-zijdig stuc	120	210	31	35	40	46	55	55
S4	als S3, 1/1 steens, 2-zijdig stuc	240	420	35	38	45	52	55	55
S5	Betonstenen (licht poreus), ongestuct	100	180	25	27	25	26	30	40
S6	als S5, gestuct	120	220	32	36	38	47	54	55
Beton									
B1	Grindbeton, massief 8 cm	80	180	30	33	35	45	52	55
B2	Grindbeton, massief 15 cm	150	350	33	37	45	54	55	55
B3	Gasbeton, massief 9 cm	90	75	25	30	30	32	37	45
B4	Gasbeton, massief 15 cm	150	120	30	30	32	37	45	50
Metaal									
M1	Aluminium, vlakke plaat, dikte 4 mm	4	11	12	17	23	28	29	25

M2	Staal, vlakke plaat, dikte 1 mm	1	8	11	17	22	27	33	40
M3	Staal, vlakke plaat, dikte 3 mm	3	24	19	24	30	36	40	32
M4	Staal, geprofileerd, dikte 0,7 mm	40	7	10	16	19	21	24	26
M5	Staal, geprofileerd, dikte 1 mm	45	11	14	16	20	25	29	23
<i>Glas</i>									
G1	4 mm	4	10	19	23	26	30	32	28
G2	8 mm	8	20	23	26	30	32	28	38
G3	4 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas	22	25	22	21	29	37	37	37
G4	6 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas	24	30	23	20	31	36	31	37
G5	8 mm glas, 12 mm spouw, 5 mm glas	25	33	24	22	31	36	36	38
G6	4 mm glas, 50 mm spouw, 8 mm glas	62	30	20	30	38	43	43	44
G7	6 mm glas, 75 mm spouw, 6 mm glas	87	30	26	33	41	46	41	47
<i>Diversen</i>									
D1	Asbestcement, vlak**	6	10	19	25	31	36	39	–
D2	Asbestcement, gegolfd**	6,5	14	23	27	26	27	31	–
D3	Polyester dakplaten, gegolfd, licht doorlatend	3	(3)	(4)	(5)	(8)	(11)	–	–
D4	Slagvast kunststof (toepassing bijv. lichtstraten)	4,5	5	9	15	21	27	33	39
D5	Openingen ($d > l/2$)	–	0	0	0	0	0	0	0
* Dit materiaal wordt alleen nog aangetroffen in bestaande gebouwen en wordt niet meer toegepast bij nieuwbouw.									
** Asbestcement komt nog vrij veel voor, doch mag niet meer worden toegepast in de bouw en is vervangen door een asbestvrije variant. Dit materiaal heeft vergelijkbare isolatiewaarden als asbestcement.									

TABEL D.1 *Isolatiewaarden van materialen*

Materiaal, omschrijving		Oppervlakte-massa in kg/m ²	R _i per octaafband in dB					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Metselwerk								
MW1	Steenachtige spouwmuur met minerale wol in spouw	400	41	46	52	59	64	64
MW2	1/2-steens buitenspouwblad, isolatie, binnenspouwblad van gasbeton (d=100 mm, 650 kg/m ³)	275	38	39	39	46	55	55
MW3	Glazen bouwstenen (d=80 mm)	200	26	32	38	48	38	38
Gevelconstructies								
GC1	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	19	18	27	37	40	42	45
GC2	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm), staal geperforeerd 11% (d=0,7 mm)	16	13	18	29	35	37	40
GC3	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw (d=90 mm) gedeeltelijk gevuld met minerale wol (d=70 mm), staal geperforeerd 11% (d=0,7 mm)	16	15	20	31	37	37	40
GC4	idem, staal gesloten	17	17	29	39	42	42	45
GC5	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	15	16	26	35	40	42	45
GC6	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 16 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	13	17	27	35	39	42	45

GC7	Stijf sandwichpaneel, kern van minerale wol (d=50-85 mm, 150 kg/m ³)	20	23	22	17	33	43	> 43
GC8	Stijf sandwichpaneel, kern van PS-schuim (d=50-65 mm)	20	22	26	30	24	37	> 37
GC9	Stijf sandwichpaneel, kern van PUR-schuim (d=45-75 mm)	20	22	26	30	31	26	> 30
<i>Dakconstructies</i>								
DS1	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m ²), dakleer 1-laags (vastgebrand)	24	21	27	34	37	44	55
DS2	Staal geprofileerd, perforatiegraad 10% (d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m ²), dakleer 1-laags (vastgebrand)	21	14	17	25	38	46	56
DS3	Houtvezelbetonplaat met 30 mm balastgrind	-	28	29	40	42	47	55
DS4	Houten dakbeschot met isolatie (schuim) en 30 mm balastgrind	-	21	27	27	29	34	40

TABEL D.2 *Isolatiewaarden van (samengestelde) constructies*

Bij de bovengenoemde waarden van dakconstructies met geprofileerde beplating is uitgegaan van cannelures die op een adequate wijze zijn gedicht bij de aansluiting op wanden c.q. gevels.

Naast de in tabel D.1 en D.2 opgenomen isolatiewaarden van materialen en constructies kan verwezen worden naar de literatuur. In dit kader kunnen genoemd worden:

- 'Herziene rekenmethode geluidswering gevels' d.d. december 1989 van het ministerie van VROM.
- 'Rekenmethode GGG 97 voor het berekenen van de geluidswering van gevels' d.d. 15 mei 1997 van IWB (Intergemeentelijke werkgroep bouwfysica van grote gemeenten).

5 Relatieve windkracht met windsnelheid

Schaal van Beaufort	Schaal van Petersen	Omschrijving van de wind		Windsnelheid	
		gebruikelijk op zee	gebruikelijk te land	m/s	km/h
0	vlak	stilte	windstil	0..0,2	0..1
1	vlak	flauw en stil	zwakke wind	0,3..1,5	2..5
2	licht kabbelend	flauwe koelte	zwakke wind	1,6..3,3	6..11
3	kabbelend tot licht golvend	lichte koelte	matige wind	3,4..5,4	12..19
4	golvend	matige koelte	matige wind	5,5..7,9	20..28
5	onstuimig	frisse bries	vrij krachtige wind	8,0..10,7	29..38
6	aanschieterende zee	stijve bries	krachtige wind	10,8..13,8	39..49
7	wilde zee		harde wind	13,9..17,1	50..61
8	hoge zee		stormachtige wind	17,2..20,7	62..74
9	hoge zee		storm	20,8..24,4	75..88
10	zeer hoge zee		zware storm	24,5..28,4	89..102
11	buitengewoon hoge en wilde zee		zeer zware storm	28,5..32,6	103117
12	buitengewoon hoge en wilde zee		orkaan	> 32,6	> 117

Trefwoorden

Aangepast meetvlakmethode

- methode I.3 77
- methode II.3 118
- nabijheidsveldcorrectie 125

Afrondingen 38

Afschermingen

- methode I 85
- methode II 149

Afstraalgraad 135

Bedrijfsduurcorrectieterm 53, 88, 166

Bedrijfsperiode 46

Bedrijfstoestand 33

Beoordelingsgrootheden

- methode I 88
- methode II 166

Beoordelingshoogte 47

Beoordelingsperiode 46

Binnengeluidsniveaus 45

Bodem

- brongebied 49
- bodemgebieden 48
- bodemverzwakking overdrachtsmodel, methode II 158
- middengebied 49
- ontvangergebied 49
- verzwakking bij daken, methode 140

Brongebied 49

Daken 139

Diffusiteitscorrectieterm 137

Equivalent geluidsniveau 18

Etmaalwaarde 18

Extrapolatie 108

Geconcentreerde bronmethode

- methode I.2 75
- methode II.2 114

Geluidsbelasting 19

Geluidsemissie

- definitie 28
- methode II.1 103
- op beoordelingspunt, methode I 70
- op referentiepunt, methode I 71
- randvoorwaarden bij metingen 28
- reflecties methode II 105

Geometrische parameters 46

Geometrische uitbreiding, methode II 146

Gestandaardiseerde meteorologische omstandigheden 109

Gevel

- gevelreflectie 53
- uitstraling, methode II 139

Gevelcorrectieterm 54, 88, 167

Gevelreflectie 53, 88, 167

Handleiding-1981 182

Hybride methoden, methode II.10 164

Immissierelevante bronsterkte 49

Impulsachtig geluid 20

Intensiteitsmetingen

- algemeen 31
- ISO-voorschriften 134
- meetapparatuur 134
- methode II.5 133

Internationale standaarden 140

Interpolaties 37, 108

Isolatiewaarden 205

Kunstbron 162

Laagfrequent geluid 21

Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau

- definitie 55
- bepaling van 90, 166

Lijnbron 80, 122

Luchtabsorptiecoëfficiënt 146

Luchtgeluidsisolatiemetingen 138

Maximaal geluidsniveau

- definitie 19
- meten van 44
- bepaling van 90, 169

Meetapparatuur

- eisen aan, methode I 66
- kalibratie van, methode I 66
- eisen aan, methode II 103
- kalibratie van, methode II 103

Meetduur 44

Meetperiode 46

Meetvlak 78

Meteocorrectieterm 53, 88, 166

Meteoraam 69, 106

Middengebied 49

Muziekgeluid 21

Nabijheidsveldcorrectie

- aangepast meetvlakmethode II.3 125
- rondommethode II.4 132

Nauwkeurigheid

- algemeen 36
- methode I 63
- methode II 101

Normen, relatie met ISO 101

Ontvangergebied 49

Open-procesinstallaties 157

Overdrachtsmodel

- afschermingen 149
- basisformule, methode I 122
- basisformule, methode II 145
- bodemverzwakking 158
- demping woongebieden 161
- geometrische uitbreiding 146
- luchtabsorptie 146
- reflecties 147
- terreindemping 157
- vegetatie 156

Rapportage

- aangepast meetvlakmethode, methode II.3 118
- geconcentreerde bronmethode, methode II.2 114
- immissiemetingen, methode II.1 110
- intensiteitsmetingen, methode II.5 133
- methode I 91
- rondommethode, methode II.4 127
- snelheidsmeting, methode II.6 135

Referentievlak 78

Reflecties 147

Rekenschema 55

Representatieve bedrijfssituatie 33

Representatieve geluidsoverdracht 34

Reproduceerbaarheid 33

Richtingsindex

- algemeen 126
- uitstraling daken 139
- uitstraling gevel 139

Rondommethode, methode II.4 127

Snelheidsmetingen

- meetapparatuur 31
- methode II.6 135

Stoorgeluid 40

Stoorgeluidcorrectie 41, 73, 107

Stralingsindex 136

Substitutiemethode, methode II.9 162

Terreindemping 157

Tijdspannen 46

Toepassingsgebied

- methode I 24
- methode II 25

Toeslagen

- toepassing gezoneerd industrieterrein 22
- tonaal/impuls/muziek 54
- voorbeelden, methode I 186

Tonaal geluid 20

Trillingsmetingen (zie snelheidsmetingen)

Typen geluid 42

Uitstraling gebouwen

- bepaling van, methode II.7 137
- daken 139
- gevels 139
- isolatiewaarden 205

Vegetatie 156

Vergunningverlening 21

Verwaarlozingcriterium 36

Vlakke bron 80, 122

Weer

- meteoraam 69, 109
- toegestane windsnelheid 41
- windkracht vs. windsnelheid 209

Wijzigingen: Handleiding-1981 182

Windturbines 110

Zonebeheer 22
Zonering 22