

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU  
BILTHOVEN

Rapport nr. 610066004

**Handrekenmethode voor het groepsrisico bij  
Externe Veiligheid**

B.J.M. Ale, G.M.H. Laheij, P.A.M. Uijt de Haag

januari, 1996

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Stoffen, Veiligheid en Straling van het ministerie van VROM onder projectnummer 610066.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Postbus 1, 3720 BA Bilthoven.  
Telefoon +30-2749111, Telefax +30-2742971

**VERZENDLIJST**

- 1 - 5      Directoraat-Generaal Milieubeheer, directie Stoffen, Veiligheid en Straling
- 6          plv. Directeur-Generaal Milieubeheer
- 7          Depot van Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
- 8          Directie RIVM
- 9          Directeur Sector Stoffen en Risico's (IV)
- 10        Hoofd van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 11        Hoofd van de afdeling Modellen en Processen van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 12        Bibliotheek van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 13 - 15   Auteurs
- 16        Hoofd afdeling Voorlichting & Public Relations
- 17        Bureau Rapportenregistratie
- 18        Bibliotheek RIVM
- 19 - 30   Reserve-exemplaren voor het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 31 - 50   Reserve-exemplaren ten behoeve van Rapportenbeheer

## INHOUDSOPGAVE

|  |    |
|--|----|
| VERZENDLIJST .....   | 2  |
| INHOUDSOPGAVE .....  | 3  |
| SUMMARY .....  | 5  |
| SAMENVATTING .....   | 6  |
| 1        INLEIDING .....   | 7  |
| 2        METHODE VOOR HET BEPALEN VAN HET EFFECT VAN EEN<br>BOUWPLAN OP HET GROEPSRISICO ..... | 9  |
| 2.1        Inleiding .....   | 9  |
| 2.2        Symbolen .....  | 9  |
| 2.3        De methode in stappen .....   | 11 |
| 3        THEORETISCHE ASPECTEN .....   | 17 |
| 3.1        PLL en IR .....   | 17 |
| 3.2        PLL en GR .....   | 17 |
| 4        PRAKTISCHE ASPECTEN .....   | 22 |
| 4.1        Beschikbare gegevens .....  | 22 |
| 4.2        Invloed van bebouwing op het groepsrisico .....                                     | 22 |
| 5        PLLF EN OVERSCHRIJDING VAN DE GR-LIMIET .....   | 23 |
| 6        CONCLUSIES .....  | 28 |
| 7        VERDERE ONTWIKKELINGEN .....  | 29 |
| 7.1        Een te ontwikkelen software pakket .....  | 29 |
| REFERENTIES .....  | 30 |
| SYMBOLEN .....   | 31 |
| BIJLAGE 1 .....  | 32 |
| BIJLAGE 2 .....  | 39 |

BIJLAGE 3 ..... 48

## **SUMMARY**

It has proved to be difficult to use information regarding societal risk in physical planning around hazardous installations. The main problem is the necessity to recalculate the risks for every alternative physical plan. On request of the ministry of Housing, Physical Planning and Environment (VROM) it has been investigated whether a simplified method for the estimation of the required zoning distances is feasible.

This report describes a methodology which has been developed to allow local planning authorities to judge the societal risk consequences of proposed housing developments around major hazard establishments without the need to perform a new risk analysis.

The method uses information from the external safety report which is available to the authorities. The information used is the Potential Loss of Life, the F-N curve and the position of the individual risk contours.

## **SAMENVATTING**

Het gebruik van informatie met betrekking tot het groepsrisico bij het ontwikkelen van ruimtelijke ordeningsplannen rond potentieel gevaarlijke bedrijven is op praktische bezwaren gestoten. Het belangrijkste bezwaar is de noodzaak om voor elk alternatief plan een nieuwe risico-analyse uit te voeren. Daarom is in opdracht van het ministerie van VROM onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van een eenvoudige schattingsmethode voor de vereiste zoneringsafstand.

Dit rapport beschrijft de generieke groepsrisicomethodiek die is ontwikkeld voor de lokale ruimtelijke ordening autoriteiten voor het inschatten van het effect op het groepsrisico van bouwplannen rond EVR-plichtige inrichtingen zonder het opnieuw uitvoeren van een risico-analyse. De methode maakt gebruik van informatie uit het externe veiligheidsrapport (EVR) welke voor de autoriteiten beschikbaar is. Deze informatie betreft de Potential Loss of Life, de F-N curve en de ligging van de individuele risicocontouren.

## 1 INLEIDING

In het externe veiligheidsbeleid worden twee grootheden gehanteerd om de ernst van een risico uit te drukken: het individuele risico en het groepsrisico.

Het individuele risico is gedefinieerd als de kans dat een onbeschermd individu om het leven komt als gevolg van een ongeval in een inrichting. Deze kans wordt uitgedrukt in een overlijdenskans per jaar. Het individuele risico kan op een topografische kaart worden weergegeven als lijnen van constant individueel risico: de risicocontouren. De ligging van deze contouren wordt (bij gelijkblijvende definitie van het individueel risico en bij gelijkblijvende aannamen in de berekening) vrijwel uitsluitend bepaald door de risico's van de inrichting en is voor risico's veroorzaakt door toxische stoffen onafhankelijk van de dichtheid en de verdeling van de bevolking rond de inrichting. Voor brandbare en explosieve stoffen vormen zaken in de omgeving zoals woningen en auto's (ontstekingsbronnen). Deze hebben invloed op de kans en het tijdstip van ontsteking en kunnen daarom de ligging van de individuele risicocontouren mede beïnvloeden.

Het groepsrisico is gedefinieerd als de grootte van een ongeval, uitgedrukt in aantallen slachtoffers, verbonden met de kans dat deze grootte wordt overschreden. Een grafiek waarin de bedoelde overschrijdingskans (eenheden per jaar) wordt weergegeven als functie van het aantal slachtoffers wordt F-N curve genoemd. De F-N curve wordt enerzijds bepaald door de aard en omvang van de risico's in de inrichting en anderzijds door de dichtheid en de verdeling van de bevolking in de omgeving van de inrichting. Het groepsrisico is een zogenaamde tweedimensionale grootheid (kans en omvang) en is als zodanig niet over de geografische ruimte verdeeld. Daarom kan het groepsrisico niet worden weergegeven als lijnen van bijvoorbeeld gelijk groepsrisico op een kaart. In de, voor het beleid gehanteerde, definitie wordt voor de bepaling van het groepsrisico de beschermende werking van bijvoorbeeld woningen mede in beschouwing genomen. Dit in tegenstelling tot wat bij het individuele risico wordt gehanteerd.

Naast de grootheden individueel- en groepsrisico wordt ook de verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar als maat gehanteerd. Het aantal doden per jaar, ook wel aangeduid als "Death rate" of PLL (Potential Loss of Life) is direct gerelateerd aan zowel het individuele als het groepsrisico.

Het groepsrisico blijkt in de sfeer van de ruimtelijke ordening moeilijk hanteerbaar. Dit wordt veroorzaakt door enerzijds de onmogelijkheid het groepsrisico te karteren en anderzijds de afhankelijkheid tussen groepsrisico en bevolkingsaantallen en -dichtheid. Als gevolg hiervan is het thans niet mogelijk om een bebouwingsplan in het licht van de door

de regering aangegeven richtwaarde voor de aanvaardbaarheid van het groepsrisico te beoordelen zonder het groepsrisico (opnieuw) te berekenen. Dit leidt in de uitvoering van het ruimtelijke ordeningsbeleid tot aanzienlijke praktische problemen. Het gezag, dat bevoegd is ruimtelijke ordeningsplannen te beoordelen, ontbreekt het over het algemeen de kennis en mogelijkheden om de benodigde berekeningen uit te voeren.

In opdracht van het ministerie van VROM is daarom een methode uitgewerkt. Daarmee kan gegeven een individueel en een groepsrisico in een bestaande situatie op een eenvoudigere wijze dan met behulp van een nieuwe kwantitatieve analyse, worden bepaald of een voorgenomen bouwplan kan worden gerealiseerd binnen de voor het groepsrisico aangegeven limieten. Deze methode wordt in dit rapport beschreven.

In hoofdstuk 2 wordt de methode in stappen uiteengezet. Voor de gebruiker van de methode is het lezen van de inleiding en hoofdstuk 2 in principe voldoende. In hoofdstuk 3 wordt de theoretische achtergrond van de ontwikkelde methode gegeven. In hoofdstuk 4 worden enige praktische aspecten bij de hantering van de methode nader toegelicht en wordt aangegeven welke invloed woonbebouwing heeft op het groepsrisico. In hoofdstuk 5 wordt uiteengezet welke zoneringsafstanden met de gevolgde methode kunnen worden afgeleid. In hoofdstuk 6 en 7 volgen enkele conclusies en verdere ontwikkelingen.

Een volledig uitgewerkt voorbeeld wordt in bijlage 1 gegeven.



## 2 METHODE VOOR HET BEPALEN VAN HET EFFECT VAN EEN BOUWPLAN OP HET GROEPSRISICO

### 2.1 Inleiding

De methode is gebaseerd op de relatie die in de praktijk bestaat tussen de verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar en de overschrijding van de groepsrisicolimiet. De verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar wordt ook wel aangeduid met Potential Loss of Life (PLL). Voor het bepalen of de groepsrisicolimiet wordt overschreden wordt uitgegaan van de indicatieve normering per 1995:  $FN^2 < 10^{-3}$  [Lo95].

De methode omvat 9 stappen, die kunnen worden gebruikt om achtereenvolgens uitspraken te doen ten aanzien van de volgende vragen.

1. Buiten welke afstand ten opzichte van een inrichting kan rondom onbeperkt worden gebouwd.
2. Buiten welke afstand van een inrichting kan in een sector onbeperkt worden gebouwd.
3. Blijft bij uitvoering van een bepaald bouwplan het groepsrisico beneden de gestelde indicatieve grenswaarde.

Voor toepassing van de methode is het nodig dat de volgende informatie beschikbaar is.

1. De ligging van de individuele risicocontouren (IR)  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  en  $10^{-8}$  a<sup>-1</sup>, voorzover aanwezig.
2. De F-N curve voor de bestaande situatie, of de verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar berekend uit de F-N curve indien deze bekend is.
3. De verdeling van de bevolking rond de gevarenbron in de huidige en de te bestuderen toekomstige situatie.

### 2.2 Symbolen

Voor het gemak van de gebruiker van dit rapport worden de symbolen die in de methode worden gehanteerd hieronder opgesomd (een symbolenlijst behorende bij de theoretische aspecten is aan het eind van dit rapport toegevoegd).

- $a$  Constante (maat voor de snelheid waarmee het individuele risico afneemt met de afstand)[m<sup>-1</sup>]
- $A_i$  Aantal bewoners in de zone tussen  $IR = 10^{-i}$  en  $IR = 10^{-(i+1)}$

---

|           |  |
|-----------|--|
| $d_6$     | Zoneringsafstand t.o.v. de $10^{-6}$ contour [m]                                 |
| $I_0$     | Constante (maat voor de initiële hoogte van het IR) [ $a^{-1}$ ]                 |
| $F(i)$    | Waarde van F in de F-N curve bij i doden [ $a^{-1}$ ]                            |
| $m_i$     | Bevolkingsdichtheid in de zone tussen IR $10^{-i}$ en $10^{-(i+1)}$ [ $m^{-2}$ ] |
| $m_b$     | Bevolkingsdichtheid in toe te voegen bebouwing [ $m^{-2}$ ]                      |
| PLL       | Potential Loss of Life [ $a^{-1}$ ]  |
| $PLL_F$   | PLL berekend uit de F-N curve [ $a^{-1}$ ]                                       |
| $PLLI$    | PLLI berekend uit het individuele risico [ $a^{-1}$ ]                            |
| $PLLI_a$  | Door bebouwing toegevoegd PLLI [ $a^{-1}$ ]                                      |
| $PLLI_i$  | PLLI in de zone tussen IR $10^{-i}$ en $10^{-(i+1)}$ [ $a^{-1}$ ]                |
| $PLLI_r$  | Opvulbare ruimte in de PLL [ $a^{-1}$ ]  |
| $R_i$     | Afstand tussen risicomidden en $10^{-i}$ contour [m]                             |
| $R_{min}$ | Afstand tussen risicomidden en dichtstbijgelegen punt van de bebouwing [m]       |
| $R_{max}$ | Afstand tussen risicomidden en verstweggelegen punt van de bebouwing [m]         |
| $\varphi$ | Sectorhoek voor bebouwing [rad]  |

### 2.3 De methode in stappen

In deze paragraaf worden de verschillende stappen van de methode gegeven en toegelicht. In bijlage 1 is een voorbeeld uitgewerkt.

-----

#### STAP 1

Bepaal de maximale afstand van de  $10^{-6}$  en de  $10^{-8}$  contour tot het risicomidden. Het risicomidden is het (denkbeeldige) centrum van de risicocontouren.

Trek hiertoe door de risicocontouren een aantal hulplijnen door het risicomidden (zie figuur 9 van bijlage 1). Bepaal de afstanden tussen de tegenoverliggende snijpunten met de contouren. Bereken de diameters van de  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  en de  $10^{-8}$  contour. Neem van de gevonden waarden voor ieder risiconiveau het maximum. Deel deze door 2 om  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  en  $R_8$  te vinden

-----

#### STAP 2

Bereken nu de grootte  $a$  uit

$$a = \frac{4.6}{(R_8 - R_6)} \tag{1}$$

VUL IN:

$a = \dots\dots\dots$

Bereken tevens de grootte  $I_o$  uit

$$I_o = \frac{10^{-6}}{e^{-aR_6}} \tag{2}$$

VUL IN:

$I_o = \dots\dots\dots$

Bereken de PLL voor de bestaande bebouwing als volgt.

Indien geen F-N curve bekend is en het groepsrisico niet verwaarloosbaar is, ga dan naar STAP 4.

-----  
 STAP 3

3A

Indien bij de F-N curve tevens de verwachtingswaarde van het aantal doden is gegeven dan is *PLLF* deze waarde. Deze verwachtingswaarde wordt ook wel aangeduid met PLL of Rate Of Death.

3B

Indien de *PLLF* niet bij de F-N curve is gegeven, voer dan de volgende berekening uit:

$$PLLF = \sum_1^{N_{max}} F(N) \quad (3)$$

Waarin  $N_{max}$  het grootste aantal N is waarvoor nog een waarde van F gegeven is. Dat wil zeggen dat de waarden van  $F(N)$  voor iedere N bij elkaar moeten worden opgeteld. Indien tussen twee waarden van N,  $N_1$  en  $N_2$ , de waarde van  $F(N)$  constant ( $F(N_1) = F(N_2)$ ) is kan voor dat stuk van de F-N curve  $(N_2 - N_1 + 1) * F(N_1)$  worden gebruikt.

Indien het groepsrisico verwaarloosbaar is, dient voor *PLLF* de waarde nul genomen te worden.

VUL IN:

*PLLF* = .....

Ga naar stap 5

STAP 4

Bepaal het aantal bewoners in de zones  $10^{-5} - 10^{-6}$ ;  $10^{-6} - 10^{-7}$ ;  $10^{-7} - 10^{-8}$ . Noem deze respectievelijk  $A_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$ .

VUL IN:

$A_5$  = .....

$A_6$  = .....

$A_7$  = .....

Bepaal de dichtheden in deze zones uit

$$m_i = \frac{A_i}{\pi * (R_{i+1}^2 - R_i^2)} \tag{4}$$

Waarin  $m_i$  de dichtheden zijn in de respectievelijke zones en  $R_i$  de afstand tot de  $10^{-i}$  contour.

VUL IN:

$m_5 = \dots\dots\dots$

$m_6 = \dots\dots\dots$

$m_7 = \dots\dots\dots$

Bereken nu de PLLI's voor de drie zones uit

$$PLLI_i = \frac{2\pi I_\sigma m_i}{a^2} * (e^{-aR_i} (aR_i + 1) - e^{-aR_{i+1}} (aR_{i+1} + 1)) \tag{5}$$

VUL IN:

$PLLI_5 = \dots\dots\dots$

$PLLI_6 = \dots\dots\dots$

$PLLI_7 = \dots\dots\dots$

Bereken nu de  $PLLI$  door deze drie te sommeren.

VUL IN:

$PLLI = \dots\dots\dots$

**STAP 5**

Bereken nu de invul ruimte  $PLLI_r$ : uit

ofwel  $PLLI_r = 10^{-5} - PLLF$ , indien deze in stap 3 bepaald kon worden

ofwel  $PLLI_r = 10^{-5} - PLLI$ , indien deze in stap 4 bepaald moest worden omdat stap 3 onuitvoerbaar was.

VUL IN:

$PLLI_r = \dots\dots\dots$

---

 STAP 6

De voorgenomen bouwlocatie is, zonder verdere berekeningen, toegestaan, als wordt voldaan aan de voorwaarde uit vergelijking (6).

$$\frac{10^{-6} \cdot e^{-a \cdot d_6}}{a^2} \cdot (a \cdot d_6 + a \cdot R_6 + 1) < \frac{PLLI_r}{2 \cdot \pi \cdot m_b} \quad (6)$$

Waarin  $m_b$  de maximaal te verwachten bewoningsdichtheid is. Indien het ongewenst is een maximum te stellen aan de toekomstige bewoningsdichtheid buiten de zoneafstand of indien deze nog niet bekend is neem dan voor  $m_b$  0,008 (80 pers/ha).

VUL IN:

$m_b = \dots\dots\dots$

De waarde van zoneringsafstand  $d_6$  wordt bepaald door de minimale afstand tot de  $10^{-6}$  contour ( $d_6 > 0$ ) waarbij de voorwaarde uit vergelijking (6) niet wordt overschreden.

### 6A

Indien de positie van de voorgenomen bouwlocatie bekend is, kan deze als waarde voor  $d_6$  (= positie - afstand tot de  $10^{-6}$  contour) worden genomen.

Als met deze waarde voldaan wordt aan de voorwaarde uit vergelijking (6) zijn geen verdere berekeningen meer nodig. Vervolg anders met stap 7A.

### 6B

Indien de waarde van  $d_6$  bekend moet zijn, kan deze bepaald worden via iteratie. De afstand  $R_8 - R_6$  is een goede startwaarde voor  $d_6$ . Tevens kan gebruik worden gemaakt van de figuren uit bijlage 2.

VUL IN:

$d_6 = \dots\dots\dots$

Indien voor de gegeven situatie het niet toestaat om rondom de betreffende inrichting te bouwen (b.v. door de aanwezigheid van water) kan de  $d_6$  waarde ook bepaald worden met behulp van stap 7B.

---

 STAP 7

Indien de voorgenomen bouwlocatie binnen een bepaalde sector ligt, kan gebruik gemaakt worden van de minder stringente voorwaarde uit vergelijking (7).

$$\frac{10^{-6} \cdot e^{-a \cdot d_6}}{a^2} \cdot (a \cdot d_6 + a \cdot R_6 + 1) < \frac{PLLI_r}{\varphi m_b} \quad (7)$$

Bepaal eerst de sectorhoek,  $\varphi$ , die de mogelijke bouwlocatie omsluit (zie figuur 9 van bijlage 1).

VUL IN:

$\varphi = \dots\dots\dots$  (rad)

## 7A

Indien de positie van de voorgenomen bouwlocatie bekend is, kan deze als waarde voor  $d_6$  (= positie - afstand tot de  $10^{-6}$  contour) worden genomen.

Als met deze waarde voldaan wordt aan de voorwaarde uit vergelijking (7) zijn geen verdere berekeningen meer nodig. Vervolg anders met stap 8.

## 7B

Bereken nu  $d_6$ , op gelijke wijze als in STAP 6, uit de vergelijking (7).

VUL IN:

$d_6 = \dots\dots\dots$

---

 STAP8

Bepaal, bijvoorbeeld uit een concept bestemmingsplan, de minimale en maximale afstand,  $R_{\min}$  en  $R_{\max}$ , van de bouwlocatie tot het risicomidden. Bepaal ook de sectorhoek,  $\varphi$ . Bepaal de bewoningsdichtheid  $m_b$ .

VUL IN:

$\varphi$  = ..... (rad)

$m_b$  = .....

$R_{\min}$  = .....

$R_{\max}$  = .....

Bereken de toegevoegde  $PLLI_a$  uit

$$PLLI_a = \varphi \cdot m_b \cdot \frac{I_o}{a^2} \cdot (e^{-a \cdot R_{\min}} (a \cdot R_{\min} + 1) - e^{-a \cdot R_{\max}} (a \cdot R_{\max} + 1)) \quad (8)$$

VUL IN:

$PLLI_a$  = .....

Indien  $PLLI_a < PLLI_r$  zijn verdere berekeningen niet nodig. Vervolg anders met stap 9.

---

#### STAP 9

Gebruik de Planning Application Tool (medio 1996) of voer een risico-analyse uit om na te gaan of met dit bouwplan de groepsrisicolimiet al dan niet wordt overschreden.



### 3 THEORETISCHE ASPECTEN

In dit hoofdstuk wordt de samenhang tussen verschillende grootheden nader toegelicht.

#### 3.1 PLL en IR

Zoals reeds is weergegeven is de PLL de verwachtingswaarde van het aantal doden. Laat  $PLLI$  de verwachtingswaarde zijn op basis van het individuele risico (IR). Het individuele risico is een ruimtelijk verdeelde grootheid en dus afhankelijk van de plaats. De plaats kan worden weergegeven door de coördinaten op een kaart:  $x,y$  (voor  $x$  wordt meestal de west-oost coördinaat en voor  $y$  de zuid-noord coördinaat gehanteerd). Het individuele risico is dan  $I(x,y)$ . De bevolkingsdichtheid is ook afhankelijk van de plaats:  $m(x,y)$ . Met deze definities geldt voor de  $PLLI$ :

$$PLLI = \int \int I(x,y) \cdot m(x,y) dx dy \quad (9)$$

Indien de risicocontouren cirkelvormig zijn en dus alleen afhangen van de afstand tot de risicobron ( $r$ ) en bovendien de bevolkingsdichtheid eveneens alleen afhankelijk is van de afstand tot de risicobron, kan voor de  $PLLI$  ook worden geschreven:

$$PLLI = 2 \cdot \pi \cdot \int r \cdot I(r) \cdot m(r) \cdot dr \quad (10)$$

#### 3.2 PLL en GR

De verwachtingswaarde van het aantal doden per jaar kan ook uit het groepsrisico worden gevonden als volgt:

Laat  $F(N)$  de kans zijn op  $N$  of meer slachtoffers; laat  $PLL F$  de verwachtingswaarde zijn van het aantal doden per jaar berekend uit het groepsrisico en laat  $P(N)$  de kans zijn op precies  $N$  doden. Dan geldt

$$P(N) = F(N) - F(N+1) \quad (11)$$

en

$$PLL F = \sum_1^{\infty} N \cdot P(N) = \sum_1^{\infty} N \cdot [F(N) - F(N+1)] \quad (12)$$

Deze twee uitdrukkingen kunnen worden vervangen door de volgende wiskundige benaderingen:

$$P(N) = -\frac{dF}{dN} \tag{13}$$

en

$$PLL F = -\int_1^{\infty} N \cdot \frac{dF}{dN} dN \tag{14}$$

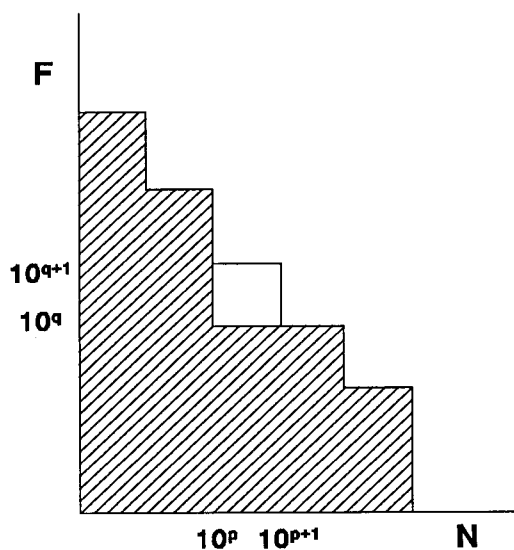
Eenvoudig kan worden ingezien dat

$$PLL F = F(1) + \int_1^{\infty} F dN \tag{15}$$

Dat wil zeggen dat de *PLL F* gelijk is aan het oppervlak onder de F-N curve vermeerderd met de waarde van F voor N=1.

Hieruit kan worden afgeleid dat ieder (deel-)oppervlak onder de F-N curve een bepaalde hoeveelheid PLL voorstelt.

Beschouw nu in een dergelijke afbeelding (figuur 1) een vak dat wordt begrensd in de horizontale richting door twee opeenvolgende machten van 10 voor N en op de verticale as twee opeenvolgende machten van 10 voor F. Laat de linker benedenhoek het punt voorstellen waarvoor N gelijk is aan  $10^p$  en F gelijk is aan  $10^q$ . De bijdrage aan de *PLL F* van zo'n vierkant is dan  $81 \cdot 10^{p+q}$ .



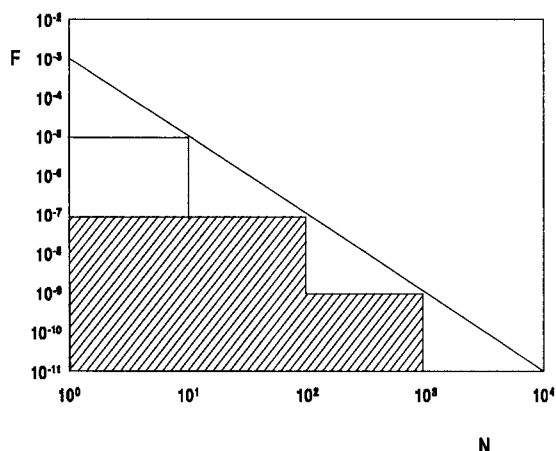
**Figuur 1** F-N curve

Vergelijk nu de F-N curves in de figuren 2 en 3.

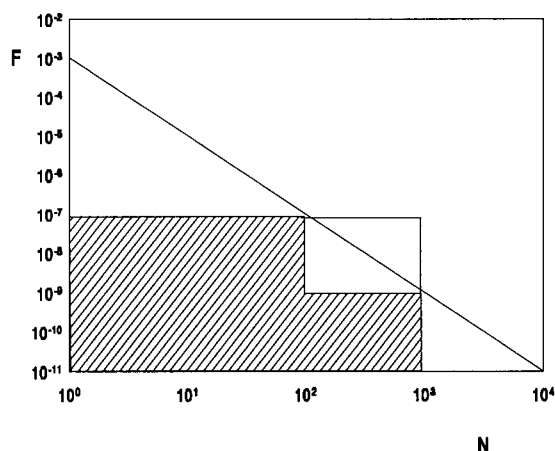
Deze twee F-N curves verschillen daarin dat het vierkant A is verschoven. Daar voor deze vierkanten geldt dat  $p+q$  in beide gevallen gelijk is, is de waarde van de *PLLF* voor deze twee F-N curven gelijk. In de figuren is ook de indicatieve limiet ingetekend. Voor deze limiet geldt:

$$F(N) = \frac{10^{-3}}{N^2} \tag{16}$$

Toch overschrijdt de F-N curve in figuur 2 de limiet niet, terwijl deze in figuur 3 wél wordt overschreden. Reeds uit dit eenvoudige voorbeeld kan worden opgemaakt dat de *PLLF* in het algemeen niet noodzakelijk een goede maat is voor het groepsrisico noch een aanwijzing dat de limietwaarde kan of zal worden overschreden.



**Figuur 2** F-N curve waarbij de risicolimiet niet wordt overschreden



**Figuur 3** F-N curve waarbij de risicolimiet wel wordt overschreden

Niettemin kan met behulp van de vergelijkingen (15) en (16) worden bepaald welke *PLLF* overeenkomt met de limietwaarde dat wil zeggen voor een situatie waarin het groepsrisico over het hele bereik  $N > 1$  juist aan het criterium voldoet:

$$\begin{aligned} PLLF_{lim} &= 10^{-3} + \int_1^{\infty} \frac{10^{-3}}{N^2} dN \\ &= 10^{-3} - \frac{10^{-3}}{N} \Big|_1^{\infty} \\ &= 10^{-3} - 0 + 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \tag{17}$$

Met behulp van vergelijking (10) kan onder een aantal aannamen worden bepaald wat de minimale zoneringsafstand is die met deze limietwaarde overeenkomt.

Veronderstel dat er een zone met straal  $R_1$  is waarbinnen geen woonbebouwing is gevestigd. Stel dat daarbuiten een constante bevolkingsdichtheid  $m_0$  heerst. Laat de afstand tussen de (cirkelvormige) contouren  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ , etc steeds gelijk zijn. Dan geldt voor het individuele risico  $I(r)$  (zie bijlage 3):

$$I(r) = I_0 \cdot e^{-ar} \quad (18)$$

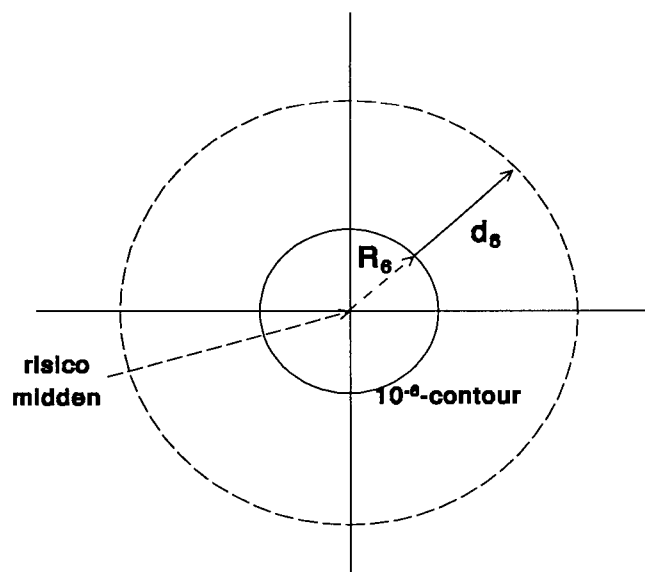
In dat geval geldt voor de *PLLI*:

$$\begin{aligned} PLLI &= 2 \cdot \pi \cdot I_0 \cdot m_0 \int_{R_1}^{\infty} r \cdot e^{-ar} dr \\ &= 2 \cdot \pi \cdot I_0 \cdot m_0 \cdot e^{-aR_1} (aR_1 + 1) / a^2 \end{aligned} \quad (19)$$

Met  $PLLI < PLLF_{lim}$  kan uit vergelijking (19) de benodigde zoneringsafstand  $R_1$  worden gevonden.

De *PLLI* uit vergelijking (19) kan ook worden uitgedrukt in de afstand  $R_6$  van het risicomidden tot de  $10^{-6}$  contour en de afstand van de  $10^{-6}$  contour tot de zoneringsafstand  $d_6$  (zie figuur 4):

$$PLLI = 2 \cdot 10^{-6} \cdot \pi \cdot m_0 \cdot e^{-a \cdot d_6} (a \cdot d_6 + a \cdot R_6 + 1) / a^2 \quad (20)$$



**Figuur 4** Schematische weergave van de te gebruiken grootheden

Indien voor het individuele risico een limiet van  $10^{-6}$  wordt gehanteerd, geldt tevens:

$$I_0 e^{-aR_1} \leq 10^{-6} \quad (21)$$

Oftewel

$$d_6 \geq 0 \quad (22)$$

De grootste waarde van  $d_6$  die uit de vergelijkingen (20) en (22) wordt gevonden voldoet dan aan het criterium dat de verwachtingswaarde voor het aantal doden PLL de bij de groepsrisicolimiet behorende waarde  $PLLF_{lim}$  en de individuele risicolimiet niet wordt overschreden.

Zoals boven reeds werd opgemerkt betekent dit overigens nog niet dat in dat geval het groepsrisicocriterium zelf niet wordt overschreden.

## 4 PRAKTISCHE ASPECTEN

### 4.1 Beschikbare gegevens

In de praktijk beschikt het bevoegd gezag slechts over een beperkt aantal gegevens: Het groepsrisico vanaf 1 dode totdat de kans op overschrijding kleiner wordt dan  $10^{-8}$  en de individuele risicocontouren tot  $10^{-8} \text{ a}^{-1}$ .

Bovendien is in de gangbare uitvoering van de regelgeving de berekeningsbasis voor *PLLI* en *PLLF* verschillend. Immers de *PLLI* wordt berekend voor het onbeschermd individu terwijl de *PLLF* wordt berekend met inachtneming van de bescherming. Hierdoor zal *PLLF* kleiner zijn dan *PLLI*. Verder kan de bijdrage aan de *PLLI* van risico's lager dan  $10^{-8} \text{ a}^{-1}$  niet uit de rapporten worden opgemaakt. Hierdoor wordt de *PLLI* in principe onderschat. Het kan dan ook niet worden verwacht dat de *PLLI* en de *PLLF* zoals die uit bijvoorbeeld externe veiligheidsrapporten kunnen worden afgeleid met elkaar overeenstemmen.

In de praktijk zijn de risicocontouren niet altijd cirkelvormig. Naarmate de contouren langgerechter worden, worden de uitkomsten met name in de richting waarin de contouren het smalst zijn steeds onnauwkeuriger.

### 4.2 Invloed van bebouwing op het groepsrisico

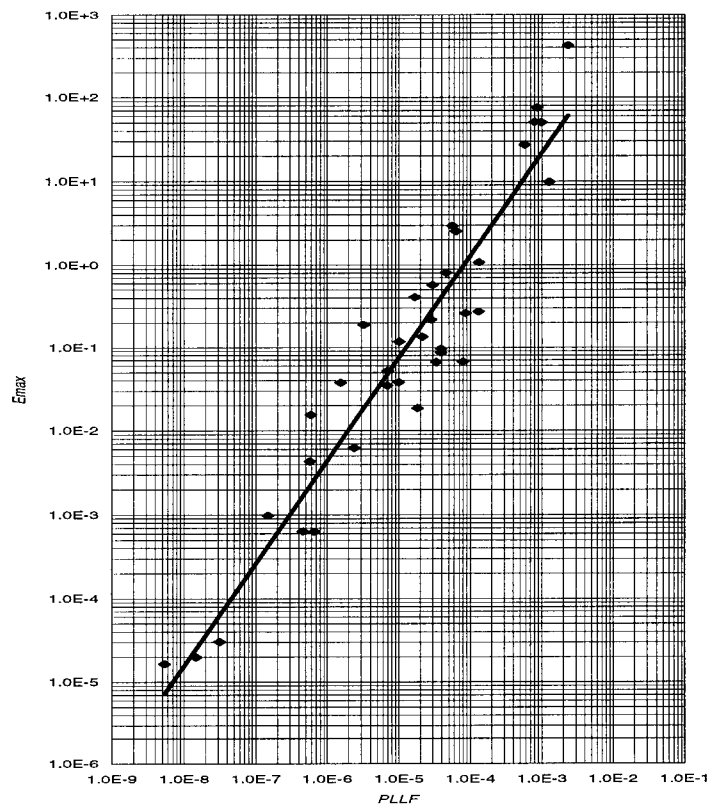
In zijn algemeenheid zal de invloed van bebouwing op het groepsrisico afnemen naarmate deze verder van de risicobron is gelegen. Uit [SA92] kan worden afgeleid dat niettemin veraf gelegen bebouwing een aanzienlijke fractie van het totale groepsrisico kan veroorzaken. De vraag rijst dan of dat kan samengaan met een benadering dan wel overschrijding van de limiet, of dat verafgelegen woonbebouwing alleen een grote bijdrage aan het groepsrisico levert wanneer het totale groepsrisico klein is, dat wil zeggen ver onder de limietwaarde.

Voor een aantal inrichtingen is daarom nagegaan hoe het groepsrisico verandert indien vanaf een bepaalde afstand een bebouwing met een bewoningsdichtheid van  $80 \text{ ha}^{-1}$  zou worden gerealiseerd.

Voorlopige berekeningen duiden erop dat enerzijds niet in alle gevallen de bijdrage van de bebouwing buiten de  $10^{-8}$  contour zo klein is dat deze niet tot overschrijding van de limiet leidt.

## 5 PLLF EN OVERSCHRIJDING VAN DE GR-LIMIET

Laat  $F_{lim}(N)$  de lijn of curve zijn die de limiet voor het groepsrisico beschrijft. Volgens [OM89] derhalve  $F_{lim}(N) = 10^{-3}/N^2$  en  $F(N)$  het groepsrisico in een concrete situatie. Dan wordt de limiet het dichtst benaderd indien het groepsrisico steeds onder de limiet is, dan wel wordt de grootste overschrijding  $E_{max}$  gevonden, wanneer  $F(N)/F_{lim}(N)$  maximaal is. Uit de  $F-N$  curve die in de externe veiligheidsrapporten voor SEVESO bedrijven en spoorwegemplacements bekend is kan dan het verband gevonden worden tussen  $E_{max}$  en de  $PLLF$ . In figuur 5 is voor de SEVESO-bedrijven dit verband weergegeven. De punten liggen in een dubbellog grafiek nagenoeg op een rechte lijn. De regressiecoëfficiënt is 0,9.



**Figuur 5** Berekende  $PLLF$  waarden met bijbehorende  $E_{max}$

De spreiding van de punten is ongeveer een factor 10 naar beide kanten. Hoewel er zoals in paragraaf 3.2 is beschreven op theoretische gronden geen verband is te verwachten tussen het groepsrisico en de overschrijding van het criterium, blijkt in de praktijk een lineair verband te bestaan tussen de logaritmen van de "overschrijding" en de  $PLLF$ .

Indien vooralsnog geen rekening wordt gehouden met de spreiding zou bij een  $PLLF$  van  $10^{-4}$  geen overschrijding van de groepsrisicolimiet meer optreden. Dit is een factor 20 lager dan de  $PLLF$  die, zoals boven is aangegeven, overeenkomt met een situatie waarin over het

hele bereik juist aan de limiet wordt voldaan.

Met behulp van de beschikbare SAFETI bestanden; vertrouwelijke data voor een toxische uitstroming en een brandbare uitstroming (propeenbol, COVO31), is gecontroleerd of de beschreven methode daadwerkelijk toegepast kan worden (tabel 1). Hoewel de *PLLI* en de *PLLF*, zoals eerder is beschreven, in principe niet gelijk zijn, is de *PLLI* gebruikt om deze met de uit de *PLLF* en de F-N limiet-overschrijding berekende grenswaarde te confronteren. Voor beide uitstromingen is de F-N curve herberekend met behulp van SAFETI waarbij de bevolkingsdichtheid op verschillende afstanden van de inrichting op 80 ha<sup>-1</sup> is gezet. De zoneringsafstand wordt bepaald door die afstand waarbij de F-N curve de gestelde groepsrisicolimiet raakt.

**Tabel 1** Bepaalde zoneringsafstanden (m)

|                  | methodiek<br><i>PLLI</i> =10 <sup>-4</sup> | methodiek<br><i>PLLI</i> =10 <sup>-5</sup> | Herberekening<br>SAFETI |
|------------------|--|--|-------------------------|
| Toxische release | 3000                                       | 3740                                       | 2600                    |
| Propeenbol       | 780  | 1160                                       | 1100                    |

De berekeningen laten zien dat als grens wordt genomen *PLLI*=10<sup>-4</sup> (figuur 5) dat dan voor de proppeenbol de zoneringsafstand 30% onderschat wordt terwijl de zoneringsafstand voor de toxische uitstroming 15% wordt overschat. Indien als grens wordt gesteld dat *PLLI*=10<sup>-5</sup> dan blijkt dat de zoneringsafstand voor de proppeenbol 5% wordt overschat terwijl voor de toxische release de zoneringsafstand 45% wordt overschat.

Uitgezocht is of er in figuur 5 een duidelijk onderscheid tussen de brandbare en toxische scenario's gemaakt kan worden zodat mogelijk voor beide scenario's een aparte *PLLI* gedefinieerd kan worden. Dit blijkt niet het geval te zijn.

Een andere mogelijk verklaring zou kunnen zijn dat in tegenstelling tot in bovenstaande controleberekeningen gebruikte aanname, de *PLLI* en *PLLF* niet gelijk aan elkaar gesteld mogen worden. Dit is gecontroleerd door voor de in tabel 2 genoemde bedrijven de *PLLI* af te leiden met behulp van de beschikbare gegevens: de ligging van de 10<sup>-6</sup>, 10<sup>-7</sup> en 10<sup>-8</sup> contouren, de oppervlakte ( $O_{R1..R2}$ ) en het aantal bewoners ( $A_{R1..R2}$ ) tussen de contouren. Uitgaande van het gemiddelde individueel risico tussen de contouren is de *PLLI* als volgt berekend:

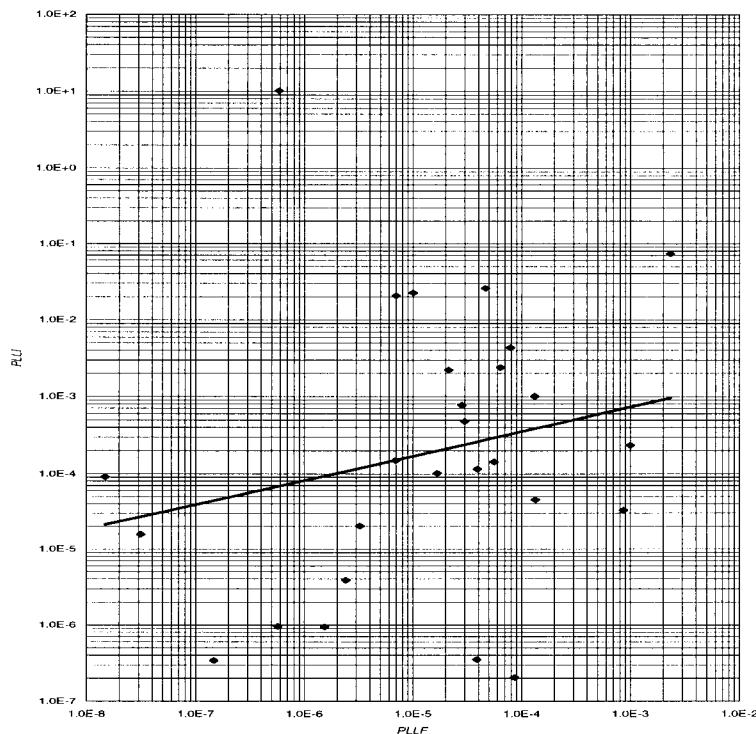
$$PLLI = 2 \cdot \pi \cdot I_o \cdot m \int_{R_1}^{R_2} r \cdot e^{-ar} dr \quad (23)$$

met



$$m = \frac{A_{RI..R2}}{O_{RI..R2}} \quad (24)$$

In figuur 6 is de *PLLF* voor de verschillende bedrijven uitgezet tegen de berekende *PLLI* waarbij de bijdrage van de gebieden tussen de  $10^{-6}$  en  $10^{-7}$  contour en de  $10^{-7}$  en  $10^{-8}$  contour gesommeerd is.



**Figuur 6** Waarden *PLLF* en *PLLI* voor de verschillende bedrijven

De berekende regressielijn (power functie) met een regressiecoëfficiënt van 0,05 laat zien dat, zoals verwacht, de berekende *PLLI* niet direct te correleren is aan de *PLLF*. Berekening van de *PLLI* waarbij andere grenzen in beschouwing genomen worden laten overeenkomstige resultaten zien. Om die reden is het berekenen van de nog bestaande risicoruimte via de F-N curve (zoals in stap 3 van de methode) te verkiezen boven de methode via de individuele risicocontouren.

Uit bovenbeschreven controleberekeningen is gebleken dat met de spreiding in figuur 5 wel rekening gehouden moet worden. De limiet voor de PLL komt daarmee op  $10^{-5}$ .

Met deze waarde kan de methode algemeen worden gebruikt. Dit heeft tot gevolg dat voor

iedere inrichting de afstand bepaald kan worden, waarbuiten onbeperkt kan worden gebouwd, zonder het groepsrisico opnieuw uit te rekenen. Er bestaat dan voldoende zekerheid dat achteraf (i.e. bij uitvoering van een nieuwe risico-analyse) geen of slechts een geringe overschrijding van de groepsrisicolimiet zal blijken. Hierdoor zou desgewenst de verplichting om bij bouwplannen binnen de 1% letaliteitsgrens het groepsrisico opnieuw te berekenen kunnen komen te vervallen. De bij deze PLL limiet behorende zoneringsafstanden voor bewoningsdichtheden van 80 ha<sup>-1</sup> zijn weergegeven in tabel 2.

**Tabel 2** Zoneringsafstand voor de SEVESO-bedrijven

| plant | 10 <sup>-6</sup><br>(m) | 10 <sup>-8</sup><br>(m) | a       | d <sub>6</sub><br>(m) | t.o.v.<br>10 <sup>-8</sup> (m) |
|-------|-------------------------|-------------------------|---------|-----------------------|--------------------------------|
| 44    | 262                     | 302                     | 0,11513 | 22                    | -18                            |
| 42    | 1169                    | 1207                    | 0,12119 | 32                    | -6                             |
| 43    | 422                     | 469                     | 0,09798 | 32                    | -15                            |
| 47    | 223                     | 281                     | 0,0794  | 36                    | -22                            |
| 9     | 258                     | 320                     | 0,07428 | 41                    | -21                            |
| 54    | 197                     | 276                     | 0,05829 | 54                    | -25                            |
| 53    | 581                     | 665                     | 0,05482 | 75                    | -9                             |
| 18    | 274                     | 374                     | 0,04605 | 80                    | -20                            |
| 67    | 889                     | 980                     | 0,05061 | 91                    | 0                              |
| 46    | 359                     | 468                     | 0,04225 | 95                    | -14                            |
| 8     | 48                      | 187                     | 0,03313 | 99                    | -40                            |
| 10    | 142                     | 274                     | 0,03489 | 105                   | -27                            |
| 37    | 214                     | 351                     | 0,03361 | 119                   | -18                            |
| 58    | 112                     | 272                     | 0,02878 | 135                   | -25                            |
| 71    | 228                     | 396                     | 0,02741 | 159                   | -9                             |
| 21    | 481                     | 637                     | 0,02952 | 160                   | 4                              |
| 56    | 319                     | 550                     | 0,01994 | 253                   | 22                             |
| 74    | 243                     | 485                     | 0,01903 | 262                   | 20                             |
| 15    |                         | 273                     | 0,01687 | 272                   | -1                             |
| 12    | 68                      | 357                     | 0,01593 | 310                   | 21                             |
| 84    | 550                     | 839                     | 0,01593 | 357                   | 68                             |
| 55    | 224                     | 549                     | 0,01417 | 386                   | 61                             |
| 70    | 795                     | 1132                    | 0,01367 | 453                   | 116                            |
| 30    | 607                     | 968                     | 0,01276 | 480                   | 119                            |
| 50    |                         | 410                     | 0,01123 | 495                   | 85                             |
| 20    | 338                     | 756                     | 0,01102 | 555                   | 137                            |
| 14    | 444                     | 882                     | 0,01051 | 600                   | 162                            |

| plant | $10^{-6}$<br>(m) | $10^{-8}$<br>(m) | a       | $d_6$<br>(m) | t.o.v.<br>$10^{-8}$ (m) |
|-------|------------------|------------------|---------|--------------|-------------------------|
| 19    | 97               | 612              | 0,00894 | 695          | 180                     |
| 11    | 144              | 674              | 0,00869 | 730          | 200                     |
| 29    | 313              | 901              | 0,00783 | 860          | 272                     |
| 83    | 336              | 944              | 0,00757 | 900          | 292                     |
| 2     | 130              | 755              | 0,00737 | 906          | 281                     |
| 35    | 898              | 1488             | 0,00781 | 910          | 320                     |
| 39    | 318              | 992              | 0,00683 | 1025         | 351                     |
| 36    | 150              | 840              | 0,00667 | 1035         | 345                     |
| 68    | 680              | 1353             | 0,00684 | 1055         | 382                     |
| 25    | 547              | 1245             | 0,0066  | 1095         | 397                     |
| 3     | 314              | 1064             | 0,00614 | 1175         | 425                     |
| 38    | 457              | 1208             | 0,00613 | 1190         | 439                     |
| 7     | 380              | 1144             | 0,00603 | 1210         | 446                     |
| 78    | 305              | 1126             | 0,00561 | 1300         | 479                     |
| 80    | 353              | 1200             | 0,00544 | 1375         | 528                     |
| 24    | 1827             | 2621             | 0,0058  | 1375         | 581                     |
| 63    | 346              | 1329             | 0,00468 | 1660         | 677                     |
| 65    | 775              | 1877             | 0,00418 | 1955         | 853                     |
| 64    | 594              | 1746             | 0,004   | 2050         | 898                     |
| 66    | 1200             | 2331             | 0,00407 | 2055         | 924                     |
| 34    | 670              | 1873             | 0,00383 | 2170         | 967                     |
| 5     | 704              | 2003             | 0,00355 | 2390         | 1091                    |
| 23    | 1389             | 2669             | 0,0036  | 2400         | 1120                    |
| 32    |                  | 1365             | 0,00337 | 2470         | 1105                    |
| 26    | 557              | 1923             | 0,00337 | 2530         | 1164                    |
| 49    | 1225             | 2614             | 0,00332 | 2635         | 1246                    |
| 4     | 920              | 2671             | 0,00263 | 3460         | 1709                    |
| 17    | 518              | 2340             | 0,00253 | 3600         | 1778                    |

## 6 CONCLUSIES

- Uit het onderzoek is gebleken dat een eenvoudige methode om de benodigde zoneringsafstand vast te stellen kon worden ontworpen. De methode zo is ontworpen dat deze in principe conservatieve uitkomsten geeft. Dat wil zeggen dat bij de resulterende zoneringsafstanden de volledige ruimte onder de groepsrisicolimiet in de regel niet volledig zal worden benut.
- Berekeningen laten zien dat het individueel risico als functie van de afstand is te beschrijven uitgaande van de ligging van de individuele risicocontouren.
- Hoewel dat op theoretische grondslag niet is te verwachten blijkt er in de praktijk een verband bestaat tussen de *PLLF* en de overschrijding van de F-N limiet (zie figuur 5).
- Er kon geen eenduidige relatie worden vastgesteld tussen de berekende *PLLI* en de *PLLF* uit de voor het bevoegd gezag beschikbare informatie.

## **7 VERDERE ONTWIKKELINGEN**

### **7.1 Een te ontwikkelen software pakket**

In het voorgaande is een generieke methode beschreven om veranderingen op het gebied van externe veiligheid, met name het groepsrisico, te kunnen inschatten bij de ontwikkeling van plannen in het kader van ruimtelijke ordening. De meest nauwkeurige methode om het groepsrisico vast te stellen is echter het uitvoeren van een kwantitatieve risico-analyse (QRA) zoals dit ook wordt gedaan bij het opstellen van een externe veiligheidsrapportage (EVR). Dit is een vrij omvangrijke activiteit, waarvoor in het algemeen bij de opsteller van ruimtelijke ordeningsplannen de middelen en de kennis ontbreken.

Een optie om een veel betere kwantitatieve bepaling van het groepsrisico te verkrijgen dan met de generieke methode mogelijk is, maar met veel minder inspanning en kennis dan voor een QRA nodig is, is het ontwikkelen van een op maat gesneden software pakket voor dit doel.

Bij dit softwarepakket ziet de gebruiker alleen:

- een kaart van het betreffende gebied,
- met daarop de locatie van de risicobron,
- bestaande bebouwing: vanuit bestaande datafiles, of naar wens met nieuwe file aan te leveren of grafisch ('met muis') in te vullen,
- geplande bebouwing, vanuit een file aan te leveren of grafisch in te vullen,
- een grafisch- of keyboard-menu om het programma te besturen.

Het resultaat is een set individuele risicocontouren op de kaart rond de inrichting en een groepsrisicocurve. Waarmee de RO planner precies dat ter beschikking krijgt wat in het kader van externe veiligheid nodig is.

Om het programma te kunnen laten werken zal in ieder geval door het bedrijf, hetgeen in de meeste gevallen al een EVR heeft gemaakt of daar mee bezig is, informatie moeten worden aangeleverd betreffende de risicoscenario's. Het formaat en de vorm van de informatie moet worden afgesproken. Het aan leveren van de juiste informatie kan door anderen dan de opsteller van ruimtelijke ordeningsplannen worden bewaakt, bijvoorbeeld door de RIMH of het RIVM. Over dit pakket zijn al besprekingen gevoerd met de leverancier van het door het RIVM gebruikte QRA-pakket. Het RO-planningspakket kan voortbouwen op bestaande QRA-software en kan worden toegepast op een PC.

**REFERENTIES**

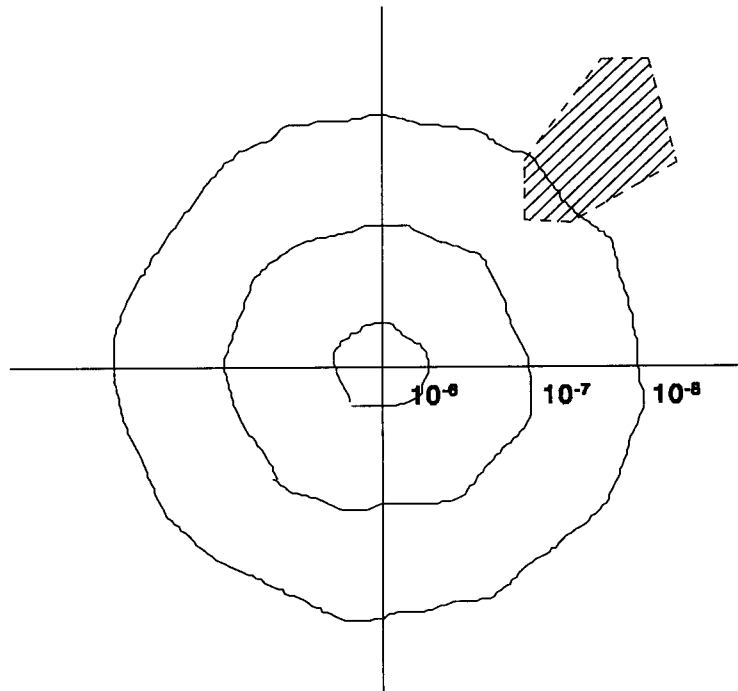
- [Lo95] Lommers GCM, Brand van den D, Bottelberghs PH. External Safety Policy for Chemical Sites in the Netherlands. OECD. Paris. 1995.
- [OM89] Omgaan met Risico's. Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 1988-1989, nr. 21137. SDU-uitgeverij. Den Haag. 1989.
- [SA92] SAVE. Het berekend groepsrisico in relatie tot de omvang van het geïncinventariseerde bevolkingsgebied. SAVE. Apeldoorn. 1992.

**SYMBOLLEN**

|               |   |
|---------------|---|
| $A_i$         | Aantal bewoners in de zone tussen $IR = 10^{-i}$ en $IR = 10^{-(i+1)}$                          |
| $a$           | Karakteristieke constante voor de afname van het individuele risico met de afstand [ $m^{-1}$ ] |
| $d_6$         | Afstand van de $10^{-6}$ contour tot de zoneringsafstand [m]                                    |
| $E_{max}$     | Maximale overschrijding van de groepsrisicolimiet [-]   |
| $F(N)$        | Kans op meer dan N doden [ $a^{-1}$ ]   |
| $F_{lim}(N)$  | Vergelijking van de limietlijn voor het groepsrisico [ $a^{-1}$ ]                               |
| $I_0$         | Individueel risico in het risicomidden [ $a^{-1}$ ]   |
| $m(r)$        | Bevolkingsdichtheid als functie van de afstand tot het risicomidden [ $m^{-2}$ ]                |
| $m_0$         | Constante bevolkingsdichtheid [ $m^{-2}$ ]  |
| $P(N)$        | Kans op een ongeval met precies N doden [ $a^{-1}$ ]  |
| PLL           | Verwachtingswaarde van het aantal doden (Potential Loss of Life) [ $a^{-1}$ ]                   |
| PLLI          | PLL berekend uit de verdeling van het individuele risico [ $a^{-1}$ ]                           |
| PLLF          | PLL berekend uit $F(N)$ [ $a^{-1}$ ]  |
| $PLLF_{lim}$  | PLL die overeenkomt met $F_{lim}(N)$ [ $a^{-1}$ ]   |
| $r, R_1, R_2$ | Afstanden tot het risicomidden [m]  |
| $R_6$         | Afstand vanaf risicomidden waarop de $10^{-6}$ contour is gelegen [m]                           |
| $R_8$         | Afstand vanaf risicomidden waarop de $10^{-8}$ contour is gelegen [m]                           |
| $R_{min}$     | Afstand tussen risicomidden en dichtstbijgelegen punt van de bebouwing [m]                      |
| $R_{max}$     | Afstand tussen risicomidden en verstweggelegen punt van de bebouwing [m]                        |
| $\varphi$     | Sectorhoek voor bebouwing [rad]   |

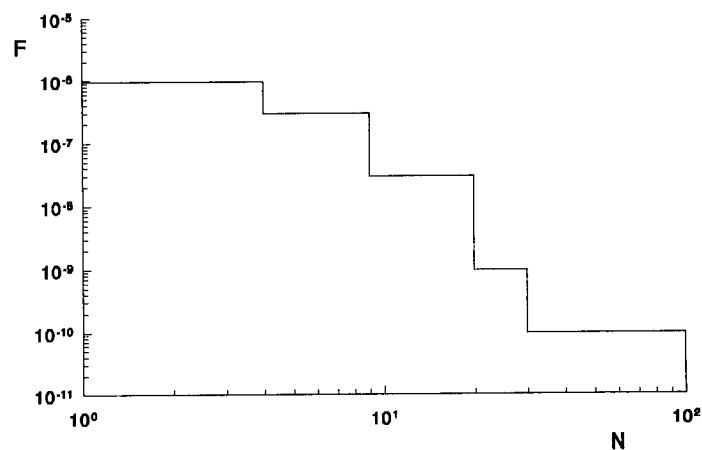
**BIJLAGE 1** Uitgewerkt voorbeeld van de methode

De stappen in het rekenschema worden gevolgd voor een inrichting waarvoor de IR contouren als volgt zijn gelegen:  $10^{-6}$  op 100m,  $10^{-7}$  op 300m,  $10^{-8}$  op 500m (figuur 7).



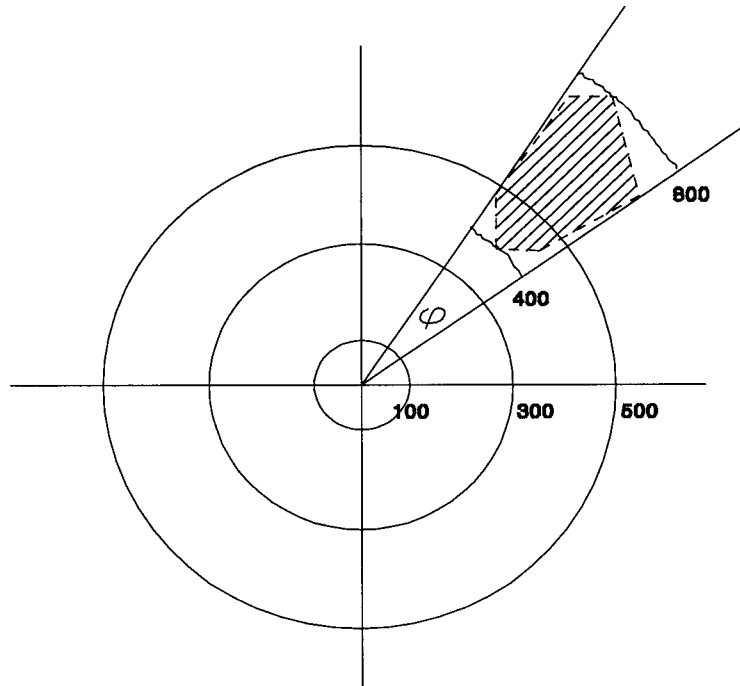
**Figuur 7** Schematische weergave van ligging IR-contouren met de toegevoegde bebouwing in rekenvoorbeeld.

Het aantal inwoners in de zone  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$  bedraagt 1533, in de zone  $10^{-7}$  -  $10^{-8}$  wonen 3016 inwoners. De F-N curve is weergegeven in figuur 8.



**Figuur 8** F-N curve voor rekenvoorbeeld





**Figuur 9** Hulplijnen voor het rekenvoorbeeld.

STAP 1

Bepaal de maximale afstand van de  $10^{-6}$  en de  $10^{-8}$  contour tot het risicomidden. Het risicomidden is het (denkbeeldige) centrum van de risicocontouren.

Trek hiertoe door de risicocontouren een aantal hulplijnen door het risicomidden. Bepaal de afstanden tussen de tegenoverliggende snijpunten met de contouren. Bereken de diameters van de  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  en de  $10^{-8}$  contour. Neem van de gevonden waarden voor ieder risiconiveau het maximum. Deel deze door 2 om  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_7$  en  $R_8$  te vinden (In het voorbeeld is geen  $10^{-5}$  contour opgenomen).

STAP 2

Bereken nu de grootheid  $a$  uit

$$a = \frac{4.6}{(R_8 - R_6)} \tag{1}$$

VUL IN:

$$a = 0,0115$$

Bereken tevens de grootheid  $I_0$  uit

$$I_o = \frac{10^{-6}}{e^{-aR_0}} \quad (2)$$

VUL IN:

$$I_o = 3,2e-6$$

Bereken de PLL voor de bestaande bebouwing als volgt.

Indien geen F-N curve bekend is en het groepsrisico niet verwaarloosbaar is, ga dan naar STAP 4.

-----  
STAP 3

3A

Indien bij de F-N curve tevens de verwachtingswaarde van het aantal doden is gegeven dan is *PLL* deze waarde. Deze verwachtingswaarde wordt ook wel aangeduid met PLL of Rate Of Death.

3B

Indien de *PLL* niet bij de F-N curve is gegeven, voer dan de volgende berekening uit:

$$PLL = \sum_1^{N_{max}} F(N) \quad (3)$$

Waarin  $N_{max}$  het grootste aantal N is waarvoor nog een waarde van F gegeven is. Dat wil zeggen dat de waarden van  $F(N)$  voor iedere N bij elkaar moeten worden opgeteld. Indien tussen twee waarden van N,  $N_1$  en  $N_2$ , de waarde van  $F(N)$  constant ( $F(N_1) = F(N_2)$ ) is kan voor dat stuk van de F-N curve  $(N_2 - N_1 + 1) * F(N_1)$  worden gebruikt.

Indien het groepsrisico verwaarloosbaar is, dient voor *PLL* de waarde nul genomen te worden.

VUL IN:

$$PLL = 5,9e-6$$

Ga naar stap 5

## STAP 4

Bepaal het aantal bewoners in de zones  $10^5 - 10^6$ ;  $10^6 - 10^7$ ;  $10^7 - 10^8$ . Noem deze respectievelijk  $A_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$ .

VUL IN:

$$A_5 = 0$$

$$A_6 = 1533$$

$$A_7 = 3016$$

Bepaal de dichtheden in deze zones uit

$$m_i = \frac{A_i}{\pi * (R_{i+1}^2 - R_i^2)} \quad (4)$$

Waarin  $m_i$  de dichtheden zijn in de respectievelijke zones en  $R_i$  de afstand tot de  $10^i$  contour.

VUL IN:

$$m_5 = 0$$

$$m_6 = 0,0061$$

$$m_7 = 0,0060$$

Bereken nu de PLLI's voor de drie zones uit

$$PLLI_i = \frac{2\pi I_o m_i}{a^2} * (e^{-aR_i} (aR_i + 1) - e^{-aR_{i+1}} (aR_{i+1} + 1)) \quad (5)$$

VUL IN:

$$PLLI_5 = 0$$

$$PLLI_6 = 4,94e-4$$

$$PLLI_7 = 1,08e-4$$

Bereken nu de *PLLI* door deze drie te sommeren.

VUL IN:

$$PLLI = 6,02e-4$$

---

 STAP 5

Bereken nu de invul ruimte  $PLLI_r$ : uit

ofwel  $PLLI_r = 10^{-5} - PLLF$ , indien deze in stap 3 bepaald kon worden

ofwel  $PLLI_r = 10^{-5} - PLLI$ , indien deze in stap 4 bepaald moest worden omdat stap 3 onuitvoerbaar was.

VUL IN:

$$PLLI_r = 4,1e-6$$

---

 STAP 6

De voorgenomen bouwlocatie is, zonder verdere berekeningen, toegestaan, als wordt voldaan aan de voorwaarde uit vergelijking (6).

$$\frac{10^{-6} \cdot e^{-a \cdot d_6}}{a^2} \cdot (a \cdot d_6 + a \cdot R_6 + 1) < \frac{PLLI_r}{2 \cdot \pi \cdot m_b} \quad (6)$$

Waarin  $m_b$  de maximaal te verwachten bewoningsdichtheid is. Indien het ongewenst is een maximum te stellen aan de toekomstige bewoningsdichtheid buiten de zoneafstand of indien deze nog niet bekend is neem dan voor  $m_b$  0,008 (80 pers/ha).

VUL IN:

$$m_b = 0,008$$

De waarde van zoneringsafstand  $d_6$  wordt bepaald door de minimale afstand tot de  $10^{-6}$  contour ( $d_6 > 0$ ) waarbij de voorwaarde uit vergelijking (6) niet wordt overschreden.

## 6A

Indien de positie van de voorgenomen bouwlocatie bekend is, kan deze als waarde voor  $d_6$  (= positie - afstand tot de  $10^{-6}$  contour) worden genomen.

Als met deze waarde voldaan wordt aan de voorwaarde uit vergelijking (6) zijn geen verdere berekeningen meer nodig. Vervolg anders met stap 7A.

## 6B

Indien de waarde van  $d_6$  bekend moet zijn, kan deze bepaald worden via iteratie. De

afstand  $R_6 - R_6$  is een goede startwaarde voor  $d_6$ . Tevens kan gebruik worden gemaakt van de figuren uit bijlage 2.

VUL IN:

$$d_6 = 584$$

Indien voor de gegeven situatie het niet toestaat om rondom de betreffende inrichting te bouwen (b.v. door de aanwezigheid van water) kan de  $d_6$  waarde ook bepaald worden met behulp van stap 7B.

---

### STAP 7

Indien de voorgenomen bouwlocatie binnen een bepaalde sector ligt, kan gebruik gemaakt worden van de minder stringente voorwaarde uit vergelijking (7).

$$\frac{10^{-6} \cdot e^{-a \cdot d_6}}{a^2} \cdot (a \cdot d_6 + a \cdot R_6 + 1) < \frac{PLLI_r}{\varphi m_b} \quad (7)$$

Bepaal eerst de sectorhoek,  $\varphi$ , die de mogelijke bouwlocatie omsluit.

VUL IN:

$$\varphi = 0,35 \text{ rad (= 20 graden)}$$

#### 7A

Indien de positie van de voorgenomen bouwlocatie bekend is, kan deze als waarde voor  $d_6$  (= positie - afstand tot de  $10^{-6}$  contour) worden genomen.

Als met deze waarde voldaan wordt aan de voorwaarde uit vergelijking (7) zijn geen verdere berekeningen meer nodig. Vervolg anders met stap 8.

#### 7B

Bereken nu  $d_6$ , op gelijke wijze als in STAP 6, uit de vergelijking (7).

VUL IN:

$$d_6 = 290$$

---

 STAP 8

Bepaal, bijvoorbeeld uit een concept bestemmingsplan, de minimale en maximale afstand,  $R_{\min}$  en  $R_{\max}$ , van de bouwlocatie tot het risicomidden. Bepaal ook de sectorhoek,  $\varphi$ . Bepaal de bewoningsdichtheid  $m_b$ .

VUL IN:

$$\varphi = 0,35 \text{ rad}$$

$$m_b = 0,003$$

$$R_{\min} = 400$$

$$R_{\max} = 800$$

Bereken de toegevoegde  $PLLI_a$  uit

$$PLLI_a = \varphi \cdot m_b \cdot \frac{I_o}{a^2} \cdot (e^{-a \cdot R_{\min}} (a \cdot R_{\min} + 1) - e^{-a \cdot R_{\max}} (a \cdot R_{\max} + 1)) \quad (8)$$

VUL IN:

$$PLLI_a = 1,39e-6$$

Indien  $PLLI_a < PLLI_r$  zijn verdere berekeningen niet nodig. Vervolg anders met stap 9.

---

 STAP 9

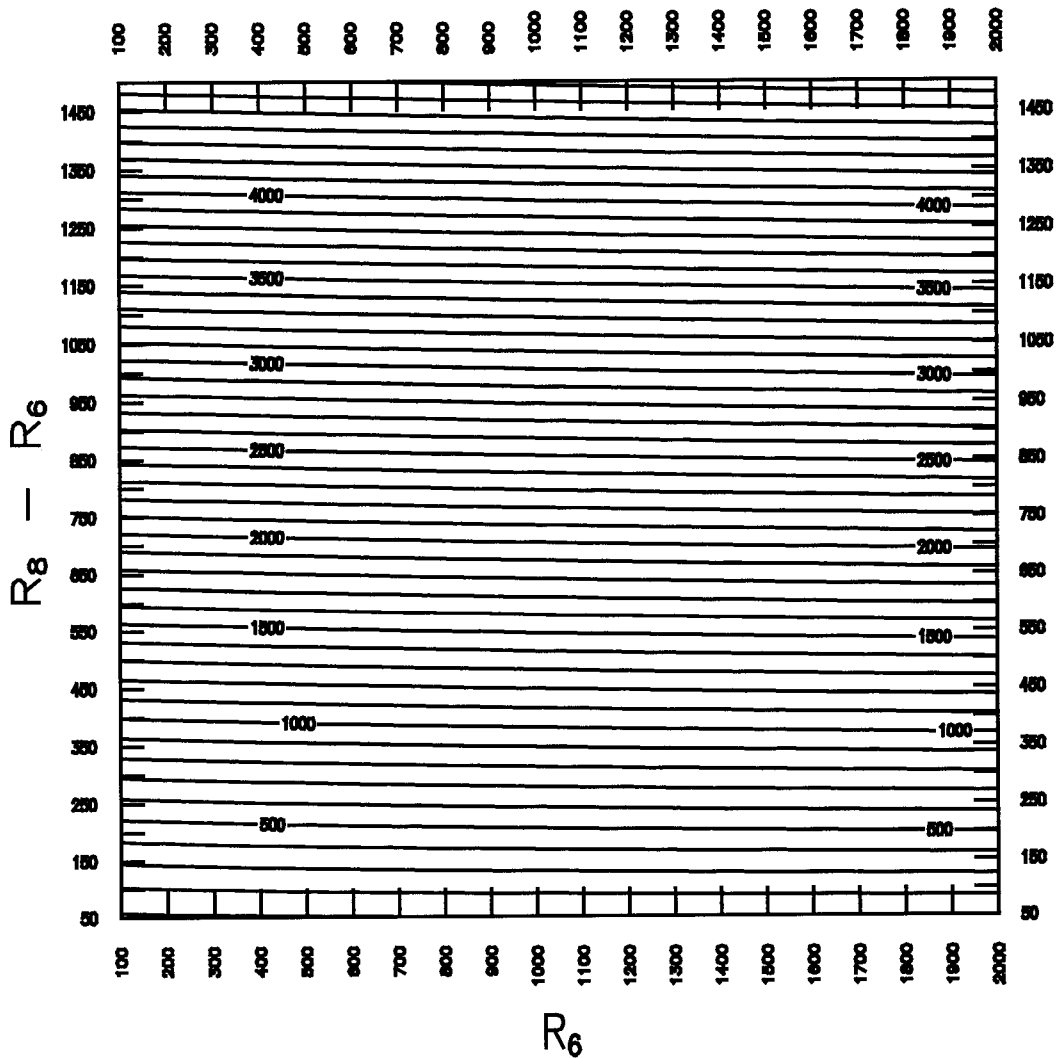
Gebruik de Planning Application Tool (medio 1996) of voer een risico-analyse uit om na te gaan of met dit bouwplan de groepsrisicolimiet al dan niet wordt overschreden.

**BIJLAGE 2** Nomogrammen voor het bepalen van  $d_6$

Procedure:

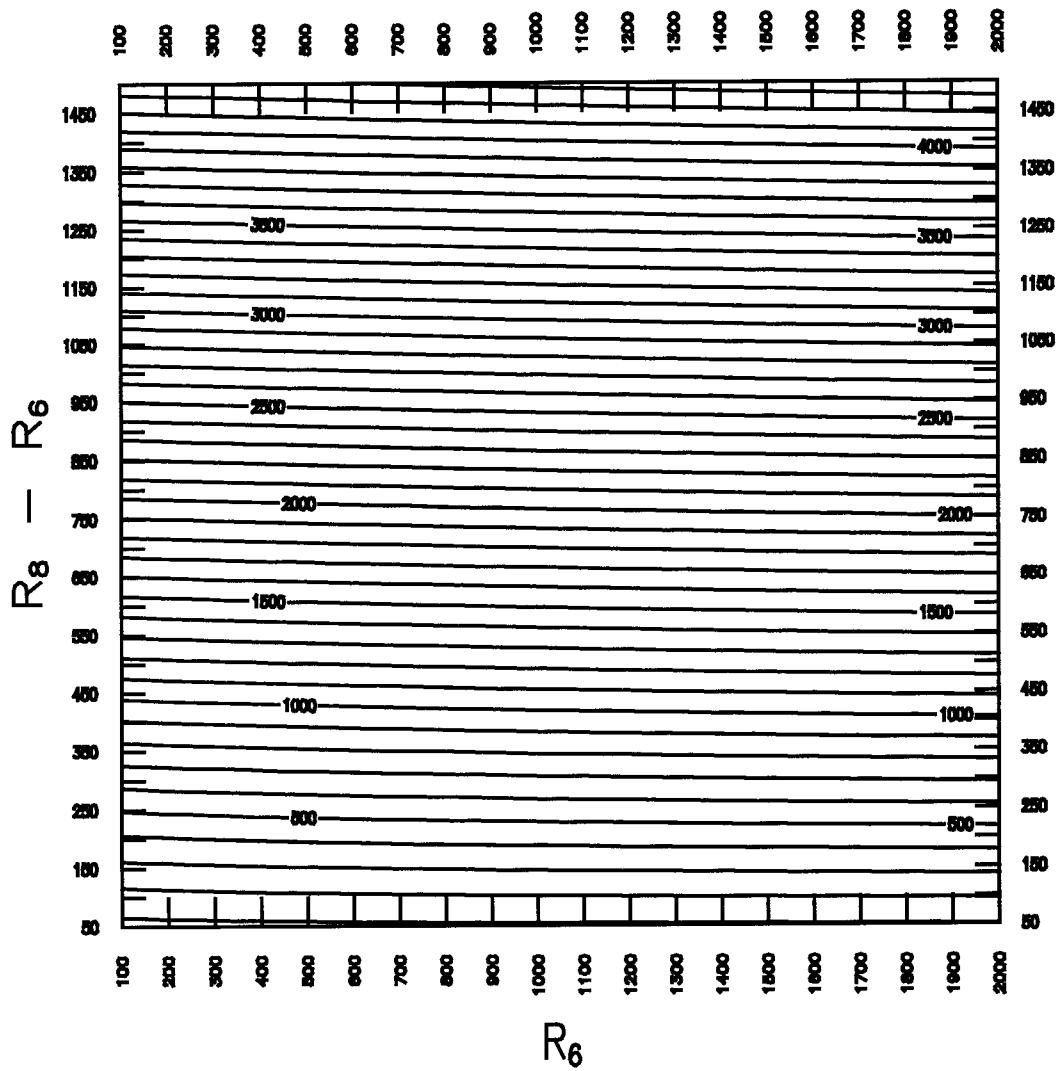
- 1) Bepaal de waarde van  $PLLI_r(m_b \varphi)$
- 2) Bepaal de figuur die bij de in stap 1 bepaalde waarde hoort. Neem bij een tussenliggende waarde de figuur met de laagste waarde.
- 3) Bepaal aan de hand van de ligging van  $R_6$  en  $R_8$  de waarde voor  $d_6$

$$PLLI_r(m_b \varphi) = 10^{-6}$$



**Figuur 10** Nomogram voor  $PLLI_r(m_b \varphi) = 10^{-6}$

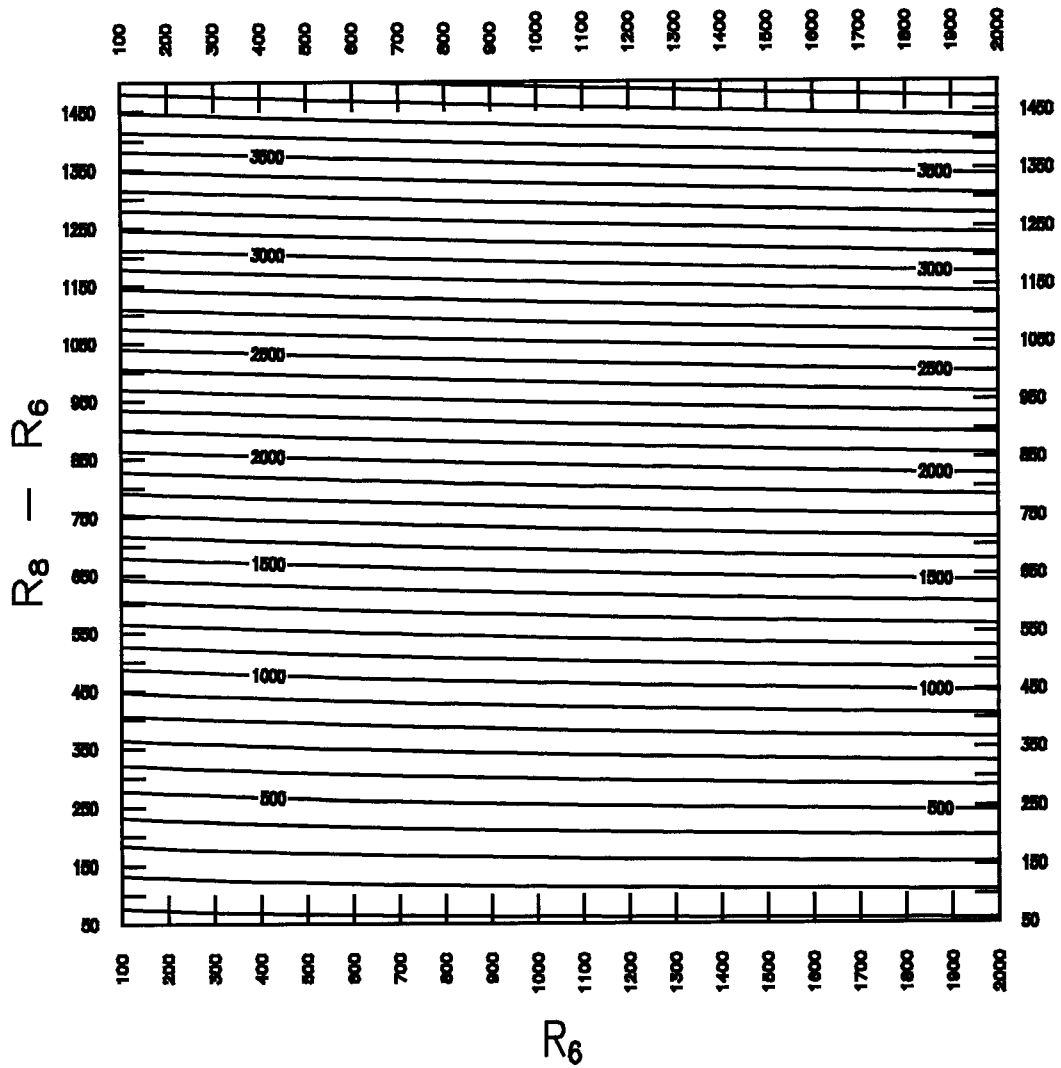
$$PLLI_f(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-6}$$



Figuur 11 Nomogram voor  $PLLI_f(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-6}$

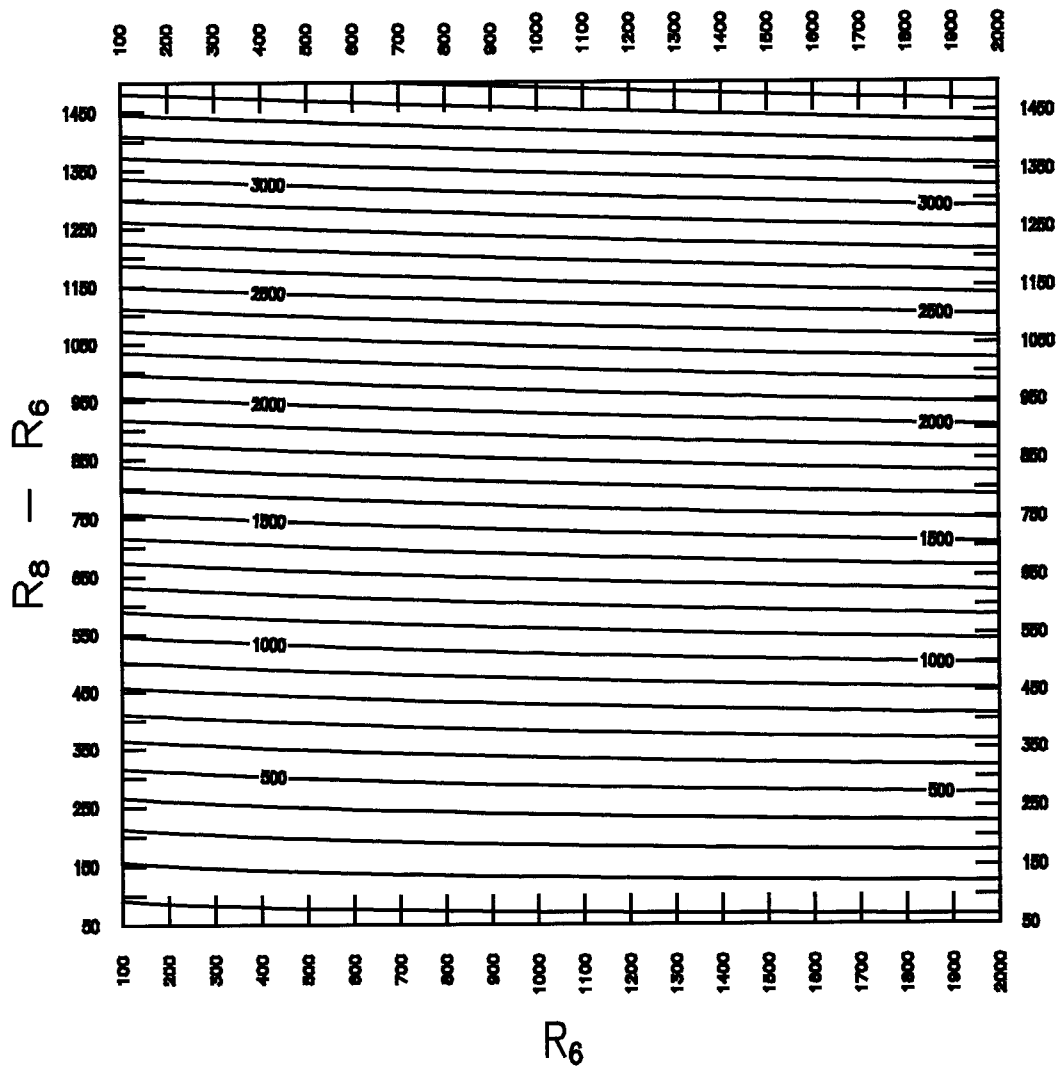


$$PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-5}$$



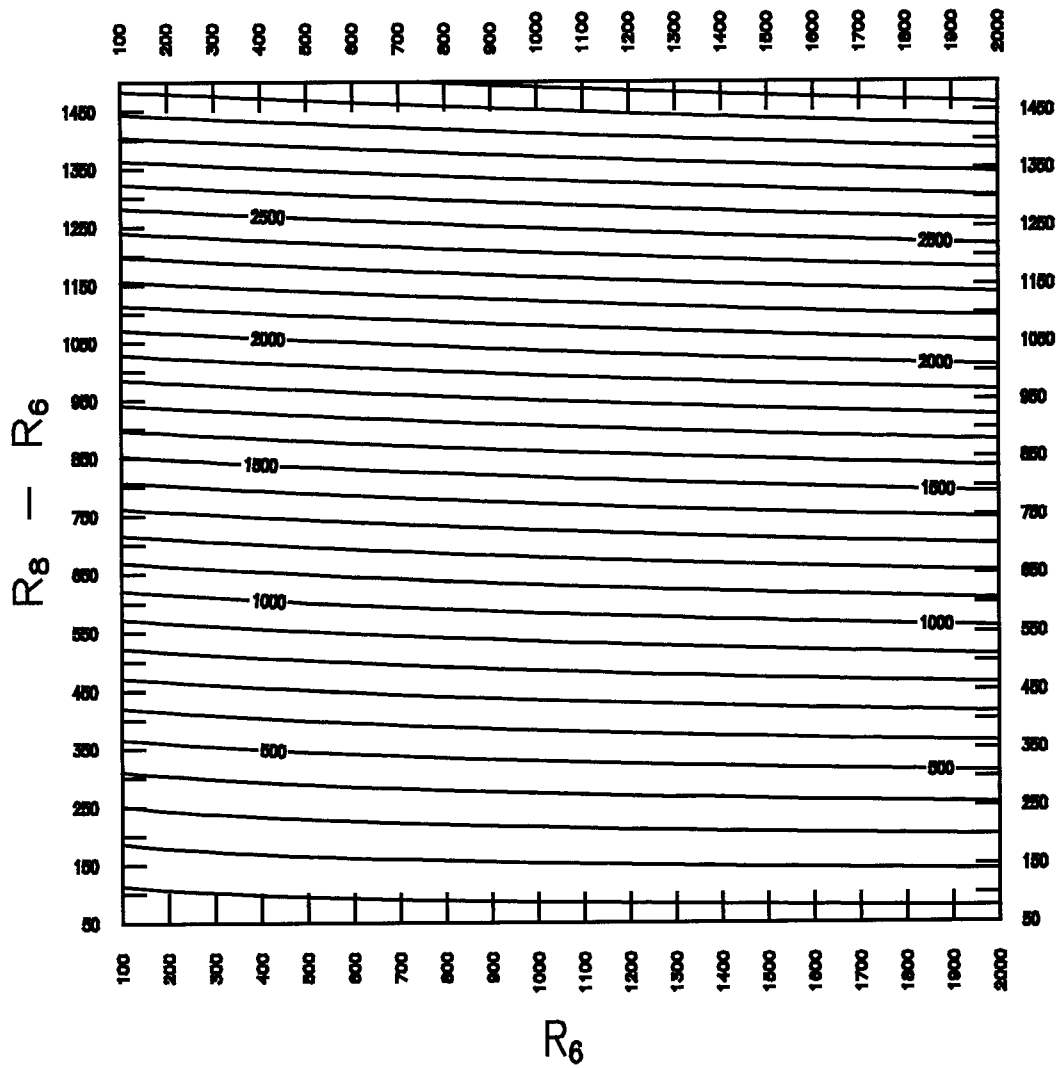
Figuur 12 Nomogram voor  $PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-5}$

$$PLLI_r(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-5}$$



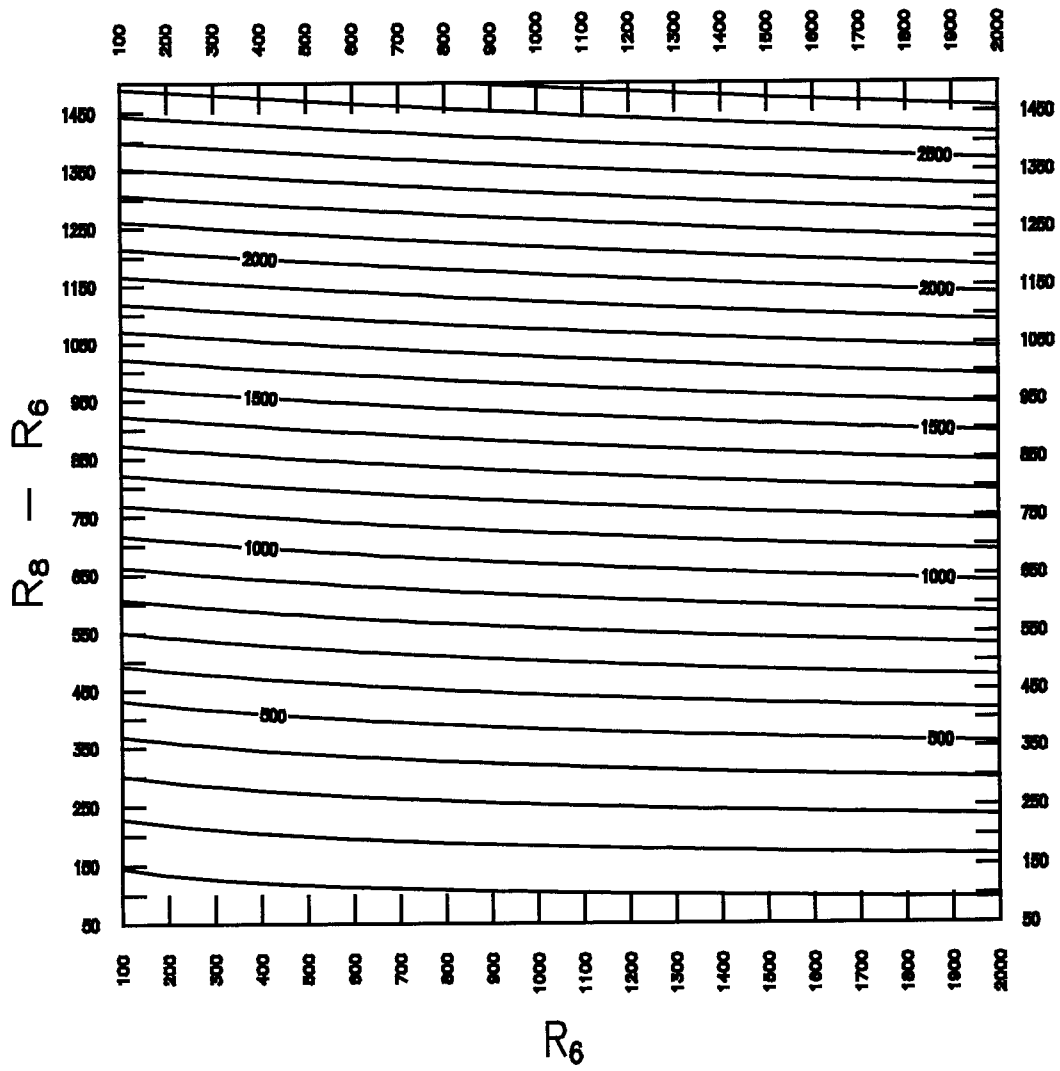
Figuur 13 Nomogram voor  $PLLI_r(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-5}$

$$PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-4}$$



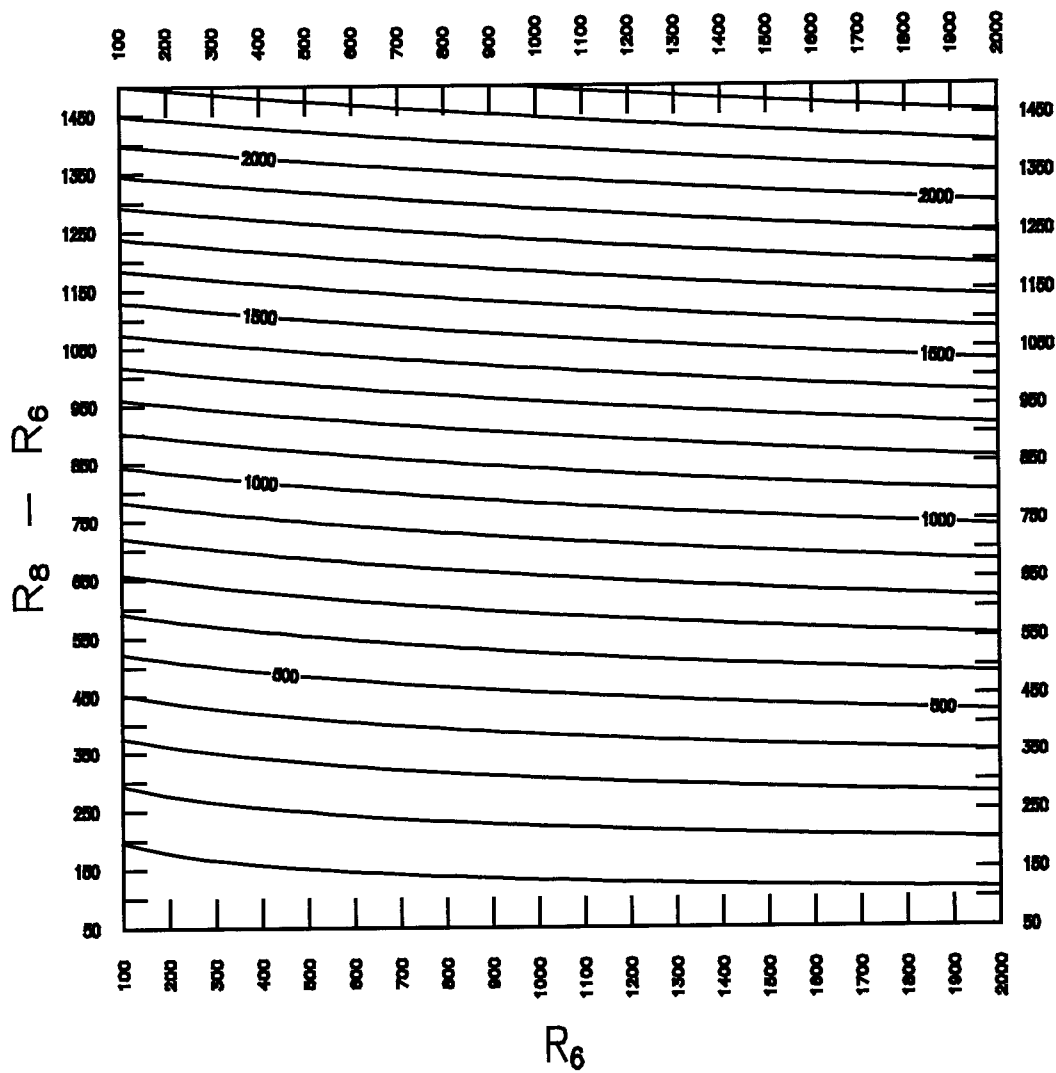
Figuur 14 Nomogram voor  $PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-4}$

$$PLLI_f(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-4}$$



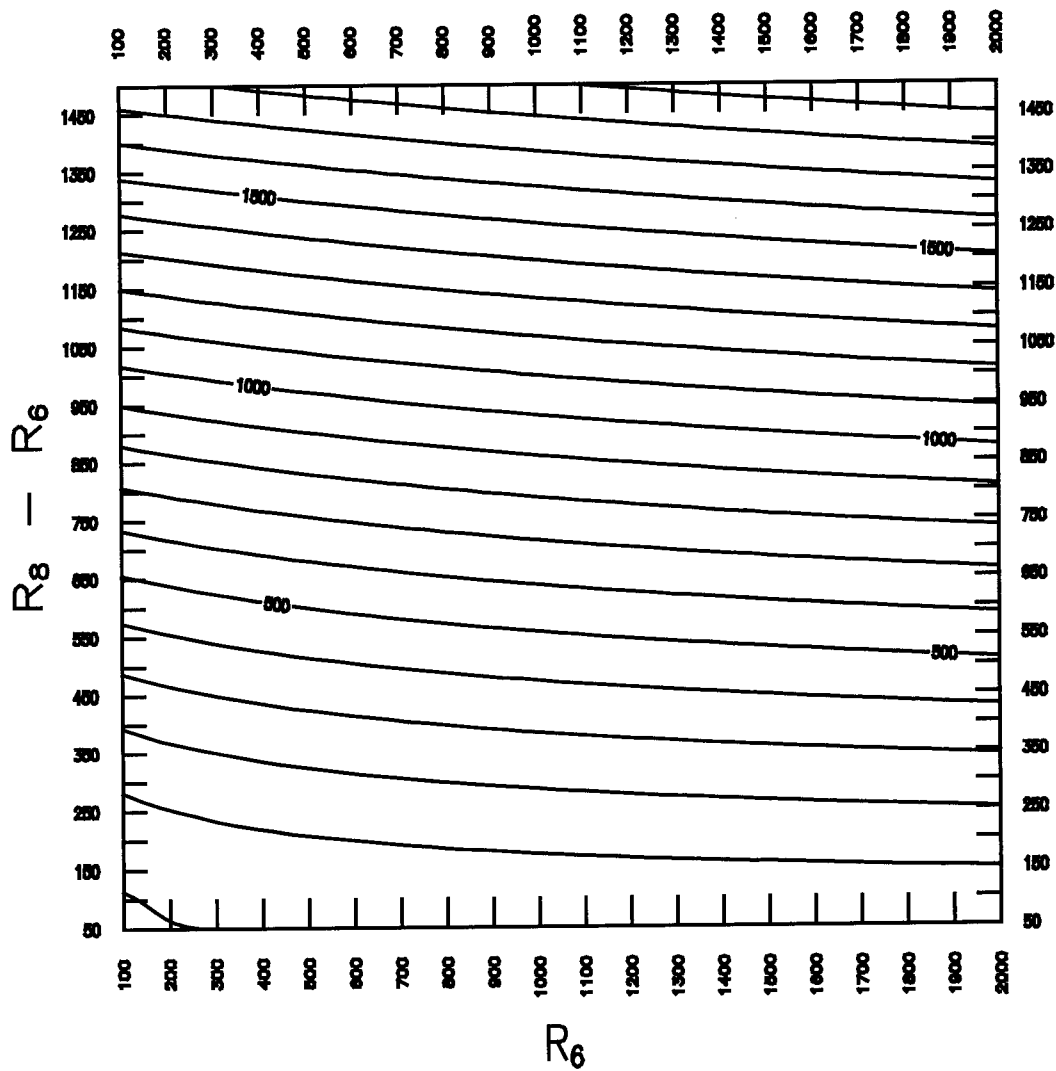
**Figuur 15** Nomogram voor  $PLLI_f(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-4}$

$$PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-3}$$



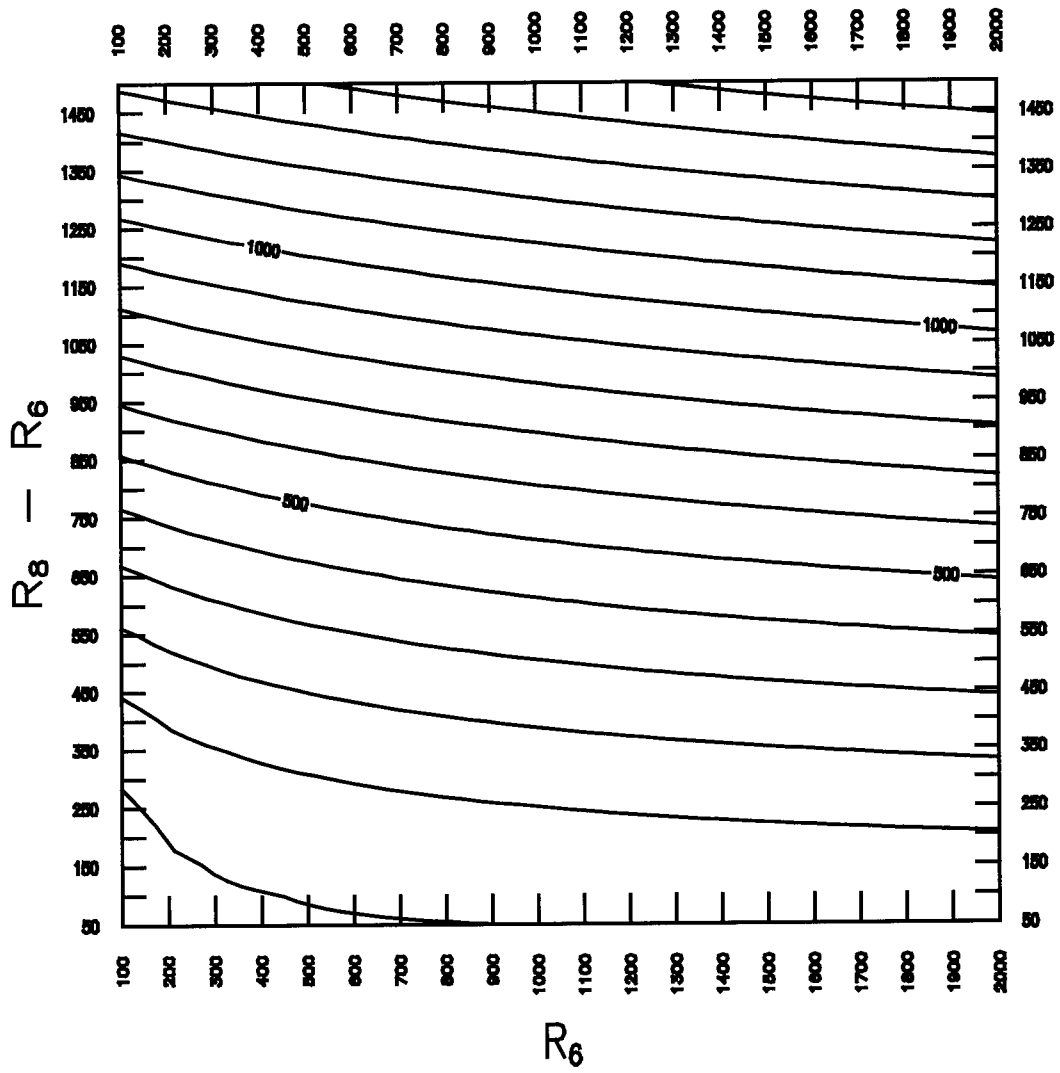
Figuur 16 Nomogram voor  $PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-3}$

$$PLLI_r(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-3}$$



Figuur 17 Nomogram voor  $PLLI_r(m_b \varphi) = 3 \cdot 10^{-3}$

$$PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-2}$$



**Figuur 18** Nomogram voor  $PLLI_f(m_b \varphi) = 10^{-2}$

### BIJLAGE 3

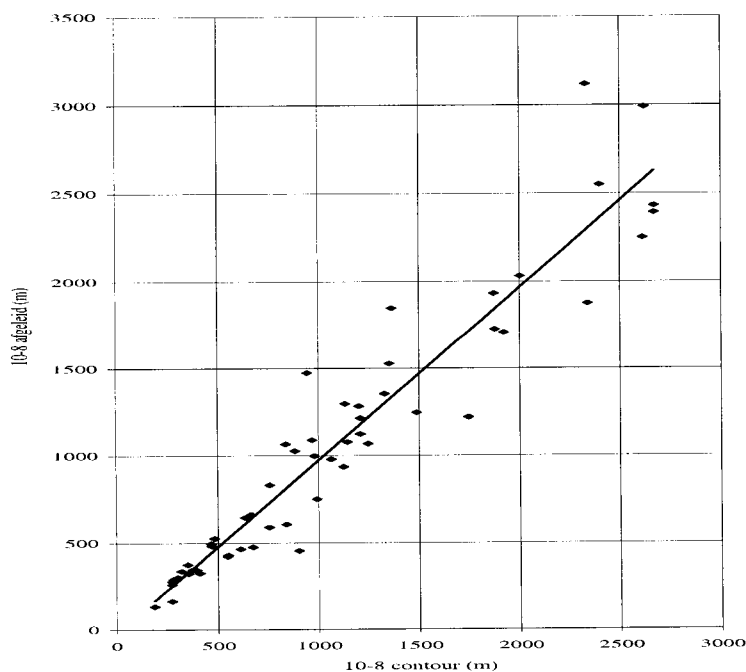
De functie waarmee de afstand tot de verschillende individuele risicocontouren (IR) beschreven wordt is:

$$I(r) = I_0 e^{-a r} \quad (18)$$

$I(r)$  : Waarde individueel risico op afstand  $r$

Voor het afleiden van de waarde van de parameters  $a$  en  $I_0$  zijn de IR-contouren van de SEVESO-bedrijven gebruikt. De gegevens van enkele SEVESO-bedrijven zijn niet meegenomen aangezien in de desbetreffende EVR rapporten essentiële informatie ontbrak. Met behulp van de afstanden tot het  $10^{-6}$ - en  $10^{-7}$ -contour is voor ieder bedrijf afzonderlijk de waarden van  $a$  en  $I_0$  bepaald.

In figuur 19, is de scatterplot voor de uit de functie afgeleide afstand tot het  $10^{-8}$ -contour en de ingevoerde waarde van de afstand tot de  $10^{-8}$  contour gegeven. Vertrouwelijke data waarvan ook de ligging van de  $10^{-9}$  en  $10^{-10}$  contour bekend is, ondersteunen het gebruik van bovenstaande functie. Wel blijkt dat de parameterwaarden voor  $a$  en  $I_0$  voor iedere inrichting afzonderlijk afgeleid moeten worden.



**Figuur 19** Afgeleide en ingevoerde afstand tot  $10^{-8}$ -contour