

TNO-rapport RD-E/8504-240, SAWORA-project A1.2

RIVM-rapport nr. 248108002, SAWORA-project A1.1

**STRALINGSBELASTING VAN DE BEVOLKING EN
STRALINGSNIVEAUS IN HET BINNENMILIEU IN NEDERLAND
T.G.V. NATUURLIJKE GAMMABRONNEN**

H.W. Julius (RD-TNO) en R. van Dongen (RIVM)

April 1985

Radiologische Dienst TNO (RD-TNO)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene (RIVM)

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek in het kader van het Onderzoekprogramma SAWORA, dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en het Ministerie van Economische Zaken en is beschreven in project nr. 0779 en 248108 (samenwerkingsovereenkomst 4.351-12.1 en 4.351-15.2, d.d. 820610).

**TNO-report RD-E/8504-240, SAWORA-project A1.2
RIVM-report nr. 248108002, SAWORA-project A1.1**

**RADIATION DOSES TO THE POPULATION AND
INDOOR RADIATION LEVELS IN THE NETHERLANDS,
DUE TO EXTERNAL NATURAL SOURCES**

H.W. Julius (RD-TNO) and R. van Dongen (RIVM)

April 1985

**Radiological Service TNO (RD-TNO)
National Institute of Public Health and Environmental Hygiene
(RIVM)**

The execution of this investigation was commissioned by the Management Office for Energy Research (PEO) within the framework of the Research Programme SAWORA which is financed by the Ministry of Housing, Physical Planning and Environment and the Ministry of Economic Affairs.

INHOUD

	pag.
Samenvatting Summary	
1. Inleiding	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Componenten gammastraling in het leefmilieu	2
2. Opzet van het onderzoek	3
2.1 Algemene opzet	3
2.2 Werving en selectie van deelnemers	4
DEEL A: METINGEN AAN PERSONEN EN IN WONINGEN MET TLD	
3. Organisatorische aspecten	5
3.1 Aanschrijving van en instructies voor deelnemers	5
3.2 Codering en uitgiftepatroon van dosimeters	5
3.3 Tijdschema en registratie van gebeurtenissen	7
4. Dosimetrie met TLD	8
4.1 Dosis(tempo)metingen met de TLD-badge	8
4.2 Calibratie en lineariteit	10
4.3 Preparatie van de TLD-badges	11
4.4 Berekening van de dosis per TLD-badge	11
5. De metingen en meetresultaten	13
5.1 De meetprocedure	13
5.2 Meetresultaten van de TLD-badges	14
5.3 Discussie van de TLD-metingen	14
5.4 Verwerking van de meetresultaten	15
6. Discussie	16
DEEL B: EXPOSITIETEMPOMETINGEN IN WONINGEN	
7. Expositietempometingen	17
7.1 Meetmethode	17
7.2 Afscherming van kosmische straling	18
8. Meetresultaten	22
8.1 Meetresultaten	22
8.2 Statistische verwerking	25
9. Discussie	28
DEEL C: VERGELIJKING RESULTATEN VAN A EN B EN SLOTCONCLUSIES	
10. Vergelijking resultaten van delen A en B	30
11. Slotconclusies	30
12. Naschrift	31
Referenties	
Tabellen en Figuren	
Appendices	
Bijlagen	

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de metingen, uitgevoerd ter bepaling van de (gamma)stralingsdoses, ontvangen door de Nederlandse bevolking ten gevolge van natuurlijke stralingsbronnen zoals die in het leefmilieu worden aangetroffen. Resultaten worden verschaft, afgeleid uit twee onafhankelijke meetmethoden:

1. Exposie/dosistempometingen in het leefmilieu (woonhuizen en werklocaties), uitgevoerd door middel van, respectievelijk, een hoge druk ionisatiekamer en thermoluminescentiedosimeters (TLD's) en
2. Metingen aan personen door middel van TLD.

Het onderzoek omvatte ca 750 personen, 400 woningen en 275 werklocaties. De deelnemers werden geselecteerd en verdeeld in twee groepen op basis van hun woonplaats in gebieden met respectievelijk "hoog" en "laag" terrestrisch stralingsniveau. Onderscheid werd gemaakt tussen drie categorieën personen op grond van hun leefpatroon. Een schatting werd gemaakt van de invloed die de terrestrische component van de natuurlijke straling en enkele veel gebruikte bouwmaterialen hebben op het stralingsniveau van het binnenmilieu. Het gemiddelde exposietempo, aangetroffen in het binnenmilieu, bedraagt $9,4 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ ($6,7 \times 10^{-13} \text{ C}(\text{kg}\cdot\text{s})^{-1}$). Het gemiddelde dosistempo waaraan personen worden blootgesteld bedraagt $9,3 \mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ ($93 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$). Voor beide werd een standaarddeviatie van 15-20% gevonden.

Trefwoorden:

- Bevolkingsdosis
- Gamma-exposietempo
- Gammastralingsmonitor
- Thermoluminescentiedosimetrie
- Woningen

Summary

An estimate has been made of gamma doses to the population in the Netherlands, caused by natural radiation sources encountered in the environment. Data are given, derived from two independent types of measurements:

1. Exposure/dose rate measurements in the living environment (private houses as well as workplaces), using a high pressure ionization chamber and thermoluminescent dosimeters (TLD) respectively and
2. Individual monitoring, using TLD.

The study included some 750 individuals, 400 houses and 275 workplaces. The participants were selected and divided into two groups on the basis of their location in areas of relatively high and low terrestrial radiation level respectively. Distinction was made between three categories of individuals with respect to their patterns of life. An estimate was made of the influence of the terrestrial component of the natural background and of some typical building materials on the indoor radiation level.

An average indoor exposure rate of $9.4 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ ($6.7 \times 10^{-13} \text{ C}\cdot(\text{kg}\cdot\text{s})^{-1}$) and a dose rate of $9.3 \mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ ($93 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$) for individuals were found, both with a standard deviation of 15-20%.

Keywords: • Environmental dosimetry/exposure

- Gammaradiation monitor
- Indoor exposure
- Population dose
- Thermoluminescence dosimetry

1. Inleiding

1.1 Algemeen

Het in dit rapport beschreven onderzoek had ten doel inzicht te krijgen in de stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking, veroorzaakt door uitwendige straling afkomstig van bronnen van natuurlijke en kunstmatige oorsprong in het leefmilieu. Het ging hierbij dus om

- a. gammastraling, afkomstig van radioactieve stoffen en andere stralingsbronnen in de directe omgeving van de mens (aardkorst, bouwmaterialen e.d.);
- b. kosmische straling.

Expliciet uitgesloten hierbij was de bijdrage aan de stralingsbelasting ten gevolge van medisch onderzoek of therapeutische behandeling.

Om een beeld te krijgen van de stralingsdoses die personen ontvangen, kan men verschillende wegen bewandelen: directe en indirecte. De directe weg kiest te methode van metingen aan personen zelf, waaruit zowel de gemiddelde stralingsbelasting als de variaties daarin volgen. De indirecte weg voert, via kennis van de stralingsvelden (bv. verkregen uit metingen in het directe leefmilieu), tot een berekende schatting van de gemiddelde individuele stralingsbelasting.

Het hier beschreven onderzoek heeft zich van beide technieken bediend, waarbij gestreefd is naar overlappingsen, zodanig dat de resultaten met elkaar in verband konden worden gebracht:

Deel A beschrijft de dosismetingen, uitgevoerd met de methode van de thermoluminescentiedosimetrie (TLD) aan individuele personen en in de woningen en werkomgevingen van deze personen, uitgevoerd door de Radiologische Dienst TNO (RD-TNO).

Deel B beschrijft de metingen van de exposietempi in dezelfde woningen en werkomgevingen, uitgevoerd met een gasgevulde ionisatiekamer door het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiene (RIVM).

Deel C legt het onderlinge verband tussen de resultaten uit de onderdelen A en B.

Het project werd uitgevoerd in het kader van het nationaal onderzoekprogramma "Stralingsaspecten van woonhygiëne en andere radioecologische problemen" (SAWORA) [1]. Voor een beschrijving van de deelprojecten A en B wordt verwezen naar de Appendices 1 en 2. Deel B kan worden beschouwd als een vervolg op het project "Natuurlijke achtergrondstraling in Nederland", Deel 1: "Vrije veldmetingen" (eveneens omschreven in Appendix 2), waarover reeds eerder werd gerapporteerd [2].

1.2 Componenten gammastraling in het leefmilieu

In zijn dagelijkse omgeving wordt de mens blootgesteld aan inwendige en uitwendige straling. De inwendige straling wordt veroorzaakt door radioactieve stoffen, die van nature in het lichaam aanwezig zijn. De bijdrage hiervan wordt in dit rapport buiten beschouwing gelaten. De uitwendige straling wordt gevormd door de kosmische straling en door gammastraling van de in de natuur aanwezige radioactieve stoffen. De kosmische straling is in Nederland vrijwel alleen afhankelijk van de luchtdruk en zal in het algemeen binnen Nederland met ongeveer 5% fluctueren. Zij bedraagt op zeeniveau gemiddeld 28 mSv/j, hetgeen overeenkomt met $3,7 \mu\text{R} \cdot \text{h}^{-1}$ [3]. De andere component is op te splitsen in terrestrische straling [2] en in gammastraling afkomstig van bouwmaterialen toegepast in de woningbouw. Als belangrijkste bouwmaterialen kunnen genoemd worden hout, baksteen, beton en in de laatste decennia ook gips, zowel van natuurlijke als van chemische oorsprong. De veelvuldige toepassing van gipsblokken en gipsplaten, waarin o.a. het nuclide radium kan voorkomen, is één van de redenen geweest voor de opzet van het SAWORA-onderzoek.

In dit rapport zullen voor de grootheden exposie en exposietempo gehanteerd worden de eenheden R en $\text{R} \cdot \text{h}^{-1}$ en voor de grootheden dosis en dosistempo de eenheden rad en $\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ *).

*)Ter vereenvoudiging van de vergelijking tussen de resultaten van TNO en het RIVM zijn genoemde eenheden i.p.v. SI-eenheden gebruikt.

1 R = $2,58 \times 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$, 1 $\text{R} \cdot \text{h}^{-1}$ = $7,17 \times 10^{-8} \text{ C} \cdot (\text{kg} \cdot \text{s})^{-1}$

1 rad = 10^{-2} Gy en 1 $\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ = $2,78 \times 10^{-6} \text{ Gy} \cdot \text{s}^{-1}$

2. Opzet van het onderzoek

2.1 Algemene opzet

In verband met de haalbaarheid van het onderzoek diende de omvang ervan beperkt te blijven tot ongeveer 800 personen, 400 huizen en 200 werkplekken. Met het doel na te gaan in hoeverre het natuurlijk (terrestrische) achtergrondniveau in het "vrije veld" invloed heeft op de individuele stralingsbelasting en/of het stralingsniveau in gebouwen, werden de deelnemers aan het onderzoek gerecruteerd uit:

- X: gebieden met een "hoog" terrestrisch stralingsniveau
($\geq 4,5 \mu\text{R/h}$) (202 woningen) en
Y: gebieden met een "laag" terrestrisch stralingsniveau
($< 3,0 \mu\text{R/h}$) (206 woningen).

Deze verdeling kon worden gemaakt op grond van de resultaten van de "vrije veldmetingen", uitgevoerd door het RIVM [2].

Met het doel na te gaan in hoeverre het gedragspatroon van individuen invloed heeft op de stralingsbelasting werden de deelnemers verdeeld in drie categorieën:

- kat. 1: Zij die hun tijd grotendeels thuis doorbrengen (huisvrouwen en -mannen);
kat. 2: Zij die hun werkzaamheden buiten de woning verrichten doch wel in een gebouw (bv. kantoor);
kat. 3: Zij die hun werkzaamheden grotendeels in de "openlucht" verrichten (boeren, postbodes e.d.).

Van alle deelnemers werd, door middel van een hen per post toegezonden TLD-badge, de persoonlijke dosis gemeten over een periode van drie maanden. In alle bij het onderzoek betrokken woningen werden ter zelfder tijd TLD-badges geplaatst, en wel in de woonkamer. Waar zinvol en mogelijk werden deze metingen eveneens uitgevoerd op de werklocatie van de onder categorie 2 vallende personen (zie deel A).

In de meeste woningen en werklocaties werden, in dezelfde ruimten, exposietempometingen verricht, waaraan in vele gevallen nog metingen in de tuin werden toegevoegd. Deze laatste hadden ten doel aanvullende informatie te

verschaffen omtrent het buitenniveau. Bovendien werden gegevens verzameld omtrent de toegepaste bouwmaterialen, om na te gaan in hoeverre deze het stralingsniveau in de gebouwen beïnvloeden (zie deel B). Voor zover het de woningen betreft, werden deze gegevens ontleend aan het woningenbestand, zoals opgebouwd door het Kernfysisch Versneller Instituut (KVI) te Groningen, i.v.m. het radononderzoek [4] (zie ook § 2.2).

2.2 Werving en selectie van deelnemers

Om een kostbare wervingsactie voor het verkrijgen van deelnemers aan het onderzoek te vermijden, werd gebruik gemaakt van het adressenbestand van het KVI te Groningen (RUG), dat was opgebouwd ten behoeve van het onderzoek naar radonconcentraties in Nederland [4]. Uit dit bestand werden die adressen gelicht waarvan de twee eerste cijfers van de postcode aangaven dat de betreffende woningen gelegen waren in gebieden met respectievelijk "hoge" en "lage" terrestrische achtergrond. De relatie tussen postcode en natuurlijk stralingsniveau werd ontleend aan eerder uitgevoerd onderzoek [2]. De gebruikte postcodegebieden zijn gegeven in Tabel 2.1.1. Zoals blijkt uit Fig. 2.1.1, waarin de locatie van deze gebieden is aangegeven, strekte het onderzoek zich uit over 8 van de 11 provincies.

Tezamen met een introductie (bijlage 1) van het KVI (ter verklaring van de herkomst van het gebruikte adressenbestand) werd een wervingsbrief (bijlage 2) en een antwoordformulier (bijlage 3) gezonden aan 760 adressen (325 in "hoog", 435 in "laag"). Uit de daarop teruggestuurde positieve reacties werd, op grond van de in de antwoordformulieren verschaft gegevens, een 407-tal deelnemers gekozen, waarbij gestreefd werd naar een optimaal aantal deelnemers in elk van de in §2.1 omschreven categorieën. Aan hen die niet aan het onderzoek konden deelnemen werd daarvan bericht gezonden (bijlage 4).

Aan de uitgezochte adressen werd bevestiging van hun deelname gezonden (bijlage 5), waarbij tevens werd bericht dat TNO en RIVM afzonderlijk contact zouden opnemen.

De adressen (incl. postcode) van de deelnemers werden opgeslagen in voor dit onderzoek opgezette computerbestanden waaraan later de tijdens het onderzoek verkregen overige gegevens werden gekoppeld.

DEEL A: METINGEN AAN PERSONEN EN IN WONINGEN MET TLD

3. Organisatorische aspecten

3.1 Aanschrijving van en instructies voor deelnemers

Nadat de deelnemers was medegedeeld (zie bijlage 5) dat het onderzoek zou worden uitgesteld tot de herfst 1983 – zulks in verband met mogelijk ongemak veroorzaakt door het dragen van dosimeters in combinatie met zomerkleding en om de invloed van vakantiereizen naar het buitenland te vermijden – werden in september 1983 alle dosimeters per post gedistribueerd, vergezeld van een instructie (bijlage 6) en een korte uiteenzetting (bijlage 7) over de gebruikte meetmethode.

Op 12 december – verlaat vanwege de poststaking, doch voor het wintersport-seizoen – werden per brief (bijlage 8) alle dosimeters "teruggeroepen". Bij dit schrijven werd een enquête-formulier (bijlage 9) ingesloten, dat ten doel had om, naast enige algemene informatie, gegevens te verkrijgen die zouden kunnen dienen ter interpretatie van (uitzonderlijke) dosisuitslagen.

3.2 Codering en uitgiftepatroon van dosimeters

Alle, aan de deelnemers te verstrekken, TLD's (zie §3.1) werden voorzien van een code, bestaande uit het TNO volgnummer (X### of Y### voor respectievelijk "hoog" en "laag") en een gebruikerscode. Voor deze laatste werden 5 verschillende aanduidingen gebruikt, t.w.:

- P1 = dosimeter te dragen door de vrouw
- P2 = dosimeter te dragen door de man
- R1 = dosimeter voor de werkplek van de vrouw
- R2 = dosimeter voor de werkplek van de man
- AO = dosimeter voor de woonkamer in de privewoning.

Hoewel a priori geen redenen waren aan te wijzen waarom onderscheid tussen de sexen m.b.t. de stralingsbelasting zou moeten worden gemaakt, werd een verschil in de codering aangebracht om verwisseling van dosimeters tussen echtgenoten te vermijden, zulks in verband met de directe relatie die diende te bestaan tussen elke persoon en zijn/haar werkplek.

Voor het gereedmaken en verzenden van de juiste dosimeters als ook voor de latere verwerking van de meetresultaten, werd per deelnemende woning het

uitgiftepatroon voor dosimeters vastgelegd in een "uitgiftecode". Deze bestond uit 5 posities die refereerde aan, respectievelijk, P1, R1, P2, R2 en AO. Aan de cijfers van deze code werden de volgende betekenissen verbonden:

0 = dosimeter niet uitgegeven

1 = persoon in categorie 1

2 = persoon in categorie 2

3 = persoon in categorie 3

(zie §2.1)

4 = werkplek

5 = woonkamer

Daarmee waren de volgende mogelijkheden voorhanden:

<u>"UITGIFTECODE"</u>				
P1 (vrouw)	R1 (werkplek vr)	P2 (man)	R2 (werkplek man)	AO (woonkamer)
0	0	0	0	5*
1	4	1	4	
2		2		
3		3		

*0 (nul) komt hier niet voor.

Voorbeeld

De code: 24305 betekent:

Uitgereikt werden de dosimeters P1, R1, P2 en AO.

De vrouw werkte buitenshuis (kat. 2) en ontving een werkplek dosimeter.

De man werkte in de "openlucht" (kat. 3) zonder aanwijsbare standplaats (geen werkplek dosimeter). Een woonkamer dosimeter werd uitgereikt.

Het aantal voor het onderzoek gebruikte dosimeters en de verdeling over de verschillende categorieën deelnemers, woningen en werkplekken, is gegeven in Tabel 3.2.1.

3.3 Tijdschema en registratie van gebeurtenissen

Tabel 3.3.1 geeft een overzicht van het tijdschema waarin de voornaamste gebeurtenissen van het onderzoek hebben plaatsgevonden.

Aangezien bij de berekening van de dosis en het dosistempo (zie §4.4) voor elke TLD-badge rekening diende te worden gehouden met de individuele historie, zijn alle daarbij van belang zijnde gegevens in computerbestanden opgenomen. De volgende gegevens werden aldus vastgelegd:

a. Van alle deelnemende adressen:

- a.1 Naam, adres, woonplaats, postcode
- a.2 TNO-volgnummer in de vorm
X### (voor deelnemers in gebieden met een "hoog" terrestrisch stralings-niveau)
Y### (idem voor "laag")
- a.3 Code, aangevende het uitgiftepatroon van TLD-badges (zie §3.2)

b. Van alle bij het onderzoek betrokken TLD-badges:

- b.1 TLD-badge identificatie (b.v. X123 R2, zie §3.2)
- b.2 Tijdstip van nulstelling (= aanvang verblijf in stralingsarme opslagruimte)
- b.3 Tijdstip van verzending naar de deelnemer (= einde verblijf in opslagruimte)
- b.4 Tijdstip terugkeer bij de RD-TNO (= aanvang verblijf in opslagruimte)
- b.5 Tijdstip uitlezing (= einde opslag, aanvang heropslag)
- b.6 Tijdstip van heruitlezing (= einde opslag)
- b.7 Meetresultaten per TL-detector (A, B, C) bij uitlezing
- b.8 Meetresultaten per TL-detector (A, B, C) bij heruitlezing

Met behulp van zoekroutines konden deze gegevens naar behoefte met elkaar worden gecombineerd.

Figuur 3.3.1 geeft een beeld van het patroon van terugontvangst van de dosimeters.

4. Dosimetrie met TLD

4.1 Dosismetingen met de TLD-badge

Voor het onderzoek werd gebruik gemaakt van de TLD-badge, zoals door de RD-TNO ontwikkeld ten behoeve van de individuele stralings-controle van radiologische werkers [5].

In deze dosimeters waren ondergebracht drie TLD-100 (LiF) ribbons ($3,2 \times 3,2 \times 0,9 \text{ mm}^3$) (Harshaw, USA), in de volgende posities:

A: achter circa 40 mg.cm^{-2} polycarbonaat ("open-window")

B: achter circa 340 mg.cm^{-2} polycarbonaat

C: achter 2 mm aluminium.

De in de persoonsdosimetrie gehanteerde grootheid is de geabsorbeerde dosis op een diepte van 1000 mg.cm^{-2} (1 cm), die geacht wordt een representatief beeld te geven van de stralingsbelasting van de "radiologische werker", zodat metingen in directe relatie kunnen worden gebracht met de vigerende dosismetingen bij bestraling van het gehele lichaam. Als referentie voor deze grootheid wordt algemeen uitgegaan van de geabsorbeerde dosis op 1 cm diep in de (weefsel-equivalente) ICRU-bol ($\varnothing$ 30 cm). Dosimeters, gebruikt voor de persoonlijke dosiscontrole, worden daarom - wanneer gedragen op het lichaam - geacht te responderen (als functie van de stralingsenergie) conform deze referentie.

M.b.v. (Monte Carlo) berekeningen en experimenten is de relatie vastgesteld tussen de exposie in vrije lucht (gemeten met een ionisatiekamer, bij afwezigheid van een fantoom) en de geabsorbeerde dosis in de ICRU-bol, als functie van de stralingsenergie. De aldus bekende [6] conversiefactoren (zie Tabel 4.1.1) kunnen worden toegepast bij de calibratie over het "gehele" fotonenenergiegebied (0,01 - 1,25 MeV) van persoonsdosimeters, waarbij de bestraling dient te geschieden "op fantoom".

De met de TNO TLD-badge uitgevoerde calibratie, toont aan dat, in het fotonen-energiegebied tussen 50 keV en 1,25 MeV, de gemiddelde responsie van de zich in posities B en C bevindende TL-detectors, goede overeenstemming geeft met de geabsorbeerde dosis op een diepte van 1 cm in de ICRU-bol (zie Tabel 4.1.1 en Fig. 4.1.1).

In het gebied tussen circa 150 keV en 1,25 MeV is de relatieve responsie praktisch 1,00; beneden 150 keV is sprake van een lichte overresponsie, tot ca 10%. Voor de TL-detector in positie A werden geen gedetailleerde experimenten over het genoemde fotonenenergiegebied uitgevoerd, doch uit verschillende intervergelijkingsstudies in velden van natuurlijke achtergrondstraling is komen vast te staan dat de responsie van deze detector niet significant afwijkt van die der beide andere. Voor elke dosimeter werd de ontvangen dosis dan ook bepaald door berekeningen van het gemiddelde van de meetresultaten van elk van de drie detectors. [Detector A werd toegevoegd enerzijds om de statistiek van de metingen te verbeteren, anderzijds om op het spoor te komen van bestralingen met zeer lage fotonenenergieën, zoals bijvoorbeeld toegepast in de röntgen-diagnostiek].

Men kan het natuurlijk fotonen stralingsveld beschouwen als te zijn opgebouwd uit gammastraling afkomstig van de in het leefmilieu voorkomende radioactieve stoffen en de kosmische straling, waarin fotonen met energieën boven 1,25 MeV en muonen voorkomen. Voor deze laatste zijn vrijwel geen eigen experimenten uitgevoerd ter bepaling van de responsie van de TLD-badje. Dergelijke experimenten en berekeningen zijn echter in de literatuur [7, 8] beschreven. De resultaten tonen aan de TLD's correct responderen in het veld van natuurlijk gammastraling, doch dat de responsie voor muonen uit het kosmisch stralingsveld ongeveer 0,84 bedraagt. Aangezien de kosmische straling (op zeeniveau) voor ca 80% uit muonen bestaat, wordt de kosmische component van het natuurlijk stralingsveld mogelijk ondergewaardeerd met een factor 0,87. Dit blijkt in goede overeenstemming met de resultaten, door de RD-TNO verkregen bij een internationaal vergelijkingsexperiment voor kosmische straling [9]. Genoemde onderwaardering van de muonen component zou mogelijk kunnen leiden tot een te lage opgave van het werkelijke dosistempo met ca $0,5 \mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$. Aangezien echter ook experimenten zijn beschreven [10] waarin deze afwijking niet of in mindere mate werd gevonden, werden geen correcties aangebracht in de meetresultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek.

4.2 Calibratie en lineariteit

Aangezien de methode van de thermoluminescentiedosimetrie een relatieve meetmethode is (het uitleesresultaat van een serie TL-detectoren hangt af van de gevoeligheid van die detectoren en van de instelling van het uitleesapparaat), dient in principe voor elke meetreeks een calibratie te worden uitgevoerd.

Voor dit onderzoek is deze calibratie uitgevoerd bij het RIVM (terwille van de vergelijkbaarheid met andere metingen). Daartoe werden vijf dosimeters (gelijk aan die, gebruikt voor de overige metingen (zie §4.3) en geladen met LIF detectoren uit dezelfde selectie) bestraald in een goed gecollimeerde bundel van ^{60}Co -gammastraling [11]. Tijdens de bestraling waren de dosimeters in een cirkelvormige configuratie (diameter 20 cm) bevestigd op het voorvlak ($30 \times 30 \text{ cm}^2$) van een perspex (polymethylmetacrylaat) fantoom ($30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$), waarvan het geometrisch midden gelegen was op de bundelas. De bestrafingsafstand bedroeg 2509 mm en de veldgrootte ter plaatse van het voorvlak van het fantoom was 38 cm. De gegeven exposie (geldend in vrije lucht, dus bij afwezigheid van het fantoom) bedroeg $252,3 \text{ mR} \pm 2\%$ ($249,8 \text{ mrad}$ op een diepte van 1000 mg.cm^{-2}).

De aldus bestraalde dosimeters werden uitgelezen tezamen met de overige voor het onderzoek gebruikte TLD's (zie §5.1). Het daaruit resulterende meetresultaat (in "counts") leidde tot een calibratiefactor (in counts per mrad) die werd toegepast om alle overige meetresultaten (eveneens in counts) te converteren naar de geabsorbeerde dosis (mrad) (zie §4.4).

Het toepassen van slechts één enkele calibratiefactor, verkregen bij een dosis van circa 250 mrad, voor het converteren van meetresultaten tussen 20 en 35 mrad is slechts toelaatbaar indien het meetsysteem lineair is in het beschouwde dosisgebied. Hoewel uit vroegere metingen reeds bekend was dat de combinatie TLD-100 detectoren en TNO TLD-reader zich lineair gedraagt tussen 2 en 200.000 mR, werd dit t.b.v. dit onderzoek nogmaals geverifieerd. Uit de resultaten, samengevat in Tabel 4.2.1 en Fig. 4.2.1, mag worden geconcludeerd dat op volstrekte dosislineariteit mag worden gerekend in het gebied tussen 5 en 250 mrad.

4.3 Preparatie van de TLD-badges

De bijna 5.000 LiF TL-detectors die voor het onderzoek nodig waren werden vooraf geselecteerd op laag nulniveau (= meetresultaat van een onbestraalde detector) en op individuele gevoeligheid binnen een band van + en - 2% (S.D.). De laatstgenoemde selectie vond plaats na bestraling in een homogeen veld Co-60 gammastraling tot een exposie van circa 250 mR.

Slechts enkele dagen voor de verzending van de circa 1.500 TLD-badges, werden alle detectoren opnieuw uitgelezen in de TLD-reader (nulstelling), annealed gedurende 16 uur op 100°C (stabilisatie), geplaatst in de badgehouders en overgebracht naar een opslagplaats van laag achtergrondniveau (2,7 $\mu\text{rad.h}^{-1}$ eq.).

4.4 Berekening van de dosis per TLD-badge

Bij de uitlezing van elke dosimeter (j) werden drie (bruto) meetresultaten (Q_{j1} , Q_{j2} en Q_{j3}) verkregen van respectievelijk de detectoren in de posities A, B en C (zie 4.1).

Daaruit werd de totale (bruto) dosis D_j bepaald die de dosimeter had ontvangen tussen het moment van nulstelling en de uitlezing:

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^3 (Q_{ji} - N_{ji}) / 3 \text{ [counts]}}{C_F \text{ [counts.mrad}^{-1}\text{]}} \quad \text{[mrad]} \quad (1)$$

waarin:

C_F = de calibratiefactor (zie 4.2) (26,40 Counts per mrad)

N_{ji} = het nulsignaal (in counts) van de betreffende detector.

Het nulsignaal N_{ji} werd verkregen uit een heruitlezing van alle detectoren. Aangezien deze heruitlezing niet eerder dan enkele dagen na de eerste uitlezing kon geschieden, diende op het meetresultaat daarvan (M_{ji}) een (kleine) correctie $[C(o)_j]$ te worden uitgevoerd voor de (lage) dosis, ontvangen in de stralingsarme opslagruimte in de periode tussen de beide uitlezingen:

$$N_{ji} = M_{ji} - C(o)_j \text{ [counts]} \quad (2)$$

$C(o)_j$ werd bepaald uit het dosistempo in de opslagruimte en de gevoeligheid van de TLD's. Met behulp van (1) kan voor elke dosimeter (j) het netto dosistempo $\dot{D}_j$ worden berekend:

$$\dot{D}_j = \frac{D_j - (\dot{D}_w \cdot \Delta t_{w_j})}{\Delta t_j} \quad [\mu\text{rad.h}^{-1}] \quad (3)$$

waarin:

- $\dot{D}_w$ = het equivalente dosistempo in de stralingsarme ruimte ($2,7 \mu\text{rad.h}^{-1}$ eq., bepaald met TLD)
- Δt_{w_j} = de totale tijd dat dosimeter j in de stralingsarme ruimte is opgeslagen geweest (zowel tussen preparatie en verzending als tussen terugontvangst en uitlezing).
- Δt_j = de totale tijd dat de dosimeter buiten het gebouw van de RD-TNO is geweest.

Zoals uit de definitie blijkt, omvat Δt_j de som van de werkelijke integratieperiode ter plaatse van de meting en de tijd, nodig voor heen- en terugzending van de dosimeters per post. Deze laatste kan weliswaar worden geschat (2×24 uur lijkt een redelijke aanname) doch over de doses die tijdens transport door de dosimeters werden ontvangen, kan natuurlijk geen kwantitatieve uitspraak worden gedaan. D_j is dan ook berekend op grond van de veronderstelling dat het exposietempo tijdens transport van dezelfde grootte orde zal zijn geweest als ter plaatse van de meting. De tijd van blootstelling daaraan is bovendien kort geweest in verhouding tot de reële meettijd, zodat de invloed op het eindresultaat gering zal zijn geweest (zie ook §5.3).

$\dot{D}_j$, het geabsorbeerde dosistempo op een diepte van 1000 mg.cm^{-2} , is de groothed die (in Deel C) wordt gebruikt ter vergelijking met de exposietempo metingen verkregen door metingen met de gasgevulde ionisatiekamer (zie Deel B).

5. De metingen en meetresultaten

5.1 De meetprocedure

Alle TLD-metingen werden verricht met behulp van de door de RD-TNO ontwikkelde automatische TLD-reader [12] die, afhankelijk van de gekozen monsterwisselaar, geschikt is voor het verwerken van zowel losse TL-detectors als complete TLD-badges. In het laatste geval wordt de identificatie van de dosimeter automatisch gelezen, zodat verwisseling van gegevens is uitgesloten.

De responsie van het meetsysteem is – zoals reeds in §4.2 opgemerkt – afhankelijk van de instelling der parameters van de uitleesapparatuur, waaronder vooral de hoogspanning van de fotomultiplicator buis van belang is. De ljkfactor, nodig voor het converteren van het primaire meetresultaat (in counts) naar de te meten groothed (geabsorbeerde dosis op een diepte van 1000 mg.cm^{-2} in zacht weefsel, uitgedrukt in mrad) komt tot stand via een calibratie (zie §4.2).

Is deze ljkfactor – voor de gegeven omstandigheden van een experiment – bekend, dan wordt de fout in de uitlezing slechts bepaald door de stabiliteit van de uitleesapparatuur. Deze stabiliteit werd voor dit onderzoek getest door het, tussen de overige dosimeters door, regelmatig lezen van detectoren uit een speciaal daartoe geprepareerde groep die alle waren bestraald tot nauwkeurig dezelfde dosis. Uit de meetresultaten bleek dat de variatie in de stabiliteit 1,4% (S.D.) bedroeg over de gehele uitleesperiode van 15 dagen. Dit is in redelijke overeenstemming met vroegere experimenten, waarbij een S.D. $< 1\%$ werd gevonden voor 1500 uitlezingen op één dag van één TLD-100 chip (dosis circa 500 mrad, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$).

Tijdens het meten van de TLD-badges was de uitleesapparatuur "on-line" verbonden met de computer, waarin alle resultaten – gekoppeld aan de badge identificatie – werden opgeslagen voor latere verwerking.

Met het uitlezen werd begonnen nadat mocht worden aangenomen dat alle dosimeters (waarvan enkele pas na "aanmaning" werden teruggezonden) binnen waren. De volgorde waarin de dosimeters werden uitgelezen was geheel willekeurig (nl. in ongeveer dezelfde volgorde als waarin zij bij de RD-TNO waren binnengekomen).

5.2 Meetresultaten van de TLD-badges

Tabel 5.2.1 geeft een overzicht van alle voor het onderzoek gebruikte meetresultaten van de TLD-badges. In §5.3 worden deze nader toegelicht.

5.3 Discussie van de TLD-metingen

5.3.1 Aantal bruikbare resultaten

Zoals uit Tabel 3.2.1 blijkt, zijn in het totaal 1501 dosimeters verzonden naar 407 adressen. Daarvan werden er, na afloop van de meetperiode, 1483 terugontvangen (een verlies dus van 18 dosimeters of 1,2%). Als gevolg van een fout bij de productie (spult/giet procédé) van de polycarbonaat TLD-houder, waardoor in een van de onderdelen een zwakke plek kon voorkomen, zijn enkele dosimeters tijdens het onderzoek defect geraakt. Daardoor werden tijdens het uitlezen enkele TL-detectors gebroken aangetroffen of bleken zelfs te ontbreken. Voor de betreffende (15) dosimeters moesten de metingen als verloren worden beschouwd.

Tenslotte moest nog een 20-tal meetwaarden op grond van de informatie verkregen uit de enquête, worden verworpen. Het ging daarbij o.a. om gevallen waarin de drager tijdens de meetperiode, radiodiagnostisch onderzoek had ondergaan en daarbij had verzuimd de dosimeter af te leggen. Deze waarnemingen zijn in de verdere verwerking niet meegenomen, waarmee het totale aantal bruikbare waarnemingen kwam op 1444, 96,2% van het totaal (zie Tabel 5.3.1).

5.3.2 Nauwkeurigheid van de meetresultaten

Bij de bepaling van de netto stralingsdoses van individuele TLD-badges speelt in principe een aantal foutenbronnen een rol:

- a. nauwkeurigheid van de calibratie door het primaire standaard laboratorium (2%) (systematische fout)
- b. variatie in de gevoeligheid van de TLD-reader (1,5%, S.D.)
- c. variatie in de gevoeligheid van de TL-detectors (2%, S.D.)
- d. reproduceerbaarheid in de uitlezing van een TL-detector (1%, S.D.)
- e. onzekerheid in het nulsignaal van een TL-detector ($\pm 0,5$ mrad)
- f. verlies van dosisinformatie tussen bestraling en uitlezing ($< 1\%$)
- g. onnauwkeurigheid veroorzaakt door onzekerheid in het effectieve dosistempo in de stralingsarme opslagruimte ($\pm 0,2$ mrad)
- h. onnauwkeurigheid veroorzaakt door een lichte overresponsie van de dosimeter in het fotonenenergie-gebied < 100 keV (systematische fout).

Op grond van bovengenoemde fouten laat zich de onnauwkeurigheid in de gemeten dosis schatten op ca 4% (S.D.). Bij de omrekening van dosis naar dosistempo, gemiddeld over de totale effectieve meetperiode, wordt nog een extra onzekerheid geïntroduceerd door de aanname dat gedurende het transport van de dosimeters de blootstelling aan straling per tijdseenheid gelijk geweest is aan de gemiddelde waarde tijdens het verblijf bij de deelnemers. De ervaring, opgedaan bij de toepassing van TLD voor de individuele stralingscontrole van radiologische werkers leert, dat deze aanname gerechtvaardigd is. Staat men daarvoor echter toch enige onnauwkeurigheid toe, dan kan men besluiten op een totale fout in het eindresultaat van ca 5% (S.D.).

5.4 Verwerking van de meetresultaten

Een compilatie van de meetresultaten is weergegeven in Tabel 5.4.1, waarin van elke groep waarnemingen het gemiddelde exposietempo (in $\mu\text{rad.h}^{-1}$) is weergegeven.

Tabel 5.4.2 geeft de verhouding van de scores van vrouwen en mannen (voor elk van de drie kategorieën) en hun werklocaties.

Aangezien, in het licht van de vraagstelling, het niet relevant is onderscheid te maken tussen het mannelijk en vrouwelijk deel van de bevolking is dit detail weggelaten in Tabel 5.4.3, waarin een totale compilatie is gegeven, aangevuld met aantallen metingen en standaarddeviaties per groep.

Met het oogmerk na te gaan of en, zo ja, hoe sterke verbanden bestaan tussen bepaalde groepen van meetresultaten, zijn voor enkele relevante groepen dataparen lineaire correlatieberekeningen uitgevoerd. De resultaten zijn samengevat in Tabel 5.4.4.

Van enkele groepen waarnemingen en combinaties daarvan zijn door het RIVM de frequentieverdelingen bepaald en weergegeven in de Figuren 5.4.1 t/m 5.4.5. Zij blijken alle log-normaal te zijn (de functies zijn vermeld in de figuren). Aangezien deze frequentieverdelingen echter niet sterk van normaal-verdelingen afwijken, werden de verschillende groepen gekarakteriseerd d.m.v. hun arithmetisch gemiddelde en standaarddeviatie.

6. Discussie

Op grond van de meetresultaten zoals weergegeven in de Tabellen 5.4.1 t/m 5.4.4, kan een aantal observaties worden gedaan.

1. Voor huisvrouwen en -mannen wordt nauwelijks verschil gevonden. Echter, werkende vrouwen scoren gemiddeld 2% hoger dan werkende mannen (Tabel 5.4.2). Dit zou kunnen worden veroorzaakt door het feit dat in de werkplek van vrouwen een hoger dosistempo wordt aangetroffen dan in die van mannen (een verschijnsel dat, gezien de aantallen waarnemingen, overigens niet significant is). Een plausibeler verklaring zou kunnen zijn, dat werkende mannen meer "buitenshuis" vertoeven dan hun vrouwelijke collega's.
2. De gemiddelde dosistampi gevonden in het gebied met hoge terrestrische niveaus zijn ongeveer 2% hoger dan die in de gebieden met lage terrestrische achtergrond. Dit geldt voor alle groepen waarnemingen (Tabel 5.4.1 en 5.4.3). De invloed van het terrestrisch niveau is dus gering, maar significant.
3. Tussen personen van categorie 2 en 3 bestaan geen verschillen, doch de "thuisblijvers" scoren ca 2% hoger, vermoedelijk omdat zij minder tijd buiten de deur doorbrengen (Tabel 5.4.3).
4. Zoals te verwachten is het gemiddelde dosistempo waaraan personen worden blootgesteld iets (ca 6%) lager dan het dosistempo dat in gebouwen wordt aangetroffen. Dit geldt zowel voor categorie 1 als voor categorie 2 personen, in beide gebieden X en Y. De reden lijkt voor de hand te liggen: Personen brengen een deel van hun tijd door buiten huis of werkplek, waar het stralingsniveau gewoonlijk lager zal zijn. Met deze interpretatie dient men echter voorzichtig te zijn: Het lichaam kan de door personen gedragen dosimeters voor straling hebben afgeschermd. De huiskamer- en werkplekdosimeters kunnen bovendien dicht bij de stralingsbronnen (muren, vloeren) gepositioneerd zijn geweest dan de persoonlijke dosimeters (Tabel 5.4.3).
5. Dat werkplekken lager scoren dan woningen (Tabel 5.4.3) lijkt nauwelijks voor de hand te liggen. Wellicht moet de oorzaak worden gezocht in verschillen in locatie van de dosimeters (dicht bij muren in woningen?).
6. De standaarddeviaties in alle groepen waarnemingen (Tabel 5.4.1 en 5.4.3) zijn van dezelfde orde van grootte: 12-18%.
7. Een zwakke (doch significante) correlatie wordt gevonden tussen personen en hun woningen. De correlatie met de werkplek is zeer gering. Uiteraard bestaat geen enkele correlatie tussen woningen en werklocaties.

DEEL B: EXPOSITEMPOMETINGEN IN WONINGEN

7. Exposietempometingen

7.1 Meetmethode

De metingen zijn uitgevoerd met 2 stuks hoge druk ionisatievatmonitoren, type RSS-III van het fabrikaat Reuter-Stokes. Dit meetinstrument bestaat uit een detectorgedeelte, zijnde een hoge druk ionisatievat gevuld met argon en een afleeseenheid (Fig. 7.1.1). Op deze afleeseenheid, die tevens de accuvoeding bevat en de voedingsspanning van de detector verzorgt, worden de exposietempi digitaal afgelezen. Verder is de mogelijkheid aanwezig de detectorvoeding te controleren en zijn er signaleringen voor diverse voedingsspanningen aangebracht. Ter globale controle van de af te lezen exposietempowaarden is een recorder aangesloten. In Fig. 7.1.2, die is ontleend aan de Reuter-Stokes handleiding, wordt een indruk gegeven van de relatieve gevoeligheid van de detector als functie van de gamma-energie [13].

Alle meetpunten in de woningen waren zo goed mogelijk gesitueerd in het midden van de woonkamers. De meetpunten in de aangrenzende tuinen bevonden zich op een zodanige plaats dat de afstand tot muren en bestratingen maximaal was. In een groot aantal gevallen bedroeg deze afstand beslist veel minder dan respectievelijk 8 en 4 m, waardoor als gevolg hiervan de genoemde objecten een meetbare invloed hebben uitgeoefend op het aldaar gemeten exposietempo [2, 14].

Op de werkadressen bevonden de meetpunten zich in de ruimten, waar de aan het arbeidsproces deelnemende personen het grootste gedeelte van de werktijd verbleven. Alle metingen zijn zodanig verricht, dat het detectorgedeelte van het meetinstrument met behulp van een statief op 1 m boven de vloer c.q. de grond was gefixeerd. De meting van het gamma-exposietempo ter plaatse bestond uit 10 aflezingen, die om de 30 seconden werden genoteerd. Hiermede werd, gezien de Integratietijd van 5 seconden van het instrument, de onafhankelijkheid van elke aflezing gewaarborgd. De waarde voor het exposietempo op een meetpunt bedroeg het gemiddelde van de 10 aflezingen.

Om voor de bijdrage van de kosmische straling te kunnen corrigeren zijn tijdens de metingen de barometerstanden genoteerd.

Alvorens een meting werd uitgevoerd vond controle plaats van alle voedingsspanningen inclusief de voedingsspanning van de detector.

De calibratie van de meetinstrumenten heeft plaatsgevonden voor het begin en het einde van de meetperiode en is uitgevoerd bij de afdeling Standaarddosimetrie van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek met behulp van een ^{137}Cs - en een ^{60}Co -bron met exposietempi tussen de 40 en 420 $\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$. Van beide monitoren bleek de aanwezigheid ca 3% minder te bedragen dan de calibratiewaarde [15, 16]. Voor genoemde afwijking zijn de gemeten exposietempi gecorrigeerd.

Tijdens de meetperiode werd de juiste werking van de meetinstrumenten regelmatig gecontroleerd met een ^{137}Cs -bron.

7.2 Afscherming kosmische straling

Teneinde een mogelijke relatie te bepalen tussen het stralingsniveau in de woning en de bouwmaterialen toegepast in de woning is het noodzakelijk het gemeten exposietempo te verminderen met de kosmische stralingsbijdrage zoals deze in de woning aanwezig is.

Deze bijdrage is berekend door de kosmische stralingscomponent buiten de woning met de afscherming van de woning hiervan te corrigeren. Hiertoe is een afschermingsfactor berekend, die wordt gedefinieerd als de verhouding van de waarde van de kosmische stralingscomponent binnen de woning en de waarde van die component buiten de woning, dus in het vrije veld. In principe zijn er twee methoden voorhanden om deze factor te bepalen.

De eerste methode maakt gebruik van het feit dat de kosmische stralingswaarde afhankelijk is van de luchtdruk. Met de Reuter-Stokes exposietempomonitor worden zowel bij een hoge luchtdruk als bij een lage luchtdruk op eenzelfde meetpunt metingen verricht in het vrije veld en in de woningen.

Aangezien de variatie van het kosmische stralingsniveau gering is bij verschillende luchtdrukken (maximaal ca. 10%) kan deze methode met een redelijke nauwkeurigheid worden toegepast indien het verschil in luchtdrukken voldoende groot is.

Een tweede voorwaarde voor deze methode is dat op het moment van de eerste en tweede meting de terrestrische- en woningstralingsbijdrage dezelfde is.

Bij een luchtdrukwaarde p_1 kan het exposietempo in het vrije veld in de woning worden opgesplitst als volgt:

$$\dot{X}(t, p_1) = \dot{X}_t + \dot{X}_k(p_1) \text{ en}$$

$$\dot{X}(w, p_1) = \dot{X}_w + F \dot{X}_k(p_1),$$

waarin $\dot{X}(t, p_1)$ = exposietempo in het vrije veld

$\dot{X}(w, p_1)$ = exposietempo in de woning

$\dot{X}_t$ = exposietempo van terrestrische oorsprong

$\dot{X}_w$ = exposietempo van de woning

$\dot{X}_k$ = exposietempo kosmische straling

F = afschermingsfactor

Op dezelfde wijze wordt bij een luchtdrukwaarde p_2 het gemeten exposietempo opgedeeld.

$$\dot{X}(t, p_2) = \dot{X}_t + \dot{X}_k(p_2) \text{ en}$$

$$\dot{X}(w, p_2) = \dot{X}_w + F \dot{X}_k(p_2).$$

Hieruit volgt voor de afschermingsfactor

$$F = \frac{\dot{X}(w, p_1) - \dot{X}(w, p_2)}{\dot{X}(t, p_1) - \dot{X}(t, p_2)}$$

Bij de tweede methode wordt bij eenzelfde luchtdrukwaarde in het vrije veld en in de woning het exposietempo enerzijds bepaald met een exposietempomonitor en anderzijds berekend uit gamma-spectrometrische metingen, die op hetzelfde moment worden uitgevoerd. Deze methode berust op het gegeven dat de gamma-spectrometrische metingen plaatsvinden in het energiegebied van 0,1 tot 3 MeV en hierin vrijwel geen bijdrage aanwezig is van de kosmische straling [17, 18].

Bij een luchtdrukwaarde p wordt het exposietempo in het vrije veld en in de woning opgedeeld als volgt:

$$\dot{X}(t, p) = \dot{X}_t + \dot{X}_k(p) \text{ en}$$

$$\dot{X}(w, p) = \dot{X}_w + F \dot{X}_k(p),$$

waarin

$\dot{X}(t, p)$ = exposietempo in het vrije veld gemeten met de monitor

$\dot{X}(w, p)$ = exposietempo in de woning gemeten met de monitor

$\dot{X}_t$ = exposietempo van terrestrische oorsprong d.m.v. gamma-spectrometrische metingen

$\dot{X}_w$ = exposietempo van de woning d.m.v. gamma-spectrometrische metingen

$\dot{X}_k$ = exposietempo kosmische straling

F = afschermingsfactor.

Uit de twee vergelijkingen volgt:

$$F = \frac{\dot{X}(w, p) - \dot{X}_w}{\dot{X}(t, p) - \dot{X}_t}$$

Bij de uitvoering van deze methode heeft het RIVM de exposiemetingen m.b.v. een Reuter-Stokes monitor verricht en het Energie-onderzoek Centrum Nederland (ECN) te Petten de gamma-spectrometrische metingen [19]. Deze metingen zijn op dezelfde wijze uitgevoerd als die voor natuurlijke achtergrondspectra bij de vrije veld metingen [2] en is ook bij de berekening van het exposietempo gebruik gemaakt van de fotopieken in het verkregen gammaspectrum.

Bij de bepaling van het exposietempo uit de gamma-spectrometrische metingen is toegepast de in het genoemde rapport [2] gevonden verhouding tussen de berekende en de gemeten exposietempe.

De eerste methode is als gevolg van het ontbreken van voldoende uit elkaar liggende luchtdrukwaarden niet uitgevoerd.

De tweede methode is uitgevoerd op een 4-tal geselecteerde woningtypes en heeft de volgende afschermingsfactoren opgeleverd:

- a) vrijstaande ééngezinswoning met bakstenen muren en houten plafond: $F = 0,82$.
- b) niet vrijstaande ééngezinswoning met bakstenen muren en houten vloeren en plafonds: $F = 0,76$.
- c) niet vrijstaande ééngezinswoning met betonnen muren, vloeren en plafonds: $F = 0,50$.
- d) eerste bouwlaag van een 4-lagen flat met betonnen muren, vloeren en plafonds: $F = 0,41$.

Deze factoren zijn redelijk in overeenstemming met waarden, die door onderzoekers in de USA [20] en in Japan [21] zijn gevonden.

In concreto zijn bij de berekening van de kosmische stralingsbijdrage in de woningen en werkruimten de navolgende afschermingsfactoren toegepast:

$F = 0,82$ bij vrijstaande woningen met houten plafonds,

$F = 0,76$ bij niet vrijstaande woningen en bedrijfspanden met houten plafonds en vloeren,

$F = 0,50$ bij vrijstaande-, niet vrijstaande- en bedrijfswoning met betonnen plafonds en vloeren,

$F = 0,41$ bij meergezinswoningen (flats).

Bij de werklocatie is uitsluitend gelet op het plafond van de behuizing, hetgeen inhield dat voor een houten plafond een afschermingsfactor $F = 0,76$ in rekening is gebracht, terwijl een betonnen plafond goed was voor $F = 0,50$.

De spreiding in de berekende waarden voor de afschermingsfactoren bedraagt ca. 25%, gebaseerd op éénmaal de standaarddeviatie.

8. Meetresultaten

8.1 Meetresultaten

Van de 408 te meten woningen zijn er als gevolg van diverse oorzaken, zoals geen contact verkregen met de bewoners, geen bouwgegevens voorhanden etc., een aantal van 399 stuks overgebleven.

In Tabel 8.1.1 wordt een totaal overzicht gegeven van de gemeten exposietempl in de woningen, in de aangrenzende tuinen en in de werkruimten van bewoners elders, inclusief de kosmische stralingsbijdrage op de meetpunten.

De eerste hoofdkolom van Tabel 8.1.1 heeft betrekking op de woning onder vermelding van een RIVM-nummer, postcode, aantal verblijvende personen, gekozen gebied met betrekking tot het terrestrische niveau, exposietempl in de woning en in de tuin.

In de tweede hoofdkolom worden vermeld het terrestrische niveau van en het exposietempo in de werkruimte van de man.

De derde hoofdkolom vermeldt dezelfde gegevens ten aanzien van de werkruimte van de vrouw.

In Tabel 8.1.2 wordt de betekenis verklaard van de kolomcodes, die gebruikt zijn in Tabel 8.1.1.

Uit de verkregen resultaten kunnen worden berekend de navolgende waarden voor het exposietempo inclusief de kosmische stralingsbijdrage achtereenvolgens voor de woningen, de woningtuinen en de werkruimten.

Terrestrisch niveau	Exposietempo ($\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$) in woningen (aantal)		
	Totaal (399)	Laag (203)	Hoog (196)
Maximale waarde	13,4	13,1	13,4
Minimale waarde	5,9	6,4	5,9
Gemiddelde waarde	9,6	9,3	9,8
Standaarddeviatie (%)	14	13	13
Mediaanwaarde	9,5	9,2	9,7

Terrestrisch niveau	Exposietempo ($\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$) in woningtuinen (aantal)		
	Totaal (372)	Laag (197)	Hoog (175)
Maximale waarde	12,2	9,7	12,2
Minimale waarde	5,8	5,8	6,6
Gemiddelde waarde	8,1	7,5	8,9
Standaarddeviatie (%)	14	12	11
Mediaanwaarde	8,0	7,4	8,8

Terrestrisch niveau	Exposietempo ($\mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$) in werkruimten (aantal)			
	Totaal (268)	Laag (99)	Midden (69)	Hoog (100)
Maximale waarde	16,4	13,3	14,2	16,4
Minimale waarde	6,1	6,1	6,2	6,2
Gemiddelde waarde	9,2	9,1	9,4	9,2
Standaarddeviatie (%)	16	14	18	18
Mediaanwaarde	9,1	9,0	9,3	9,0

De in Tabel 8.1.1 vermelde waarden voor het exposietempo worden d.m.v. lineaire correlatieberekeningen vergeleken met de meetresultaten, zoals die door RD-TNO zijn bepaald met TLD-metingen. De resultaten hiervan en de toelichting hierop worden in Deel C vermeld.

Door de berekende afschermingsfactoren toe te passen op de kosmische stralingsbijdrage buiten de woning c.q. werkruimte, zoals die tijdens de meting aanwezig was, wordt de kosmische stralingscomponent verkregen binnen de woning c.q. werkruimte. Voor de bepaling van de kosmische stralingswaarde buiten de woning wordt verwezen naar het eerste deel van het onderzoek, de vrije veld metingen [2].

Alle gemeten exposietempi in de woningen en de werkruimten zijn vervolgens verminderd met respectievelijk het woning- en werkruimtecomponent van de kosmische straling, waardoor exposietempowaarden worden verkregen, die geacht worden hoofdzakelijk af te hangen van de in de woningen en werkruimten toegepaste bouwmaterialen.

In Tabel 8.1.3 en 8.1.4 worden deze exposietempowaarden vermeld en wel zodanig dat de woningen c.q. werkruimten gesorteerd zijn op terrestrisch niveau, woningtype, bouwjaar, ligging van het meetpunt en toegepaste bouwmaterialen in vloeren, muren en plafonds. Het exposietempo is een gemiddelde waarde bepaald uit de exposietempi in de woningen binnen een groep van percelen met dezelfde specificaties. De aangegeven standaarddeviatie is van toepassing op één waarde binnen een groep. Indien in de kolom N slechts een woning wordt vermeld kan als spreiding in het exposietempo worden gelezen de standaarddeviatie zoals deze is berekend uit het aantal waarnemingen in het perceel. De waarde hiervoor bedraagt ca $0,5 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$. Bovenvermelde toelichting is tevens van toepassing op Tabel 5 met betrekking tot de werkruimten. Voor de betekenis van de

kolomcodes, gebruikt in Tabel 8.1.3 en 8.1.4 wordt verwezen naar Tabel 8.1.5. Uit Tabel 8.1.3 kunnen worden berekend de volgende waarden voor het exposietempo exclusief de kosmische stralingsbijdrage in de woningen:

Terrestrisch niveau	Exposietempo ($\mu\text{R.h}^{-1}$) in woningen (aantal)		
	Totaal (399)	Laag (203)	Hoog (196)
Maximale waarde	11,8	11,3	11,8
Minimale waarde	3,8	4,4	3,8
Gemiddelde waarde	7,4	7,2	7,6
Standaarddeviatie (%)	18	18	17
Mediaanwaarde	7,3	7,1	7,5

Voor aangrenzende tuinen van woningen kunnen voor het exposietempo exclusief de kosmische stralingsbijdrage de volgende waarden worden aangetekend.

Terrestrisch niveau	Exposietempo ($\mu\text{R.h}^{-1}$) in woningtuinen (aantal)		
	Totaal (372)	Laag (197)	Hoog (175)
Maximale waarde	8,5	6,1	8,5
Minimale waarde	2,2	2,2	3,0
Gemiddelde waarde	4,5	3,9	5,3
Standaarddeviatie (%)	22	18	15
Mediaanwaarde	4,4	3,9	5,3

Tenslotte volgt uit Tabel 8.1.4 de onderstaande waarden voor het exposietempo exclusief de kosmische stralingsbijdrage in de werkruimten.

Terrestrisch niveau	Exposietempo ($\mu\text{R.h}^{-1}$) in werkruimten (aantal)			
	Totaal (268)	Laag (99)	Midden (69)	Hoog (100)
Maximale waarde	13,7	10,6	12,4	13,7
Minimale waarde	3,7	3,7	3,8	4,0
Gemiddelde waarde	7,0	6,9	7,3	7,0
Standaarddeviatie (%)	23	20	23	23
Mediaanwaarde	6,8	6,7	7,1	6,8

8.2 Statistische verwerking

Door toetsing (Kolmogorov-Smirnov) [22] is aangetoond, dat zowel van het totale aantal woningen als van het aantal in de gebieden met een laag en hoog terrestrisch niveau de frequentieverdelingen van de exposietempi, vermeld in Tabel 8.1.3, log-normaal verdeeld zijn. Ook de frequentiedistributie van de exposietempl in de werkruimten (zie Tabel 8.1.4) blijkt een log-normale verdeling op te leveren. Door middel van een niet-lineaire fit op de frequentieverdelingen is dit log-normale gedrag weergegeven in de Figuren 8.2.1 t/m 8.2.4.

Bij de navolgende statistische beschouwingen worden met betrekking tot de woningen voor een woning met dezelfde specificaties, waarvoor een aantal woningen (N) beschikbaar zijn (zie Tabel 8.1.3), de individuele exposietempowaarden opgevat als een a-selecte steekproef uit een normale populatie. Daarbij wordt verondersteld, dat deze 137 populaties eenzelfde spreiding bezitten, die berekend wordt uit de standaarddeviaties uit Tabel 8.1.3. Deze waarde karakteriseert de natuurlijke variatie (inclusief de meetfouten) die heerst tussen de exposietempl in woningen met eenzelfde specificatie.

Een gelijkluidende redenering is van toepassing op de werkruimten (Tabel 8.1.4). Tenelnde de invloed van het gebied "hoog" ten opzichte van het gebied "laag" op het exposietempo in de woning te onderzoeken is uit Tabel 8.1.3 een indeling gemaakt van woningen, die zowel in het gebied "laag" als in het gebied "hoog" voorkomen en voldoen aan dezelfde specificaties volgens Tabel 8.1.5. Deze indeling omvat 309 woningen, waarvan 167 stuks in het lage gebied en 142 stuks in het hoge gebied. Vervolgens is een verdeling opgesteld van de verschillen in de exposietempl tussen de woningen in de genoemde gebieden. Door toepassing van de Student toets [22] kan worden aangetoond, dat de gemiddelde verhoging van het exposietempo in de woningen, gesitueerd in het gebied met een hoog terrestrisch niveau ten opzichte van woningen in het gebied met een laag terrestrisch niveau $0,40 \pm 0,13 \mu R \cdot h^{-1}$ bedraagt. Uit de waarde van de standaarddeviatie ten opzichte van die van de verhoging blijkt dat de gemiddelde verhoging met een betrouwbaarheid van 95% significant $\neq 0$ is.

Om de invloed van de bouwmaterialen tussen de vier verschillende typen woningen (zie Tabel 8.1.5) te onderzoeken is van de woningtypen in Tabel 8.1.3 een indeling gemaakt in categorieën, namelijk vier in het gebied "laag" en vier in het gebied "hoog" met medeneming van de materiaalcodes voor de vloeren, muren en plafonds. Indien hierop de rangcorrelatietoets van Spearman [22] wordt toegepast achtereenvolgens voor de vloeren, muren en plafonds, dan blijkt dat er

zowel in het gebied met het hoge en lage terrestrische niveau als in het totale gebied gemiddeld geen significant verschil aanwezig is tussen de exposietempi in de verschillende typen woningen bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5%.

Voor een onderzoek naar de invloed van bouwmaterialen binnen een categorie van gelijke woningtypen zijn per categorie de woningen opgesplitst in drie groepen, namelijk een groep met woningen waarin gips (geen beton) is verwerkt, een groep waarin beton voorkomt (geen gips) en een groep aangeduid met overige dat wil zeggen de woningen hiervan bevatten geen gips of beton. Op de verschillende waarden tussen de gemiddelde exposietempi, berekend voor de verschillende groepen is de Student toets [22] toegepast, echter met uitzondering van de categorieën meergezinswoning en bedrijfswoning/boerderij. Als gevolg van het geringe aantal woningen in deze categorieën heeft een statistische bewerking van de resultaten weinig waarde.

Uit de toetsing blijkt dat er gemiddeld geen significante verschillen in exposietempo aan te tonen zijn tussen woningen, waarin gips (geen beton) is verwerkt en woningen, die aangeduid zijn met overige, dus geen gips of beton bevatten. Daarentegen blijkt dat de exposietempi in woningen, waarin beton (geen gips) aanwezig is, bij een betrouwbaarheid van 95% gemiddeld significant hoger zijn ($0,5 - 1,5 \mu R \cdot h^{-1}$) in vergelijking met woningen waarin geen beton is verwerkt.

De invloed van de gebieden "hoog", "midden" en "laag" ten opzichte van elkaar op het exposietempo in de werkruimten is op dezelfde wijze onderzocht als bij de woningen en omvatte 111 werkruimten, namelijk 44 stuks in het lage, 36 stuks in het midden en 31 stuks in het hoge gebied. De gemiddelde verhoging van het exposietempo in een werkruimte gesitueerd in het gebied met een hoog terrestrisch niveau vergeleken met werkruimten in een gebied met een laag terrestrisch niveau bedraagt $0,60 \pm 0,31 \mu R \cdot h^{-1}$ en is met een betrouwbaarheid van 95% significant $\neq 0$. Deze waarde is van dezelfde grootte-orde als de verhoging, die voor de woningen is berekend.

Uit het verdere onderzoek blijkt dat in het algemeen een verhoging van terrestrisch niveau tevens een verhoging induceert van het gemiddelde exposietempo in de werkruimten.

De invloed van bouwmaterialen op het exposietempo tussen de vier verschillende typen werkruimten (zie Tabel 8.1.5) is op analoge wijze onderzocht als bij de woningen. Het resultaat van dit statistisch onderzoek toont aan dat ook hier

zowel in elk van de drie terrestrische niveaugebieden als in het totale gebied gemiddeld geen significant verschil aanwezig is tussen de exposietempi in de verschillende typen werkruimten.

Ook met betrekking tot de werkruimten is statistisch onderzoek uitgevoerd naar de invloed van bouwmaterialen binnen een categorie van typen werkruimten en zijn op dezelfde wijze als bij de woningen per categorie de werkruimten opgesplitst in drie groepen. Als gevolg van het geringe aantal fabrieken en kantoorruimten onder de werkruimten zijn alleen de kantoorkamers en overige lokaties statistisch beschouwd. In analogie met de woningen blijkt ook hier dat er gemiddeld geen significante verschillen in exposietempo aan te tonen zijn tussen werkruimten, waarin gips is verwerkt en werkruimten, die geen gips of beton bevatten. Ten aanzien van werkruimten, waarin beton (geen gips) is verwerkt ten opzichte van werkruimten, die geen beton bevatten blijkt uit de statistische bewerking van de exposietempi dat hierin geen trendmatig verschil aantoonbaar is.

Tenslotte zijn correlatieberekeningen uitgevoerd tussen de exposietempi (exclusief de kosmische stralingsbijdrage) in de woningen en werkruimten enerzijds en die in het vrije veld en tuinen van de woningen anderzijds. De resultaten van een dergelijke berekening van een lineaire correlatie tussen bovengenoemde waarden worden onderstaand vermeld.

Exposietempl	a	Sa	b	Sb	r
Woningen - vrije veld	0,08	0,04	6,75	0,18	0,10
Woningen - tuinen	0,38	0,07	5,38	0,30	0,29
Werkruimte - vrije veld	0,13	0,08	6,16	0,33	0,11

De lineaire correlatie wordt weergegeven door $y = ax + b$, waarin y = exposietempo in de woning c.q. werkruimte en x = exposietempo in het vrije veld c.q. tuin, terwijl Sa en Sb de standaarddeviaties in respectievelijk a en b zijn. De correlatiecoëfficiënt wordt aangeduid met r . Na toetsing van de berekende correlatiecoëfficiënten met de daarvoor bestemde tabel van r -verdelingen [22] blijkt bij een betrouwbaarheid van 95% de correlatiecoëfficiënt nog significant te zijn en derhalve gesproken mag worden van een verband tussen de exposietempowaarden in de woning c.q. werkruimten en de waarden in het vrije veld c.q. tuinen.

9. Discussie

Onder het hoofdstuk meetresultaten worden van de woningen, de hierbij behorende tuinen en de werkruimten de exposietempi vermeld, gemiddeld over alle meetpunten zowel inclusief als exclusief de kosmische stralingsbijdrage. Hieruit volgt dat het exposietempo van de kosmische straling buiten de percelen gemiddeld $3,6 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ en binnen de percelen gemiddeld $2,2 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ bedraagt. Voor de afschermingsfactor kan derhalve een gemiddelde waarde van 0,60 worden aangetekend.

Uit het statistisch onderzoek naar de invloed van het terrestrisch stralingsniveau op het exposietempo in de woning en werkruimten blijkt duidelijk, dat deze invloed onmiskenbaar aanwezig is en wel in positieve zin. Deze mate van beïnvloeding wordt bevestigd door het resultaat van een lineaire correlatieberekening tussen de exposietempi in de woningen en werkruimten enerzijds en die in het vrije veld (terrestrische straling) anderzijds [2].

Het resultaat van de correlatieberekening tussen de exposietempi in de woningen en in de daarbij behorende tuinen wijzen eveneens in die richting. Aangetekend dient echter te worden dat de meetresultaten uit de tuinen in een aantal gevallen zeker beïnvloed zullen zijn door de woningen als gevolg van een te geringe afstand tussen woning en het meetpunt in de tuin.

Indien wordt uitgegaan van een gemiddeld terrestrisch exposietempo in het lage gebied van $2,4 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ en in het hoge gebied van $5,6 \mu\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ [2] kan gesteld worden dat een verhoging van het terrestrisch stralingsniveau een gemiddelde stijging van het exposietempo in de woningen c.q. werkruimten veroorzaakt van 12% van genoemde terrestrische niveauverhoging. Deze waarde blijkt in grootteorde overeen te komen met de richtingscoëfficiënt a in de berekende lineaire correlatie tussen de exposietempi in woningen c.q. werkruimten en die in het vrije veld. Alhoewel uiteraard de bijdrage van het terrestrisch exposietempo in de woningen en in de werkruimten afhankelijk zal zijn van de mate van afscherming door bouwmaterialen volgt uit bovenstaande, dat de bijdrage van het terrestrisch niveau in de woningen c.q. werkruimten ca. 10% bedraagt. Het verdere statistisch onderzoek heeft zich uitsluitend gericht op de typen woningen c.q. werkruimten en de bouwmaterialen verwerkt in vloeren, muren en plafonds. Geen aandacht is geschonken aan het bouwjaar en de lokatie van het meetpunt. Uit het onderzoek blijkt dat er tussen de verschillende typen woningen en werkruimten zowel in het gebied met het lage en hoge terrestrisch niveau als in het totale gebied geen bouwmaterialaaleffect aanwezig is. Hieruit is af te leiden

dat er voor een bepaald type woning of werkruimte geen voorkeur heeft bestaan voor het gebruik van een bepaald bouw materiaal, hetgeen ook niet te verwachten was.

Uit een onderzoek binnen een groep van typen woningen of werkruimten bleek het gebruik van gips geen verhoging van het exposietempo te veroorzaken in vergelijking met percelen, waarin geen gips of beton was verwerkt. De toepassing in woningen van beton (geen gips) blijkt echter ten opzichte van woningen waarin geen beton was verwerkt wel een verhoging van het exposietempo te geven.

Bij de werkruimten leverde dit onderzoek ten aanzien van een bouwmaterialen-beïnvloeding tegenstrijdige resultaten op, zodat voor deze ruimten geen uitspraak gedaan kan worden.

In vergelijking met de exposietempometingen in woningen, die in West-Duitsland hebben plaatsgevonden, blijkt het gemiddelde exposietempo in Nederland ($7,1 \mu\text{R.h}^{-1}$) lager te zijn dan de gemiddelde waarde in de West-Duitse woningen ($8,0 \mu\text{R.h}^{-1}$) [23], hetgeen eveneens het geval is met het gemiddelde vrije veld exposietempo ($3,7 \mu\text{R.h}^{-1}$ in Nederland en $6,0 \mu\text{R.h}^{-1}$ in West-Duitsland). Uit het Nederlandse onderzoek volgt dat ongeveer 10% van een verhoging van de terrestrische straling bijdraagt tot een exposietempeverhoging in de woningen. Indien wordt aangenomen dat een dergelijke invloed eveneens van toepassing is op de West-Duitse woningen dan volgt hieruit een gemiddelde verhoging van het exposietempo aldaar met ca $0,2 \mu\text{R.h}^{-1}$ vergeleken met de Nederlandse woningen. Het gemiddeld exposietempo is echter duidelijk hoger ($0,9 \mu\text{R.h}^{-1}$), hetgeen mogelijkerwijs toegeschreven kan worden aan het gebruik van bouwmaterialen met een hoger gehalte aan radioactieve stoffen.

Worden bovendien de metingen in de woningen in West-Duitsland aandachtiger beschouwd dan blijkt dat in tegenstelling tot de Nederlandse waarden, bij de berekening van West-Duitse resultaten geen rekening is gehouden met de afscherming van de kosmische straling door de woningen. Indien wordt aangenomen dat deze afscherming in West-Duitsland vergelijkbaar is met die in Nederland dan dienen de West-Duitse waarden nog te worden verhoogd met gemiddelde $1,4 \mu\text{R.h}^{-1}$, waaruit volgt dat het gemiddeld exposietempo in de woningen aldaar $9,4 \mu\text{R.h}^{-1}$ bedraagt en derhalve belangrijk hoger ($2,3 \mu\text{R.h}^{-1}$) dan in Nederland.

DEEL C: VERGELIJKING RESULTATEN VAN A EN B EN SLOTCONCLUSIE

10. Vergelijking resultaten van de delen A en B

Teneinde de resultaten uit deel A en B met elkaar te kunnen vergelijken zijn de belangrijkste uitkomsten door het RIVM samengevat in tabel 10.1. Hieruit blijkt dat de overeenkomst tussen beide resultaten evident goed is, zoals duidelijk aangegeven wordt door het quotiënt $\langle A \rangle / \langle B \rangle$. Dit is gedeeltelijk het gevolg van het feit dat de factor, die gebruikt is om vrije luchtexposie om te zetten in geabsorbeerde dosis in weefsel (1000 mg.cm^{-1}) voor ^{60}Co gammastraling vrijwel gelijk is aan 1 [6]. Aangetekend dient echter te worden dat de TLD-resultaten door een onderschatting van de muonbijdrage van de kosmische straling [7, 8] ca $0,5 \text{ } \mu\text{rad.h}^{-1}$ te laag kunnen zijn. Hiervoor is geen correctie toegepast.

De lineaire correlatie ($r = \text{ca } 0,7$ bij een betrouwbaarheidsgrens $> 95\%$) tussen de RIVM- en TNO-resultaten voor de woningen en de werkrulmten blijkt redelijk goed te zijn. Omdat de beide metingen op dezelfde plaatsen zijn uitgevoerd was te verwachten dat het correlatieresultaat beter zou uitvallen. Men dient zich echter te bedenken dat de metingen met de Reuter Stokes monitoren momentaan zijn uitgevoerd, terwijl de TLD-resultaten afkomstig zijn van metingen geïntegreerd over 3 maanden. Bovendien waren de meetpunten voor de RSS-111 beter gedefinieerd (het midden van de woonkamer), dan voor de TLD's. Ofschoon bij de verzending van de TLD's een instructie was bijgevoegd voor de meetplaats (bijlage 6), die zoveel mogelijk overeenstemde met die van de RSS-111, zal de juiste lokatie van de dosimeter afhankelijk geweest zijn van de keuze van de deelnemers.

11. Slotconclusie

Uit het onderzoek blijkt dat het gemiddeld gamma-exposietempo in het binnenmilieu en het gemiddeld gammadosis tempo, dat ontvangen wordt door de Nederlandse bevolking respectievelijk $9,4 \text{ } \mu\text{R.h}^{-1}$ ($6,7 \times 10^{-13} \text{ C.(kg.s)}^{-1}$) en $9,3 \text{ } \mu\text{rad.h}^{-1}$ (93 nGy.h^{-1}) bedraagt, beide met een standaarddeviatie van 15 tot 20%. Deze waarden zijn opgebouwd uit 20% kosmische straling, 10% terrestrische straling en 70% afkomstig van bouwmaterialen. Hieruit volgt dat de invloed van de terrestrische straling (die in Nederland, vergeleken met een groot

aantal andere landen relatief niet veel varieert), evenals die van de kosmische straling op het stralingsniveau in de woningen en werkrumten laag is, hetgeen impliceert dat de toegepaste bouwmaterialen de belangrijkste bronnen zijn van het stralingsniveau in het binnenmilieu. Het gemiddeld gamma-expositietempo buiten de woning is lager dan er binnen en bedraagt $7,3 \mu\text{R.h}^{-1}$ ($5,3 \times 10^{-13} \text{ C.}(\text{kg.s})^{-1}$), waaraan de kosmische en de terrestrische straling elk de helft bijdragen [2]. Dit verschil tussen binnen en buiten beïnvloedt, afhankelijk van het leefpatroon, in geringe mate het dosistempo waaraan personen blootstaan.

Uit het onderzoek blijkt verder dat voor woningen de toepassing van beton in vergelijking met woningen, waarin dit bouw materiaal niet is verwerkt, een significante verhoging van het stralingsniveau te geven van ca. $1,0 \mu\text{R.h}^{-1}$ ($7,2 \times 10^{-14} \text{ C.}(\text{kg.s})^{-1}$).

12. Naschrift

De auteurs zijn erkentelijk voor de bijdrage van C.R. ter Kuile (RIVM), F. Busscher (TNO) en C.W. Verhoef (TNO) tijdens de metingen in het laboratorium en in den lande. De statistische bewerkingen konden slechts worden uitgevoerd na uitvoerige consultaties met en voorbereidend werk door A.B. Leussink (RIVM).

Referenties

1. B. Hogeweg, B.F.M. Bosnjakovic and W.M.A.J. Willart, "Radiation aspects of indoor environments and related radioecological problems: A study of the situation in the Netherlands", Rad. Prot. Dos., Vol 7, No 1-7 (1983) p 327-331.
2. R. van Dongen, C.J.M. Potma en J.R.D. Stoute, "Natuurlijke achtergrondstraling in Nederland, Deel 1: vrije veld metingen", SAWORA-project A1.1, RIVM-rapport nr. 248108001.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, "Sources and Biological Effects", New York, United Nations (1982).
4. Rijksuniversiteit Groningen, KVI, "Radonconcentraties", Rapportage in voorbereiding.
5. H.W. Julius, "Het TNO TLD-systeem voor individuele stralingscontrole", 1981, Rapportnr. RD-E/8102-222.
6. ANSI Standard N13.11 "Criteria for testing personnel dosimetry performance" (1983).
7. W.M. Lowder and G. de Planque, "The response of LiF thermoluminescence dosimeters to natural environmental radiation", Energy R&D Adm. Rep. HASL-313 (1977).
8. K. O'Brien, "The response of LiF thermoluminescence dosimeters to the ground level cosmic ray background", Int. J. Appl. Rad. and Isot., 29 (1978), p 735-739.
9. McKinley, Euratom rapport (in voorbereiding).
10. T. Gesell, G. de Planque, Publications USA Intercomparison.
11. RIVM Bestralingsrapport nr. 8326, 1983.
12. H.W. Julius, C.W. Verhoef en F. Busscher, "A universal automatic TLD-reader for large-scale radiation dosimetry", Proc. 3rd Int. Cong. IRPA, Washington, 1973, p 563-567.
13. Reuter Stokes, "Operational manual RSS-111, Area monitoring system" (second printing), Cleveland, Ohio, U.S.A.
14. C. Potma en R. van Dongen, "Invloed van objecten op het exposietempo in het vrije veld", memo FL/1982/12, RIVM, Bilthoven.
15. Calibratierapport nr. 8316 en 8317, RIVM, Bilthoven, 23 maart 1983.
16. Calibratierapport nr. 8415 en 8417, RIVM, Bilthoven, 30 oktober 1984.
17. IAEA, "Gamma-rays surveys in uranium exploration", Techn. Rep. series no. 186, IAEA, Vienna (1979).
18. E.A. van Bergen, "De bijdrage van kosmische straling aan het exposietempo in het gebied 0-3 MeV", Memo FL/1978/30/5, RIVM, Bilthoven.
19. R.G. Nyquist en W.T. Hamel, "Meting van gamma-spectra in woningen", GBA-memo 180, juli 1984, ECN, Petten.
20. K.M. Miller and H.L. Beck, "Indoor gamma and cosmic ray exposure rate measurements using a Ge spectrometer and pressurised ionisation chamber", Rad. Prot. Dos., Vol 7, No 1-4, p 185-189 (1983).
21. S. Minato and S. Minakuchi, "Measurement of cosmic-ray exposure rate perturbations by building materials", Health Phys. 46, no. 5, p 1136-1138 (1984).
22. H. de Jonge, "Inleiding tot de medische statistiek", Ned. Inst. v. Praevent. Gen., Leiden (1984).
23. Die Strahlenexposition von Aussen in der Bundesrepublik Deutschland durch natuerliche Stoffe im Freien und in Wohnungen", der Bundesminister des Innern (1977).

Tabel 2.1.1 Postcodegebieden (eerste twee cijfers van de postcode) gebruikt bij het werven van deelnemers

HOOG				LAAG			
13	40	44	86	37	56	76	84
33	41	46	88	50	57	77	93
34	42	49	90	54	58	78	94
35	43	66	99	55	74	79	95

Tabel 3.2.1 Totaal aantal uitgegeven TL-Dosimeters

Terrestr. Niveau	Vrouwen					Mannen					Wo- ningen	Totaal aant. me- tingen
	P1				R1	P2				R2		
	kat. 1	kat. 2	kat. 3	Tot.	Wpl.	kat. 1	kat. 2	kat. 3	Tot.	Wpl.		
Hoog (X)	128	56	2	186	37	36	129	24	189	127	200	739
Laag (Y)	169	34	1	204	18	47	137	23	207	126	207	762
Totaal	297	90	3	390	55	83	266	47	396	253	407	1501

Tabel 3.3.1 Tijdschema van gebeurtenissen

		dag ↓		maand ↓
		1		Januari 1983
15 april	Verzending wervingsbrief	106	→	April 1983
				Mei
6 juni	Aan/afschrijving deelnemers	157	→	Juni
				Juli
				Augustus
5-9 sept.	Preparatie dosimeters	248-252	→	September
12 sept.	Verzending dosimeters	255	→	
	MEETPERIODE (91 DAGEN)			Oktober
9 nov.	Calibratie referentie TLD's	313	→	November
12 dec.	Terugroeping dosimeters	346	→	December
16 dec.	Terugontvangst dosimeters	350-386	→	Januari 1984
22 jan.				
26 jan.	Uitlezing dosimeters	391-399	→	Februari
3 febr.				
6-10 febr.	Heruitlezing			Maart

Tabel 4.1.1 Responsie van de TL-detectoren B en C en hun combinatie <B+C> in de TLD-badge (gecalibreerd op een fantoom) t.o.v. de eenheid van exposie in vrije lucht, vergeleken met de geabsorbeerde dosis op 1 cm diepte in de ICRU-bol bestraald onder analoge omstandigheden [6]

E-fotonen (keV)	Detector B	Detector C	<B+C>	ICRU-bol 1 cm diep	Rel. Resp. <B+C>
50	1,61	1,42	1,52	1,46	1,04
74	1,62	1,56	1,59	1,44	1,10
80	1,59	1,55	1,57	1,43	1,10
90	1,51	1,52	1,51	1,41	1,07
100	1,47	1,51	1,49	1,39	1,07
113	1,45	1,48	1,47	1,37	1,07
185	1,25	1,28	1,27	1,30	0,98
200	1,22	1,25	1,24	1,24	1,00
300	1,13	1,15	1,14	1,14	1,01
600	1,04	1,04	1,04	1,03	1,01
1250	1,00	1,00	1,00	0,99	1,01

Tabel 4.2.1 Bepaling van de dosislineariteit voor de combinatie TLD en -reader tussen 0 en 250 mR (Co-60 gammastraling)

Exposie (mR)	Netto opbrengst (counts)	Gevoeligheid (cts.p.mR)
250	6815	27,26
125	3389	27,11
50	1356	27,12
25	685	27,40
20	548	27,40
15	409	27,27
10	273	27,30
5	132	26,40

Gem. gevoeligheid (250-5 mR) = 27,16 (S.D.=1,2%)

Gem. gevoeligheid (250-10 mR) = 27,27 (S.D.=0,4%)

TLD - resultaten inclusief kosmische stralingsbijdrage.
(407 stuks) in microRad/h

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
X001	10245	1351 KK	7.3	-	7.4	8.5	7.4
X002	20245	1351 NT	7.3	-	6.8	8.1	7.3
X003	10305	1351 PJ	7.4	-	7.4	-	7.6
X004	10305	1352 AJ	9.7	-	9.1	-	13.7
X005	10245	1354 KN	8.3	-	8.3	7.7	8.7
X006	10245	1381 GE	-	-	8.0	7.8	10.3
X007	10245	1382 DB	9.7	-	10.0	10.9	10.3
X008	10105	3312 GL	8.7	-	9.2	-	8.9
X009	10005	3313 TC	8.3	-	-	-	9.0
X010	10245	3328 KJ	-	-	8.8	7.6	10.0
X011	24245	3328 MK	7.2	9.5	7.0	10.4	7.5
X012	10245	3328 ML	11.8	-	8.1	12.9	7.6
X013	10245	3328 MX	7.3	-	6.9	7.0	7.0
X014	10345	3343 CV	10.4	-	8.9	7.3	9.0
X015	10345	3361 VE	9.4	-	9.7	11.1	10.9
X016	10245	3402 BE	8.6	-	8.8	9.2	9.8
X017	00105	3411 NB	-	-	9.4	-	10.8
X018	24245	3431 AX	8.7	8.3	8.9	9.3	8.2
X019	10245	3431 BX	8.8	-	8.4	8.9	11.0
X020	10245	3432 XK	10.4	-	10.0	12.9	9.8
X021	10245	3432 XR	9.7	-	10.2	11.1	10.6
X022	10105	3434 TA	8.8	-	9.3	-	10.8
X023	10205	3435 HD	9.0	-	9.4	-	10.6
X024	10245	3436 RB	10.7	-	9.5	8.8	10.6
X025	10245	3436 RJ	9.7	-	9.6	11.4	10.3
X026	10245	3437 VD	11.7	-	10.2	9.6	9.1
X027	20245	3438 BH	8.2	-	8.5	8.5	8.7
X028	10245	3448 XC	9.1	-	7.9	10.0	8.6
X029	10245	3461 CC	10.4	-	10.1	11.1	9.6
X030	24245	3461 GH	8.5	6.7	9.0	10.1	9.4
X031	10245	3466 LG	9.3	-	8.9	10.8	10.4
X032	20245	3480 DA	8.7	-	-	8.8	9.0
X033	24245	3511 ZJ	10.0	8.6	11.0	10.6	12.2
X034	00105	3512 EZ	-	-	9.4	-	10.4
X035	10105	3512 LE	11.0	-	11.1	-	11.3
X036	00105	3513 EH	-	-	9.3	-	9.6
X037	24105	3513 GH	-	-	-	-	-
X038	24245	3514 ET	10.3	9.0	9.8	8.4	11.1
X039	24245	3515 AW	10.6	8.1	10.6	8.6	12.8
X040	10105	3522 ER	9.3	-	8.0	-	9.6
X041	00245	3524 AE	-	-	8.2	9.4	9.0
X042	10105	3524 CN	9.3	-	9.4	-	9.7
X043	24245	3524 CZ	8.1	8.8	8.4	8.0	9.9
X044	10245	3524 HP	-	-	-	9.3	9.3
X045	10245	3524 HP	9.6	-	8.9	9.2	9.6

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
X046	10245	3524 VJ	9.5	-	9.9	9.1	9.9
X047	20245	3526 HG	9.6	-	8.7	8.5	10.4
X048	10005	3526 YC	8.0	-	-	-	7.7
X049	10005	3527 AS	9.6	-	-	-	10.6
X050	10145	3531 EJ	8.8	-	13.5	16.0	9.3
X051	24005	3532 HP	11.3	11.8	-	-	12.3
X052	10105	3533 ES	8.6	-	8.7	-	9.1
X053	10245	3551 ES	11.9	-	10.4	9.4	13.0
X054	20245	3553 BR	10.3	-	10.5	9.8	10.0
X055	10105	3553 JW	11.0	-	10.1	-	12.3
X056	10105	3561 BJ	10.6	-	9.8	-	9.9
X057	24205	3561 PD	9.1	8.7	8.4	-	9.8
X058	10245	3561 VE	8.6	-	9.1	8.5	7.7
X059	24245	3562 TM	9.0	9.8	8.7	8.7	10.1
X060	24205	3564 CP	6.7	13.2	7.7	-	7.4
X061	20245	3571 CA	10.9	-	9.9	9.9	12.4
X062	24245	3571 CT	11.4	8.4	11.3	15.2	12.4
X063	20245	3571 VK	10.2	-	10.7	9.7	11.6
X064	10105	3572 GM	11.0	-	10.0	-	11.6
X065	00105	3572 NM	-	-	9.8	-	10.6
X066	00245	3572 TT	-	-	11.0	13.5	12.2
X067	00105	3581 GE	-	-	10.9	-	12.6
X068	00245	3582 JH	-	-	8.6	7.9	8.9
X069	10245	3583 CZ	11.3	-	10.1	8.4	12.3
X070	10245	3583 TB	11.4	-	12.1	8.1	12.7
X071	24105	3583 TK	10.6	9.9	11.8	-	10.9
X072	20245	3584 ZS	10.4	-	10.0	9.1	10.6
X073	24245	3584 ZZ	9.3	8.1	8.4	7.9	9.4
X074	10305	4001 YL	11.4	-	10.0	-	12.2
X075	10105	4012 BW	8.4	-	-	-	10.0
X076	10245	4021 XN	9.6	-	10.5	10.8	10.7
X077	00345	4024 BP	-	-	10.1	11.3	11.0
X078	24005	4053 JL	8.6	11.0	-	-	9.8
X079	10205	4061 AN	9.8	-	10.4	-	11.7
X080	10105	4101 WB	9.6	-	11.5	-	11.3
X081	10245	4101 WK	9.5	-	10.3	8.8	9.2
X082	24245	4102 AN	11.3	10.4	8.8	9.6	9.1
X083	10245	4102 BN	8.6	-	7.9	10.5	10.3
X084	20245	4132 CY	10.3	-	10.6	8.7	9.9
X085	10245	4133 TB	9.5	-	9.3	8.8	11.1
X086	24245	4143 CL	8.7	7.8	8.9	12.3	8.8
X087	24245	4145 MH	11.1	11.4	9.3	8.1	10.0
X088	10345	4194 TV	10.0	-	8.0	8.1	10.6
X089	10245	4207 GD	9.2	-	9.4	7.7	9.4
X090	10245	4264 AR	9.9	-	9.3	7.4	9.5

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
X091	34305	4281 LD	9.0	9.8	8.8	-	8.6
X092	24245	4284 VA	9.5	11.1	9.0	8.9	12.0
X093	10105	4301 LH	9.2	-	9.0	-	9.6
X094	20105	4301 VB	8.6	-	8.4	-	9.1
X095	10105	4301 WL	9.1	-	9.6	-	10.4
X096	10245	4306 AV	9.0	-	9.1	10.2	9.0
X097	10345	4328 CC	10.7	-	9.6	8.1	10.1
X098	10245	4331 ES	10.4	-	10.4	11.0	9.7
X099	00105	4331 JY	-	-	9.1	-	11.6
X100	10105	4333 AN	8.9	-	9.3	-	8.6
X101	10245	4333 CA	7.0	-	6.7	8.6	7.2
X102	20245	4333 CE	11.4	-	10.4	8.3	12.7
X103	10245	4333 DC	-	-	-	-	-
X104	24305	4334 HD	8.0	8.8	8.6	-	9.1
X105	10205	4335 AT	8.3	-	9.7	-	9.1
X106	10105	4336 GM	8.2	-	9.0	-	9.0
X107	10245	4336 HD	9.1	-	8.9	10.1	9.0
X108	10105	4337 CS	-	-	8.3	-	9.9
X109	10245	4337 KA	8.8	-	9.2	8.6	9.9
X110	24305	4337 LB	8.2	9.7	7.8	-	8.8
X111	10245	4339 BR	8.8	-	8.9	11.7	9.5
X112	10105	4351 AJ	10.1	-	9.5	-	11.5
X113	10105	4353 AA	10.1	-	9.7	-	10.8
X114	10245	4354 AG	10.0	-	9.1	8.2	10.4
X115	10105	4356 HL	9.3	-	10.3	-	9.3
X116	10305	4357 BD	8.5	-	6.9	-	9.4
X117	10245	4361 EH	8.8	-	8.3	8.0	8.1
X118	10245	4364 BB	9.8	-	9.0	7.3	9.4
X119	10305	4371 EB	11.3	-	10.9	-	10.5
X120	24305	4373 AV	9.6	12.1	8.6	-	8.2
X121	10245	4374 EH	8.6	-	8.4	8.5	19.8
X122	24245	4381 SV	10.0	-	8.8	11.1	10.9
X123	10205	4382 PC	10.1	-	9.4	-	10.9
X124	10245	4384 KC	8.5	-	9.5	8.6	8.1
X125	24005	4385 BT	9.3	-	-	-	8.5
X126	10245	4388 AB	-	-	9.0	7.2	8.3
X127	10245	4388 JM	9.4	-	9.5	7.8	12.6
X128	10105	4388 KC	8.2	-	8.8	-	9.9
X129	10245	4388 TB	-	-	8.9	8.2	8.8
X130	24105	4388 TT	8.0	9.7	8.2	-	8.3
X131	10005	4413 RG	9.6	-	-	-	11.1
X132	10005	4414 AE	10.5	-	-	-	13.9
X133	10345	4416 AJ	-	-	9.0	6.0	12.3
X134	10245	4421 GK	9.5	-	8.7	8.9	9.8
X135	24305	4424 CL	8.4	10.4	8.2	-	8.6

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VRGOW	WERK VRGOW	MAN	WERK MAN	HUIS
X136	10245	4424 EJ	7.8	-	8.1	8.8	9.5
X137	00245	4431 CD	-	-	9.4	9.5	10.9
X138	20245	4431 CJ	8.4	-	9.2	9.4	10.5
X139	10245	4444 AD	8.1	-	8.6	9.5	8.4
X140	10245	4451 AY	8.5	-	9.1	10.4	9.3
X141	10305	4453 AR	6.6	-	9.2	-	9.1
X142	10205	4453 CG	10.2	-	9.7	-	13.0
X143	10205	4461 LS	8.7	-	10.1	-	9.8
X144	10105	4461 TW	9.1	-	8.3	-	9.6
X145	20205	4463 GG	7.4	-	7.6	-	8.1
X146	24245	4464 AM	7.6	11.1	9.0	9.4	8.3
X147	10245	4464 AP	7.8	-	7.8	8.5	8.7
X148	10245	4464 BK	10.8	-	10.5	8.2	10.4
X149	10245	4472 AD	8.4	-	8.2	8.4	8.9
X150	00105	4600 AE	-	-	8.6	-	7.8
X151	10105	4613 BB	10.7	-	11.1	-	10.1
X152	24245	4614 XY	8.9	9.6	8.4	9.2	9.0
X153	10245	4631 EY	8.5	-	7.0	9.5	9.2
X154	10245	4661 HB	8.4	-	8.3	8.1	7.8
X155	20245	4691 BD	9.5	-	9.5	10.9	10.4
X156	24245	4691 QY	10.4	8.7	9.6	9.2	9.8
X157	10105	4901 PE	7.9	-	9.2	-	8.7
X158	10245	4907 AS	9.4	-	8.0	7.8	10.2
X159	20245	4907 GA	9.7	-	9.1	8.9	10.3
X160	10345	4907 HL	9.5	-	9.9	9.8	10.3
X161	10245	4907 RE	9.4	-	9.9	9.1	9.9
X162	20245	4926 AN	10.1	-	9.3	9.7	11.3
X163	20305	6602 ZT	-	-	-	-	10.1
X164	10245	6604 DA	11.3	-	9.2	11.5	9.5
X165	10305	6631 BG	10.9	-	11.6	-	11.9
X166	10245	6671 ZH	8.9	-	9.0	10.5	9.3
X167	10245	6681 EZ	10.0	-	12.7	10.8	9.8
X168	24245	6684 DG	10.4	10.3	12.2	10.1	12.1
X169	00245	8602 BX	-	-	9.0	7.1	11.9
X170	10245	9647 SB	10.1	-	8.9	7.5	11.7
X171	10245	8802 ZE	8.5	-	9.9	12.2	10.0
X172	10245	8812 JN	9.2	-	9.3	13.1	11.4
X173	10245	8841 KH	-	-	9.1	10.0	9.3
X174	10245	8862 RC	-	-	9.0	9.2	10.2
X175	24245	8872 NH	9.2	8.9	9.3	7.9	10.5
X176	10305	8899 AB	8.6	-	8.0	-	9.7
X177	00105	8899 AX	-	-	8.5	-	9.1
X178	10245	9033 WT	17.9	-	10.9	10.4	10.5
X179	10245	9036 LJ	9.2	-	9.0	8.8	10.5
X180	10245	9051 DX	8.6	-	8.2	9.3	8.5

Verklaring kolommen zie tabel 3.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
X181	10245	9051 GL	8.6	-	8.2	10.0	10.0
X182	24245	9051 KC	10.2	10.8	9.8	11.0	11.1
X183	10245	9051 KZ	9.0	-	9.8	8.1	10.4
X184	20245	9053 LV	9.7	-	8.5	7.7	11.3
X185	10245	9064 DD	10.5	-	10.1	9.2	10.3
X186	10305	9903 AH	10.6	-	11.2	-	10.9
X187	30005	9908 TB	10.8	-	-	-	10.7
X188	10305	9918 PA	12.1	-	11.5	-	13.8
X189	24245	9919 HG	10.1	8.3	10.7	9.3	11.3
X190	20245	9932 AR	8.8	-	7.7	9.3	8.7
X191	10245	9933 GG	10.2	-	8.9	9.3	10.4
X192	10005	9933 NK	12.2	-	-	-	11.5
X193	10245	9934 EE	11.6	-	10.8	9.7	9.8
X194	24245	9944 BW	10.1	9.8	8.9	8.5	11.6
X195	20245	9959 PT	-	-	-	-	9
X196	10245	9967 PA	9.7	-	10.1	7.4	10.1
X197	10305	9981 HC	8.8	-	9.3	-	10.0
X198	10205	9988 RN	9.0	-	8.6	-	11.6
X199	10245	6931 HJ	11.5	-	9.8	10.3	8.9
X200	24005	6811 HC	10.6	10.7	-	-	11.9
Y001	20245	3701 EH	11.4	-	10.4	10.4	12.0
Y002	10245	3707 SC	8.5	-	9.3	10.3	9.7
Y003	10245	3703 EC	9.5	-	8.6	7.9	9.8
Y004	24245	3704 RN	9.8	9.1	9.3	8.4	10.0
Y005	24245	3706 HV	8.7	12.1	8.7	8.0	8.8
Y006	20245	3707 GS	10.3	-	10.4	9.3	11.8
Y007	10245	3707 XE	8.6	-	8.6	9.0	8.9
Y008	10245	3708 CC	8.3	-	7.7	7.7	9.6
Y009	10245	3708 GH	-	-	-	8.6	9.6
Y010	20105	3711 BN	8.5	-	8.0	-	9.5
Y011	10105	3712 AP	9.2	-	7.9	-	9.1
Y012	10245	3721 MA	12.4	-	11.1	-	12.1
Y013	10105	3721 VA	9.0	-	-	-	-
Y014	10105	3721 VG	6.8	-	9.4	-	-
Y015	10245	3722 BD	8.7	-	-	10.7	9.2
Y016	10245	3723 AP	7.5	-	8.6	8.8	8.7
Y017	10245	3723 BG	10.5	-	10.7	9.7	11.2
Y018	24245	3723 VC	9.2	9.4	8.4	9.0	9.0
Y019	10245	3723 XC	9.4	-	9.3	8.0	9.8
Y020	10245	3723 XE	8.0	-	8.5	11.6	8.5
Y021	24245	3731 HL	10.1	11.2	10.1	10.6	12.4
Y022	10245	3731 KV	9.5	-	8.9	10.3	8.7
Y023	24105	3731 KX	10.9	9.7	10.5	-	9.8
Y024	24205	3732 DH	10.1	10.1	10.7	-	12.8
Y025	10345	3734 XA	10.9	-	9.8	8.5	8.7

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
Y026	10305	3738 GE	9.8	-	8.8	-	11.2
Y027	10245	3738 TS	10.8	-	8.7	11.2	10.9
Y028	10245	3742 AM	8.7	-	8.9	12.0	9.5
Y029	10245	3751 DA	7.9	-	8.0	7.9	7.5
Y030	10245	3755 EE	8.7	-	9.2	9.0	9.9
Y031	10245	3755 VH	9.6	-	10.2	7.9	10.6
Y032	10245	3761 AS	9.0	-	9.9	9.6	9.6
Y033	10245	3761 BE	8.2	-	8.8	10.5	9.7
Y034	10245	3762 AH	8.1	-	8.8	9.3	9.0
Y035	20245	3766 EW	8.4	-	8.2	9.9	9.3
Y036	10245	3768 CW	10.1	-	8.8	7.9	11.0
Y037	10245	3771 AP	10.5	-	9.5	10.7	9.7
Y038	10105	3781 LT	8.8	-	9.6	-	12.0
Y039	00305	5046 DH	-	-	8.9	-	9.9
Y040	10245	5052 VE	7.6	-	8.2	11.3	8.2
Y041	10305	5056 SK	8.8	-	8.9	-	10.3
Y042	10245	5056 XH	9.4	-	8.9	8.2	9.6
Y043	10245	5401 LS	10.4	-	10.3	8.2	10.5
Y044	10245	5402 BD	9.5	-	9.9	9.0	9.5
Y045	10245	5402 PD	9.5	-	10.8	9.2	9.1
Y046	10345	5403 LH	10.6	-	10.6	10.4	13.5
Y047	10245	5403 WX	8.3	-	8.0	7.9	8.1
Y048	10345	5408 XY	7.9	-	7.1	8.3	7.8
Y049	10305	5411 TM	11.2	-	11.2	-	10.9
Y050	10245	5427 EG	10.2	-	9.3	10.5	12.0
Y051	10245	5463 BP	9.6	-	9.2	9.4	11.6
Y052	00305	5464 RB	-	-	9.1	-	9.8
Y053	10245	5469 ED	9.6	-	9.7	7.7	9.0
Y054	10245	5473 BB	9.6	-	9.2	11.1	7.5
Y055	10245	5473 EE	10.6	-	10.4	8.8	11.5
Y056	10305	5482 RA	-	-	9.5	-	9.6
Y057	10105	5501 CG	11.8	-	10.7	-	13.3
Y058	10105	5502 YC	10.3	-	11.9	-	12.9
Y059	10105	5504 LD	10.8	-	11.2	-	10.4
Y060	10245	5506 AM	11.1	-	9.9	8.3	12.4
Y061	10105	5508 BD	8.1	-	9.0	-	8.6
Y062	10245	5525 KC	8.6	-	8.5	6.7	8.9
Y063	20245	5531 VB	10.1	-	8.4	8.5	10.6
Y064	10105	5531 XB	10.5	-	9.9	-	10.8
Y065	10245	5531 XC	11.1	-	9.8	9.3	11.1
Y066	10305	5541 GA	9.9	-	8.5	-	11.8
Y067	10305	5541 VH	9.9	-	9.6	-	10.7
Y068	10245	5551 AG	11.3	-	8.0	7.3	9.0
Y069	20205	5551 CC	8.5	-	8.7	-	8.3
Y070	10105	5552 RC	9.4	-	9.3	-	9.9

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	YVROUW	WERK YVROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
Y071	10245	5554 JH	11.0	-	9.9	10.0	11.7
Y072	10305	5561 AE	7.7	-	7.7	-	8.5
Y073	10105	5571 TM	7.0	-	8.2	-	8.1
Y074	20245	5581 BP	9.9	-	9.0	9.9	9.9
Y075	10245	5581 HK	7.7	-	7.7	8.5	7.2
Y076	24305	5582 HK	10.8	9.4	10.3	-	11.5
Y077	10205	5591 GG	8.7	-	-	-	8.2
Y078	20245	5614 AN	10.9	-	9.0	7.4	11.1
Y079	10105	5616 BT	8.8	-	9.3	-	8.3
Y080	10245	5623 KD	9.4	-	10.0	7.4	9.8
Y081	20305	5624 GZ	12.3	-	11.1	-	11.9
Y082	24205	5624 KH	9.7	9.2	10.8	-	10.6
Y083	20245	5627 DB	8.0	-	8.6	9.8	8.8
Y084	10245	5627 HM	8.8	-	8.0	8.5	8.6
Y085	10245	5631 GR	9.4	-	9.0	7.0	10.2
Y086	10245	5631 NH	10.7	-	-	10.9	11.4
Y087	10205	5632 BE	9.1	-	9.7	-	8.9
Y088	10245	5641 SE	9.3	-	9.6	11.8	9.2
Y089	10105	5642 CG	11.8	-	11.0	-	11.4
Y090	20245	5643 JW	9.0	-	-	9.1	9.3
Y091	10105	5643 PA	9.9	-	-	-	10.4
Y092	10245	5644 BD	-	-	12.0	9.5	8.2
Y093	10245	5644 DB	10.4	-	10.3	6.6	10.0
Y094	10245	5646 BA	8.3	-	8.5	9.1	8.6
Y095	10205	5652 NC	9.0	-	8.3	-	8.6
Y096	10105	5652 XS	11.1	-	11.4	-	11.4
Y097	10105	5654 AP	9.1	-	9.1	-	10.2
Y098	10105	5654 AT	9.0	-	9.2	-	9.5
Y099	10105	5654 NH	9.9	-	-	-	8.7
Y100	10245	5655 BC	8.3	-	8.2	9.1	10.9
Y101	20245	5655 BP	9.4	-	7.9	7.0	9.1
Y102	10245	5664 BJ	9.2	-	10.1	8.6	10.6
Y103	10245	5666 AM	10.8	-	11.6	9.8	11.1
Y104	24105	5666 TM	8.8	9.5	10.0	-	11.1
Y105	20245	5667 HZ	9.4	-	7.5	9.6	8.7
Y106	10245	5671 AE	10.7	-	11.4	8.7	12.8
Y107	10245	5671 AL	8.7	-	8.6	9.8	8.7
Y108	10245	5671 CM	8.6	-	8.4	7.1	8.8
Y109	24105	5672 XS	9.0	10.6	9.2	-	8.4
Y110	10245	5673 LL	7.7	-	7.9	10.3	10.2
Y111	10245	5683 EK	9.2	-	10.2	11.2	9.8
Y112	10245	5684 YH	12.7	-	12.3	11.8	12.3
Y113	10245	5688 HS	-	-	-	9.1	8.6
Y114	24205	5688 RM	9.0	12.2	10.1	-	9.5
Y115	10245	5694 TG	10.8	-	10.9	11.3	11.6

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
Y116	24105	5694 UB	7.8	10.0	7.6	-	8.7
Y117	10245	5702 PV	9.4	-	8.4	8.4	8.9
Y118	10105	5707 JH	9.8	-	9.3	-	10.2
Y119	10245	5708 EV	8.7	-	8.2	11.0	9.4
Y120	10105	5712 ES	10.0	-	10.2	-	11.1
Y121	10205	5712 HJ	9.0	-	8.2	-	9.2
Y122	24245	5730 PA	9.2	9.7	8.6	8.8	9.5
Y123	10205	5731 JR	10.4	-	9.3	-	11.0
Y124	10245	5751 SV	-	-	-	-	-
Y125	10305	5758 AA	9.1	-	8.5	-	9.1
Y126	10205	5803 CB	13.4	-	11.7	-	16.0
Y127	24305	5846 AC	8.6	10.0	8.1	-	9.7
Y128	10245	7215 EA	13.0	-	11.1	8.4	13.5
Y129	10245	7431 BM	9.2	-	9.8	8.7	9.8
Y130	10105	7442 AN	8.5	-	8.0	-	9.9
Y131	10245	7451 JH	8.7	-	13.8	9.3	9.1
Y132	10245	7451 HG	11.7	-	10.2	13.7	11.9
Y133	10245	7451 HG	10.3	-	9.4	12.4	10.8
Y134	10105	7481 BC	8.9	-	10.0	-	10.8
Y135	10245	7481 GT	10.4	-	10.5	12.1	11.0
Y136	10245	7609 BS	8.0	-	7.6	8.9	8.3
Y137	24245	7621 XJ	8.8	8.2	8.9	12.5	9.8
Y138	10245	7687 AB	9.1	-	8.7	9.5	9.1
Y139	10105	7701 KW	8.2	-	8.4	-	8.5
Y140	10245	7721 WJ	8.6	-	9.2	8.7	10.6
Y141	10105	7731 BS	8.9	-	8.9	-	10.6
Y142	10245	7751 DA	8.9	-	8.3	15.7	9.4
Y143	10105	7772 PS	7.9	-	7.1	-	9.0
Y144	10245	7786 BA	7.8	-	7.7	7.9	8.7
Y145	10105	7811 EH	7.5	-	7.5	-	13.5
Y146	10245	7812 TT	8.9	-	8.8	9.9	8.6
Y147	24245	7823 KC	9.9	8.4	10.6	16.3	10.0
Y148	10245	7873 AC	9.5	-	9.5	6.9	9.3
Y149	20105	7873 CN	7.5	-	10.5	-	9.5
Y150	10245	7881 AB	8.7	-	9.0	8.5	9.4
Y151	10245	7885 GL	7.1	-	7.7	8.2	9.4
Y152	10245	7904 AJ	7.6	-	7.3	7.9	7.2
Y153	10205	7944 AD	9.4	-	8.5	-	9.4
Y154	10105	7944 TP	10.0	-	9.4	-	10.6
Y155	20105	7946 AL	8.4	-	7.8	-	8.7
Y156	10245	7957 BZ	8.7	-	9.0	7.4	9.7
Y157	10205	7958 PZ	8.9	-	9.0	-	8.8
Y158	30305	7991 AA	9.2	-	9.0	-	9.0
Y159	10305	8404 GA	9.8	-	7.6	-	9.1
Y160	10105	8411 KC	-	-	-	-	-

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
Y161	24305	8431 SE	8.6	6.5	8.6	-	10.3
Y162	10245	8441 GC	8.6	-	8.2	-	8.8
Y163	10105	8442 EG	8.9	-	8.9	-	8.8
Y164	10245	8443 CS	7.9	-	7.2	7.3	8.1
Y165	10245	8446 LB	-	-	9.3	6.2	9.7
Y166	10105	8446 NT	7.6	-	7.4	-	7.9
Y167	10105	8446 NT	7.4	-	7.6	-	9.0
Y168	10305	8446 RD	8.1	-	11.3	-	11.4
Y169	10305	8455 JS	9.2	-	8.5	-	8.4
Y170	10245	8458 CT	8.1	-	7.6	7.7	10.0
Y171	10245	8464 NE	8.4	-	7.4	9.1	8.8
Y172	10245	8471 TM	8.5	-	8.0	8.1	7.6
Y173	10305	8491 MW	11.8	-	9.7	-	12.3
Y174	10205	9301 BK	7.8	-	7.3	-	8.1
Y175	10245	9301 EK	9.4	-	-	9.6	9.6
Y176	10245	9301 KM	-	-	8.7	8.8	9.6
Y177	10245	9301 RK	7.1	-	7.7	7.8	7.4
Y178	10105	9312 PP	10.2	-	-	-	10.2
Y179	10245	9321 CH	8.2	-	8.5	8.5	8.8
Y180	10105	9331 LH	8.3	-	8.5	-	8.2
Y181	10245	9351 AV	10.0	-	9.0	10.9	10.4
Y182	10105	9351 NC	8.3	-	7.6	-	7.3
Y183	10245	9351 RC	8.4	-	8.1	11.8	10.7
Y184	10245	9363 GL	8.7	-	8.1	8.1	9.1
Y185	10205	9401 LK	10.0	-	9.4	-	10.9
Y186	10245	9401 ME	8.4	-	7.5	6.7	8.4
Y187	10245	9405 GS	7.7	-	7.5	11.1	8.7
Y188	10305	9405 HJ	8.4	-	7.5	-	9.1
Y189	10245	9405 HN	7.5	-	8.2	9.6	10.1
Y190	10105	9406 TD	6.6	-	6.7	-	8.1
Y191	10245	9407 BA	9.7	-	9.2	10.3	9.5
Y192	10245	9407 CR	11.8	-	8.3	8.0	10.4
Y193	10245	9421 RC	8.1	-	7.5	6.6	8.8
Y194	10245	9421 RR	8.5	-	8.1	8.7	8.8
Y195	10105	9437 TA	15.1	-	15.5	-	15.1
Y196	10245	9451 GA	8.6	-	8.4	8.9	9.8
Y197	10245	9451 HL	7.9	-	8.5	9.6	8.9
Y198	10105	9466 PH	-	-	9.1	-	8.2
Y199	20105	9468 AP	8.9	-	8.6	-	8.6
Y200	10245	9481 GE	-	-	8.7	10.3	11.1
Y201	10245	9482 RX	8.6	-	9.2	9.5	10.1
Y202	10105	9514 CC	8.9	-	8.7	-	9.9
Y203	10245	9531 CL	8.8	-	7.8	7.9	8.1
Y204	24105	9531 JK	7.6	7.9	7.3	-	7.3
Y205	10245	9531 TJ	9.5	-	8.9	10.1	8.3

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

VERZ. CODE	UITG. CODE	POST CODE	VROUW	WERK VROUW	MAN	WERK MAN	HUIS
Y206	10245	9551 VB	8.4	-	8.3	8.0	9.1
Y207	00245	3881 MK	-	-	10.3	9.9	7.9

Verklaring kolommen zie tabel 5.2.2

Tabel 5.2.2

Verklaring van de kolomcode in tabel 5.2.1

VERZ. CODE	:	Verzendingscode bestaande uit
	-	gebied woning
		X. Hoog (EXP $\geq$ 4.5 uR/h)
		Y. Laag (EXP $<$ 3.0 uR/h)
	-	volgnummer
UITG. CODE	:	Uitgiftecode (Zie tekst 3.2)
POSTCODE	:	Postcode van de woning
VROUW	:	TLD gedragen door de vrouw
WERK VROUW	:	TLD geplaatst in de werkruimte van de vrouw
MAN	:	TLD gedragen door de man
WERK MAN	:	TLD geplaatst in de werkruimte van de man
HUIS	:	TLD geplaatst in de woning
-	:	Niet van toepassing of geen resultaat beschikbaar

Tabel 5.3.1 Totaal aantal bruikbare meetresultaten

Terrestr. Niveau	Vrouwen					Mannen					Wo- ningen	Totaal aant. me- tingen
	P1				R1	P2				R2		
	kat. 1	kat. 2	kat. 3	Tot.	Wpl.	kat. 1	kat. 2	kat. 3	Tot.	Wpl.		
Hoog (X)	118	53	2	173	34	34	125	23	182	125	198	712
Laag (Y)	159	34	1	194	18	42	129	23	194	123	203	732
Totaal	227	87	3	367	52	76	254	46	376	248	401	1444

Tabel 5.4.1 Compilatie van meetresultaten (gemiddelde exposietempi per groep in $\mu\text{rad.h}^{-1}$)

Terrestr. Niveau	Vrouwen					Mannen					Woningen
	kat. 1	kat. 2	kat. 3	Tot.	Wpl.	kat. 1	kat. 2	kat. 3	Tot.	Wpl.	
Hoog (X)	9,54	9,40	9,88	9,50	9,69	9,60	9,21	9,25	9,29	9,38	10,12
Laag (Y)	9,26	9,34	9,20	9,28	9,61	9,18	9,07	9,12	9,10	9,28	9,81
Tot.(X+Y)	9,38	9,37	9,66	9,38	9,66	9,37	9,14	9,19	9,19	9,33	9,96
X/Y	1,030	1,006	1,074	1,024	1,008	1,046	1,015	1,014	1,021	1,011	1,032

Tabel 5.4.2 Verhouding van de scores van vrouwen en mannen

Terrestr. Niveau	Vrouwen/Mannen				
	kat. 1	kat. 2	kat. 3	alle kat.	Wpl.
Hoog (X)	0,994	1,021	1,068	1,023	1,033
Laag (Y)	1,009	1,030	1,009	1,020	1,036
Tot.(X+Y)	1,001	1,025	1,051	1,021	1,035

Tabel 5.4.4 Lineaire correlatie-coëfficiënten van enkele relevante objecten (TLD-metingen)

Objecten								
X	Y	Gebied	Aant.	<X>	<Y>	SD _X (%)	SD _Y (%)	r
Alle vrouwen	Alle mannen	Hoog (X)	160	95	93	14	13	0,60
		Laag (Y)	185	93	91	14	14	0,72
		Totaal (X+Y)	345	94	92	14	13	0,67
Kat. 1 vrouwen	Kat. 1 mannen	Hoog (X)	22	94	98	10	13	0,83
		Laag (Y)	32	92	93	19	19	0,89
		Totaal (X+Y)	54	93	95	16	16	0,77
Kat. 1 vrouwen	Hun woning	Hoog (X)	118	96	101	15	16	0,39
		Laag (Y)	157	93	99	14	16	0,72
		Totaal (X+Y)	275	94	100	16	16	0,57
Kat. 1 mannen	Hun woning	Hoog (X)	34	96	101	12	12	0,43
		Laag (Y)	41	92	99	18	18	0,72
		Totaal (X+Y)	75	94	100	15	15	0,64
Kat. 2 mannen	Hun werk-plek	Hoog (X)	115	92	94	12	16	0,31
		Laag (Y)	114	90	93	13	19	0,26
		Totaal (X+Y)	229	91	93	12	17	0,28
Werk-plek mannen	Hun woning	Hoog (X)	125	94	101	17	16	0,02
		Laag (Y)	123	93	97	18	13	0,03
		Totaal (X+Y)	248	99	99	18	15	0,12

Gamma-expositiepl in woningen en werkruimtes inclusief kosmische stralingsbijdrage. (399 stuks) in microR/h

woning						werklokatie				
						man		vrouw		
NR	POSTCODE	N	GB	EXP	EXPT	GB	EXP	GB	EXP	
1	1351 NT	2	H	6.8	7.9	H	7.4	-	-	
2	1351 PJ	2	H	7.1	6.8	-	-	-	-	
3	1352 AJ	2	H	8.7	8.9	-	-	-	-	
4	1354 KN	2	H	8.5	-	-	-	-	-	
5	1381 GE	2	H	10.2	9.1	M	8.1	-	-	
6	1382 DB	2	H	9.9	8.4	M	10.7	-	-	
7	3312 GL	2	H	9.6	-	-	-	-	-	
8	3313 TC	1	H	8.9	9.4	-	-	-	-	
9	3328 KJ	2	H	9.1	8.8	M	8.6	-	-	
10	3328 ML	2	H	7.7	8.5	H	10.0	-	-	
11	3328 MX	2	H	7.4	7.9	-	-	-	-	
12	3343 CV	2	H	9.1	9.4	H	6.8	-	-	
13	3361 VE	2	H	9.9	-	H	11.1	-	-	
14	3402 BE	2	H	8.4	9.2	M	8.0	-	-	
15	3411 NB	1	H	11.1	9.2	-	-	-	-	
16	3431 AX	2	H	9.1	8.8	M	10.8	H	8.4	
17	3431 BX	2	H	10.7	9.8	L	8.2	-	-	
18	3432 XK	2	H	9.2	9.1	-	-	-	-	
19	3432 XR	2	H	9.1	9.6	H	12.1	H	8.9	
20	3434 TA	2	H	8.8	9.9	-	-	-	-	
21	3435 HD	2	H	9.3	9.5	-	-	-	-	
22	3436 RB	2	H	10.7	9.5	H	8.0	-	-	
23	3436 RJ	2	H	9.8	8.2	M	12.3	-	-	
24	3438 BH	2	H	8.3	8.8	H	10.2	-	-	
25	3445 CM	1	H	8.8	9.4	-	-	-	-	
26	3448 XC	2	H	7.8	8.4	L	9.6	-	-	
27	3461 CC	2	H	10.3	9.4	-	-	-	-	
28	3461 GH	2	H	8.4	8.9	H	10.6	H	7.3	
29	3466 LG	2	H	11.0	9.5	M	11.8	-	-	
30	3480 DA	2	H	8.7	8.8	-	-	-	-	
31	3511 ZJ	2	H	11.9	-	M	9.7	M	7.4	
32	3512 EZ	2	H	10.2	-	-	-	-	-	
33	3512 LE	2	H	11.6	12.2	H	8.4	-	-	
34	3513 EH	1	H	8.2	-	-	-	-	-	
35	3513 GM	2	H	12.4	-	-	-	H	12.0	
36	3514 ET	2	H	10.2	-	L	3.6	H	3.2	
37	3516 AW	2	H	13.4	5.2	H	5.2	H	8.3	
38	3522 ER	2	H	9.5	2.1	-	-	-	-	
39	3524 AE	2	H	9.2	8.5	H	7.6	-	-	
40	3524 CN	2	H	10.2	3.8	-	-	-	-	
41	3524 CZ	2	H	9.4	6.2	H	6.2	H	8.6	
42	3524 HP	2	H	8.9	10.0	H	10.7	-	-	
43	3524 HP	2	H	9.4	10.4	H	9.1	-	-	
44	3524 VJ	2	H	10.1	9.1	H	10.5	-	-	
45	3526 HQ	2	H	10.2	10.1	H	7.3	H	11.2	

NR	POSTCODE	woning				werkloosheid			
		N	GB	EXP	EXPT	man	EXP	vrouw	EXP
46	3526 VC	1	H	8.3	10.3	-	-	-	-
47	3527 AS	1	H	10.6	-	-	-	-	-
48	3531 EJ	2	H	9.6	8.8	-	-	-	-
49	3532 HP	2	H	12.1	10.0	M	11.2	-	-
50	3533 ES	2	H	9.4	8.4	-	-	-	-
51	3551 ES	2	H	12.2	9.1	H	8.7	-	-
52	3553 BR	2	H	9.1	-	L	10.0	-	-
53	3553 JW	2	H	11.8	9.6	-	-	-	-
54	3561 BJ	2	H	10.5	8.5	-	-	-	-
55	3561 PD	2	H	10.2	9.3	-	-	L	8.6
56	3561 VE	2	H	8.5	8.1	M	11.0	-	-
57	3562 TH	2	H	8.8	-	H	7.9	M	11.5
58	3564 CP	2	H	7.9	7.7	M	11.5	H	8.1
59	3571 CA	2	H	11.4	8.3	M	10.2	-	-
60	3571 CT	2	H	11.7	8.2	L	10.6	M	6.9
61	3571 VK	2	H	11.4	10.0	H	9.1	-	-
62	3572 GM	2	H	11.7	-	-	-	-	-
63	3572 NM	1	H	11.7	-	-	-	-	-
64	3581 GE	1	H	12.9	-	-	-	-	-
65	3582 JH	1	H	8.9	9.3	H	8.2	-	-
66	3583 CZ	2	H	12.1	10.3	L	9.6	-	-
67	3583 TB	2	H	13.3	-	H	7.2	-	-
68	3583 TK	2	H	11.6	9.4	-	-	H	9.2
69	3584 ZS	2	H	10.2	9.2	H	8.7	-	-
70	3584 ZZ	2	H	9.0	8.4	M	11.1	H	6.9
71	3701 EM	2	L	11.4	-	L	9.6	-	-
72	3702 BG	2	L	11.0	7.4	L	8.0	-	-
73	3703 EC	2	L	9.5	9.0	L	7.6	-	-
74	3704 RN	2	L	10.0	9.3	H	7.0	L	8.7
75	3706 HV	2	L	8.9	-	L	8.6	L	10.5
76	3707 GS	2	L	10.7	7.8	L	8.6	-	-
77	3707 XE	2	L	8.1	7.8	L	10.4	-	-
78	3708 CC	2	L	8.8	7.4	H	3.2	-	-
79	3708 GH	2	L	9.0	7.3	M	9.4	-	-
80	3711 BN	2	L	8.8	9.2	-	-	M	10.4
81	3712 AD	2	L	8.8	7.7	-	-	-	-
82	3721 MA	2	L	12.2	8.7	L	7.4	-	-
83	3721 VA	2	L	8.7	8.7	-	-	-	-
84	3721 VG	2	L	8.4	8.8	-	-	-	-
85	3722 BD	2	L	8.3	7.3	L	11.2	-	-
86	3723 AP	2	L	8.2	8.1	L	9.3	-	-
87	3723 BG	2	L	9.2	7.3	L	9.7	-	-
88	3723 VC	2	L	8.3	9.1	M	8.3	L	8.3
89	3723 XC	2	L	8.2	7.7	L	8.0	-	-
90	3723 XE	2	L	8.5	8.7	L	8.8	-	-

Vaaklijning kolommen zie tabel 8.1.2

woning							werklokatie			
							man	vrouw		
NR	POSTCODE	N	GB	EXP	EXPT	GB	EXP	GB	EXP	
91	3731 HL	2	L	11.6	7.0	H	10.1	-	-	
92	3731 KV	2	L	8.0	7.9	L	10.6	-	-	
93	3731 KX	2	L	9.3	8.2	-	-	L	12.2	
94	3734 XA	2	L	8.2	7.5	-	-	-	-	
95	3738 GE	2	L	9.7	8.0	-	-	-	-	
96	3738 TS	2	L	10.4	6.8	H	12.1	-	-	
97	3742 AM	2	L	8.8	7.6	H	7.4	-	-	
98	3751 DA	2	L	7.7	8.4	-	-	-	-	
99	3755 EE	2	L	8.9	7.9	-	-	-	-	
100	3755 VH	2	L	9.3	7.3	H	7.2	-	-	
101	3761 AS	2	L	9.3	8.0	-	-	-	-	
102	3761 BE	2	L	9.3	8.0	H	10.9	-	-	
103	3762 AH	2	L	9.0	7.8	H	7.8	-	-	
104	3766 EW	2	L	8.5	7.3	L	10.5	H	7.9	
105	3768 CW	2	L	10.4	8.7	H	6.2	-	-	
106	3771 AP	2	L	9.8	7.8	L	10.7	-	-	
107	3781 LT	2	L	10.4	6.9	-	-	-	-	
108	4001 YL	2	H	10.8	9.8	-	-	-	-	
109	4012 BW	2	H	9.4	10.0	-	-	-	-	
110	4021 XH	2	H	10.2	9.4	H	11.1	-	-	
111	4024 BP	1	H	11.2	9.5	H	10.9	-	-	
112	4053 JL	1	H	9.7	9.3	-	-	H	11.9	
113	4061 AN	2	H	11.0	9.9	-	-	-	-	
114	4101 UB	2	H	10.5	9.1	-	-	-	-	
115	4101 WK	2	H	9.2	9.5	H	10.0	-	-	
116	4102 AN	2	H	10.8	9.4	H	8.0	L	9.3	
117	4102 BN	2	H	10.0	8.3	H	11.1	-	-	
118	4132 CV	2	H	9.7	9.5	H	8.6	-	-	
119	4133 TB	2	H	10.3	9.2	H	8.8	H	8.1	
120	4143 CL	2	H	8.4	9.8	H	11.7	H	7.0	
121	4145 MH	2	H	9.9	9.0	H	7.9	-	-	
122	4194 TV	2	H	10.3	8.3	H	6.9	-	-	
123	4207 GD	2	H	9.8	9.0	H	7.9	-	-	
124	4264 AR	2	H	10.1	9.3	-	-	-	-	
125	4284 VA	2	H	10.8	9.1	H	8.4	H	9.5	
126	4301 LH	2	H	8.8	8.9	-	-	-	-	
127	4301 VB	2	H	8.5	9.4	H	9.5	-	-	
128	4301 UL	2	H	9.1	8.4	-	-	-	-	
129	4306 AV	2	H	8.4	7.9	H	9.9	-	-	
130	4328 CC	2	H	10.7	9.0	H	8.1	-	-	
131	4331 ES	2	H	11.6	9.9	H	9.9	-	-	
132	4331 JV	1	H	10.4	-	-	-	-	-	
133	4333 AN	2	H	8.8	9.1	-	-	-	-	
134	4333 CA	2	H	6.8	8.1	H	9.7	-	-	
135	4333 CE	2	H	12.2	9.6	H	9.7	-	-	

verklaring kolommen zie tabel 8.1.2

woning							werkloosheid				
							man		vrouw		
NR	POSTCODE	N	GB	EXP	EXPT	GB	EXP	GB	EXP	GB	EXP
136	4333 DC	2	H	5.9	8.1	H	10.0	-	-	-	-
137	4334 HD	2	H	7.1	7.9	-	-	-	-	-	-
138	4335 AT	2	H	10.0	9.3	-	-	-	-	-	-
139	4336 GM	2	H	8.1	-	-	-	-	-	-	-
140	4336 HD	2	H	8.2	9.0	H	9.2	-	-	-	-
141	4337 CS	2	H	7.8	8.8	-	-	-	-	-	-
142	4337 KA	2	H	9.3	8.8	H	9.3	-	-	-	-
143	4337 LB	2	H	9.3	8.5	-	-	H	9.6	-	-
144	4339 BB	2	H	9.4	9.0	H	5.8	-	-	-	-
145	4341 KE	2	H	7.6	9.6	H	6.7	-	-	-	-
146	4351 AJ	2	H	10.5	8.4	-	-	-	-	-	-
147	4353 AH	2	H	10.7	9.2	-	-	-	-	-	-
148	4354 AG	2	H	9.8	8.4	-	-	-	-	-	-
149	4356 HL	2	H	9.1	6.6	-	-	-	-	-	-
150	4357 BA	2	H	9.3	8.3	-	-	-	-	-	-
151	4361 EH	2	H	8.1	8.1	H	7.6	-	-	-	-
152	4364 BB	2	H	9.4	10.1	H	7.0	-	-	-	-
153	4371 EB	2	H	9.6	9.1	-	-	-	-	-	-
154	4373 AV	2	H	7.3	8.8	-	-	H	11.0	-	-
155	4374 EH	2	H	8.8	7.0	H	8.0	-	-	-	-
156	4381 SY	2	H	11.9	8.8	-	-	-	-	-	-
157	4382 PC	2	H	11.1	10.7	-	-	-	-	-	-
158	4384 KC	2	H	9.9	8.7	H	8.6	-	-	-	-
159	4385 BT	1	H	7.8	6.2	-	-	H	9.6	-	-
160	4388 AB	2	H	10.4	9.2	H	7.6	-	-	-	-
161	4388 JM	2	H	11.8	8.9	H	7.2	-	-	-	-
162	4388 KC	2	H	9.1	8.3	-	-	-	-	-	-
163	4388 TB	2	H	8.5	9.0	-	-	-	-	-	-
164	4388 TT	2	H	6.3	8.4	-	-	-	-	-	-
165	4413 RG	1	H	10.8	9.4	-	-	-	-	-	-
166	4414 AE	1	H	11.7	9.6	-	-	-	-	-	-
167	4416 AJ	2	H	10.1	-	-	-	-	-	-	-
168	4421 GK	2	H	8.7	8.0	H	10.9	-	-	-	-
169	4424 CL	2	H	8.9	7.5	-	-	-	-	-	-
170	4424 EV	2	H	10.1	9.3	H	8.5	-	-	-	-
171	4431 CD	2	H	9.7	8.8	H	10.3	-	-	-	-
172	4431 CJ	2	H	7.8	8.0	-	-	-	-	-	-
173	4443 AE	2	H	11.4	8.2	H	4.3	-	-	-	-
174	4444 AD	2	H	8.8	9.8	H	8.0	-	-	-	-
175	4451 AV	2	H	8.2	8.8	H	9.8	-	-	-	-
176	4453 AR	2	H	10.4	9.3	-	-	-	-	-	-
177	4453 CG	2	H	9.0	8.4	-	-	-	-	-	-
178	4461 LS	1	H	10.0	9.7	-	-	-	-	-	-
179	4461 TW	2	H	9.9	9.4	-	-	-	-	-	-
190	4463 GG	2	H	9.5	9.4	-	-	-	-	-	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.2

woning							werkloosheid			
							man		vrouw	
NR	POSTCODE	N	GB	EXP	EXPT	GB	EXP	GB	EXP	
181	4464 AM	2	H	8.4	9.6	H	9.7	H	12.0	
182	4464 AP	2	H	8.7	9.6	H	8.8	-	-	
183	4464 BK	2	H	9.7	9.4	H	9.4	-	-	
184	4472 AD	2	H	9.0	9.2	-	-	-	-	
185	4600 AE	1	H	7.1	7.6	-	-	-	-	
186	4613 BB	2	H	11.0	7.7	-	-	-	-	
187	4614 XV	2	H	8.5	9.6	-	-	-	-	
188	4631 EV	2	H	8.4	7.9	H	9.5	-	-	
189	4661 HB	2	H	7.8	7.7	-	-	-	-	
190	4691 BD	2	H	10.2	9.2	H	10.5	-	-	
191	4691 GV	2	H	10.4	7.8	H	8.2	-	-	
192	4901 PE	2	H	8.3	7.8	-	-	-	-	
193	4907 AS	2	H	10.5	8.1	H	7.4	-	-	
194	4907 GA	2	H	9.6	7.6	-	-	-	-	
195	4907 HL	2	H	11.1	8.0	H	10.1	-	-	
196	4907 RE	2	H	9.0	8.2	H	9.6	-	-	
197	4926 AN	2	H	11.0	7.5	H	11.8	-	-	
198	5046 DH	1	L	9.0	7.8	-	-	-	-	
199	5052 VE	2	L	7.8	7.3	H	11.2	-	-	
200	5056 SK	2	L	9.3	7.7	-	-	-	-	
201	5056 XH	2	L	9.0	7.6	H	8.4	-	-	
202	5401 LS	2	L	9.4	7.8	L	8.2	-	-	
203	5402 BD	2	L	11.3	7.7	L	10.7	-	-	
204	5402 PD	2	L	9.6	8.2	L	9.1	-	-	
205	5403 LH	2	L	11.5	8.9	-	-	-	-	
206	5403 WX	2	L	7.5	7.8	-	-	-	-	
207	5408 XV	2	L	7.8	8.1	H	8.1	-	-	
208	5411 TM	2	L	11.0	6.5	-	-	-	-	
209	5427 EG	2	L	9.9	6.5	-	-	-	-	
210	5463 BP	2	L	11.1	7.3	L	9.1	-	-	
211	5464 RB	1	L	10.1	6.5	-	-	-	-	
212	5469 ED	2	L	8.4	6.7	L	7.8	-	-	
213	5473 EE	2	L	10.1	9.1	-	-	-	-	
214	5482 RA	2	L	9.7	8.0	-	-	-	-	
215	5501 CG	2	L	12.1	8.2	-	-	-	-	
216	5502 VC	2	L	10.8	8.1	-	-	-	-	
217	5504 LD	2	L	9.2	8.9	-	-	-	-	
218	5506 AM	2	L	11.1	8.5	L	9.5	-	-	
219	5508 BD	2	L	8.3	8.0	-	-	-	-	
220	5525 KC	2	L	8.4	7.6	L	7.8	-	-	
221	5531 VB	2	L	10.4	7.7	L	9.9	L	9.2	
222	5531 XB	2	L	9.9	7.1	-	-	-	-	
223	5541 GA	2	L	11.9	7.1	-	-	-	-	
224	5541 VH	2	L	9.4	7.4	-	-	-	-	
225	5551 AG	2	L	8.8	7.6	L	8.6	-	-	

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.2

woning							werklokatie			
							man	vrouw		
NR	POSTCODE	N	GB	EXP	EXPT	GB	EXP	GB	EXP	
226	5551 CC	2	L	9.2	7.5	-	-	-	-	-
227	5551 TL	2	L	9.6	6.5	-	-	-	-	-
228	5552 RC	2	L	7.4	6.3	-	-	-	-	-
229	5554 JU	2	L	13.1	8.2	L	6.0	-	-	-
230	5561 AE	2	L	8.3	7.4	-	-	-	-	-
231	5571 TM	2	L	7.4	6.6	-	-	-	-	-
232	5581 BP	2	L	9.2	6.8	-	-	-	-	-
233	5581 HK	2	L	7.4	6.8	L	8.5	-	-	-
234	5582 HK	2	L	11.1	8.8	M	10.8	L	8.3	-
235	5591 GG	2	L	7.8	7.3	L	7.7	-	-	-
236	5614 AN	2	L	11.2	8.7	L	6.7	-	-	-
237	5616 BT	2	L	8.2	-	-	-	-	-	-
238	5623 KD	2	L	7.3	7.3	-	-	-	-	-
239	5624 GZ	2	L	9.7	-	-	-	-	-	-
240	5624 KH	2	L	10.5	8.4	M	13.2	L	10.1	-
241	5627 DB	2	L	8.0	7.9	L	10.2	-	-	-
242	5627 HM	2	L	9.2	7.0	L	7.8	-	-	-
243	5631 GR	2	L	9.2	8.3	-	-	-	-	-
244	5631 HH	2	L	10.9	7.2	-	-	-	-	-
245	5632 BE	2	L	8.2	7.2	-	-	-	-	-
246	5641 SE	2	L	9.2	8.7	L	10.4	-	-	-
247	5642 CG	2	L	11.8	7.2	-	-	-	-	-
248	5643 AZ	2	L	8.7	8.0	L	6.3	M	6.8	-
249	5643 JW	2	L	9.1	9.5	M	10.1	-	-	-
250	5643 PA	2	L	10.7	8.1	-	-	-	-	-
251	5644 BD	2	L	7.7	8.0	-	-	-	-	-
252	5644 DB	2	L	10.0	7.3	-	-	-	-	-
253	5646 BA	2	L	9.2	6.4	L	9.9	-	-	-
254	5652 NC	2	L	8.8	8.1	-	-	-	-	-
255	5652 XS	2	L	11.6	8.7	-	-	-	-	-
256	5654 AP	2	L	9.0	8.2	-	-	-	-	-
257	5654 AT	2	L	8.9	7.3	-	-	-	-	-
258	5654 NH	2	L	8.1	8.9	-	-	-	-	-
259	5655 BC	2	L	9.4	7.6	L	9.4	-	-	-
260	5655 EP	2	L	9.2	7.8	L	7.5	L	10.2	-
261	5664 BJ	2	L	10.7	6.9	L	8.1	-	-	-
262	5666 AW	2	L	10.1	7.0	L	7.0	-	-	-
263	5666 TM	2	L	10.2	7.9	-	-	-	-	-
264	5667 HZ	2	L	8.8	6.8	L	11.4	-	-	-
265	5671 AE	2	L	10.9	8.2	L	8.0	-	-	-
266	5671 AL	2	L	8.4	7.2	-	-	-	-	-
267	5671 CM	2	L	10.2	7.3	L	6.4	-	-	-
268	5672 XB	2	L	8.8	7.0	-	-	L	10.8	-
269	5673 LL	2	L	7.7	7.8	L	9.7	-	-	-
270	5683 EK	2	L	9.8	7.7	L	10.6	-	-	-

Vaaklijning kolommen zie tabel 8.1.2

NR	POSTCODE	N	woning				werkloosheid				
			GB	EXP	EXPT	GB	man	EXP	GB	vrouw	EXP
271	5684 YH	2	L	11.2	8.0	-	-	-	-	-	-
272	5688 HS	2	L	8.4	7.6	L	8.3	-	-	-	-
273	5688 RM	2	L	8.5	8.1	-	-	-	L	10.3	-
274	5694 TG	2	L	11.9	7.7	L	9.3	-	-	-	-
275	5694 WB	2	L	7.8	7.8	-	-	-	L	8.7	-
276	5702 PY	2	L	8.7	7.8	-	-	-	-	-	-
277	5707 JH	2	L	10.3	7.6	-	-	-	-	-	-
278	5708 EV	2	L	8.5	8.0	L	7.8	-	-	-	-
279	5712 ES	2	L	10.2	6.9	-	-	-	-	-	-
280	5712 HJ	2	L	8.2	7.9	-	-	-	-	-	-
281	5730 AA	2	L	8.4	7.2	L	10.1	-	-	-	-
282	5731 JR	2	L	10.3	6.9	M	10.4	-	-	-	-
283	5751 SY	2	L	10.1	7.8	L	10.4	-	-	-	-
284	5758 AA	2	L	9.4	8.2	M	6.5	-	-	-	-
285	5803 CB	2	L	12.3	7.7	-	-	-	-	-	-
286	5846 AC	2	L	7.9	7.3	-	-	-	L	9.7	-
287	6602 ZT	2	H	11.3	10.0	-	-	-	H	7.4	-
288	6604 DA	2	H	9.4	8.9	-	-	-	-	-	-
289	6631 BG	2	H	10.1	8.7	M	7.4	-	-	-	-
290	6671 ZH	2	H	10.0	10.0	M	10.0	-	-	-	-
291	6681 EZ	2	H	10.5	9.6	-	-	-	-	-	-
292	6684 DG	2	H	12.3	9.3	M	8.4	M	10.7	-	-
293	7431 BM	2	L	8.3	7.8	M	8.1	-	-	-	-
294	7442 AN	2	L	8.9	7.4	-	-	-	-	-	-
295	7451 JH	2	L	8.3	6.7	L	9.6	-	-	-	-
296	7451 HG	2	L	11.3	6.9	L	10.7	-	-	-	-
297	7451 HG	2	L	10.0	7.0	M	11.8	-	-	-	-
298	7481 BC	2	L	11.2	7.2	-	-	-	-	-	-
299	7481 GT	2	L	11.6	8.8	L	11.6	-	-	-	-
300	7605 BS	2	L	7.9	7.1	L	7.1	-	-	-	-
301	7621 XJ	2	L	9.5	7.6	L	11.4	L	8.0	-	-
302	7687 AB	2	L	8.9	7.4	L	8.2	-	-	-	-
303	7701 KW	2	L	8.9	6.9	-	-	-	-	-	-
304	7721 WJ	2	L	12.6	7.0	M	8.8	-	-	-	-
305	7731 BS	2	L	9.4	6.2	-	-	-	-	-	-
306	7751 DA	2	L	9.0	6.9	L	7.9	-	-	-	-
307	7772 PS	2	L	8.2	6.4	-	-	-	-	-	-
308	7786 BA	2	L	8.0	7.1	L	9.0	-	-	-	-
309	7811 EN	2	L	8.0	-	-	-	-	-	-	-
310	7812 TT	2	L	8.0	7.3	L	10.1	-	-	-	-
311	7823 KC	2	L	9.6	8.2	L	13.3	L	8.7	-	-
312	7873 AD	2	L	10.1	7.3	L	6.0	-	-	-	-
313	7873 CN	2	L	9.2	6.9	-	-	-	-	-	-
314	7881 AB	2	L	9.5	7.7	L	9.0	-	-	-	-
315	7885 GL	2	L	9.1	6.6	L	8.5	-	-	-	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.2

woning							werklokatie			
							man		vrouw	
NR	POSTCODE	N	GB	EXP	EXPT	GB	EXP	GB	EXP	
316	7904 AJ	2	L	8.0	7.3	-	-	-	-	-
317	7944 AD	2	L	9.6	7.3	-	-	-	-	-
318	7944 TP	2	L	10.8	6.9	-	-	-	-	-
319	7946 AL	2	L	7.7	5.8	-	-	-	-	-
320	7957 BZ	2	L	10.0	6.4	M	7.4	-	-	-
321	7958 PZ	2	L	9.2	7.0	L	9.0	-	-	-
322	7991 AA	2	L	8.4	7.0	-	-	-	-	-
323	8404 GA	2	L	9.4	6.9	-	-	-	-	-
324	8411 KC	2	L	7.4	6.3	-	-	-	-	-
325	8431 SE	2	L	10.5	7.5	-	-	L	-	6.4
326	8441 GC	2	L	9.1	6.9	M	10.0	-	-	-
327	8442 EG	2	L	8.5	8.2	-	-	-	-	-
328	8443 CS	2	L	8.4	7.6	L	8.2	-	-	-
329	8446 LB	2	L	10.4	7.6	M	6.4	-	-	-
330	8446 NT	2	L	8.2	7.6	-	-	-	-	-
331	8446 NT	2	L	8.0	7.3	-	-	-	-	-
332	8446 RD	2	L	10.6	8.7	-	-	-	-	-
333	8455 JS	2	L	8.1	6.6	-	-	-	-	-
334	8458 CT	2	L	7.9	6.2	L	7.5	-	-	-
335	8464 NC	2	L	9.4	6.2	L	6.3	-	-	-
336	8471 TH	2	L	7.0	7.3	L	6.9	-	-	-
337	8491 MV	2	L	11.4	9.0	-	-	-	-	-
338	8602 BX	1	H	9.4	-	-	-	-	-	-
339	8647 SB	2	H	9.0	7.8	M	8.0	-	-	-
340	8802 ZE	2	H	10.5	9.1	H	16.4	-	-	-
341	8812 JN	2	H	9.8	9.7	H	10.8	-	-	-
342	8841 KH	2	H	9.4	9.6	H	9.9	-	-	-
343	8862 RC	2	H	9.1	8.8	H	9.8	-	-	-
344	8872 NH	2	H	10.4	9.1	H	11.0	H	-	7.6
345	8899 AB	2	H	9.2	7.0	-	-	-	-	-
346	8899 AX	1	H	9.2	7.1	-	-	-	-	-
347	9033 UT	2	H	10.3	9.2	M	10.3	-	-	-
348	9051 DX	2	H	9.4	9.3	M	8.9	-	-	-
349	9051 GL	2	H	9.7	9.5	M	8.7	-	-	-
350	9051 KC	2	H	10.3	8.3	-	-	-	-	-
351	9051 KZ	2	H	10.4	9.2	-	-	-	-	-
352	9053 LY	2	H	10.8	7.7	M	8.0	M	-	14.2
353	9064 DD	2	H	10.4	8.0	M	9.7	-	-	-
354	9301 BK	2	L	8.7	6.9	-	-	-	-	-
355	9301 EK	2	L	9.1	8.1	M	9.5	-	-	-
356	9301 KH	2	L	9.0	7.2	M	9.5	-	-	-
357	9301 RK	2	L	7.4	7.1	M	8.2	-	-	-
358	9312 PP	2	L	10.3	7.9	-	-	-	-	-
359	9321 CH	2	L	9.4	7.7	L	9.5	-	-	-
360	9331 LH	2	L	8.2	6.9	-	-	-	-	-

Vaaklaring kolommen zie tabel 8.1.2

woning							werkloosheid			
							man	vrouw		
NR	POSTCODE		N	GB	EXP	EXPT	GB	EXP	GB	EXP
361	9351	AV	2	L	9.7	7.4	M	10.8	-	-
362	9351	NC	2	L	8.5	7.3	-	-	-	-
363	9351	RC	2	L	10.0	7.3	M	10.2	-	-
364	9363	GL	2	L	8.9	6.8	M	7.9	-	-
365	9401	LK	2	L	10.6	7.3	-	-	-	-
366	9401	ME	2	L	8.7	9.7	L	6.2	-	-
367	9405	GS	2	L	7.4	-	L	9.2	-	-
368	9405	HJ	2	L	7.9	6.3	-	-	-	-
369	9405	HN	2	L	7.9	6.3	L	8.6	-	-
370	9406	TD	2	L	6.4	-	-	-	-	-
371	9407	BA	2	L	8.0	6.3	L	8.0	-	-
372	9407	CR	2	L	9.7	6.9	L	7.8	-	-
373	9421	RC	2	L	8.2	6.4	L	6.0	-	-
374	9421	RR	2	L	7.7	7.2	M	7.6	-	-
375	9437	TA	2	L	9.4	7.1	-	-	-	-
376	9451	GA	2	L	11.9	7.9	L	9.3	-	-
377	9451	HL	2	L	9.8	7.5	M	9.8	-	-
378	9466	PH	2	L	7.4	6.8	-	-	-	-
379	9468	AP	2	L	8.2	7.0	-	-	-	-
380	9481	GE	2	L	10.4	8.2	L	10.4	-	-
381	9482	BX	2	L	9.9	7.8	-	-	-	-
382	9514	CC	2	L	9.7	6.8	-	-	-	-
383	9531	JK	2	L	7.4	7.1	-	-	L	9.8
384	9531	TJ	2	L	8.9	7.0	-	-	-	-
385	9551	VB	2	L	9.4	6.4	L	9.2	-	-
386	9903	AH	2	H	11.1	8.8	H	6.7	-	-
387	9906	TB	1	H	10.6	8.8	-	-	H	8.0
388	9919	PA	2	H	11.1	8.8	H	8.9	-	-
389	9919	HG	2	H	11.5	9.8	M	8.4	M	7.2
390	9932	AR	2	H	8.3	8.4	-	-	-	-
391	9933	GG	2	H	10.6	9.1	H	8.0	-	-
392	9933	NK	1	H	10.6	-	-	-	-	-
393	9934	EE	2	H	10.4	9.4	H	9.7	-	-
394	9944	BL	2	H	10.6	9.6	M	9.3	H	9.3
395	9959	PT	2	H	10.4	8.4	H	11.0	-	-
396	9967	PA	2	H	11.0	9.6	M	7.2	-	-
397	9981	HC	2	H	9.0	9.9	M	10.9	-	-
398	9986	RN	2	H	13.0	9.6	-	-	-	-
399	9991	BW	1	H	10.4	-	-	-	-	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.2

Tabel 8.1.2

Verklaring van de kolomcode in tabel 8.1.1

NR	:	Volgnummer	
POSTCODE	:	Postcode van de woning	
N	:	Aantal in woning verblijvende personen die deelgenomen hebben aan het onderzoek	
GB	:	Gebied woning, werklokatie	
		L. Laag	(EXP < 3.0 uR/h)
		M. Midden	(3.0 uR/h ≤ EXP < 4.5 uR/h)
		H. Hoog	(EXP ≥ 4.5 uR/h)
EXP	:	Exposietempo in woning, werklokatie	[uR/h]
EXPT	:	Exposietempo in tuin	[uR/h]
-	:	Niet van toepassing	

De spreiding in de exposietempi gebaseerd op een maal de standaarddeviatie van het gemiddelde van 10 aflezingen bedraagt 0.2 uR/h

Tabel 8.1.3

Gamma-expositiesampi in woningen (399 stuks) in microR/h
exclusief kosmische stralingsbijdrage in de woningen.

-61-

NR	GB	TP	BJ	LG	VL	HR	PL	N	EXP	SDV
1	L	1	1	1	1	2	2	1	5.1	-
2	L	1	1	1	1	4	2	1	4.5	-
3	L	1	1	1	2	2	2	9	5.9	.9
4	L	1	1	1	2	2	3	2	7.0	.7
5	L	1	1	1	3	1	2	1	6.3	-
6	L	1	1	1	3	2	2	2	7.4	1.4
7	L	1	2	1	2	2	1	1	8.4	-
8	L	1	3	1	1	1	2	1	5.8	-
9	L	1	3	1	1	2	1	1	7.5	-
10	L	1	3	1	1	2	2	1	8.2	-
11	L	1	3	1	2	2	1	2	7.7	1.2
12	L	1	3	1	2	2	2	1	4.9	-
13	L	1	4	1	1	1	1	1	6.6	-
14	L	1	4	1	1	1	2	1	6.1	-
15	L	1	4	1	1	2	1	9	7.7	.4
16	L	1	4	1	1	2	2	3	6.4	.8
17	L	1	4	1	1	2	3	1	7.1	-
18	L	1	4	1	2	2	1	1	7.2	-
19	L	1	4	1	2	2	2	1	4.8	-
20	L	1	4	1	2	2	3	2	4.9	.6
21	L	1	4	1	2	4	2	1	4.5	-
22	L	1	4	1	3	1	1	2	7.2	.8
23	L	1	4	1	3	1	2	2	6.3	1.3
24	L	1	4	1	3	2	1	7	7.7	1.2
25	L	1	4	1	3	2	2	2	7.6	.6
26	L	2	1	1	1	1	1	1	10.0	-
27	L	2	1	1	2	2	2	8	7.0	1.6
28	L	2	1	1	2	2	3	5	6.3	1.2
29	L	2	1	1	3	2	1	2	8.4	.1
30	L	2	2	1	1	2	1	1	7.7	-
31	L	2	2	1	1	2	2	1	9.4	-
32	L	2	2	1	2	2	1	7	8.1	1.3
33	L	2	2	1	2	2	2	4	5.8	.6
34	L	2	3	1	1	2	1	9	7.4	.9
35	L	2	3	1	1	3	1	1	10.1	-
36	L	2	3	1	2	1	1	2	6.0	1.2
37	L	2	3	1	2	2	1	10	7.3	.8
38	L	2	3	1	2	2	2	1	6.9	-
39	L	2	3	1	2	2	3	2	5.6	.4
40	L	2	3	1	3	2	1	1	11.3	-
41	L	2	4	1	1	1	1	16	7.3	1.3
42	L	2	4	1	1	2	1	34	7.1	1.1
43	L	2	4	1	1	2	3	2	6.4	1.8
44	L	2	4	1	1	3	1	2	6.4	.3
45	L	2	4	1	3	1	1	6	8.0	1.0
46	L	2	4	1	3	2	1	15	8.2	1.3
47	L	2	4	1	3	2	2	1	4.7	-
48	L	2	4	1	3	3	1	1	10.5	-
49	L	2	4	1	3	4	1	1	6.0	-
50	L	3	1	2	2	2	3	1	9.9	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.5

Vervolg tabel 8.1.3

NR	GB	TP	DJ	LG	VL	MR	PL	N	EXP	SDV
51	L	3	2	2	2	2	3	1	10.2	-
52	L	3	3	3	1	1	1	1	7.4	-
53	L	3	4	1	1	1	1	1	6.2	-
54	L	3	4	1	3	2	1	1	9.1	-
55	L	3	4	3	1	1	1	3	6.1	1.0
56	L	4	1	1	1	2	3	1	5.4	-
57	L	4	1	1	2	2	2	3	6.9	1.6
58	L	4	4	1	1	2	1	1	8.1	-
59	L	4	4	1	1	3	3	1	6.5	-
60	H	1	1	1	1	1	1	1	8.6	-
61	H	1	1	1	1	2	2	1	8.1	-
62	H	1	1	1	1	3	2	1	6.5	-
63	H	1	1	1	2	2	2	9	7.3	.8
64	H	1	1	1	2	2	3	3	7.2	1.1
65	H	1	1	1	2	3	2	1	10.1	-
66	H	1	1	1	3	2	2	1	9.0	-
67	H	1	1	1	3	3	2	1	8.4	-
68	H	1	2	1	1	2	1	1	8.6	-
69	H	1	2	1	1	2	2	1	6.1	-
70	H	1	2	1	3	2	2	1	8.1	-
71	H	1	3	1	1	2	2	2	5.7	.2
72	H	1	3	1	1	3	2	1	4.6	-
73	H	1	3	1	2	2	2	4	6.9	.4
74	H	1	3	1	3	2	2	1	5.8	-
75	H	1	4	1	1	1	1	2	7.1	.4
76	H	1	4	1	1	2	1	8	8.9	.5
77	H	1	4	1	1	2	2	1	7.8	-
78	H	1	4	1	1	2	4	1	7.3	-
79	H	1	4	1	1	3	3	1	6.5	-
80	H	1	4	1	2	2	2	1	6.0	-
81	H	1	4	1	2	4	3	1	3.8	-
82	H	1	4	1	3	2	1	1	7.9	-
83	H	1	4	1	3	2	2	1	7.5	-
84	H	1	4	1	3	2	3	2	7.1	-
85	H	1	4	1	3	2	4	1	8.5	-
86	H	1	4	1	3	3	3	1	6.0	-
87	H	2	1	1	1	2	2	1	7.8	-
88	H	2	1	1	1	3	3	1	7.5	-
89	H	2	1	1	2	2	2	16	8.3	1.2
90	H	2	1	1	2	2	3	6	8.1	1.1
91	H	2	1	1	2	3	3	1	8.4	-
92	H	2	1	1	3	2	3	1	8.8	-
93	H	2	1	2	2	2	2	3	8.9	2.3
94	H	2	1	3	2	2	1	1	9.9	-
95	H	2	2	1	1	2	1	1	6.6	-
96	H	2	2	1	2	2	2	1	6.2	-
97	H	2	2	1	3	1	1	1	8.3	-
98	H	2	3	1	1	1	1	3	8.8	.2
99	H	2	3	1	1	2	1	5	8.0	.7
100	H	2	3	1	1	2	2	2	6.5	1.2

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.5

Vervolg tabel 8.1.3

NR	GS	TP	BJ	LG	VL	MR	PL	H	EXP	SDV
101	H	2	3	1	1	3	3	1	8.3	-
102	H	2	3	1	2	1	1	1	6.9	-
103	H	2	3	1	2	1	2	1	6.8	-
104	H	2	3	1	2	2	1	1	8.4	-
105	H	2	3	1	2	2	2	1	5.5	-
106	H	2	3	1	2	2	3	1	5.9	-
107	H	2	3	1	3	2	1	1	8.4	-
108	H	2	4	1	1	1	1	29	7.5	.8
109	H	2	4	1	1	2	1	27	7.1	1.2
110	H	2	4	1	1	2	3	1	6.9	-
111	H	2	4	1	1	3	1	2	7.2	.5
112	H	2	4	1	1	3	3	4	4.7	.5
113	H	2	4	1	1	4	1	1	7.2	-
114	H	2	4	1	2	2	3	1	6.7	-
115	H	2	4	1	3	1	1	2	7.7	1.4
116	H	2	4	1	3	2	1	4	7.9	1.6
117	H	2	4	1	3	2	2	1	10.1	-
118	H	2	4	1	3	3	1	1	8.4	-
119	H	2	4	1	3	3	3	1	4.4	-
120	H	2	4	2	1	1	1	1	6.6	-
121	H	2	4	2	3	1	1	1	8.0	-
122	H	3	1	1	2	2	2	1	8.1	-
123	H	3	1	2	2	2	2	2	11.0	1.2
124	H	3	2	1	1	2	1	1	8.2	-
125	H	3	2	2	1	1	1	1	6.6	-
126	H	3	2	3	1	1	1	1	10.2	-
127	H	3	3	1	1	1	1	1	9.1	-
128	H	3	3	2	1	2	1	1	6.9	-
129	H	3	3	3	1	1	1	3	8.1	.9
130	H	3	4	1	1	1	1	2	6.0	.6
131	H	3	4	3	1	1	1	1	8.7	-
132	H	3	4	3	1	3	1	1	7.1	-
133	H	4	1	1	1	1	2	1	7.2	-
134	H	4	1	1	2	2	1	1	8.8	-
135	H	4	1	1	2	2	2	1	8.1	-
136	H	4	1	1	2	2	3	1	9.4	-
137	H	4	1	1	3	3	2	1	8.3	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.5

Tabel 8.1.4

Gesam-expositietempi in werkruimten (268 stuks) in microR/h
exklusief kosmische stralingsbijdrage in de werkruimten.

NR	GE	TP	BJ	LG	VL	HR	PL	N	EXP	SDV
1	L	1	1	1	3	1	1	1	6.1	-
2	L	1	3	1	3	2	2	1	5.1	-
3	L	1	4	1	1	2	1	1	6.4	-
4	L	1	4	1	1	2	2	1	5.1	-
5	L	1	4	1	3	2	2	1	4.2	-
6	L	2	3	3	1	2	1	2	6.4	.2
7	L	2	4	1	1	1	2	1	7.6	-
8	L	2	4	1	1	2	1	1	5.7	-
9	L	2	4	3	1	3	1	1	6.4	-
10	L	3	1	1	1	2	1	1	8.9	-
11	L	3	1	1	1	2	2	2	7.9	.2
12	L	3	1	1	2	2	1	1	9.9	-
13	L	3	1	1	2	2	2	4	7.1	.7
14	L	3	1	1	2	2	3	1	6.9	-
15	L	3	1	2	2	2	2	3	6.0	.4
16	L	3	1	3	1	2	1	1	9.0	-
17	L	3	1	3	1	3	1	1	6.7	-
18	L	3	2	1	1	2	1	2	8.2	.7
19	L	3	2	1	2	2	2	1	5.3	-
20	L	3	2	1	2	4	2	1	3.7	-
21	L	3	3	1	1	1	1	1	6.9	-
22	L	3	3	1	1	2	1	6	7.9	1.3
23	L	3	3	1	1	2	2	2	5.3	.0
24	L	3	3	2	1	1	1	1	7.6	-
25	L	3	3	2	1	2	1	6	7.0	.9
26	L	3	3	2	1	2	2	1	6.3	-
27	L	3	3	2	3	2	1	1	8.7	-
28	L	3	3	3	1	2	1	5	8.5	.6
29	L	3	4	1	1	1	1	2	5.7	1.8
30	L	3	4	1	1	2	1	4	7.3	1.0
31	L	3	4	1	1	2	2	3	7.3	1.4
32	L	3	4	1	1	3	2	1	6.3	-
33	L	3	4	1	3	2	2	1	8.7	-
34	L	3	4	2	2	2	2	1	5.3	-
35	L	3	4	3	1	1	1	4	6.3	1.3
36	L	3	4	3	1	2	1	3	7.2	1.3
37	L	3	4	3	1	4	1	1	4.3	-
38	L	4	1	1	3	2	2	1	7.1	-
39	L	4	1	2	2	2	2	1	7.9	-
40	L	4	1	3	2	2	2	1	10.6	-
41	L	4	2	1	1	2	1	1	5.6	-
42	L	4	2	1	1	2	2	1	6.2	-
43	L	4	3	1	1	2	1	3	7.6	1.1
44	L	4	3	2	1	2	1	1	8.3	-
45	L	4	3	2	3	1	1	1	8.7	-
46	L	4	3	3	1	2	1	1	6.8	-
47	L	4	4	1	1	2	1	1	6.7	-
48	L	4	4	1	1	2	2	6	5.9	.7
49	L	4	4	1	1	2	3	1	5.1	-
50	L	4	4	1	1	3	1	1	4.2	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.5

Vervolg tabel 8.1.4

NR	GB	TP	BJ	LG	VL	HR	PL	N	EXP	SDV
51	L	4	4	1	1	4	2	2	4.2	.3
52	L	4	4	1	2	4	2	1	4.3	-
53	L	4	4	1	3	2	1	1	6.9	-
54	L	4	4	1	3	2	2	2	6.4	.7
55	L	4	4	2	1	2	1	1	7.5	-
56	L	4	4	2	1	2	2	1	8.0	-
57	M	2	3	3	1	2	1	1	9.7	-
58	M	2	4	1	1	2	1	1	6.9	-
59	M	2	4	2	1	1	1	1	6.4	-
60	M	2	4	2	1	2	1	1	6.2	-
61	M	2	4	3	1	1	1	2	5.6	1.4
62	M	3	1	1	1	1	1	1	7.8	-
63	M	3	1	1	1	2	1	2	8.8	.2
64	M	3	1	1	1	2	2	1	8.1	-
65	M	3	1	1	2	2	2	2	8.2	.9
66	M	3	1	1	2	3	2	1	8.3	-
67	M	3	1	1	3	2	2	1	8.3	-
68	M	3	1	2	2	2	2	6	7.6	1.1
69	M	3	1	3	1	2	1	1	8.6	-
70	M	3	1	3	2	2	2	1	7.4	-
71	M	3	1	3	2	3	2	2	7.6	.7
72	M	3	2	2	1	2	1	1	6.7	-
73	M	3	2	3	1	2	1	2	6.7	1.3
74	M	3	3	1	1	2	1	2	8.8	2.4
75	M	3	3	2	1	2	1	3	7.2	1.8
76	M	3	3	2	1	3	1	1	4.4	-
77	M	3	3	3	1	2	1	1	11.5	-
78	M	3	3	3	1	3	1	1	10.0	-
79	M	3	3	3	1	4	1	1	5.1	-
80	M	3	4	1	1	1	1	1	12.4	-
81	M	3	4	1	1	2	1	1	7.9	-
82	M	3	4	1	1	2	2	2	5.6	.4
83	M	3	4	1	1	2	4	1	9.2	-
84	M	3	4	1	1	3	1	1	6.2	-
85	M	3	4	1	1	4	1	1	5.4	-
86	M	3	4	1	2	4	2	2	4.2	.7
87	M	3	4	2	1	1	1	1	5.6	-
88	M	3	4	2	1	2	1	1	10.0	-
89	M	3	4	2	1	4	1	1	6.6	-
90	M	3	4	3	1	1	1	2	7.3	2.6
91	M	3	4	3	1	2	1	4	6.9	.5
92	M	3	4	3	1	4	1	1	6.2	-
93	M	4	1	1	1	2	2	1	6.9	-
94	M	4	1	2	2	2	2	1	5.5	-
95	M	4	1	3	2	2	2	2	6.9	.6
96	M	4	2	1	1	2	1	2	8.0	.4
97	M	4	3	1	1	2	1	1	7.9	-
98	M	4	3	1	2	2	2	1	4.7	-
99	M	4	3	2	1	3	1	1	5.4	-
100	M	4	3	4	1	2	1	1	9.5	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.3

Vervolg tabel 8.1.4

NR	GB	TP	BJ	LG	VL	MR	PL	N	EXP	SDV
101	H	4	4	1	1	1	1	1	8.9	-
102	H	4	4	1	1	2	1	1	6.5	-
103	H	4	4	2	1	1	1	1	5.6	-
104	H	4	4	2	1	3	2	1	5.3	-
105	H	1	1	1	1	2	1	1	5.8	-
106	H	1	3	1	3	2	2	2	4.4	.6
107	H	1	4	1	1	2	2	1	5.3	-
108	H	2	1	1	2	2	2	1	8.2	-
109	H	2	3	2	1	2	1	1	5.1	-
110	H	2	4	3	1	1	1	3	6.1	.3
111	H	2	4	3	1	2	1	1	7.8	-
112	H	2	4	3	1	3	1	1	5.4	-
113	H	3	1	1	1	2	1	1	7.9	-
114	H	3	1	1	1	2	2	3	7.2	.9
115	H	3	1	1	2	2	1	1	8.7	-
116	H	3	1	1	2	2	2	4	8.1	1.0
117	H	3	1	1	2	2	3	1	10.3	-
118	H	3	1	1	3	2	2	2	6.7	.3
119	H	3	1	2	1	2	1	1	6.1	-
120	H	3	1	2	2	1	2	1	8.2	-
121	H	3	1	2	2	2	2	5	9.1	2.7
122	H	3	1	3	1	2	1	1	7.0	-
123	H	3	1	3	2	2	2	3	7.5	1.4
124	H	3	2	1	1	2	1	1	8.4	-
125	H	3	2	2	1	2	1	2	7.2	1.4
126	H	3	3	1	1	4	2	1	6.8	-
127	H	3	3	1	2	2	2	1	4.7	-
128	H	3	3	1	2	4	2	2	4.7	.7
129	H	3	3	2	1	1	1	1	7.0	-
130	H	3	3	2	1	2	1	3	7.0	.3
131	H	3	3	3	1	1	1	1	7.3	-
132	H	3	3	3	1	2	1	2	7.7	2.2
133	H	3	3	3	1	3	1	2	4.8	.6
134	H	3	4	1	1	1	1	1	6.3	-
135	H	3	4	1	1	2	1	1	6.9	-
136	H	3	4	1	1	2	2	1	5.5	-
137	H	3	4	1	1	4	2	1	4.4	-
138	H	3	4	2	1	1	2	1	4.1	-
139	H	3	4	2	1	2	1	1	6.4	-
140	H	3	4	2	1	2	2	1	6.8	-
141	H	3	4	2	1	4	1	1	5.5	-
142	H	3	4	3	1	1	1	3	7.5	1.5
143	H	3	4	3	1	2	1	4	7.4	2.7
144	H	3	4	3	1	2	2	1	7.1	-
145	H	3	4	3	1	3	1	2	6.7	2.1
146	H	3	4	3	2	3	1	1	6.9	-
147	H	4	1	1	1	2	1	2	7.9	.6
148	H	4	1	1	1	2	2	1	6.2	-
149	H	4	1	1	2	2	1	1	8.0	-
150	H	4	1	1	2	2	2	2	8.7	1.0

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.3

Vervolg tabel 8.1.4

NR	GB	TP	BJ	LG	YL	NR	PL	N	EXP	SDV
151	H	4	1	1	3	2	1	1	9.9	-
152	H	4	1	1	3	2	2	1	7.2	-
153	H	4	1	2	2	2	2	1	8.0	-
154	H	4	2	1	1	2	1	1	7.9	-
155	H	4	2	1	3	2	1	1	10.0	-
156	H	4	3	1	1	2	1	3	8.0	2.1
157	H	4	3	1	1	2	2	1	5.3	-
158	H	4	3	2	1	1	1	1	5.9	-
159	H	4	3	2	1	2	1	1	8.5	-
160	H	4	3	3	1	1	1	1	5.8	-
161	H	4	4	1	1	1	1	2	7.3	.5
162	H	4	4	1	1	1	2	1	5.4	-
163	H	4	4	1	1	2	1	2	6.2	.0
164	H	4	4	1	1	2	2	2	7.1	1.9
165	H	4	4	1	1	3	2	2	5.5	1.0
166	H	4	4	1	2	4	2	3	4.4	.1
167	H	4	4	1	3	1	1	1	5.6	-

Verklaring kolommen zie tabel 8.1.5

Tabel 8.1.5

Verklaring van de kolomcode in tabel 8.1.3 en 8.1.4

NR	Volgnummer	
GB	Gebied	L. Laag (EXP < 3.0 uR/h) M. Midden (3.0 uR/h ≤ EXP < 4.5 uR/h) H. Hoog (EXP ≥ 4.5 uR/h)
TP	Type woning	1. Eengezinswoning (vrijstaand) 2. Eengezinswoning (aangebouwd) 3. Meergezinswoning (flat) 4. Bedrijfswoning / boerderij
	Type werkruimte	1. Fabriek 2. Kantoortuin 3. Kantoorkamer 4. Overige
BJ	Bouwjaar	1. voor 1950 2. 1950 - 1959 3. 1960 - 1969 4. 1970 - 1983
LG	Ligging	1. Begane grond 2. 1e verdieping 3. 2e verdieping of hoger 4. Kelder
VL	Vloer	1. Beton 2. Hout 3. Beton + steen
NR	Muren	1. Beton / betonsteen 2. Baksteen / kalkzandsteen 3. Gipsplaten / gipsblokken 4. Overige (hout, staal, etc.)
PL	Plafond + vloer boven	1. Beton 2. Hout 3. Gips 4. Beton + gips
N	Aantal woningen / werkruimtes met dezelfde specificaties	
EXP	Expositieapo in [uR/h]	
SDY	Standaarddeviatie in [uR/h]	

Tabel 10.1 Meetresultaten van deel A en B

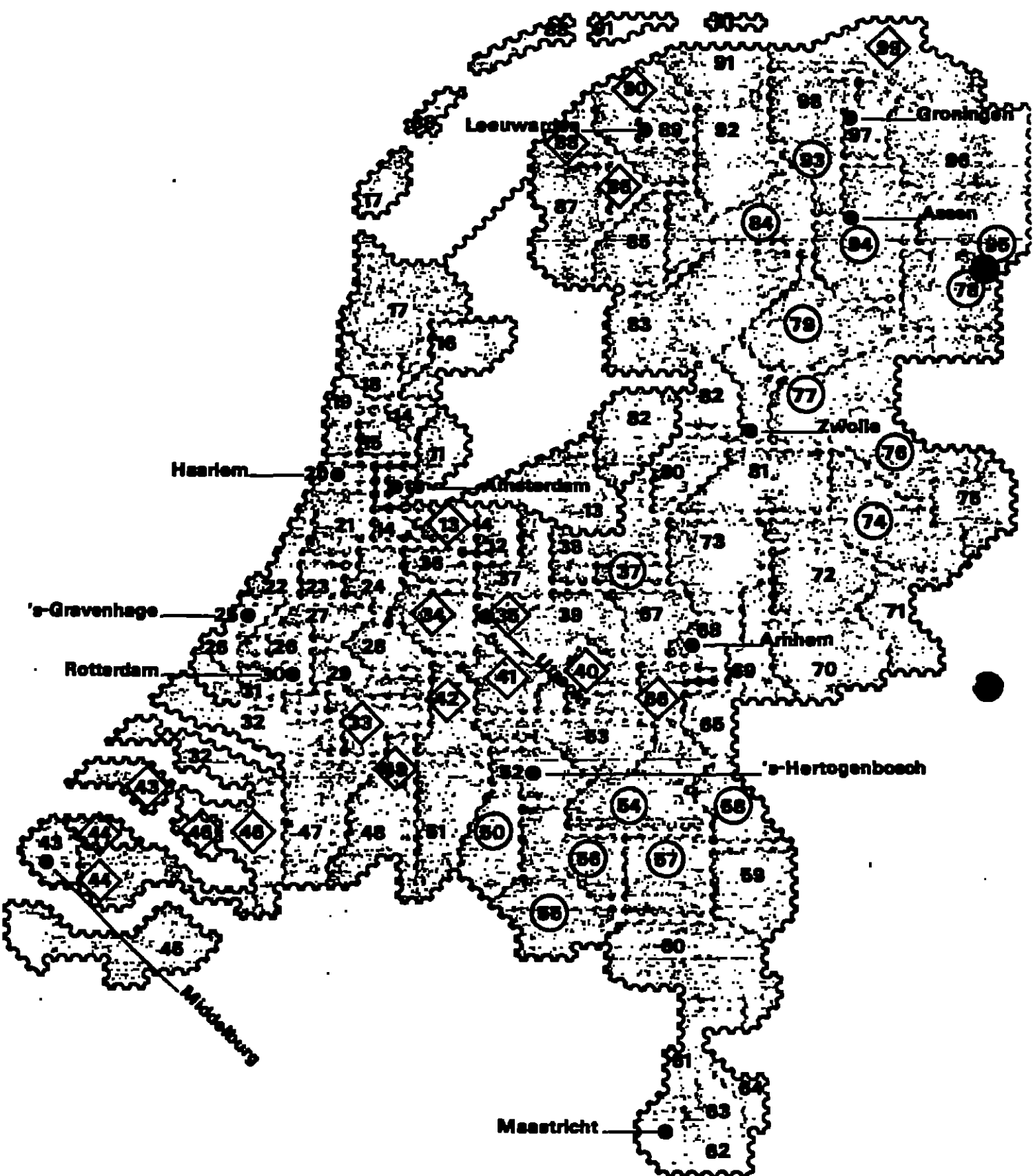
Objecten		Gebied	Aantal objecten	$\langle A \rangle$ $\mu\text{rad.h}^{-1}$	$\langle B \rangle$ $\mu\text{R.h}^{-1}$	$\frac{\langle A \rangle}{\langle B \rangle}$	r
A (TNO)	B (RIVM)						
Woningen	Woningen	Totaal	378	10,0	9,5	1,05	0,69
		Laag	191	9,8	9,3	1,05	0,74
		Hoog	187	10,2	9,8	1,04	0,64
Werk- ruimten	Werk- ruimten	Totaal	225	9,4	9,1	1,03	0,67
		Laag	90	9,4	9,0	1,04	0,63
		Midden	52	9,2	9,2	1,00	0,74
		Hoog	83	9,4	9,2	1,02	0,72
Vrouwen	Woningen	Totaal	260	9,4	9,5	0,99	0,57
		Laag	149	9,2	9,3	0,99	0,62
		Hoog	111	9,6	9,8	0,98	0,48
Mannen	Woningen	Totaal	74	9,4	9,4	1,00	0,59
		Laag	41	9,2	9,1	1,01	0,62
		Hoog	33	9,6	9,8	0,98	0,55

◇ = Hoog (X)

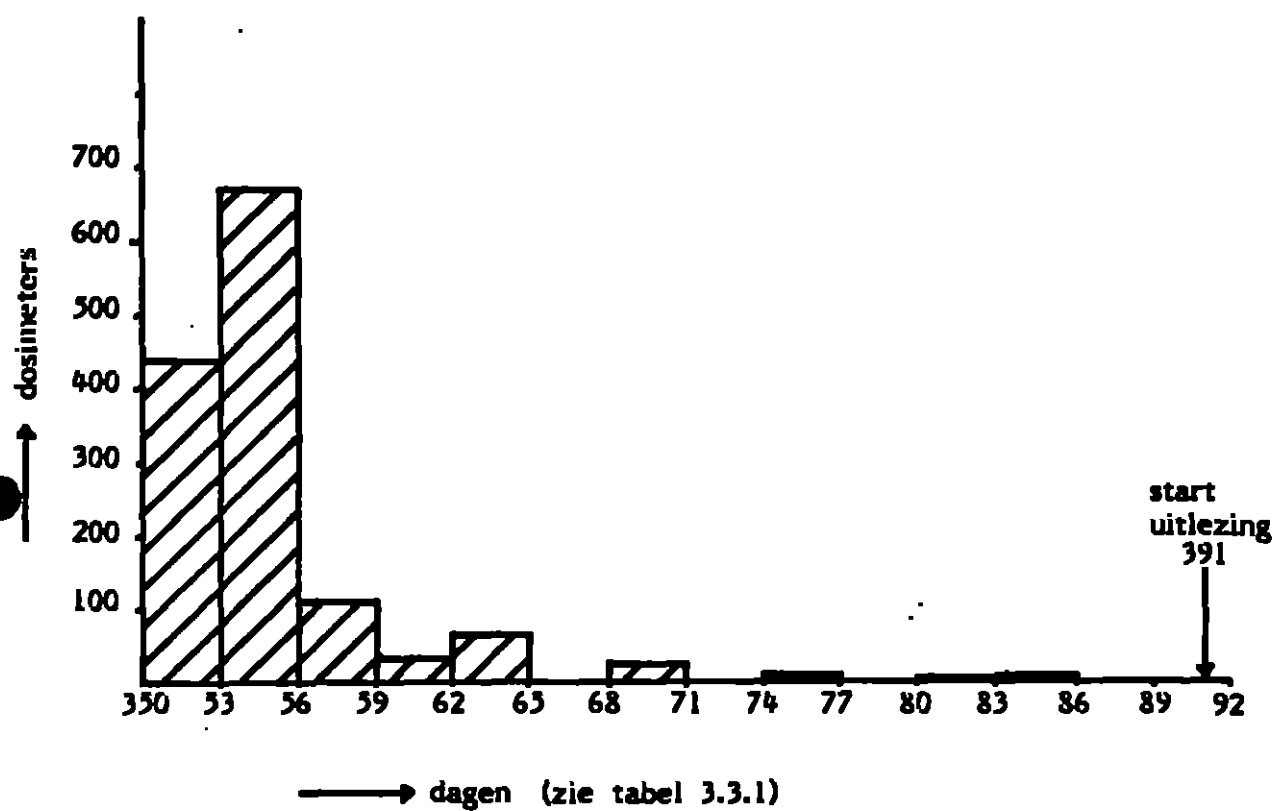
○ = Laag (Y)

FIGUUR 2.1.1

Regionale opbouw van de postcode



Figuur 3.3.1 **Patroon van terugontvangst van dosimeters**



relative response

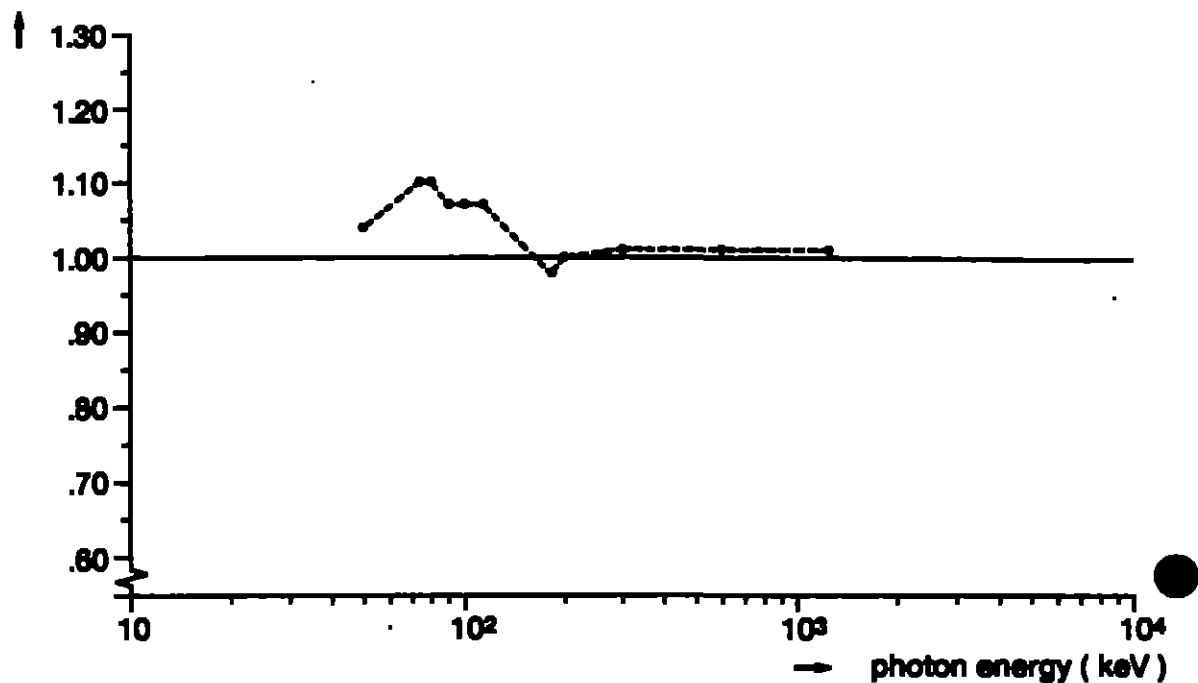


Fig. 4.1.1 Responsie als functie van de gamma-energie voor de TNO TLD-badge

counts

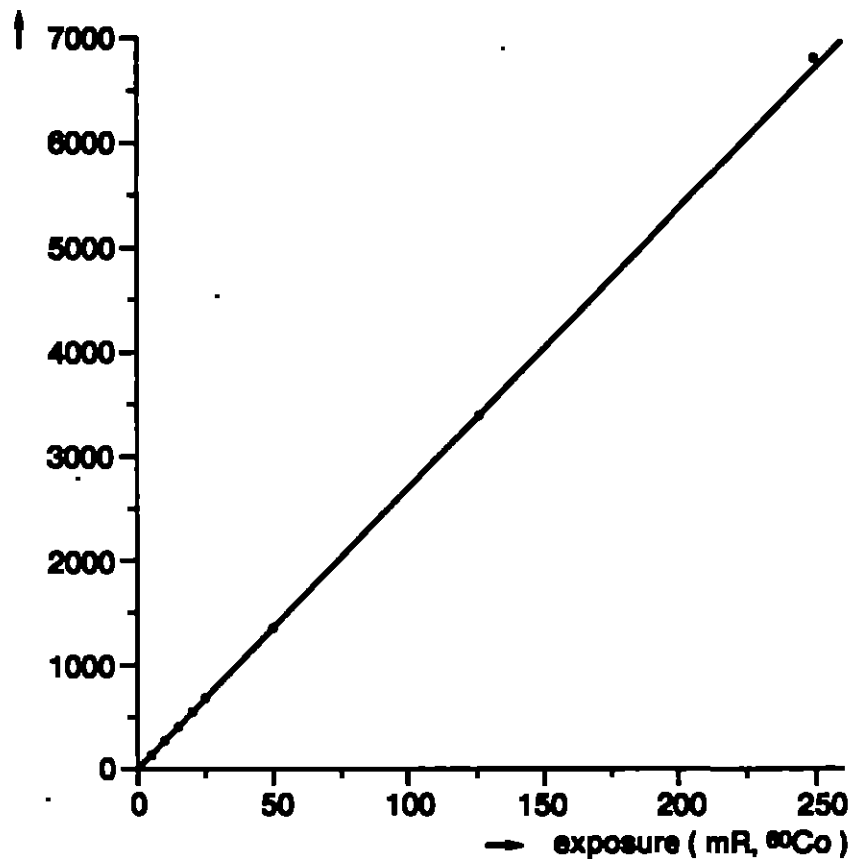


Fig. 4.2.1 Lineariteit van de combinatie: TLD-100 (LiF) en de TNO TLD-reader (heet stikstofgas)

Figuur 5.4.

FREQ. VERD. RD-TNO/P1 X+Y(TOTHL 346 STS)
 $Y=24.4 \times \exp(-33.6 \times (\ln(X) - \ln(9.07))^2)$ CX6701

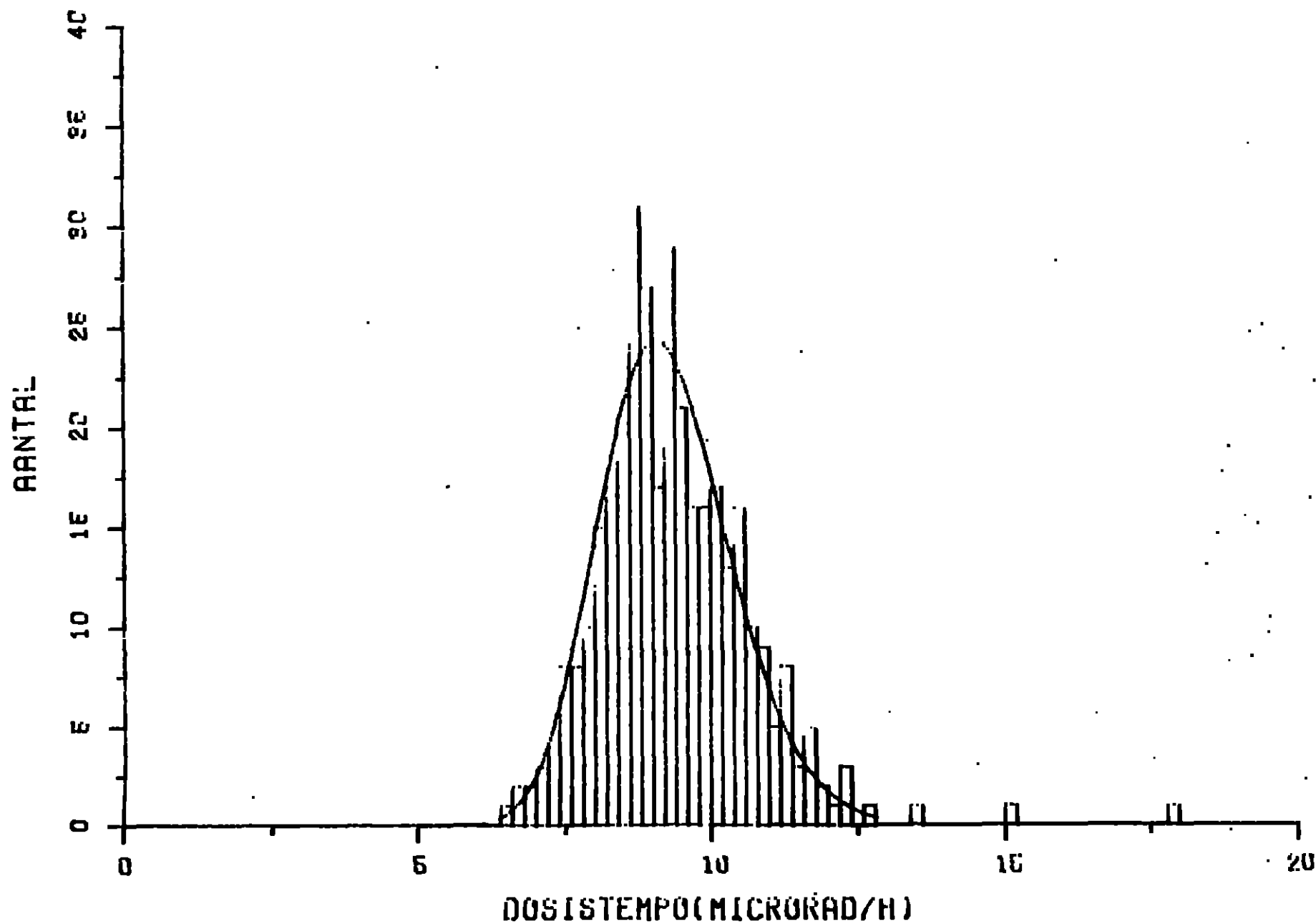


Figure 5.4.2

FREQ. VERD. RD-TNO/P2 X+Y(TOTAL 354 STS)

$Y = 27.6 \times \exp(-41.0 \times (\ln(X) - \ln(8.90))^2 / 2)$ CX6707

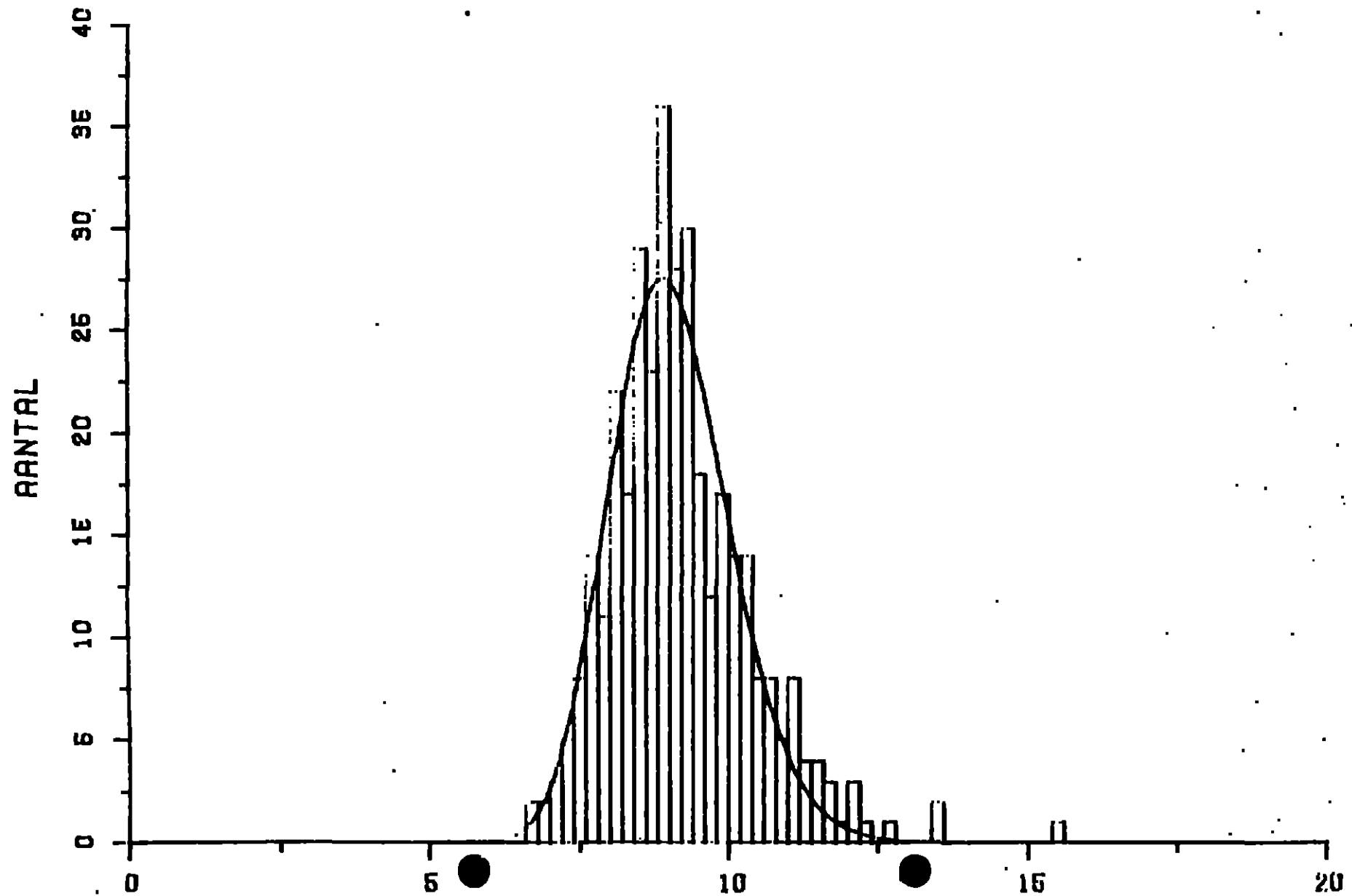


Figura 5.4.7

FREQ. VERD. RD-TNO/P1+P2 X+Y (TOTAL 700 STS)
 $Y = 61.7 \cdot \exp(-36.8 \cdot (\ln(X) - \ln(8.98))^2)$ CX6721

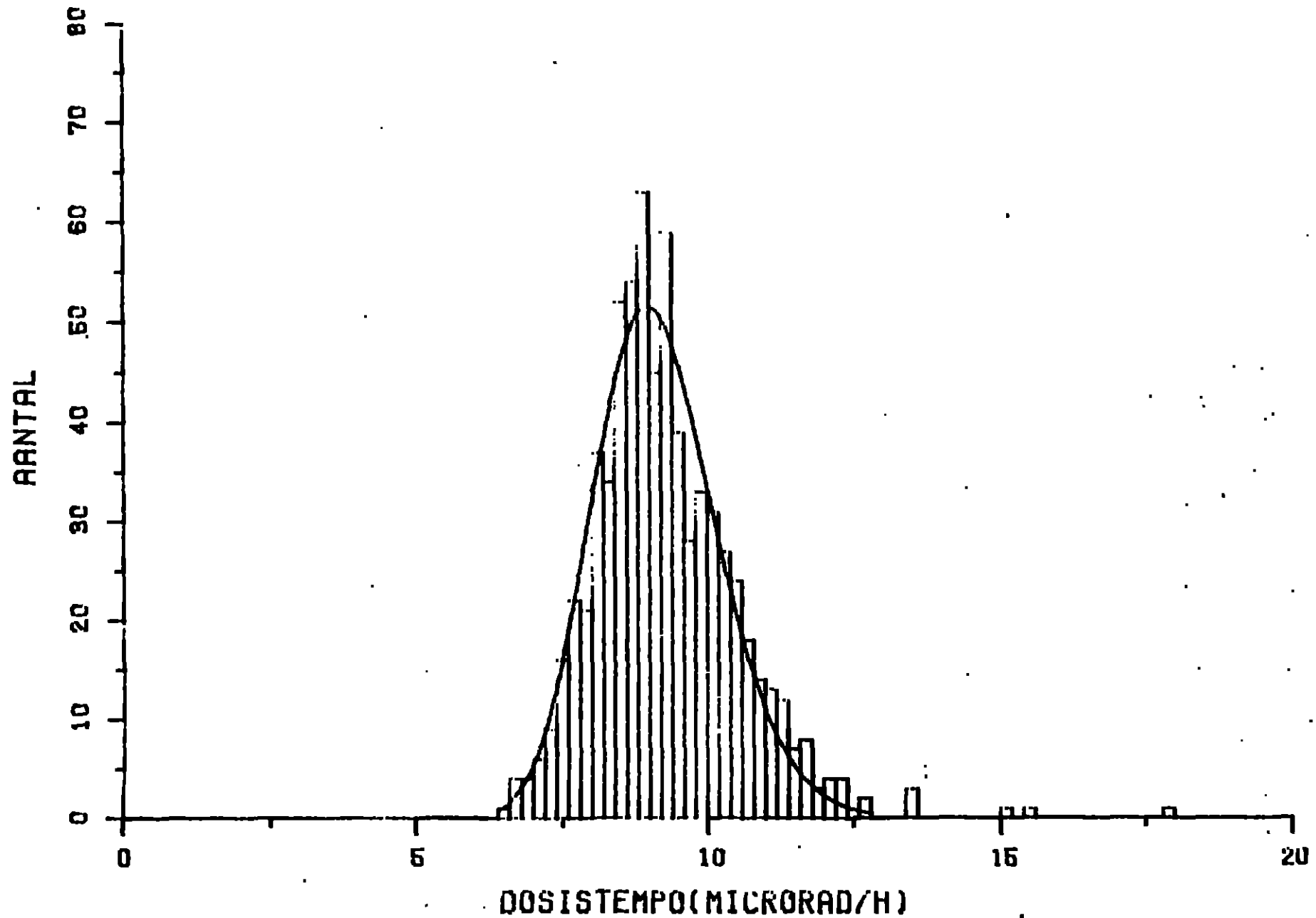


Figure 5.4.4

FREQ. VERD. RD-TNO/R1+R2 X+Y (TOTAL 280 STS)
 $Y = 16.4 \cdot \exp(-22.8 \cdot (\ln(X) - \ln(8.88)) \cdot 2)$ CX6724

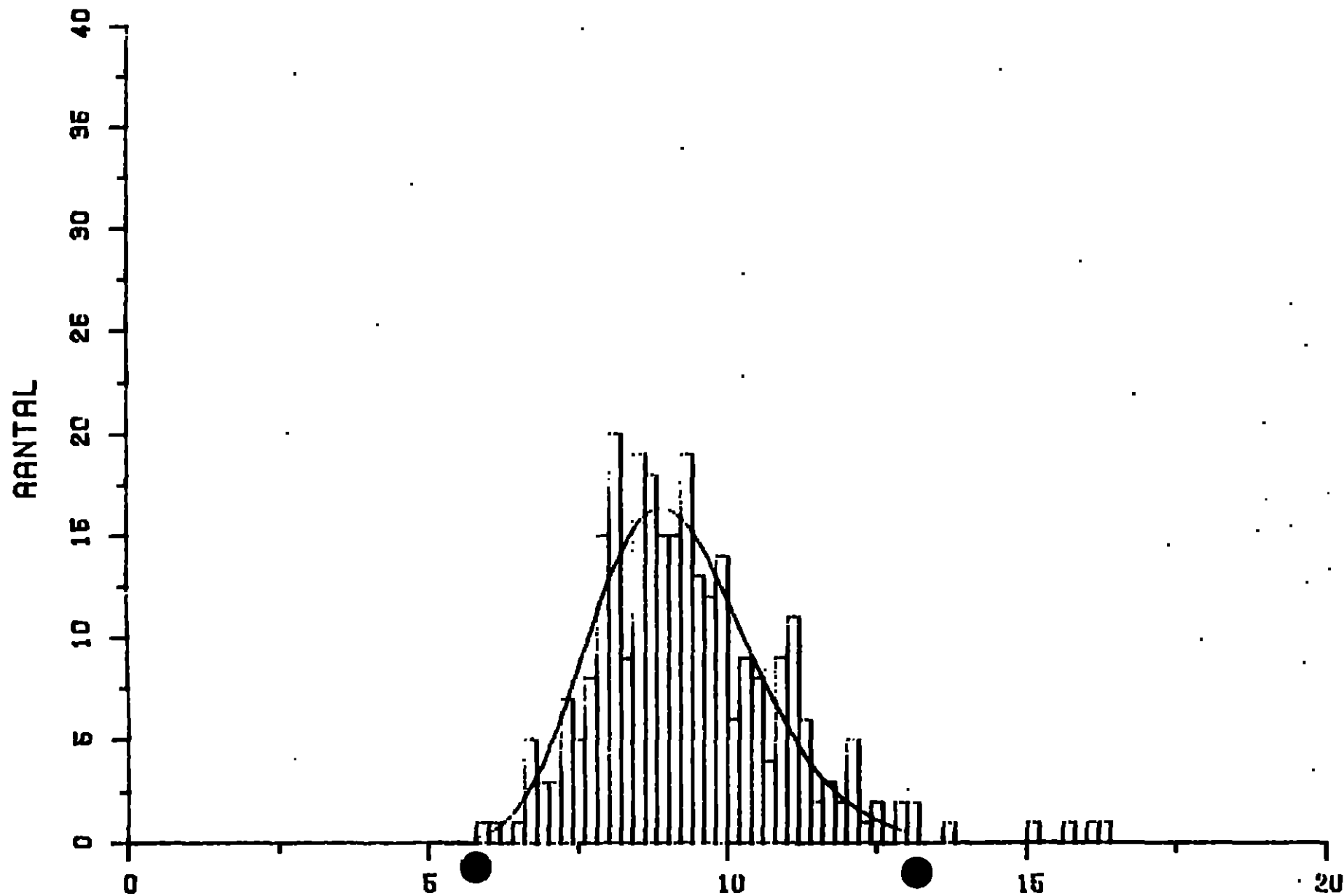
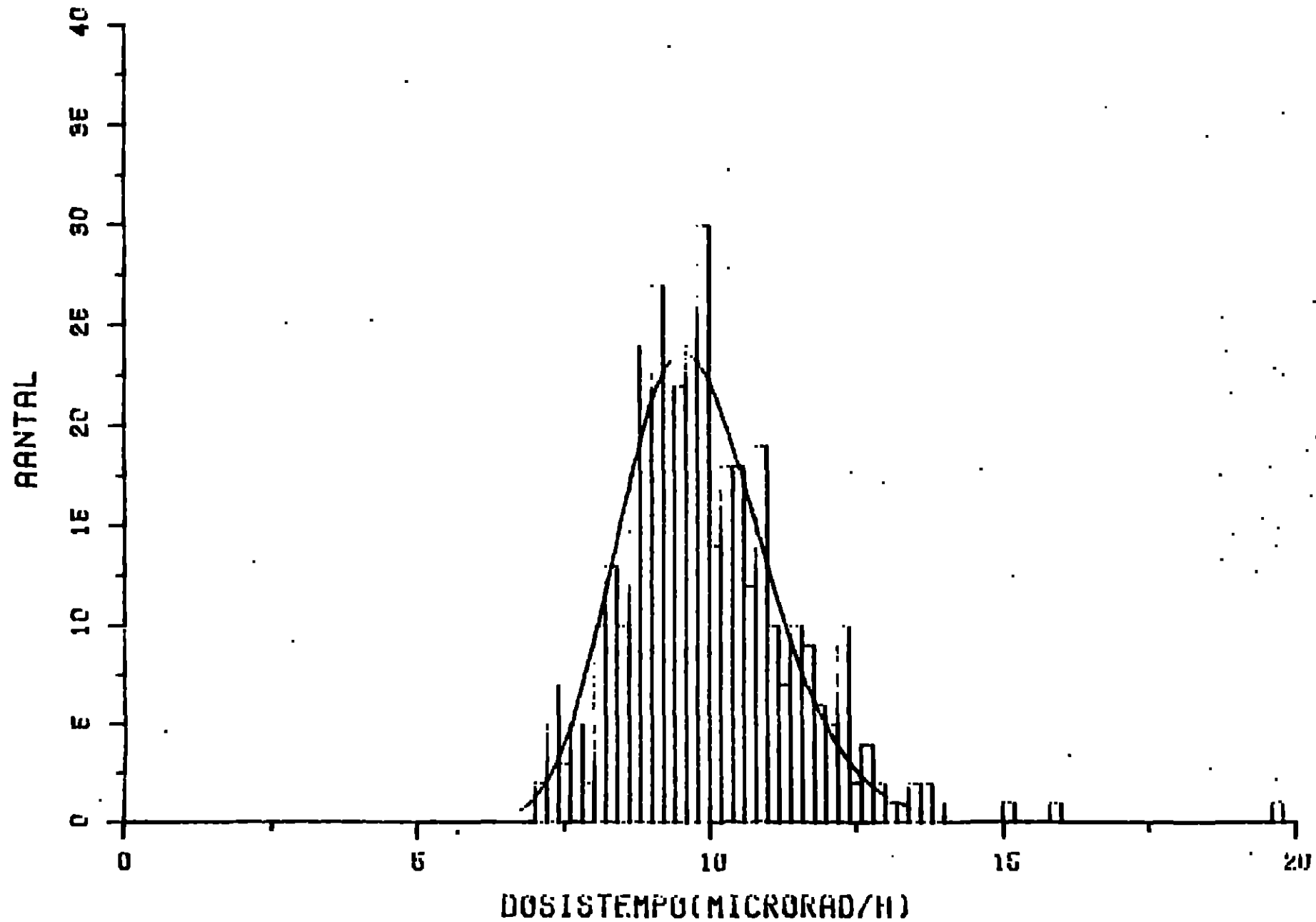


Figura 5.4.5

FREQ. VERD. RD-TNO/HO X+Y (TOTAL 378 STS)
 $Y = 23.7 \cdot \exp(-30.1 \cdot (\ln(X) - \ln(9.57))^2)$ CX6714



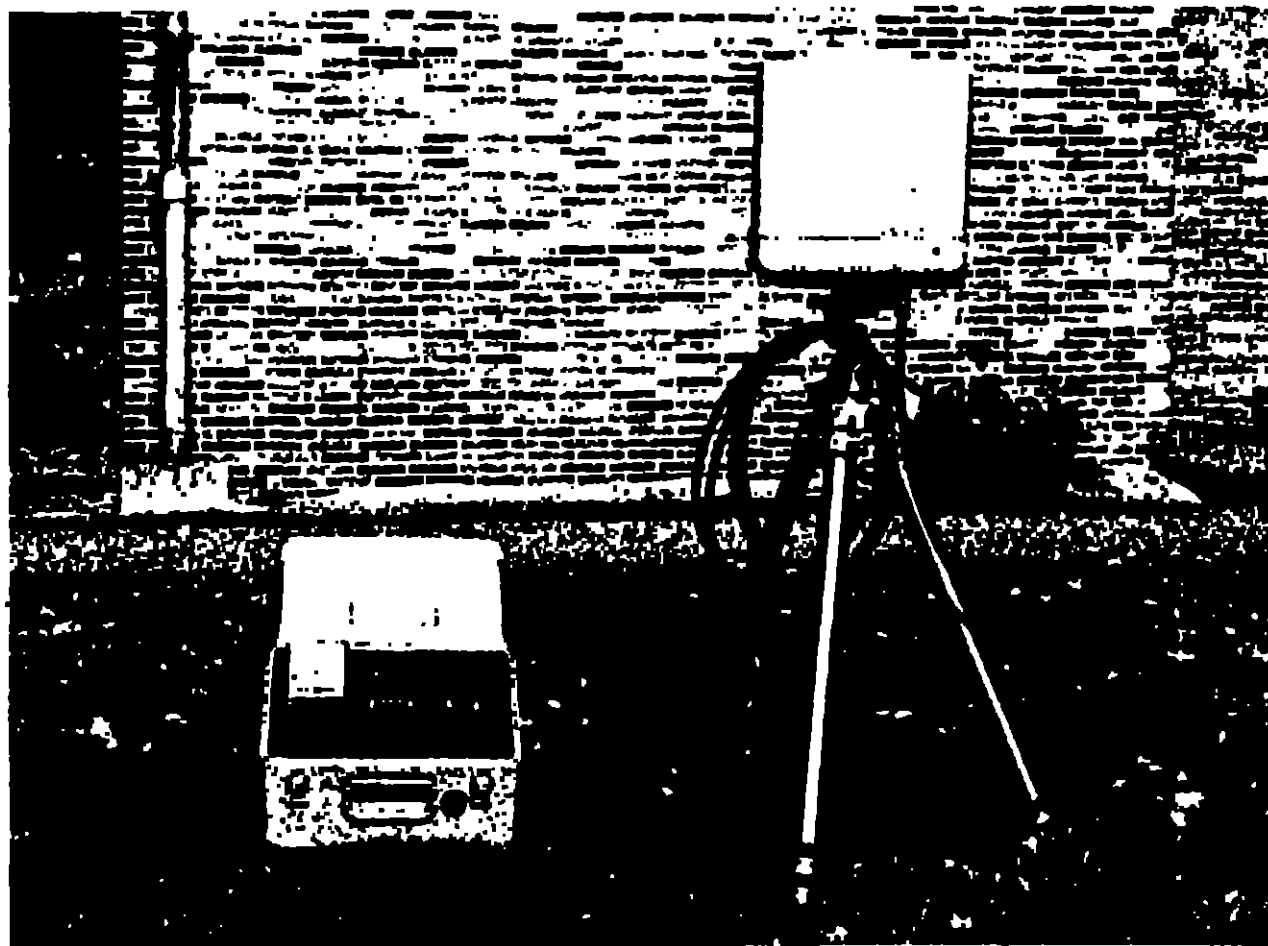


FIG. 7.1.1 HOGEDRUK IONISATIEVATMONITOR, TYPE RS - 111

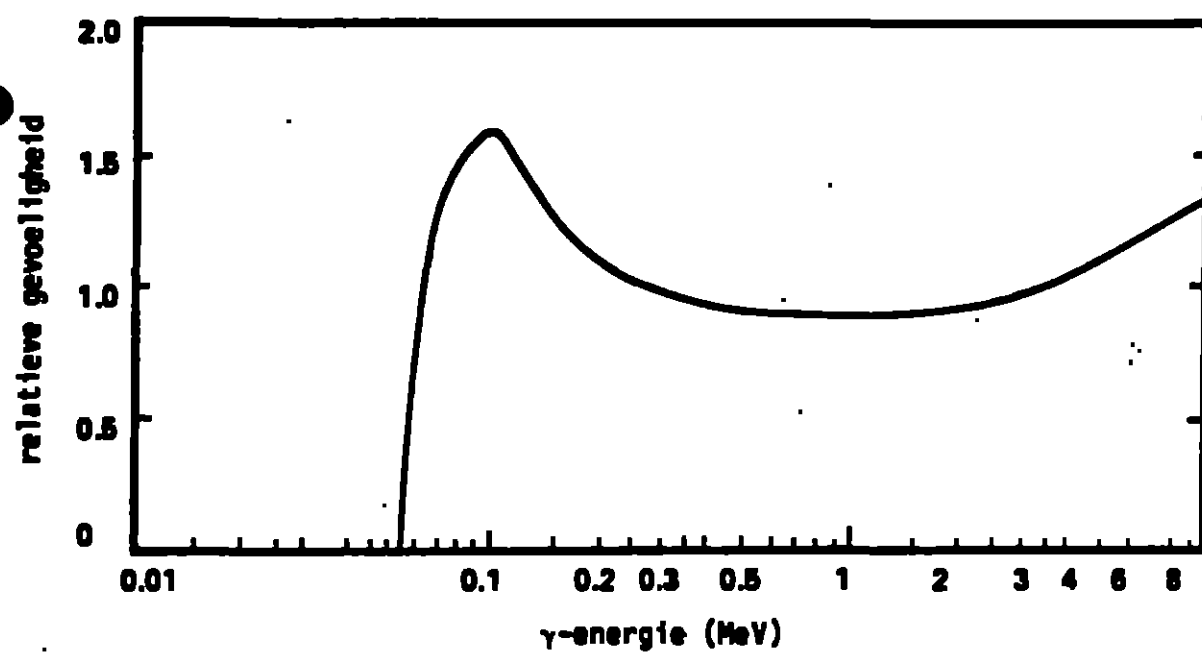


FIG 7.1.2 GEVOELIGHEID ALS FUNCTIE VAN DE ENERGIE

FIG 8.2.1 FREQ.VERD.TOTAAL AANTAL WONINGEN(399 STS) CX6461
 $Y=24,1 \cdot \exp(-13,9 \cdot (\ln(X) - \ln(6,86)) \cdot 2)$

rii v m - 80

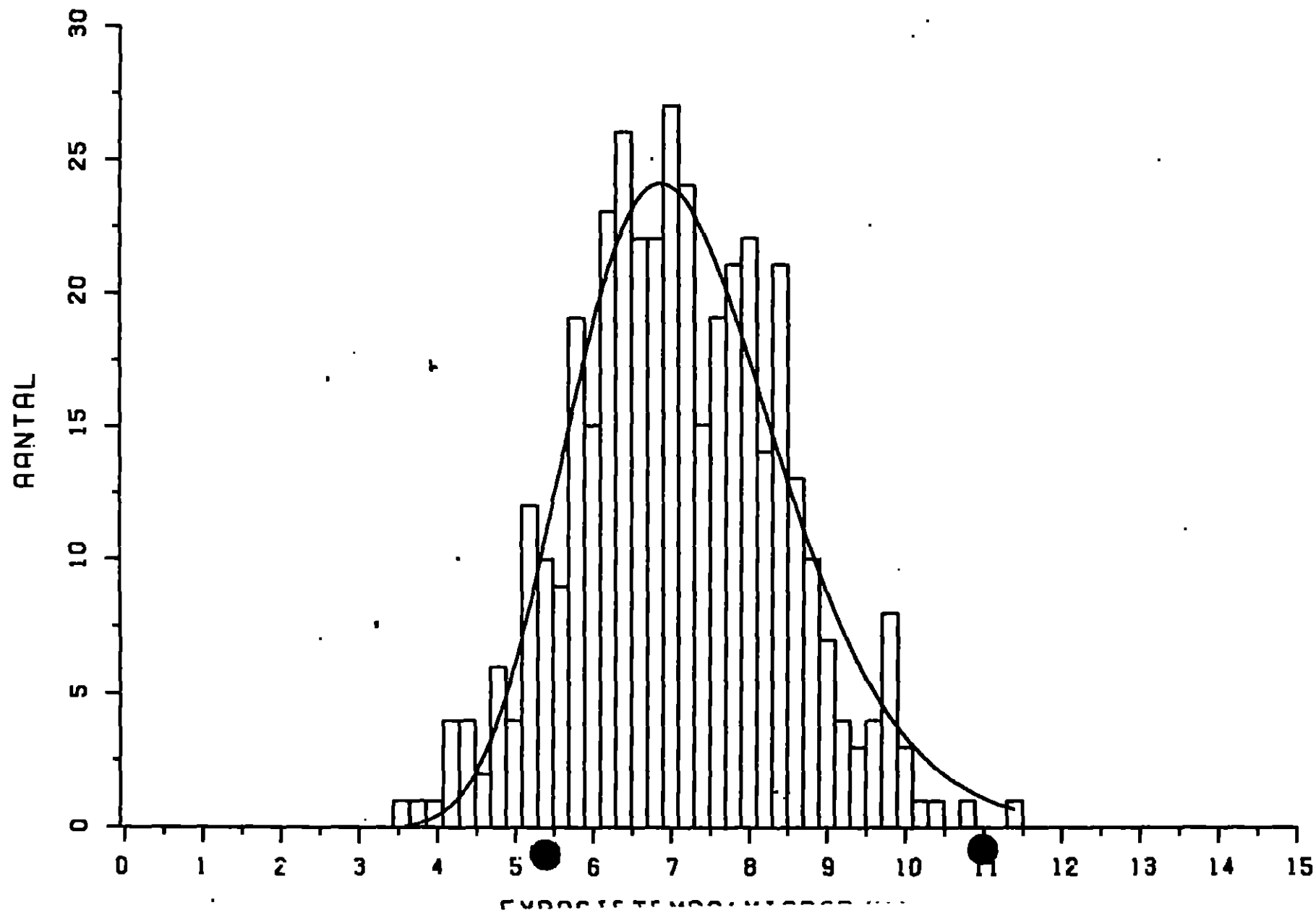


FIG 8.2.2 FREQ. VERD. WONINGEN (203 STS) IN GEBIED MET LAAG NIVEAU
 $Y = 12,1 \cdot \exp(-12,3 \cdot (\ln(X) - \ln(6,58))^2)$ CX6463

riivm

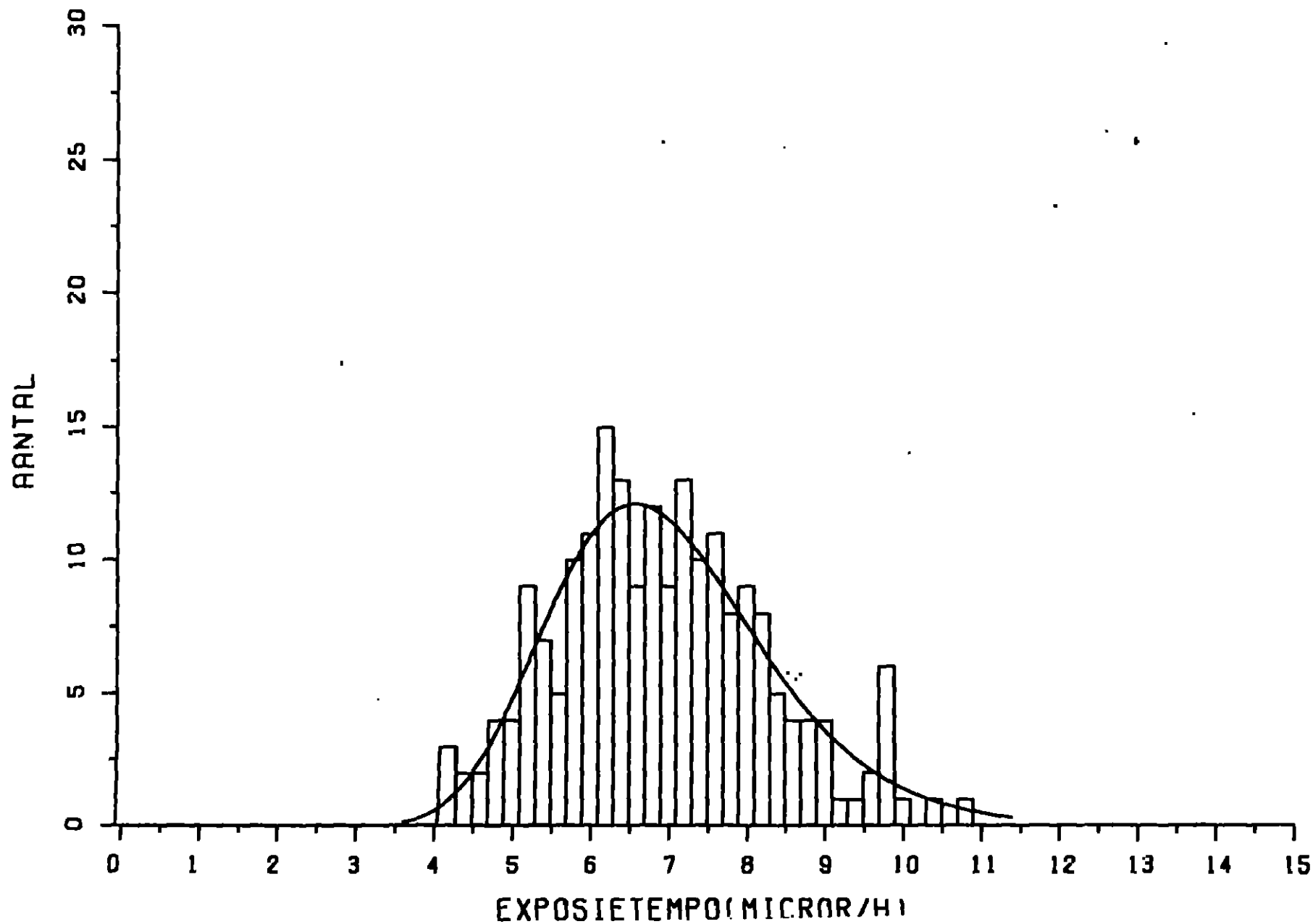


FIG 8.2.3 FREQ.VERD.WONINGEN(196 STS) IN GEBIED MET HOOG NIVEAU
 $Y=12.5 \cdot \exp(-16.8 \cdot (\ln(X) - \ln(7.13))^2)$ CX6462

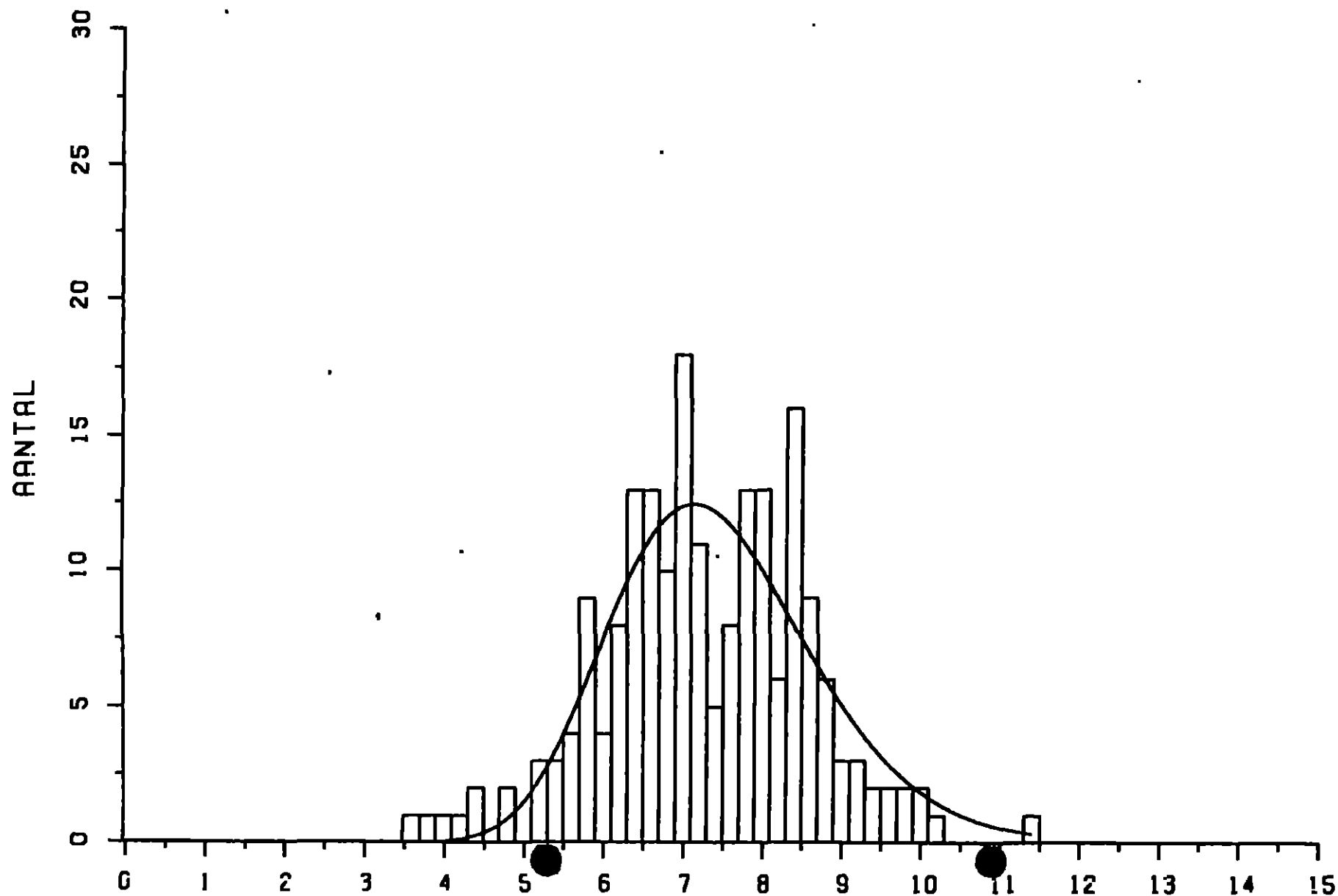
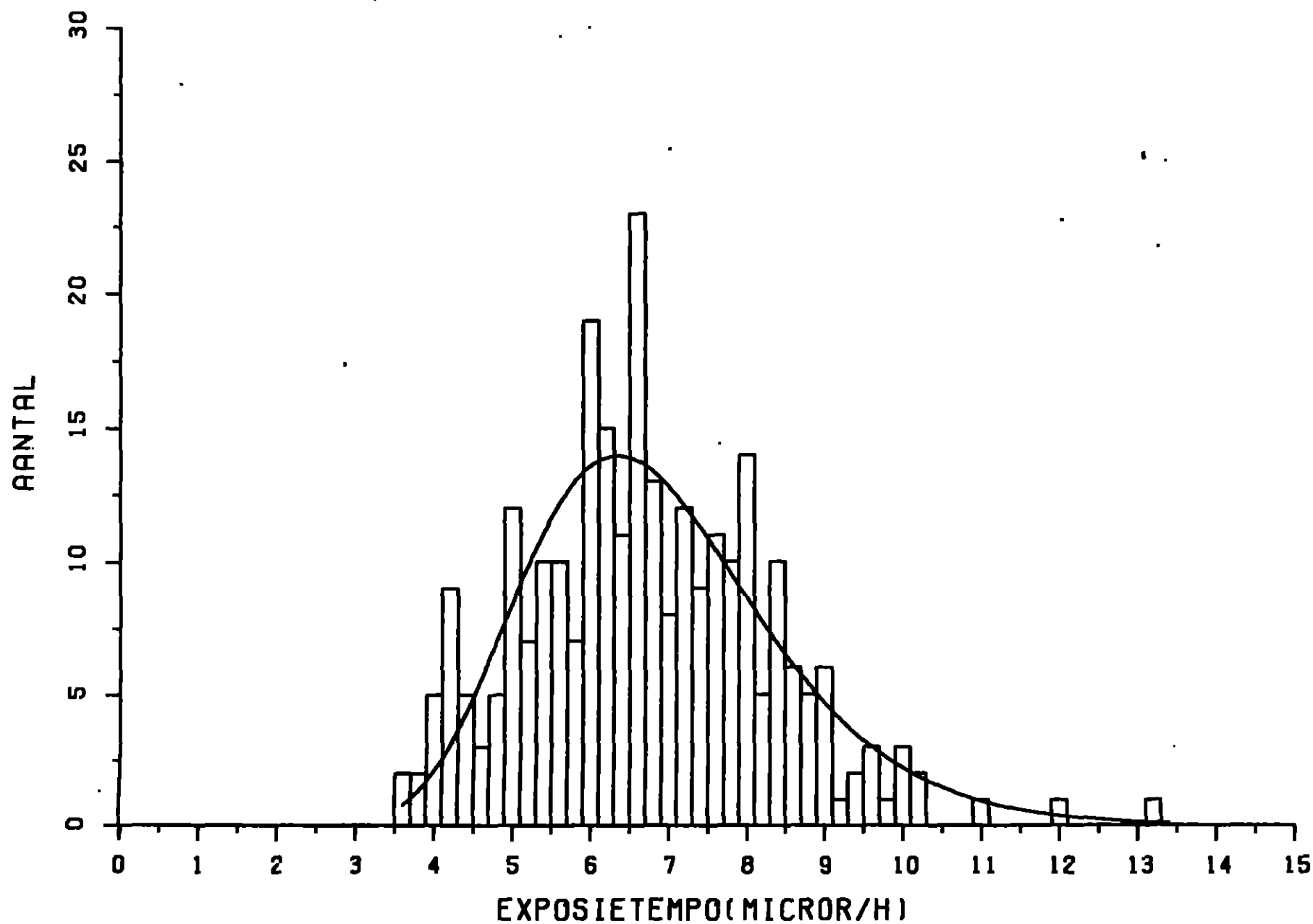
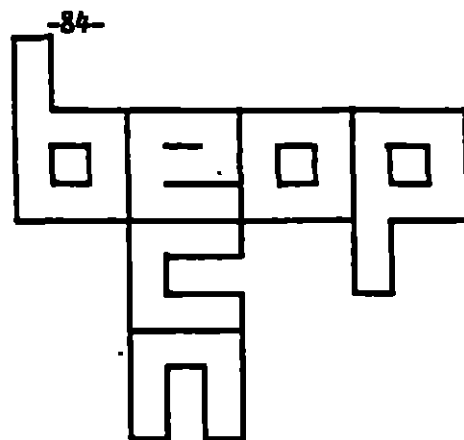


FIG 8.2.4 FREQ.VERD.TOTAAL AANTAL WERKADRESSEN(268 STS) CX6471
 $Y=14.0 \cdot \exp(-8.89 \cdot (\ln(X) - \ln(6.34))^2)$ CX6462

riivm





JOB DESCRIPTION

Page :
of :

JOB TITLE : SAVORA project A1.2.
Uitwendige stralingsbelasting
Deel 2: personen en woningen

Project nr.

4.35:

CONTRACTOR :
Radiologische Dienst TXO

Job nr.

12.1.1

Time estimate (weeks) :

a =
m = 12 maanden
b =

Cost estimate : fl. 65.000,--

1. Omschrijving1.1. Doelstelling

Het bepalen van de grootte van de uitwendige stralingsbelasting en de variaties in deze belasting voor de Nederlandse bevolking, als gevolg van blootstelling aan natuurlijke en uit bouwmaterialen afkomstige straling.

1.2. Inhoud en werkwijze

Aangezien het vanuit praktisch oogpunt onuitvoerbaar is om grootte en variatie van de stralingsbelasting te bepalen van de gehele Nederlandse bevolking, zullen deze grootheden bepaald worden op basis van representatieve metingen.

De te verrichten metingen vallen uiteen in twee delen:

1. het meten van de (gamma)stralingsbelasting van individuele personen (ongeveer 800);
2. het meten van (gamma) exposietempi in woningen (ongeveer 400) en werkruimten (ongeveer 200).

Voor de keuze van de meetobjecten zal gestreefd worden naar de volgende indeling:

A. categorieën personen:

- personen die hun werkzaamheden praktisch geheel "binnenshuis" uitvoeren (verwachte hoogste stralingsbelasting). Aantal: 200;
- personen die hun werkzaamheden praktisch geheel "buitenshuis" uitvoeren (verwachte laagste stralingsbelasting). Aantal: 200;
- personen die hun werkzaamheden gedeeltelijk binnen, gedeeltelijk buiten hebben (echtgenoten). Aantal: 400.

Totaal: 800 personen.

B. categorieën buitenniveau:

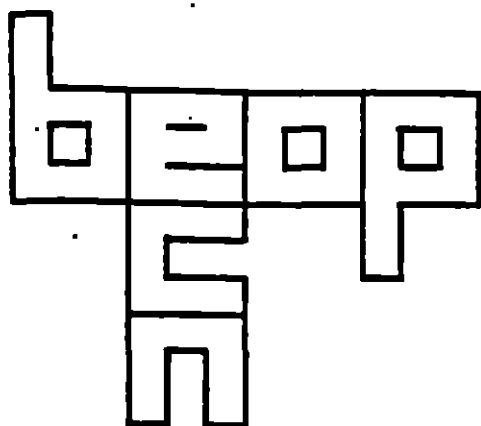
- grondsoort met een "hoog" terrestrisch stralingsniveau;
- grondsoort met een "laag" terrestrisch stralingsniveau.

De keuze van hoog versus laag terrestrisch stralingsniveau zal geschieden op basis van de stralingskaart van Nederland, welke zal worden opgemaakt binnen het kader van het SAVORA project A1.1.

Per combinatie van categorie personen en terrestrisch stralingsniveau zullen minimaal 100 en maximaal 200 individuele stralingsbelastingsmetresultaten worden verkregen.

De keuze van de woningen zal voor zover mogelijk geschieden in samenhang met het woningbestand welk voor het SAVORA project A2 wordt samengesteld. Voorts zal voor het project bij de keuze samenwerking worden gezocht bij project A1.1.

Het a priori kiezen van categorieën woningen wordt noch mogelijk (vanwege de toepassing van - combinaties van - verschillende bouwmaterialen), noch wenselijk (in verband met het te grote aantal metingen) geacht. Een dergelijke indeling - op grond van gevonden exposietempi - kan wellicht a posteriori worden gemaakt.



JOB DESCRIPTION	-85- Page 2 of 4
JOB TITLE : Uitwendige stralingsbelasting Deel 2: personen en woningen	Project nr. 4.351
CONTRACTOR : Radiologische Dienst TNO	Job nr. 12.1.1.

De metingen van de geabsorbeerde dosis van de individuele personen en voor de exposietempi in de woningen zullen worden verricht met behulp van thermoluminescentie dosimeters (TLD). Voor de bepaling van het exposietempo in een woning zal de woonkamer als maatgevend worden geacht. De TLD metingen in de woningen zullen zich derhalve beperken tot deze woonkamers.

De resultaten van de geabsorbeerde dosis en de dosissnelheid zullen worden uitgedrukt in de grootte dosisequivalent/tijd (mrem/jaar).

Onderzocht zal worden de correlatie tussen de individuele stralingsbelasting en de exposietempi in de woningen, werkruimten en in het "vrije veld". Daarbij zullen eveneens de meetresultaten worden betrokken van deel 1 van project A1 (metingen in het vrije veld en woningen - dezelfde als de hierboven onder 2. genoemde - uit te voeren door het RIV).

1.3. Tijdsplanning

Gestreefd zal worden naar het volgende tijdschema (aangegeven in maanden na de start in begin 1982).

Tijdvak (mnd)	Werksaamheden	Door
1 t/m 6	Voorbereiding	RIV + TNO
7 en 8	Selectie en aanschrijving deelnemers	RIV + TNO
9 t/m 11	TLD metingen	TNO
12 t/m 13	Evaluatie en rapportage	RIV + TNO

In het eerste kwartaal 1983 mogen resultaten verwacht worden. In het daarop volgend kwartaal wordt de rapportage afgesloten.

2. Documenten

Tar voorbereiding van het onderhavige project werd in 1979 onder auspiciën van de ICK Werkgroep Natuurlijke Achtergrondstraling een pilot-studie uitgevoerd (eveneens in samenwerking met het RIV) waarvan rapport is uitgebracht: "Vooronderzoek naar de natuurlijke stralingsbelasting van de bevolking d.m.v. individuele metingen en exposietempo-metingen in het leefmilieu", Rapport RD-E/8010-221.

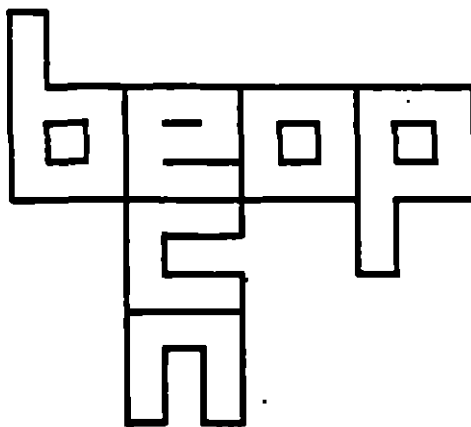
3. Eisen

3.1. Externe eisen

De binnen dit deelproject verkregen resultaten van stralingsbelasting van individuele personen en van exposietempi in woningen, alsmede van de mate van variatie van deze grootheden, zullen een achtergrondskader dienen te geven van de stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking als gevolg van uit natuurlijke bronnen en bouwmaterialen afkomstige uitwendige straling.

Dit achtergrondskader is van belang voor de schatting van het huidige risico verbonden met deze uitwendige straling en zal kunnen dienen als referentie, waartegen eventuele extra belastingen kunnen worden afgewogen.

De resultaten zullen derhalve bijdragen aan de SAWORA deelprojecten E, "Schatting tumorrisico's", job nr. 13.1.2. en F, "Parameterstudie", job nr. 12.1.4.



JOB DESCRIPTION	Page 3 of 4
JOB TITLE : Uitwendige stralingsbelasting Deel 2: personen en woningen	Project nr. 4.351
CONTRACTOR : Radiologische Dienst TNO	Job nr. 12.1.1

3.2. Gebruikseisen

De metingen aan individuele personen en in de woningen dienen om het achtergrondkader van de Nederlandse bevolking te representeren. Om dit te bereiken worden de metingen uitgevoerd zoals aangegeven onder 1.2.

Om de resultaten van het onderzoek (zie 3.1.) zo goed mogelijk interpreteerbaar te maken, zal er naar worden gestreefd (door het uitvoeren van correlatieberekeningen) inzicht te krijgen in de invloed van een samenhang van de parameters die de individuele stralingsbelasting beïnvloeden (gedragspatroon, exposietempi in leef-, werk- en buitenmilieu en bouwmaterialen).

De meetresultaten worden verwacht nauwkeurig te zijn tot op 3 mrem voor dosis-equivalenties lager dan 30mrem en 10% boven deze waarde (10).

3.3. Beperkingen

De keuze "hoog" en "laag" terrestrisch stralingsniveau zal worden gemaakt op basis van in deelproject A1.1. verkregen resultaten. Indien deze resultaten niet binnen de geplande duur kunnen worden verkregen, zal dit vertraging tot gevolg hebben.

Ten aanzien van de selectie van "proefpersonen" is vooraf moeilijk te voorspellen welke problemen daaruit kunnen voortvloeien en dit zal mogelijk eveneens vertraging bij de uitvoering kunnen geven.

Is de selectie gemaakt, dan moet nog worden afgewacht welke bereidheid tot deelname worden gevonden. Evenmin bestaat inzicht in de zorgvuldigheid waarmee de proefpersonen zich zullen houden aan de "voorgeschreven" procedures van het meetprogramma.

Het verband dat mogelijk gelegd kan worden tussen individuele stralingsbelasting en exposietempi in woningen, werkruimten en in het vrije veld, is afhankelijk van een door het RIV in eigen beheer te ontwikkelen rekenmodel.

4. Verificatie

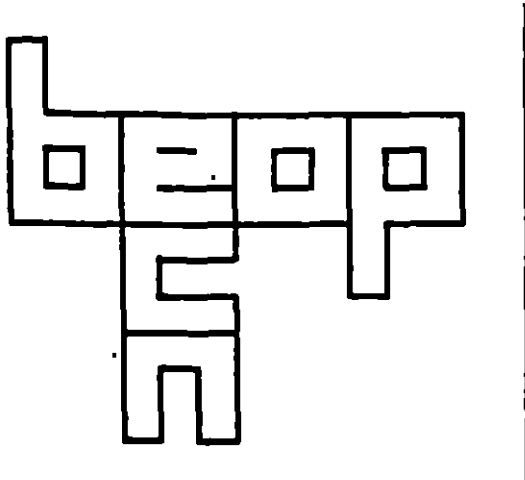
Door ijkingen en onderlinge vergelijking van meetmethoden en -apparatuur, toegepast in de delen 1 en 2 van project A1 zal de onderlinge vergelijkbaarheid van de meetresultaten worden gewaarborgd.

5. Informatie

Het gehele project zal in samenwerking met het RIV (contractant voor project A1, deel 1) worden uitgevoerd, zodat de meetresultaten kunnen worden gecorreleerd. Om deze reden zullen deel 1 en deel 2 in een gecombineerd eindverslag worden gerapporteerd.

Over de voortgang van het project zal per kwartaal in 20-voud aan BEOP worden gerapporteerd.

Inhoudelijke voortgangsrapportage zal regelmatig in 20-voud aan BEOP geschieden.

	JOB DESCRIPTION	Page of
	JOB TITLE : SAWORA project A1.1. Uitwendige stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking t.g.v. natuurlijke bronnen. <u>Deel 1: vrije veld en woningen</u>	Project nr. 4.351
	CONTRACTOR : Rijkswaterstaat voor de Volksgezondheid Fysisch Laboratorium, Bilthoven	Job nr. 15.2.1.
Time estimate (weeks) : a = m = 12 maanden b =	Cost estimate : / 179.600	

1. Omschrijving

1.1. Doelstelling

Het project heeft tot doel het bepalen van het huidige niveau (en de variatie hierin) van de achtergrond voor uitwendige straling, waar de Nederlander in zijn dagelijkse omgeving aan wordt blootgesteld.

1.2. Inhoud en werkwijze

Blootstelling van de Nederlandse bevolking vindt plaats ten gevolge van, in het vrije veld en in de woningen aanwezige, natuurlijk-radioactieve stoffen welke gammastraling uitzenden. Voor de bepaling van het niveau, omvat het project het volgende onderzoek:

- metingen van het gamma-exposietempo in het vrije veld d.m.v. gammastralingsmonitors op een representatief te achten aantal plaatsen in Nederland. In een beperkt gebied zal, naast het exposietempo, tevens gamma-spectra worden gemaakt;
- meting van het gamma-exposietempo als de spectra in en om woningen d.m.v. een gamma-stralingsmonitor bij een aantal representatief te achten woningen en werkruimten, gelegen in één gebied met hoge "achtergrondstraling" en een aantal gelegen in één gebied met lage "achtergrondstraling". De keuze van de woningen in deze gebieden zal in overleg met het KVI, uitvoerder van job 16.1.1. geschieden.

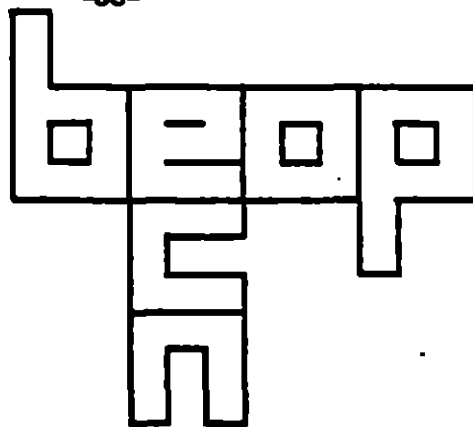
1.3. Tijdsplanning

Het project is begin 1982 van start gegaan. Na een half jaar zal op basis van de verrichte metingen een verantwoorde keuze van de gebieden hoog dan wel laag terretrisch stralingsniveau mogelijk zijn. Een jaar na aanvang zal een z.g. achtergrondstralingskaart van Nederland en zullen voor de verschillende woningen en werkruimten de exposietempi worden geleverd. Begin 1983 mag het eindrapport worden verwacht.

2. Documenten

In samenwerking met RD-TNO is in 1979 een pilot studie uitgevoerd, waarvan rapport is uitgebracht.

"Vooronderzoek naar de natuurlijke stralingsbelasting van de bevolking door middel van individuele metingen en exposiemetingen in het leefmilieu", Rapport RD-E/8010-221.



JOB DESCRIPTION

Page 2

of 4

JOB TITLE :
 Uitwendige stralingsbelasting van de
 Nederlandse bevolking t.g.v. natuurlijke
 bronnen.
 Deel I: vrije veld en woningen

Project
nr.

4.351

CONTRACTOR :

Rijksinstituut voor Volksgezondheid
 Fysisch Laboratorium
 Bilthoven

Job nr.

15.2.1

3. Eisen3.1. Externe eisen

Het onderzoek wordt uitgevoerd met het oogmerk basisgegevens te verstrekken t.b.v. het toekomstig overheidsbeleid ten aanzien van het toelaten van activiteiten die ioniserende straling in het leefmilieu kunnen brengen. Deze activiteiten omvatten met name het toenemend gebruik van industriële restprodukten (zoals gips uit de faatindustrie) in bouwmaterialen naast de bouwmaterialen van natuurlijke oorsprong. Als gevolg hiervan is te verwachten dat het stralingsniveau in gebouwen zal toenemen. Deze verhoging moet gezien worden ten opzichte van het reeds aanwezige natuurlijke achtergrondniveau, dat veroorzaakt wordt door kosmische en terrestrische straling.

De meetresultaten van het terrestrische stralingsniveau in Nederland zijn van interesse voor de keuze van de gebieden met resp. hoog en laag niveau; deze gebieden zijn bepalend voor de te kiezen regio's van de woningbestanden welke voorzien zijn in het project A1.2 als wel voor het hier omschreven project A1.1. De resultaten van het onderzoek dienen eveneens te worden gezien als inbreng in het internationale overleg m.b.t. harmonisatie van regelingen.

3.2. Gebruikseisen

In het vrije veld (inclusief binnen de bebouwde kom) worden de exposietempi als gevolg van de kosmische en terrestrische straling bepaald. De resultaten van dit meetprogramma zullen leiden tot een zgn. stralingskaart van Nederland. De meetpunten zullen zo gelijkmatig mogelijk over geheel Nederland worden verspreid met een dichtheid van één meetpunt per 40 km^2 , hetgeen resulteert in totaal ca. 1000 metingen.

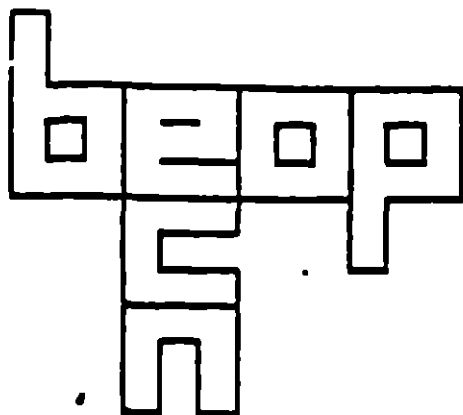
Voor een deel van de regio Noord-Holland zal door de subcontractant ECK in een ca. 50-tal meetpunten naast het gamma-exposietempo eveneens het gamma-spectrum worden gemeten. Deze gamma-spectra geven de relatieve bijdragen van de gammastralen afkomstig van de verschillende natuurlijk-radioactieve stoffen (^{40}K en dochterprodukten van uranium en thorium). In relatie met de energieresponse functie van de Rauter Stokes kan uit de relatieve bijdragen van de verschillende gammastralen de grootte van de exposietempi worden berekend en vergeleken met de gemeten exposietempi. In een 400-tal woningen en in de werkruimten van de zgn. binnenwerkers (zie 3.3.) zullen op relevante plaatsen exposietempi worden gemeten, alsmede op een meetpunt buiten de woning. Bovendien zal - waar mogelijk - worden vastgesteld welke bouwmaterialen in hoofdzaak in elke woning worden toegepast met het oogmerk deze te relateren aan de ter plaatse gemeten exposietempi.

De keuze van de woningen zal voorzover mogelijk geschieden in samenhang met het woningbestand welk voor het SAWORA project A2 wordt samengesteld. Voorts zal voor dit project bij de keuze van de woningen en werkruimten samenwerking worden gezocht met project A1.2.

3.3. Beperkingen

De metingen in het vrije veld zullen gelijkmatig verdeeld worden verricht, de toegankelijkheid van de plaatsen kan beperkingen opleveren.

De woningen zullen geselecteerd worden op twee grondsoorten en indien mogelijk op twee categorieën woningen. De twee categorieën grondsoorten worden verdeeld in een



JOB DESCRIPTION		-89- of 4
JOB TITLE: Uitwendige stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking t.g.v. natuurlijke bronnen Deel 1: vrije veld en woningen		Project nr. 4.351
CONTRACTOR: Rijksinstituut voor Volksgezondheid Fysisch Laboratorium Bilthoven		Job nr. 15.2.1.

grondsoort met een "hoog" terrestisch stralingsniveau en één met een "laag" terrestisch stralingsniveau met het doel op elke grondsoort 200 woningen in het onderzoek te betrekken.

Gezien de grote variëteit in de bouwmaterialen en het feit dat er vaak combinaties hiervan worden toegepast, zal indeling van de woningen met een hoog en laag exposiatiempo mogelijk achteraf kunnen worden gedaan op grond van de uitgevoerde metingen.

De variatie in het niveau van de achtergrondstraling m.b.t. de invloed van de terrestrische straling wordt slechts gegeven voor twee min of meer uiterste situaties.

Van de personen die hun werkzaamheden praktisch geheel binnenshuis uitvoeren (zgn. binnenwerkers, aantal 200), zullen de werkruimten worden gemeten.

De berekening van de exposiatiempi op basis van de gammaspectra zal slechts zinvol kunnen geschieden indien de spectra van de geplande 50 meetpunten duidelijk van elkaar verschillend zijn.

4. Verificatie

De toe te passen meetapparatuur (Rauter Stokes- en scintillatiemonitoren) zal voor verschillende gamma-stralingsenergieën nauwkeurig worden gec calibreerd op de Afd. Standaarddosimetrie van het Fysisch Laboratorium.

Het onderzoek wordt uitgevoerd in een hecht samenwerkingsverband met de Radiologische Dienst-TNO te Arnhem, die d.m.v. TLD's gelijksoortige metingen verricht in de woningen en stralingsbelastingmetingen aan de bewoners hiervan.

Teneinde een verificatie van meetnauwkeurigheden te verkrijgen, is voorzien in een overlap van metingen in de kop van Noord-Holland, te verrichten door het ECM die als subcontractor zal optreden. Het betreft metingen van gamma-exposiatiempi op ca. 50 meetplaatsen in het vrije veld, terwijl ook gamma-spectrometrische metingen zullen worden uitgevoerd.

5. Informatie

De resultaten zullen in een gecombineerd eindverslag van het RIV en de RD-TNO in 20-voud aan BEOP worden gerapporteerd.

Voortgangsrapportage zal per kwartaal in 20-voud aan BEOP plaatsvinden.

K.V.I.



KERNFYSISCH VERSNELLER INSTITUUT DER RIJKSUNIVERSITEIT
UNIVERSITEITS COMPLEX PADDEPOEL - 9747 AA GRONINGEN - TEL 030-116700

Groningen, april 1983.

Geachte Heer/Mevrouw,

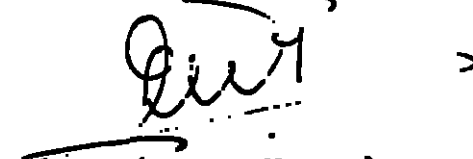
Vorig jaar hebt U mij meegedeeld dat U bereid was mee te doen aan het landelijk Radononderzoek dat momenteel wordt uitgevoerd. Zoals U zich vermoedelijk herinnert maakt het Radononderzoek deel uit van het nationaal onderzoekprogramma SAWORA waarin door een aantal instituten onderzoek wordt gedaan naar allerlei aspecten van straling in de woon-omgeving. Graag wil ik nu Uw aandacht vragen voor een ander onderdeel van het SAWORA-programma. Dit betreft het onderzoek naar natuurlijke stralingsniveaus en stralingsdoses dat door TNO en RIV zal worden uitgevoerd en dat in bijgevoegde brief wordt beschreven.

Ik verzoek U aan genoemd onderzoek van TNO en RIV te willen meewerken, ook als U, als gevolg van het te grote aantal aanmeldingen, niet aan het Radononderzoek kon meedoen.

Ter vermijding van eventuele misverstanden deel ik U nog mee dat TNO en RIV niet over het adressenbestand van het Radononderzoek beschikken. Pas door het insturen van bijgaand antwoordformulier wordt Uw naam en adres bij TNO en RIV bekend. Ik ga er vanuit dat indien U bereid bent aan het TNO/RIV-onderzoek mee te werken U er geen bezwaar tegen zult hebben dat TNO en RIV gebruik maken van de eerder door U verstrekte gegevens over Uw woning. Om een inzicht te krijgen in de samenhang van de resultaten van Radononderzoek en TNO/RIV-onderzoek zullen, naar ik aanneem met Uw instemming, de resultaten voor Uw woning tussen KVI, TNO en RIV worden uitgewisseld.

Reeds bij voorbaat mijn dank voor Uw medewerking,

met vriendelijke groeten,



(Dr. L. W. Put)

Bijlagen: - brief TNO-RIV
- antwoordformulier
- antwoortenveloppe

Geachte heer/mevrouw,

Zoals U bekend is wordt momenteel een groot landelijk onderzoek gedaan naar de in Nederland van nature voorkomende radioactiviteit en straling. Het project heet "Stralingsaspecten van woonhygiëne en aanverwante radioecologische aspecten" (SAWORA), waarin door verschillende Nederlandse onderzoeksinstituten wordt samengewerkt.

Vorig jaar meldde U belangstelling te hebben voor deelname aan dit onderzoek. Wellicht staan reeds bekertjes in Uw huis en tuin voor het meten van radonconcentraties in de lucht. Dit deel van het onderzoek wordt uitgevoerd door het KVI te Groningen.

Zoals het KVI U destijds al liet weten, omvat het SAWORA-project ook andere deelonderzoeken. Waar het in dit geval om gaat, is:

1. Het natuurlijk stralingsniveau in hulzen en gebouwen, te onderzoeken door
 - a. Rijksinstituut voor de Volksgezondheid (RIV)
 - b. Radiologische Dienst TNO
2. De natuurlijke stralingsdoses die personen tijdens het dagelijks leven ontvangen, te onderzoeken door de Radiologische Dienst TNO.

Het gaat daarbij niet alleen om de doses, maar ook (en vooral) om de variaties daarin, die het gevolg kunnen zijn van bv.

- de in Uw huis gebruikte bouwmaterialen
- de grondsoort waarop Uw woning is gebouwd
- of U voornamelijk binnen werkt of vooral in de buitenlucht (het leefpatroon).

Voor het onderzoek in de woningen vermeld onder 1a. zal een medewerker van het RIV U bezoeken die voor zijn metingen totaal circa 45 min. nodig heeft. Deze metingen omvatten het vaststellen van het stralingsniveau in de woonkamer en in de achtertuin (indien aanwezig).

Het onderzoek vermeld onder 1b. zal geschieden door middel van een zg. dosimeter (zie foto's, z.o.z.), die U wordt toegezonden en gedurende 3 maanden in Uw woonkamer dient te verblijven.

Voor het onder 2 genoemde onderzoek naar de persoonlijke stralingsdoses is het nodig gedurende ongeveer 3 maanden een dosimeter bij U te dragen (zie foto's, z.o.z.). Deze krijgt U eveneens per post van TNO. Wij geven de voorkeur aan deelname door twee (volwassen) personen per woning.

Wij zouden het zeer op prijs stellen indien U Uw medewerking aan dit onderzoek zoudt willen geven. Zoudt U dit, bij voorkeur binnen 14 dagen, willen laten weten door bijgaand antwoordformulier te zenden aan TNO te Arnhem? Een reeds gefrankeerde enveloppe is daartoe bijgesloten.

Wij stellen ons voor het onderzoek aan te vangen begin mei 1983. Tegen die tijd zal, indien U zich heeft opgegeven, door het RIV telefonisch of schriftelijk contact met U worden opgenomen teneinde een afspraak te maken voor het uitvoeren van de onder 1a. genoemde metingen. Ter zelfde tijd zult U van TNO per post een aantal dosimeters ontvangen, vergezeld van aanwijzingen hoe daarmee te handelen. Mocht U in de betreffende periode met vakantie gaan, dan levert dit geen bezwaar op.

Hoogachtend,



Dr. H.W. Julius
Radiologische Dienst TNO
Utrechtseweg 310
6812 AR ARNHEM
Tel. 085 - 45 70 57



Dr. R. van Dongen
Rijksinstituut voor de Volksgezondheid
Postbus 1
3720 BA BILTHOVEN
Tel. 030 - 74 91 111



De TNO TLD-badge met verschillende bevestigingsmethoden

Is deze adressering juist? Zo niet, wilt U
het dan corrigeren?

Telefoon thuis: _____ - _____

Telefoon werk: _____ - _____

(Als we U daar mogen bellen)

	PERSOON 1	PERSOON 2
1. Waar werkt U?		
Binnenshuis	☐	☐
In de buitenlucht	☐	☐
Deels binnen, deels buiten	☐	☐
2. Uw werkadres (indien verschillend van Uw huisadres)		
Naam bedrijf	_____	_____
Straat	_____	_____
Postcode	_____	_____
Woonplaats	_____	_____
3. Staat U ons toe bij U thuis (in de woon- kamer en in de achtertuin) een meting te doen?	ja ☐ nee ☐	ja ☐ nee ☐
4. Mogen we op Uw werkadres een meting verrichten?	ja ☐ nee ☐	ja ☐ nee ☐
5. Wilt U gedurende 3 maanden een dosimeter bij U dragen?	ja ☐ nee ☐	ja ☐ nee ☐
6. Korte aanduiding beroep: (bv. huisvrouw/man, kantoorwerk, postbode, vertegenwoordiger)	_____	_____
7. Geslacht?	man ☐ vrouw ☐	man ☐ vrouw ☐
8. Neemt U deel aan het radononderzoek?	ja ☐ nee ☐	ja ☐ nee ☐

Retour aan: Radiologische Dienst TNO
Utrechtseweg 310
6812 AR ARNHEM



datum: 6 juni 1983
onze referentie: 83 Ra 252 HJ/VL
onderwerp: TNO-RIV onderzoek
SAWORA

Geachte heer/mevrouw,

Dank voor de terugzending van Uw antwoordformulier waarmee U hebt aangegeven bereid te zijn tot deelname aan het SAWORA TNO-RIV onderzoek naar de natuurlijke stralenbelasting van de bevolking.

De belangstelling is zo groot gebleken dat wij meer aanmeldingen hebben ontvangen dan wij in ons onderzoek konden verwerken. Van een aantal aanmeldingen kunnen wij daarom helaas geen gebruik maken. Tot onze spijt behoort ook de Uwe daartoe.

Wellicht heeft het RIV reeds een meting in Uw woonkamer of op Uw werkplek uitgevoerd. Mocht zulks het geval zijn dan zult U zeker van de resultaten daarvan op de hoogte worden gesteld.

Wij willen niet nalaten U onze erkentelijkheid te betuigen voor Uw opgave. Mochten wij om enigerlei reden toch nog een beroep op Uw medewerking moeten doen dan zullen wij zeker opnieuw contact met U opnemen.

Hoogachtend,
Radiologische Dienst TNO

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H.W. Julius', written over a horizontal line.

Drs. H.W. Julius
mede namens Drs. R. van Dongen, RIV

Aan de deelnemers van het
TNO - RIV onderzoek
SAWORA

datum: 6 juni 1983
onze referentie: 83 Ra 251 HJ/VL
onderwerp: TLD-onderzoek

Geachte heer/mevrouw,

Gaarne danken wij U voor het terugzenden van Uw antwoordformulier waarmee U hebt aangegeven bereid te zijn deel te nemen aan het SAWORA TNO-RIV onderzoek naar de natuurlijke stralenbelasting van de bevolking.

Bij nader inzien hebben wij er de voorkeur aan gegeven de metingen door middel van op het lichaam te dragen dosimeters (TLD's) uit te stellen tot de periode september-november a.s. Dit vooral in verband met het feit dat het dragen van een dosimeter in de zomerperiode wellicht wat ongemak met zich meebrengt (i.v.m. luchtige kleding). Natuurlijk zult U de dosimeters die in de hulskamer en op de werkplek worden geplaatst tegelijkertijd ontvangen. Wij zullen omstreeks september opnieuw contact met U opnemen.

Wellicht heeft het RIV U reeds benaderd in verband met de meting in Uw huis of werkplek. Zo niet dan zal dat in de komende weken gebeuren.

Hoogachtend,
Radiologische Dienst TNO



Drs. H.W. Julius



Geachte Deelnemer,

Hierbij ontvangt U de dosimeters voor het TNO-RIV onderzoek naar de natuurlijke achtergrondstraling van de bevolking (een onderdeel van het zg. SAWORA-project), waarvoor U zich in april hebt opgegeven.

Het aantal en soort dosimeters dat U ontvangt hebben wij bepaald op grond van Uw opgaveformulier.

Elke dosimeter heeft een nummer dat uit twee delen bestaat.

- Het eerste deel (X . . . of Y . . .) is Uw deelnemersnummer.
- Het tweede deel geeft aan hoe de verschillende dosimeters moeten worden gebruikt, en wel als volgt:
 - P1 te dragen door de vrouw
 - P2 te dragen door de man
 - R1 te plaatsen op de werkplek (indien buitenshuis) van de vrouw
 - R2 te plaatsen op de werkplek (indien buitenshuis) van de man
 - A0 te plaatsen in de woonkamer (thuis)

Het kan zijn, dat de R1 of R2 dosimeter ontbreekt omdat het aantal dosimeters helaas beperkt was.

R1, R2 en A0 lever niet te dicht bij de muur of vloer plaatsen. Op een tafeltje of bureau is een goede plaats. Een plakbandje is goed tegen zoekraken, doch wilt U het nummer niet beschadigen? Houdt U zich vooral aan deze aanwijzingen!

De P (= persoons-)dosimeters moet U in één van de zwarte platen drukken. Dat kan maar op één manier (zie tekening z.o.z.). Om het dragen zo weinig storend mogelijk te maken kunt U kiezen uit 3 bevestigingsmethoden.

- * Een veiligheidsspeld;
- * Een veerklemmetje;
- * Een horlogebandje (verwijder het veerklemmetje en schuif het bandje door de gleuven van de zwarte plaat, net als bij een horloge).

Zorgt U ervoor dat het nummer van het lichaam afgekeerd is.

Het is de bedoeling dat U de dosimeter de gehele dag draagt, ook in het weekend. 's Nachts kunt U hem naast Uw bed leggen.

De dosimeter bevat straks waardevolle informatie, verliest U hem dus niet. Wij vragen U bovendien met klem niet te proberen de dosimeter open te maken, want dan kan het (dure!) stralingsgevoelige materiaal verloren gaan. De nieuwsgierigen onder U hebben hopelijk genoeg aan blijgaand plaatje en de toelichting (z.o.z.).

Over ongeveer 2 à 3 maanden zullen wij U vragen Uw dosimeters terug te sturen naar ons laboratorium, waarvoor wij U dan van een gefrankeerde retourenveloppe zullen voorzien.

Mocht U nog vragen hebben, belt U dan Mw. Lossau, tel. 085 - 45 70 57 toestel 3055.

Wij danken U nogmaals voor Uw medewerking en hopen dat U, door een zorgvuldige deelname, wilt helpen dit project tot een goed einde te brengen.

Met vriendelijke groet,
Radiologische Dienst TNO

Drs. H.W. Julius

De TNO Thermoluminescentie dosimeter (TLD)

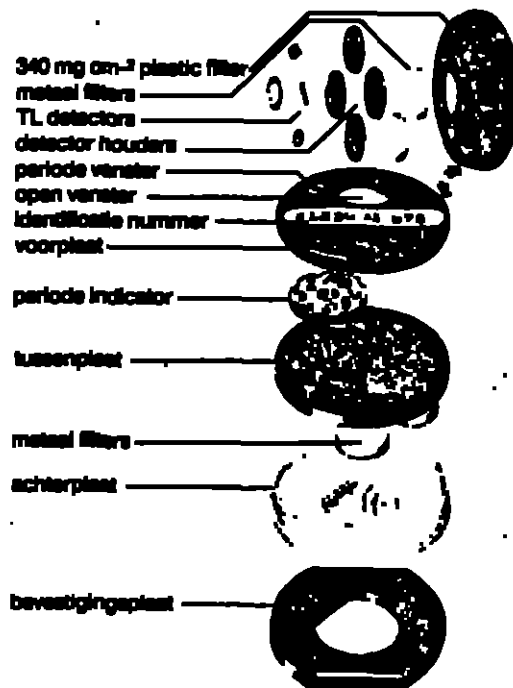
Thermoluminescentie dosimetrie

In principe ondergaat alle materie enige verandering door blootstelling aan ioniserende straling. Soms herstelt het materiaal zich onmiddellijk, soms worden blijvende veranderingen teweeg gebracht. Bij thermoluminescentie dosimeters (TLD's) vindt ongeveer het volgende proces plaats: Door bestraling worden elektronen in het kristalrooster naar een hoger energieniveau gebracht en daar "gevangen". Hoe hoger de stralingsdosis, hoe meer elektronen dit lot ondergaan. Zij vormen het "latent beeld", dat de dosisinformatie bevat. Verwarmt men de TLD tot circa 300°C, dan worden deze elektronen bevrijd en vallen terug naar hun oorspronkelijke energietoestand. De daarbij vrijkomende energie wordt uitgezonden als zichtbaar licht ("thermoluminescentie"). Meet men de hoeveelheid licht — die afhangt van de hoeveelheid ontvangen straling — dan kent men de dosis. Na uitlezing is de TLD weer in zijn oorspronkelijke staat teruggekeerd ("leeg") en kan dan opnieuw worden gebruikt. Voor het uitlezen van TLD's (die slechts enkele millimeters groot zijn) heeft de RD-TNO speciale automatische meetapparatuur ontwikkeld. Voor de uitlezing van een TLD is circa 20 seconden nodig.

De TNO TLD-badge De badge biedt plaats aan vijf TLD's. Diverse vormen kunnen worden toegepast (de figuur toont er vier). De detectors kunnen worden voorzien van filters van verschillende materialen en diktes, zodat de dosimeter aan verschillende toepassingen kan worden aangepast. Voor routinematige meting van doses röntgen- of gammastraling worden twee lithium-fluoride detectors gebruikt (afmetingen: 3x3x0,8 mm).

De badge (die drupwaterdicht is) kan alleen in de speciaal daarvoor ontwikkelde machine worden geopend. Met geweld kan men natuurlijk "inbreken", doch de TLD's (die zeer schoon zijn en moeten blijven) zullen dan vuil worden, van positie veranderen of verloren gaan, waardoor dosimetrie niet meer mogelijk is. Voor uw eigen bescherming adviseren wij u deze inbreukpoging niet te doen. Wij hebben overigens begrip voor uw nieuwsgierigheid en voegen daarom een figuur toe die de constructie en de inhoud van de badge hopelijk voldoende duidelijk maakt.

TNO TLD badge



De dosimeter is niet radioactief, en straalt dus niet!

RADIOLOGICAL
SERVICE TNO

Utrechtseweg 310
6512 AR ARNHEM
The Netherlands

Tel. 0 85 - 45 70 67
Telex 45016
Postgiro 307936

RADIOLOGISCHE DIENST TNO



organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
Netherlands Organization for Applied Scientific Research

Aan de deelnemers van het
SAWORA-project
Natuurlijke achtergrondstraling
van de bevolking

datum: 12 december 1983
onze referentie: 83 Ra 501 HJ/VL
onderwerp: TLD dosimeters

Geachte deelnemer,

Nu de periode van onzekerheid in de postbestelling achter de rug is, komen wij U van Uw stralingsdosimeter verlossen, helaas later dan het plan was.

Wij verzoeken U ALLE in Uw bezit zijnde dosimeters per omgaande aan ons laboratorium terug te zenden, gebruikmakend van bijgevoegde gefrankeerde retourenveloppe.

Vergeet U vooral de dosimeters in de huiskamer en op Uw werk niet!

Zoudt U nog enkele minuten willen besteden aan het invullen van bijgevoegd vragenformulier en dit bij de dosimeters insluiten? De antwoorden zijn voor ons van groot belang bij het interpreteren van de metingen.

Over enkele maanden zullen wij U op de hoogte stellen van het resultaat van dit onderzoek.

Voorlopig rest ons slechts U zeer te danken voor de spontane medewerking U aan dit onderzoek hebt willen geven.

Met vriendelijke groet,
Radiologische Dienst TNO

Drs. H.W. Julius

SAWORA - VRAGENLIJST

(De vragen hebben natuurlijk
alleen betrekking op de onder-
zoekperiode)

Over de persoonlijke dosimeter(s)	P1 (vrouw)	P2 (man)
1. Waar hebt U Uw dosimeter gedragen? (middel, borst, pols, anderszinds)		
2. a Hoeveel dagen hebt U Uw dosimeter NIET gedragen?		
b Waar hebt U hem toen bewaard?		
3. a Hoeveel dagen bent U op rejs/vakantie geweest?		
b Hebt U toen Uw dosimeter meegenomen?		
c Zo neen, waar hebt U hem toen bewaard?		
d Zo ja, waar bent U geweest? (Plaats, land)		
e Hoeveel uren hebt U, met Uw dosimeter, gevlogen?		
4. Hebt U Uw dosimeter gedragen tijdens medisch of tandheelkundig rontgenonderzoek?		
5. Bent U op andere wijze (bv. beroeps- halve) in de buurt van stralingsbronnen geweest?		
6. Is Uw dosimeter in de wasmachine geweest? Zo ja, bij welke temperatuur?		
9. Hebt U het dragen als storend ervaren?		

Over de werkplekdosimeter(s)	R1 (vrouw)	R2 (man)
8.a Bent U van werkplek veranderd?		
b Is Uw dosimeter meeverhuisd?		

Over de huiskamerdosimeter

9. Op wat voor materiaal heeft de dosimeter gelegen? (hout, kunststof, metaal, glas, natuursteen)	
10. Hoever van de muur (ongeveer)?	
11. Hoever van de grond (ongeveer)?	

Wilt U hieronder eventuele voorvallen of bijzonderheden omtrent de dosimeters vermelden?

P1 (vrouw)	
R1 (werkplek vrouw)	
P2 (man)	
R2 (werkplek man)	
A0 (huiskamer)	

Opmerkingen: