

TNO-rapport  
PG/NGZ/2000.28.

## Een maat voor het totale omgevingsgeluid in en bij de woning

*-een notitie met een raamwerk-*

### TNO Preventie en Gezondheid

**Volksgezondheid**  
Gortergebouw: Wassenaarseweg 56  
Postbus 2215  
2301 CE Leiden

Telefoon 071 518 18 18  
Fax 071 518 19 20

Datum

mei 2000

Auteur:

H.M.E. Miedema

Het kwaliteitssysteem van  
TNO Preventie en Gezondheid  
voldoet aan ISO 9001.

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, foto-  
kopie, microfilm of op welke andere  
wijze dan ook, zonder voorafgaande  
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor onder-  
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel  
de betreffende terzake tussen de  
partijen gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het  
TNO-rapport aan direct belang-  
hebbenden is toegestaan.

©2000 TNO

Auteur

H.M.E. Miedema

Projectnummer

40818

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van *f* 21 (incl. BTW) op postbankrekeningnummer 99.889 ten name van TNO-PG te Leiden onder vermelding van bestelnummer PG/VGZ/2000.28.

## Inhoud

Inhoud .....	3
1 Inleiding	4
2 LDEN <sub>T</sub> : het totale geluid aan de meest belaste gevel, de minst belaste gevel en in de woning	6
2.1 Geluid buiten per bron: LDEN .....	6
2.2 Geluid binnen per bron: LDEN <sub>binnen</sub> .....	6
2.3 Gelijkhinderlijke wegverkeerniveau per bron: LDEN* .....	7
1.4 Gelijkhinderlijke wegverkeersniveau voor totale geluid: LDEN <sub>T</sub> .....	8
1.5 Stap-voor-stap procedure voor de vaststelling van LDEN <sub>T</sub> .....	8
3 LDEN <sub>T</sub> : het totale geluid aan de meest belaste gevel en de minst belaste gevel .....	10
3.1 Geluid buiten per bron: LDEN .....	10
3.2 Gelijkhinderlijke wegverkeerniveau per bron: LDEN* .....	10
1.3 Gelijkhinderlijke wegverkeersniveau voor totale geluid: LDEN <sub>T</sub> .....	11
1.4 Stap-voor-stap procedure voor de vaststelling van LDEN <sub>T</sub> .....	11

## 1 Inleiding

LDEN wordt waarschijnlijk de geluidmaat in het nieuwe Nederlandse geluidbeleid. LDEN wordt dan per bron bepaald bij de door die bron meest belaste gevel. Voor het optimaliseren van de totale geluidssituatie in en om de woning kan het nuttig zijn te beschikken over een maat die ook andere factoren verdisconteert die op de geluidskwaliteit van invloed zijn. Deze notitie doet een voorstel voor de integratie van de geluidwering van een woning en het geluid aan de minst belaste zijde, met de LDEN's aan de meest belaste zijden, tot een maat  $LDEN_T$  voor de totale geluidskwaliteit in en om de woning (hoofdstuk 2). Door het gebruik van een dergelijke integrale geluidmaat kan de aandacht bevorderd worden voor bijvoorbeeld de mogelijkheid om de geluidssituatie te optimaliseren aan de hand van de oriëntatie van woningen ten opzichte van geluidbronnen.

$LDEN_T$  is zo gedefinieerd dat het voor een situatie met dominant wegverkeersgeluid een gelijke waarde heeft als het LDEN voor dat wegverkeersgeluid, indien er een 'gemiddelde' binnenwaarde en 'gemiddeld' totaalniveau aan de minst belaste gevel is. In het algemeen kan  $LDEN_T$  geïnterpreteerd worden als het LDEN van alleen wegverkeersgeluid dat bij een 'gemiddelde' binnenwaarde en 'gemiddeld' totaalniveau aan de minst belaste gevel even veel hinder zou opleveren als de onderhavige (combinatie van) bron(nen) met de feitelijke binnenniveaus en niveaus aan de stille zijde.  $LDEN_T$  is dus een maat voor de geluidhinder vanwege de totale geluidssituatie in en bij een woning. Met name voor slaapverstoring vanwege de totale geluidssituatie zal een andere maat nodig zijn, zoals ook voor individuele bronnen, naast DENL, waarschijnlijk het LAeq voor de nacht gebruikt zal worden in verband met slaapverstoring.

De empirische gegevens over onder meer expositie-respons relaties die nodig zijn om voorlopig gemaakte keuzen te evalueren en het beschreven raamwerk in te vullen, worden hier niet behandeld. De benodigde gegevens zijn voor een belangrijk deel beschikbaar, maar deels is aanvullend onderzoek nodig. Dit is echter alleen van belang indien er voor gekozen wordt een integrale maat te gaan gebruiken. De onderhavige notitie kan gebruikt worden als basis voor de discussie hierover. Enige opmerkingen over de stand van kennis zijn in kleiner lettertype opgenomen in hoofdstuk 2.

Behalve evaluatie van voorlopig gemaakte keuzen en invulling van het raamwerk aan de hand van empirische gegevens, is voorafgaand aan eventuele toepassing van de voorgestelde maat een uitwerking van 'details' nodig. Bijvoorbeeld, de keuze van de ruimte aan de meest belaste zijde respectievelijk de ruimte aan de minst belaste zijde waarvoor de geluidwering in de berekening wordt opgenomen, moet worden beschreven. Ook moet bijvoorbeeld de keuze van de stille zijde die in de berekening wordt meegenomen uitgewerkt worden voor het geval dat er geen raam of mogelijkheid tot verblijf buiten aan de stilste zijde is.

In hoofdstuk 2 wordt een maat voorgesteld waarin de invloed van alle drie de type factoren (LDEN aan meest belaste gevel, geluidwering, verschil tussen meest en minst belaste gevel) verdisconteert is. De maat die in hoofdstuk 3 wordt gepresenteerd is vergelijkbaar, maar laat de invloed van de geluidwering buiten beschouwing. Behalve als de geluidwering 'gemiddeld' is,

resulteert deze benadering bij toepassing in andere waarden dan de benadering in hoofdstuk 2, waarin de geluidwering van een specifieke woning verdisconteerd wordt. De hoofdstukken zijn zo geschreven dat ze onafhankelijk van elkaar te lezen zijn. Het voordeel van de maat uit hoofdstuk 3 is dat bij toepassing geen gegevens nodig zijn over de geluidwering van de woning. Omdat het vaststellen van dit type gegevens in veel gevallen een relatief grote inspanning vergt, zou dit een belemmering kunnen zijn voor het in praktijk gebruiken van een integrale maat. Met de in hoofdstuk 3 gepresenteerde maat is het mogelijk het geluidniveau aan de relatief stille zijde in rekening te brengen, zonder de geluidwering te hoeven vaststellen.

## 2 **LDEN<sub>T</sub>: het totale geluid aan de meest belaste gevel, de minst belaste gevel en in de woning**

Eerst worden twee maten geïntroduceerd waarmee per bron het geluid aan de meest belaste gevel en het geluid binnen worden beschreven: LDEN en LDEN<sub>binnen</sub>.

Vervolgens wordt aangegeven hoe per bron het gelijk-hinderlijke wegverkeersniveau LDEN\* bepaald kan worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de relatie F<sub>1</sub> tussen enerzijds de blootstellingsparameters LDEN, LDEN<sub>binnen</sub>, LDEN<sub>T2</sub> (het totale geluid aan de minst belaste gevel) en anderzijds de hinderscore A.

Tenslotte kan een maat voor de totale geluidbelasting LDEN<sub>T</sub> verkregen worden door de LDEN\* waarden van de afzonderlijke bronnen energetisch te sommeren.

### 2.1 **Geluid buiten per bron: LDEN**

Het day-evening-night level LDEN (of L<sub>den</sub>) is als volgt gedefinieerd:

$$\text{LDEN} = 10 \lg [(12/24) \cdot 10^{\text{LD}/10} + (4/24) \cdot 10^{(\text{LE}+5)/10} + (8/24) \cdot 10^{(\text{LN}+10)/10}]$$

Hierin zijn LD, LE en LN de A-gewogen lange termijn geluidniveaus voor de dag (7-19h), avond (19-23h) respectievelijk nacht (23-7h) zoals gedefinieerd in ISO 1996-2: 1987, en bepaald over een geheel jaar aan de meest belaste gevel. Het LDEN wordt bepaald per type bron (vliegverkeer, wegverkeer, railverkeer, bedrijven, enz.).

### 2.2 **Geluid binnen per bron: LDEN<sub>binnen</sub>**

De geluidwering van een gevel, hier aangeduid als ISO, is bronafhankelijk en wordt gedefinieerd in de NEN 1070. Met de ISO waarden voor de geluidwering en met de LDEN niveaus buiten kan een maat gedefinieerd worden voor het geluidniveau binnen. Het day-evening-night level binnen, LDEN<sub>binnen</sub>, is als volgt gedefinieerd (de 1/2 - 1/2 weging is betrekkelijk willekeurig gekozen):

$$\text{LDEN}_{\text{binnen}} = 10 \lg (1/2 \cdot 10^{(\text{LDEN} - \text{ISO})/10} + 1/2 \cdot 10^{(\text{LDEN}_2 - \text{ISO}_2)/10}).$$

Hierbij hebben LDEN en ISO betrekking op de meest belaste zijde van de woning, en LDEN<sub>2</sub> en ISO<sub>2</sub> hebben betrekking op de minst belaste zijde van de woning.

Zoals gesteld is de 1/2 - 1/2 weging betrekkelijk willekeurig gekozen. Empirisch onderzoek hiernaar is in principe mogelijk, maar moet omvangrijk zijn om uitsluitsel te kunnen geven en vereist relatief dure isolatie metingen. Beter lijkt een gevoeligheidsanalyse uit te voeren waarin het effect van de weging op het resultaat bekeken wordt en dit in een expertgroep te beoordelen.

### 2.3 Gelijkhinderlijke wegverkeerniveau per bron: LDEN\*

De expositie-respons relatie  $F_i$  geeft voor bron  $i$  de hinderscore  $A_i$  als functie van  $LDEN_i$ ,  $LDEN_{binnen,i}$ , en de totale geluidbelasting  $LDEN_{T2}$  aan de minst belaste gevel (zie onder):

$$A_i = F_i(LDEN_i, LDEN_{binnen,i}, LDEN_{T2})$$

Met de huidige kennis is response functie  $F_i$  wel te schatten bij 'gemiddelde  $LDEN_{binnen,i}$ ' en 'gemiddelde  $LDEN_{T2}$ ' (hieronder wordt deze functie  $f_i$  genoemd) maar er is weinig te zeggen over hoe de waarde van  $F_i$  varieert met het binnenniveau  $LDEN_{binnen,i}$  en ook over de afhankelijkheid van de belasting aan de stillere zijde  $LDEN_{T2}$  moet de kennis verbeterd worden.

Het gelijkhinderlijke wegverkeersniveau voor bron  $i$  met geluid buiten aan de meest belaste gevel  $LDEN_i$ , geluid binnen  $LDEN_{binnen,i}$  en totale geluidbelasting  $LDEN_{T2}$  aan de minst belaste gevel is:

$$LDEN_i^* = f_{weg}^{-1} \circ F_i(LDEN_i, LDEN_{binnen,i}, LDEN_{T2}).$$

Hierin is  $f_{weg}^{-1} \circ F_i$  een samengestelde functie waarvan de waarde verkregen wordt door eerst  $F_i$  toe te passen en vervolgens op het resultaat daarvan  $f_{weg}^{-1}$ . Dit laatste is de inverse van de expositie respons functie  $F_{weg}$  bij een 'gemiddelde' binnenwaarde en 'gemiddeld' totaalniveau aan de meest belaste gevel. In beide gevallen wordt per  $LDEN_i$  waarde het gemiddelde over 'alle woningen' genomen. Hieronder worden deze gemiddelden weergegeven als  $m_{binnen,i}(LDEN_i)$  en  $m_{T2}(LDEN_i)$ . Dus,  $m_{binnen,i}(LDEN_i)$  is de gemiddelde binnenwaarde van alle woningen met belasting  $LDEN_i$  aan de meest belaste gevel. Evenzo is  $m_{T2}(LDEN_i)$  het gemiddelde niveau aan de stille zijde bij alle woningen met belasting  $LDEN_i$  aan de meest belaste gevel. De definitie van  $f_i$  voor een willekeurige bron is dan:

$$f_i(LDEN_i) = F_i(LDEN_i, m_{binnen,i}(LDEN_i), m_{T2}(LDEN_i)).$$

Zoals boven aangegeven is er voldoende kennis om  $f_i$  te schatten. Er is een publicatie met schattingen van deze expositie-respons functies voor verschillende vormen van verkeer.

Met  $f_i$  wordt ook het boven gebruikte totale geluidniveau buiten aan de minst belaste gevel,  $LDEN_{T2}$ , bepaald. De eerste stap daartoe is de vaststelling van:

$$LDEN_{i2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_i(LDEN_{i2}).$$

Het totale geluidniveau buiten aan de minst belaste gevel is dan:

$$LDEN_{T2} = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_{i2}^*/10}$$

Er wordt dus gekozen voor een maat voor het geluid aan de minst belaste gevel waarin de bijdragen van verschillende bronnen gecorrigeerd zijn voor hinderlijkheid voordat ze energetisch gesommeerd worden. Voor deze correctie worden de beschikbare expositie-respons functies gebruikt. Deze zijn echter vastgesteld voor exposities aan de meest belaste gevel.

## 2.4 Gelijkhinderlijke wegverkeersniveau voor totale geluid: $LDEN_T$

De maat voor de totale geluidkwaliteit is:

$$LDEN_T = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_i/10}$$

Hierin is dus de invloed van de verschillende bronnen aan de meest en aan de minst belaste gevel en de geluidwering per bron aan deze beide zijden verdisconteerd.

De bovenstaande formule is gebaseerd op een model voor de wijze waarop verschillende bronnen bijdragen aan de totale hinder van het geluid. Hetzelfde type model, maar dan uitgewerkt voor Letm en zonder rekening te houden met geluidwering en stille zijde, leidt tot de MKM, die in Nederland reeds is gebruikt als maat voor het totale geluid. Hetzelfde type model is ook uitgewerkt voor LDN, eveneens zonder rekening te houden met geluidwering en stille zijde. Een gedetailleerde beschrijving van deze laatste versie en een bespreking van de empirische onderbouwing, is in een internationale ad hoc werkgroep aan de orde geweest die zich heeft gebogen over de beoordeling van geluidssituaties met meerdere bronnen. Deze ad hoc werkgroep heeft de methode onder de aandacht gebracht van de ISO-werkgroep die zich bezig houdt met de herziening van ISO1996, en van de EU Werkgroep 2 die de Europese Commissie een position paper zal aanbieden over de kennis op het gebied van geluideffecten. Het belangrijkste punt waarop de methode nadere onderbouwing behoeft is de keuze van de waarde van een 'trade-off' parameter  $\alpha$ , die de relatieve invloed van hoge en lage bijdragen aan de waarde van de totale maat bepaald. Over de waarde van deze parameter is nader onderzoek gewenst. Het voorstel hier gaat verder dan genoemde modellen, doordat ook geluidwering en stille zijde worden verdisconteerd. Dit verandert de methode echter niet wezenlijk. Het verschil is dat geluidhinder niet alleen als functie van de geluidbelasting wordt opgevat, maar als functie van DNEL, geluidwering en belasting aan de stille zijde.

De hinder(score) voor het totale geluid is:

$$A_T = f_{\text{weg}}(LDEN_T).$$

## 2.5 Stap-voor-stap procedure voor de vaststelling van $LDEN_T$

1. Stel vast wat de meest belaste gevel is en wat de minst belaste gevel is. Bij twijfel wordt stap 4 voor beide zijden uitgevoerd, waarna afhankelijk van de uitkomst eventueel de meest en minst belaste zijde worden omgewisseld. Bronnen die geen bijdrage aan de belasting van een gevel leveren, worden voor die gevel weggelaten. Bij twijfel wordt een bron meegenomen.



2. Meet of bereken apart voor vliegverkeer, wegverkeer, railverkeer, en bedrijven de input voor de bepaling van  $LDEN_T$ :

LDEN: LDEN aan de meest belaste gevel;  
 $LDEN_2$ : LDEN aan de minst belaste gevel;  
 ISO: isolatie van de meest belaste gevel;  
 $ISO_2$ : isolatie van de minst belaste gevel.

3. Bepaal uit stap 2 apart voor vliegverkeer, wegverkeer, railverkeer, en bedrijven de binnenwaarde:

$$LDEN_{binnen} = 10 \cdot \lg \left( \frac{1}{2} \cdot 10^{(LDEN - ISO)/10} + \frac{1}{2} \cdot 10^{(LDEN_2 - ISO_2)/10} \right).$$

4. Bepaal uit stap 2 het totale niveau buiten aan de minst belaste gevel:

$$LDEN_{T2} = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_{i2}*/10}$$

waarin

voor vliegverkeer:  $LDEN_{vlieg2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_{vlieg}(LDEN_{vlieg2})$   
 voor wegverkeer:  $LDEN_{weg2}^* = LDEN_{weg2}$   
 voor railverkeer:  $LDEN_{rail2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_{rail}(LDEN_{rail2})$   
 voor bedrijven:  $LDEN_{ind2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_{ind}(LDEN_{ind2})$ .

5. Bepaal uit stappen 2, 3 en 4 het totale niveau:

$$LDEN_T = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_i^*/10}$$

waarin

voor vliegverkeer:  $LDEN_{vlieg}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{vlieg}(LDEN_{vlieg}, LDEN_{binnen,vlieg}, LDEN_{T2})$   
 voor wegverkeer:  $LDEN_{weg}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{weg}(LDEN_{weg}, LDEN_{binnen,weg}, LDEN_{T2})$   
 voor railverkeer:  $LDEN_{rail}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{rail}(LDEN_{rail}, LDEN_{binnen,rail}, LDEN_{T2})$   
 voor bedrijven:  $LDEN_{ind}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{ind}(LDEN_{ind}, LDEN_{binnen,ind}, LDEN_{T2})$ .

### 3 LDEN<sub>T</sub> : het totale geluid aan de meest belaste gevel en de minst belaste gevel

Eerst wordt een maat geïntroduceerd waarmee per bron het geluid aan de meest belaste gevel kan worden beschreven: LDEN.

Vervolgens wordt aangegeven hoe per bron het gelijk-hinderlijke wegverkeersniveau LDEN\* bepaald kan worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de relatie  $F_i$  tussen enerzijds de blootstellingsparameters LDEN en LDEN<sub>T2</sub> (het totale geluid aan de minst belaste gevel) en anderzijds de hinderscore A.

Tenslotte kan een maat voor de totale geluidbelasting LDEN<sub>T</sub> verkregen worden door de LDEN\* waarden van de afzonderlijke bronnen energetisch te sommeren.

Hoewel dezelfde aanduidingen LDEN<sub>T</sub>,  $F_i$  en  $f_i$  gebruikt worden als in het vorige hoofdstuk, is hun betekenis hier wat anders doordat in de definities de geluidwering niet is opgenomen.

#### 3.1 Geluid buiten per bron: LDEN

Het day-evening-night level LDEN (of  $L_{den}$ ) is als volgt gedefinieerd:

$$LDEN = 10 \lg [(12/24) \cdot 10^{LD/10} + (4/24) \cdot 10^{(LE+5)/10} + (8/24) \cdot 10^{(LN+10)/10}]$$

Hierin zijn LD, LE en LN de A-gewogen lange termijn geluidniveaus voor de dag (7-19h), avond (19-23h) respectievelijk nacht (23-7h) zoals gedefinieerd in ISO 1996-2: 1987, en bepaald over een geheel jaar aan de meest belaste gevel. Het LDEN wordt bepaald per type bron (vliegverkeer, wegverkeer, railverkeer, bedrijven, enz.).

#### 3.2 Gelijkhinderlijke wegverkeersniveau per bron: LDEN<sub>i</sub>\*

De expositie respons relatie  $F_i$  geeft voor bron i de hinderscore  $A_i$  als functie van LDEN<sub>i</sub>, en de totale geluidbelasting LDEN<sub>T2</sub> aan de minst belaste gevel (zie onder):

$$A_i = F_i(LDEN_i, LDEN_{T2})$$

Het gelijkhinderlijke wegverkeersniveau voor bron i met geluid buiten aan de meest belaste gevel LDEN<sub>i</sub> en totale geluidbelasting LDEN<sub>T2</sub> aan de minst belaste gevel is:

$$LDEN_{i}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_i(LDEN_i, LDEN_{T2}).$$

Hierin is  $f_{weg}^{-1} \circ F_i$  een samengestelde functie waarvan de waarde verkregen wordt door eerst  $F_i$  toe te passen en vervolgens op het resultaat daarvan  $f_{weg}^{-1}$ . Dit laatste is de inverse van de expositie respons functie  $F_{weg}$  bij een 'gemiddeld' totaalniveau aan de meest belaste gevel. Dit gemid-

delde wordt per  $LDEN_i$  bepaald over alle woningen en wordt weergegeven met  $m_{T2}(LDEN_i)$ . Dus,  $m_{T2}(LDEN_i)$  is het gemiddelde niveau aan de stille zijde bij alle woningen met belasting  $LDEN_i$  aan de meest belaste gevel. De definitie van  $f_i$  voor een willekeurige bron is:

$$f_i(LDEN_i) = F_i(LDEN_i, m_{T2}(LDEN_i)).$$

Met  $f_i$  wordt ook het boven gebruikte totale geluidniveau buiten aan de minst belaste gevel,  $LDEN_{T2}$ , bepaald. De eerste stap daartoe is de vaststelling van:

$$LDEN_{i2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_i(LDEN_{i2}).$$

Het totale geluidniveau buiten aan de minst belaste gevel is dan:

$$LDEN_{T2} = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_{i2}^*/10}$$

### 3.3 Gelijkhinderlijke wegverkeersniveau voor totale geluid: $LDEN_T$

De maat voor de totale geluidkwaliteit is:

$$LDEN_T = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_i^*/10}$$

Hierin is dus de invloed van verschillende bronnen aan de meest en de minst belaste gevel buiten verdisconteerd, maar niet de geluidwering.

De hinder(score) voor het totale geluid is:

$$A_T = f_{weg}(LDEN_T).$$

### 3.4 Stap-voor-stap procedure voor de vaststelling van $LDEN_T$

1. Stel vast wat de meest belaste gevel is en wat de minst belaste gevel is. Bij twijfel wordt stap 3 voor beide zijden uitgevoerd, waarna afhankelijk van de uitkomst eventueel de meest en minst belaste zijde worden omgewisseld. Bronnen die geen bijdrage aan de belasting van een gevel leveren, worden voor die gevel weggelaten. Bij twijfel wordt een bron meegenomen.
2. Meet of bereken apart voor vliegverkeer, wegverkeer, railverkeer, en bedrijven de input voor de bepaling van  $LDEN_T$ :
  - LDEN: LDEN aan de meest belaste gevel;
  - LDEN<sub>2</sub>: LDEN aan de minst belaste gevel;

3. Bepaal uit stap 2 het totale niveau buiten aan de minst belaste gevel:

$$LDEN_{T2} = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_{i2}*/10}$$

waarin

voor vliegverkeer:  $LDEN_{vlieg2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_{vlieg}(LDEN_{vlieg2})$

voor wegverkeer:  $LDEN_{weg2}^* = LDEN_{weg2}$

voor railverkeer:  $LDEN_{rail2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_{rail}(LDEN_{rail2})$

voor bedrijven:  $LDEN_{ind2}^* = f_{weg}^{-1} \circ f_{ind}(LDEN_{ind2})$ .

4. Bepaal uit stappen 2 en 3 het totale niveau:

$$LDEN_T = 10 \lg \sum_i 10^{LDEN_i*/10}$$

waarin

voor vliegverkeer:  $LDEN_{vlieg}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{vlieg}(LDEN_{vlieg}, LDEN_{T2})$

voor wegverkeer:  $LDEN_{weg}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{weg}(LDEN_{weg}, LDEN_{T2})$

voor railverkeer:  $LDEN_{rail}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{rail}(LDEN_{rail}, LDEN_{T2})$

voor bedrijven:  $LDEN_{ind}^* = f_{weg}^{-1} \circ F_{ind}(LDEN_{ind}, LDEN_{T2})$ .